



Departamento de FÍSICA

FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE DE COIMBRA

Doutoramento em Ensino das Ciências - ramo de Física

Projecto de Tese

*"Aprender Física através da procura de razões para justificar
comportamentos da Natureza"*

(Physics by inquiry)

Telma Henriques Esperança

Coimbra, Julho de 2011

Índice

Capítulo I - Introdução	2
I.1 - Estrutura do Projecto de Tese.....	2
I.2 - Apresentação do trabalho a desenvolver	3
Capítulo II - Contextualização do estudo	4
II.1 Objectivo	4
II.2 Metodologia	5
II.3 Enquadramento do trabalho	6
II.4 Relevância do estudo a desenvolver.....	8
Capítulo III - Estado da arte.....	11
III.1 Modelos e Teorias de Ensino e Aprendizagem	11
III.2 Trabalho laboratorial.....	14
III.3 Aprender por <i>inquiry</i>	18
III.4 Investigação-acção.....	22
III.5 Trabalho de grupo	24
Capítulo IV - Metodologia	25
IV.1 Natureza do estudo.....	25
IV.2 Técnicas de recolha de dados	26
IV.4 Operacionalização	29
IV.5 Exemplo da metodologia proposta.....	29
Capítulo IV - Bibliografia	31
ANEXOS.....	38
I - Análise do tema “Mecânica” ao longo do Ensino Básico e Secundário.....	39
II - Análise do tema “Mecânica” nas Orientações Curriculares para o 7ºano	40
III - Metas de aprendizagem para o 7º ano	41
IV - Análise do domínio cognitivo	42
V - Proposta de estrutura para actividade laboratorial (professor)	43

Capítulo I - Introdução

I.1 - Estrutura do Projecto de Tese

O projecto de Tese apresentado neste documento encontra-se dividido em cinco Capítulos.

Neste primeiro Capítulo apresenta-se o Projecto de Tese: descreve-se a estrutura do presente documento e apresenta-se genericamente o estudo que se pretende realizar.

No segundo Capítulo encontra-se o objectivo da tese, com a especificação do tema a ser investigado e uma abordagem genérica à metodologia proposta. Em seguida enquadra-se o trabalho no panorama nacional, justificando a necessidade da realização desta investigação. Analisa-se a sua pertinência e a perspectiva de uma contribuição para a evolução do conhecimento científico na área - Ensino da Física.

O estado da arte é alvo de reflexão no terceiro Capítulo, no qual se apresentam os resultados de uma pesquisa bibliográfica sobre: Modelos e Teorias do Ensino e Aprendizagem; Trabalho laboratorial; Aprender por *inquiry*; Investigação-acção e Trabalho de grupo. São apresentadas e comentadas as propostas, soluções, abordagens, ou técnicas que se encontram na literatura nacional e internacional, recorrendo a livros, revistas científicas, artigos, entre outras fontes fidedignas.

O penúltimo capítulo contempla uma descrição detalhada da metodologia que se pretende desenvolver, explicando a natureza do estudo, as técnicas previstas, as várias fases do plano de trabalho e as condicionantes que poderão influenciar o desenrolar da investigação.

O Projecto de Tese termina com o quinto capítulo no qual estão reunidas todas as fontes bibliográficas, nacionais e internacionais, que serviram de referência a este projecto de Tese. As referências estão ordenadas alfabeticamente pelo último sobrenome do primeiro autor, sendo ele único ou com colaboradores, seguindo-se a ordem cronológica de publicação quando houver mais de uma referência do mesmo autor.

I.2 - Apresentação do trabalho a desenvolver

Em Portugal valoriza-se a componente laboratorial no ensino da Física e Química, nos Ensinos Básico e Secundário, como se pode verificar, por exemplo, nos princípios orientadores dos documentos: Orientações Curriculares para o 3º Ciclo do Ensino Básico em Ciências Físicas e Naturais (Freire et al, 2001) ou Programa de Física e Química A (Belo et al, 2001) respectivamente.

Com o objectivo de tornar a realização de actividades laboratoriais de Física, nos Ensino Básico e Secundário, potenciadoras de um desenvolvimento de competências cognitivas, de autonomia, atitudinais e processuais, propõe-se uma metodologia do tipo *inquiry*: “Aprender Física através da procura de razões para justificar comportamentos da Natureza”

A aplicação desta metodologia requer uma análise prévia dos documentos oficiais, pois deste modo identificar-se-ão claramente os conceitos de Física e competências que são inerentes a cada ano lectivo, tendo em conta a evolução do 7º ao 11ºano e o conseqüente aumento do grau de dificuldade, e de abstracção, à medida que o percurso escolar vai avançando. Para além da depuração das orientações dos documentos oficiais, para as actividades laboratoriais, entende-se ser importante analisar como os professores colocam em prática a realização dessas propostas. É necessário identificar o tipo de estrutura proposta para cada actividade, os conhecimentos, as competências, e os níveis de autonomia e criatividade subjacentes. Deste modo pretende-se fazer uma recolha destas informações em algumas escolas, tentando obter alguns exemplares dos instrumentos utilizados, em mais do que uma turma por cada ano lectivo.

Após a recolha de informações, quer sobre as propostas dos documentos oficiais, quer sobre o modo como é colocado em prática em algumas escolas, propõe-se a construção de propostas de organização, e níveis de autonomia, de todas as actividades laboratoriais de Física propostas pelo Ministério da Educação e a introdução de outras que se considerem potenciadoras da coesão de conhecimentos.

Aspira-se compreender e melhorar o modo de executar e orientar as actividades laboratoriais de Física, para que através da sua realização se alcance uma maior aquisição de competências cognitivas e de autonomia nos alunos, adequada ao seu nível etário. Acredita-se que será possível estimular o interesse dos alunos pela aprendizagem da Física se as actividades laboratoriais forem coerentemente orientadas, segundo o nível lectivo e conceptual em causa.

Analisando o panorama geral da educação, pensa-se ser importante a realização deste projecto, não só para o desenvolvimento de competências cognitivas, mas também para os alicerces que este estudo pode trazer para o ensino da Física.

Capítulo II - Contextualização do estudo

II.1 Objectivo

Tendo como ponto de partida a necessidade de melhorar os resultados da aprendizagem dos alunos na disciplina de Física, o foco deste trabalho é utilização das actividades laboratoriais de Física, nos Ensino Básico e Secundário, para promover aprendizagens mais conseguidas pelos alunos, que fomentem a sua motivação e a procura de respostas para os problemas colocados. A metodologia que se irá propor terá como base as actividades propostas nos documentos oficiais - orientações e programas.

Numa primeira fase, pretende-se identificar como são realizadas, nas escolas, as actividades laboratoriais de Física, propostas pelos documentos oficiais, até que ponto estão de acordo com os níveis cognitivos dos alunos e quais os cuidados relacionados com o seu desenvolvimento. Em simultâneo pretende-se construir uma estrutura, envolvendo a sequência dos anos lectivos, do desenvolvimento das competências associadas a cada actividade laboratorial proposta nos documentos oficiais. Indicar-se-á explicitamente a articulação com os níveis lectivos anteriores e seguintes, não só em termos de desenvolvimento cognitivo, como também processual e atitudinal, não esquecendo a motivação, a possível transferência de aprendizagens e a criatividade.

Considera-se necessário estimular nos alunos a vontade de querer aprender, construindo sempre um pouco mais sobre as aprendizagens anteriores, propondo graduações para a concretização de novas actividades que tenham em conta o nível cognitivo, e que os conduzam a questionarem os resultados, e fomentem o progresso dos conhecimentos, a motivação e o interesse. A visão dinâmica, e de graduação de desenvolvimento de competências, das actividades laboratoriais, deverá possibilitar aos alunos o desenvolvimento da capacidade de argumentar e procurar respostas fundamentadas para situações problema, desmistificando deste modo a ideia da ciência como um conjunto estático de factos, aceitando-a como um processo dinâmico e em constante crescimento.

Em termos de autonomia dos alunos tomar-se-ão como abordagens extremas as implícitas na dicotomia relativamente ao sucesso de um ensino directivo/expositivo (transmissão de conhecimentos, a partir de pequenas unidades, com valorização do treino) versus um ensino pela descoberta/investigação (centrado num problema em situações do quotidiano, a partir do mais complexo).

Assim, tentar-se-á responder às seguintes questões: deverá a aula laboratorial ser guiada, com um formato mais ou menos rígido, predefinido? Ou por outro lado, deverá esperar-se que seja o próprio aluno a descobrir e estruturar os passos necessários? Qual das duas abordagens permitirá uma aprendizagem mais fundamentada dos conteúdos de Física, assim como das competências necessárias à normal continuação dos estudos? E a abordagem deverá ser diferente consoante as actividades e o nível etário dos alunos?

Para evitar transições bruscas entre os anos lectivos, e assim diminuir o insucesso escolar, é fundamental definir os resultados de aprendizagem que os alunos devem alcançar no final de cada nível lectivo, não só em termos de conteúdos, mas também de capacidades racionais e outras competências. Esta definição influenciará a compreensão do nível de abertura e criatividade do patamar de dificuldade que deverá estar associado a cada actividade laboratorial.

II.2 Metodologia

O método de investigação escolhido é qualitativo e semi-quantitativo uma vez que existe uma preocupação ampla sobre o fenómeno que se pretende estudar, recorrendo à observação, descrição e interpretação, mas também à experimentação.

Este tipo de investigação, investigação-acção, caracteriza-se por uma fase contínua de recolha de dados, planificação, acção, observação, medição e reflexão, com a participação não só do investigador mas também de outros elementos da comunidade escolar.

Após a identificação do problema e com base na revisão da literatura é necessário especificar as operações:

- com base nos documentos oficiais - Orientações Curriculares, metas de Aprendizagem e Programas - construir uma proposta com os resultados de aprendizagem que os alunos devem alcançar após cada ano lectivo, não só em termos de conteúdos, mas também de desenvolvimento de competências individuais e de trabalho em grupo, tendo em atenção a realização das actividades laboratoriais;
- recolher, em diferentes escolas, informações sobre as metodologias e os documentos que estruturam as actividades laboratoriais e analisar os níveis de dificuldade, de autonomia dos alunos, e os objectivos que estão subjacentes à sua realização;
- com base em resultados da investigação educacional, planificar uma metodologia, para o desenvolvimento das actividades laboratoriais sugeridas pelo documentos oficiais e outras, numa perspectiva de uma aprendizagem progressiva e sequenciada de conteúdos e de desenvolvimento de competências cognitivas e de autonomia dos alunos ao longo dos sucessivos anos lectivos do Ensino Básico e do Ensino Secundário;
- através do desenvolvimento de um projecto de investigação em acção, aplicar em sala de aula a metodologia planificada para as actividades laboratoriais e sua realização, comparando os resultados de aprendizagem alcançados com os de alunos de turmas de controlo;
- organizar conteúdos de apoio para cursos de formação contínua de professores - estágios - nos quais a metodologia desenvolvida é explicada, bem como os seus resultados, promovendo a reflexão alargada sobre as sugestões propostas e eventual aplicação em escolas diversas.

A abordagem às actividades laboratoriais, em cada ano lectivo, deve ter em conta um fio condutor para os anos subsequentes, não esquecendo a ligação aos conteúdos e competências que anteriormente devem ter sido alcançados. Deste modo pretende-se

desenvolver uma evolução gradual e minimizar a transição brusca dos alunos entre o Ensino Básico e o Ensino Secundário e, mais tarde, entre o Ensino Secundário e o ensino superior. É esta perspectiva de continuidade que poderá conduzir os alunos a, progressivamente, aprenderem Física, e desenvolverem competências cognitivas e de autonomia, através das experiências realizadas em laboratório, entendendo, em simultâneo, como a ciência é desenvolvida.

II.3 Enquadramento do trabalho

Nos últimos 50 anos do século XX ocorreram, em Portugal, três Reformas Curriculares nos Ensinos Básicos e Secundários. A primeira reforma ocorreu nos anos 40. A segunda nos anos 70 e ficou conhecida como a Reforma de Veiga Simão. A terceira nos anos 90, após a publicação da Lei de Bases do Sistema Educativo. Posteriormente houve uma reorganização curricular (Galvão et al 2006).

A Lei de Bases do Sistema Educativo (LBSE, Lei n.º 46/86 de 14 de Outubro), que sofreu alterações em 2005 (LSBE, Lei nº49/2005 a 30 de Agosto), no segundo artigo afirma que a educação tem como objectivos: a promoção do *“desenvolvimento do espírito democrático e pluralista, [...], formando cidadãos capazes de julgarem com espírito crítico e criativo o meio social em que se integram e de se empenharem na sua transformação progressiva”*. Esta Lei conduziu a uma Reforma Educativa que começou a ser testada e implementada no início da década de 90. Para além de ter reforçado a importância do trabalho laboratorial no ensino das ciências, foram criadas condições para a sua implementação, nos ensinos Básico e Secundário.

A última revisão curricular do Ensino Básico - Decreto-Lei n.º 6/2001, de 18 de Janeiro - e do Ensino Secundário - Decreto-Lei n.º 74/2004, de 24 de Março da administração central (Ministério da Educação) contribuiu para reestruturar os princípios orientadores do sistema educativo, com o objectivo de melhorar os resultados obtidos pelos alunos dos Ensinos Básico e Secundário.

A reorganização Curricular do Ensino Básico aponta para um ensino mais centrado nos alunos, o que implica que os professores adoptem estratégias diversificadas de ensino que permitam a todos o desenvolvimento de competências essenciais (Freire, 2004). As finalidades da educação em ciência, recomendadas pelas Orientações Curriculares, sugerem o envolvimento dos alunos em experiências que permitam a aplicação do conhecimento científico, para que compreendam os problemas do mundo que os rodeia e desenvolvam competências de conhecimento processual e estratégias de resolução de problemas que caracterizam as investigações em ciência (Freire et al., 2001). Segundo Freire (2004), as Orientações Curriculares apelam para concepções de ensino e aprendizagem de ciência que valorizam o trabalho laboratorial do tipo investigativo e que favorecem o envolvimento activo dos alunos na sala de aula.

Os programas e as orientações, para o ensino da Física nos EBS, emanados pelo Ministério da Educação, sugerem a exposição dos conteúdos de forma integrada, fomentando a ligação com o quotidiano, sobretudo nas actividades laboratoriais propostas, de modo a que seja mais óbvia a relação entre o que se ensina nas escolas e o contexto de vida da maioria dos alunos, o que se acredita que os motiva. No programa de Físico e Química A, 10ºano, afirma-se: “*Apesar de alguma controvérsia sobre o Trabalho Prático este continua a ser uma componente importante e fundamental para a formação em ciências e sobre ciências dos alunos, e, em particular, no domínio da Química e da Física.*” (p.10)

A partir dos anos 60 têm sido feitos estudos no âmbito da motivação e atitudes dos alunos perante a Física (Osborne *et al.*, 2003). Os resultados alcançados têm mostrado que os alunos aprendem melhor quanto se encontram interessados pela disciplina, e que o interesse baseado na motivação para aprender possui efeitos positivos quer nos processos de estudo, quer na quantidade e qualidade dos resultados dos estudos (Hiddi, *et al.* 2004). Entende-se que a motivação e a vontade de cada aluno para aprender têm um papel determinante no desenvolvimento de competências racionais e de autonomia.

É neste contexto que surge a necessidade de avaliar o impacto no desenvolvimento de competências cognitivas processuais e de autonomia nos alunos, não esquecendo a criatividade, em contexto de sala de aula, nomeadamente durante a realização de actividades laboratoriais¹ de Física.

Parece então pertinente analisar a forma como os professores de Ciências Físico-Químicas orientam os alunos na realização dessas actividades laboratoriais de Física, desde o Ensino Básico ao Ensino Secundário, recolhendo informações sobre o modo como gerem os diferentes níveis de dificuldade, avaliam o desenvolvimento de competências alcançado e promovem nos seus alunos a procura de razões para os resultados obtidos.

A estruturação do nível de dificuldade e conceptual de cada actividade laboratorial, ao longo dos anos lectivos, torna-se mais pertinente quando se reflecte sobre as mudanças bruscas que se verificam nas transições entre os ciclos. De acordo com o Ministério da Educação “São pontos críticos da retenção os anos de escolaridade: 2.º, 4.º, 7.º, 10.º e 12.º. Os dois anos com taxas mais elevadas são os do ensino secundário.” (Plano Nacional de Prevenção do Abandono Escolar, 2003). Um documento da responsabilidade do Gabinete de Estatística e Planeamento da Educação apresenta dados mais recentes sobre as transições entre ciclos: “ (...) as situações de reprovação tendem a ocorrer no 10.º ano, sendo evidente o efeito de transição, de descontinuidade (...) ” (Rodrigues *et al.* 2010). São citados neste documento alguns autores que se têm debruçado sobre a existência de descontinuidades entre os ciclos - Duarte, Roldão, Nóvoas, Fernandes e Duarte, 2008; Rodrigues, Roldão, Nóvoas, Fernandes e Duarte 2009 e Abrantes 2005 e 2008. O fenómeno é denominado “efeito de transição de ciclo” e atribuem estas diferenças ao “ (...) nível da exigência escolar, dos

¹ Trabalho laboratorial: todas as actividades que podem ou não ser do tipo experimental, que podem ser realizadas em salas de aulas normais ou em laboratórios e que requerem materiais de laboratório mais ou menos convencionais.

objectivos (Ferreira, 1998), tradições de ensino, lógicas de funcionamento, linguagem e modos de gestão do tempo e do espaço (Abrantes, 2005 e 2008) “ (Rodrigues et al 2010).

Usando toda esta informação e tendo por base os documentos oficiais (orientações curriculares e programas) pretende-se desenvolver uma estrutura de crescimento progressivo, ao longo dos sucessivos níveis lectivos dos Ensino Básico e Secundário, de competências cognitivas, processuais e de autonomia dos alunos baseada nas actividades laboratoriais e na sua utilização para aquisição de saberes.

II.4 Relevância do estudo a desenvolver

O Ministério da Educação, responsável pela gestão dos documentos oficiais produzidos para o ensino da Física nos ensinos Básico e Secundário, tem-se revelado muito atento aos resultados obtidos pelos alunos, em vários domínios. Nesse sentido surgiu o Projecto “Metas de Aprendizagem” inserido na Estratégia Global de Desenvolvimento do Currículo Nacional delineada, em Dezembro de 2009. Este projecto consistiu na criação de *“referentes de gestão curricular para cada disciplina ou área disciplinar, em cada ciclo de ensino, desenvolvidos na sua sequência por anos de escolaridade (...). Traduzem-se na identificação das competências e desempenhos esperados dos alunos, no entendimento que tais competências e desempenhos evidenciam a efectiva concretização das aprendizagens em cada área ou disciplina e também as aprendizagens transversais preconizadas nos documentos curriculares de referência”*. (Metas de aprendizagem 2009). Este Projecto apresentou as metas de aprendizagem para o Ensino Básico, prevendo para o Ensino Secundário *“a sua divulgação até ao final do ano lectivo 2010/2011”*. Tal como as Orientações Curriculares para a disciplina de Ciências Físico-Químicas, as metas de aprendizagem estão divididas nos quatro temas principais (*“Terra no espaço”, “Terra em transformação”, “Sustentabilidade na Terra” e “Viver melhor na Terra”*) e em vários subdomínios. De entre as metas propostas destacam-se:

“O aluno constrói uma interpretação sobre a origem e composição do Universo (...)”

“ O aluno interpreta o Sistema Solar com base na teoria heliocêntrica (...)”

“O aluno constrói uma interpretação sobre o que acontece num dado local do Planeta ao longo de um dia e ao longo de um ano; estabelece comparações (...)”

“O aluno elabora justificações sobre a importância de questões energéticas (...)”

“ (...) interpreta fenómenos atmosféricos e previsões do tempo apresentados em diferentes formas; relaciona a emissão de poluentes (...) “

“O aluno interpreta fenómenos sonoros, relaciona-os com características do som (...)”

“ O aluno interpreta fenómenos ópticos (...), explica o mecanismo da visão e limitações que podem ocorrer e percepção da cor (...)”

“ O aluno interpreta e classifica movimentos reais ou simulados (...)”

“ O aluno (...) explica funções específicas (...); procede a montagens práticas (...); elabora resposta a questões/situações problema, através de experimentação adequada.”

Não tentando fazer neste momento qualquer análise do nível conceptual associado a cada uma das metas propostas conclui-se que apontam, desde os níveis mais elementares, para uma forte independência do aluno na procura de soluções e respostas para os problemas: “O aluno interpreta (...)”, “O aluno elabora justificações (...)”, “O aluno interpreta e classifica (...)”, entre outras.

De acordo com o Programa Educação 2015, da responsabilidade do Ministério da Educação, pretende-se “assegurar, até 2020:

- *A melhoria nos níveis de competências básicas, mensuráveis pelos resultados obtidos pelos jovens de 15 anos nas provas de literacia, matemática e ciências do PISA²; (...)”* (p.6)
- *“(...) a percentagem de alunos de 15 anos com fraco aproveitamento em (...) ciências deverá ser inferior a 15%.”* (p.11)

Esta percentagem é calculada, em todos os países da EU, através dos resultados dos testes PISA³: para Portugal e no ano de 2006 foi de 24,5% reduzindo-se para 16,5% em 2009. (Relatório de Progressos de Educação e Formação da UE 2010/2011).

Ainda que, de acordo com os resultados verificados no PPISA (desde 2000 até 2009), Portugal esteja a evoluir positivamente na diminuição da percentagem de alunos com resultados fracos a ciências, os comportamentos dos nossos alunos ainda estão abaixo da média de todos os países intervenientes e na cauda dos países europeus.

Estes maus resultados também são evidentes no único instrumento nacional de medida de aprendizagem - Exame Nacional de Física e Química A, 11º ano, que em 2010 registou uma média de 85 pontos em 200, apresentando uma taxa de reprovação superior a 20%. Em 2009, os resultados obtidos foram: média de 84 pontos, em 200, e uma taxa de reprovação de 24%.

Neste contexto, um outro estudo importante é o que consta no *Livro Branco da Física e da Química - Opiniões dos alunos 2003* (Martins et al. 2005). Envolveu uma amostra de 7119 alunos, dos quais 3068 do 9ºano e 4051 do 11º ano. No ano lectivo 2002/2003, as taxas de aprovação, na disciplina de Ciências Físico-Químicas, dos alunos do 7º, 8º e 9º anos foram 64%, 69% e 63%, respectivamente. As razões apontadas pelos alunos do 9º e 11º anos para a falta de motivação para o estudo da Física e da Química são semelhantes. No que concerne às actividades laboratoriais, 12% dos alunos indicam que a realização de experiências de Física é predominantemente de natureza demonstrativa e realizadas pelos professores, e 7% declara não compreender as experiências (Martins et al. 2003). Este estudo revela ainda que as actividades têm um carácter fechado e particularmente focado na confirmação de leis,

² Pisa: É um estudo, lançado pela OCDE - Organização para o Desenvolvimento e Cooperação Económico - em 1997, que permite monitorizar os sistemas educativos em relação ao desempenho dos alunos, no contexto de um enquadramento conceptual aceite internacionalmente. O PISA está organizado em ciclos de 3 anos, e procura medir a capacidade dos jovens de 15 anos para usarem os seus conhecimentos, de forma a enfrentarem os desafios da vida real.

³ Em Portugal o estudo envolve alunos de 15 anos que frequentam do 7ºano ao 11º ano de escolaridade (em 2009 incluiu 6298 alunos nestas condições).

fenómenos e teorias, pouco centradas na formulação e verificação de hipóteses e na resolução de problemas abertos.

Com estes resultados torna-se evidente que a realização das actividades laboratoriais, ou de actividades de demonstração em sala de aula, por si só não é suficiente e pode até ser motivadora de frustração quando os alunos não entendem os objectivos do que estão a ver ou a fazer.

Um outro estudo, que precedeu o anterior, e que está publicado no *Livro Branco da Física e da Química - Diagnóstico 2000, Recomendações 2002* (Martins et al. 2002), representa as opiniões de uma amostra aleatória de professores, em 1050 escolas (65% do total). Das escolas envolvidas, 49% responderam aos inquéritos. Os professores inquiridos neste estudo, indicaram que a realização de trabalho laboratorial potencia o desenvolvimento de um raciocínio crítico nos alunos, ajuda na compreensão dos conceitos e a relacionar a teoria e a pratica, e motiva mais para assuntos científicos. Estes resultados não coincidem com as respostas dos alunos parecendo notar-se uma diferença entre o que os professores pensam que motiva os alunos e o que os alunos apontam como motivador.

No que diz respeito ao modo como as actividades laboratoriais são exploradas em sala de aula, Martins et al., 2002, apresentam a seguinte tabela:

Tabela I: Metodologias de trabalho nas aulas laboratoriais (MARTINS et al., 2002)

	<i>Ensino Básico (%)</i>	<i>Ensino Secundário (%)</i>
Demonstração comentada	92	87
Experiências para ajudar a compreender conceitos	91	86
Experiências guiadas por uma ficha de trabalho	86	91
Escrita de relatório	80	82
Manuseamento de equipamentos	82	77
Obtenção e análise de dados	68	69
Planeamento de experiências para testar hipóteses	40	38
Discussão de resultados experimentais	22	21
Síntese do trabalho experimental	18	16

As respostas fornecidas pelos professores apontam para um cenário onde a exploração, discussão e fomentação do questionamento dos resultados, por parte dos alunos, são actividades minoritariamente realizadas. Mesmo a obtenção e análise de dados pelos alunos não atingiram, há 10 anos, os 70%.

Como complemento fundamental para a proposta de uma metodologia de actuação entende-se ser crucial reavaliar com mais pormenor o modo como, nas salas de aula, ou laboratórios escolares, são abordadas pelos professores e percebidas pelos alunos, as actividades laboratoriais propostas nos documentos oficiais, sobretudo no que se relaciona com a motivação e o desenvolvimento sequencial de competências cognitivas e de autonomia dos alunos.

Capítulo III - Estado da arte

III.1 Modelos e Teorias de Ensino e Aprendizagem

Ao longo do século XX, alguns investigadores procuraram construir teorias de ensino e aprendizagem que permitissem *“descrever, não só as trajectórias do pensamento do aluno, mas também as condições que reunidas resultam na criação de um sistema de acontecimentos que permitam a apropriação do saber”* (Bertrand, 1991).

Destacam-se então as principais Teorias da Aprendizagem:

Behaviorismo: *“O behaviorismo baseia-se nas mudanças de comportamento observáveis. Um dado modelo de comportamento é repetido até que o mesmo se torne automático”* (Segundo Schuman, 1996, citado por Lima e Capitão, 2003).

Cognitivismo: *“O cognitivismo baseia-se nos processos mentais subjacentes ao comportamento. As mudanças no comportamento são observadas e utilizadas como indicadores do que está a acontecer na mente do aprendiz.”* (Segundo Schuman, 1996, citado por Lima e Capitão, 2003).

Construtivismo: *“O construtivismo é uma teoria que entende a aprendizagem como um processo de construção interpretativo e recursivo por parte dos alunos em interacção com o mundo físico e social. É uma teoria psicológica da aprendizagem que descreve o modo como surgem as estruturas e a compreensão conceptual mais profunda, mais que uma teoria que apenas caracteriza as estruturas e estádios do pensamento, ou mesmo uma teoria que isola comportamentos apreendidos pelo meio do reforço”* (Fosnot, 1999).

Neste estudo analisa-se em detalhe a teoria que parece servir de alicerce aos documentos oficiais para os Ensino Básico e Secundário - construtivismo.

Um dos teóricos que contribuiu para o nascimento do construtivismo, John Dewey (1859-1952), que nasceu no mesmo ano em que a teoria da evolução de Darwin foi publicada, defendeu que o conhecimento é um modo de participação: *“Mais do que preparação para a vida, a educação deve ser vida: permitir a cada sujeito, pela comunicação ética com os outros, adquirir e mobilizar um conjunto de hábitos e atitudes que lhe permitam viver condignamente.”* (Dewey, 1988: p.57).

De acordo com Damião (2008), *“Dewey é um dos autores mais referidos nos trabalhos académicos que se produzem na área da pedagogia. Toda e qualquer dissertação de mestrado ou doutoramento, artigo ou livro que trate da aprendizagem, do ensino, da formação de professores, da educação para a democracia, da educação científica, da educação artística, da teoria e desenvolvimento curricular, dos métodos pedagógicos, inclui, por certo, o seu nome.”*

A teoria proposta por Dewey foi das primeiras a chamar a atenção para a capacidade de pensar dos alunos. Acreditava que os alunos são estimulados pelo envolvimento, tanto físico como mental, na aprendizagem, mas também defendia a importância do modo como o

professor inicia e organiza esse envolvimento. Não negou que aos alunos deve ser fornecida informação pelos professores, mas o aprendiz deve estar envolvido pessoalmente para resolver a situação problemática. Descreve o processo de resolução de problemas, o pensamento reflexivo e a aprendizagem, baseado no conceito da inteligência criativa e flexível. A ideia básica do pensamento de John Dewey está centrada no desenvolvimento da capacidade de raciocínio e espírito crítico do aluno - metacognição. Etimologicamente, a palavra metacognição significa, para além da cognição, a capacidade de conhecer o próprio acto de conhecer, ou seja, consciencializar, analisar e avaliar como se conhece.

Alguns estudos demonstraram que a metacognição influencia a comunicação, a compreensão oral e escrita, e a resolução de problemas, constituindo assim um elemento chave no processo de aprender a aprender (Valente et al, 1989).

Segundo Paris e Winograd (1990), citados por Ribeiro (2003), à metacognição pode atribuir-se dois significados: a avaliação de recursos e a metacognição em acção. O primeiro significado - avaliação de recursos, ou auto-apreciação cognitiva - aponta para reflexões pessoais sobre os conhecimentos, competências cognitivas, características da tarefa que influenciam a dificuldade cognitiva e estratégias disponíveis para a realização da tarefa. O segundo significado - metacognição em acção, ou auto-controle cognitivo - aponta para as reflexões pessoais, antes da tarefa e nas adaptações durante a tarefa, sobre a organização e planificação da acção. Ainda de acordo com a mesma autora “Idealmente, os professores funcionam como mediadores na aprendizagem e agem como promotores da auto-regulação ao possibilitarem a emergência de planos pessoais”. De modo a potenciar a metacognição, o professor deve orientar situações de investigação, propor resoluções de problemas complexos no decurso dos quais o aluno tem a hipótese de escolher entre várias alternativas e a antecipar as consequências destas escolhas.

Outro investigador que teve uma contribuição importante para o entendimento dos processos de ensino e de aprendizagem foi Lev Vygotsky (1896-1934) que não atribuiu muita importância aos estados de desenvolvimento de Piaget⁴ pois considerava-os demasiado estáticos. Defendia que a aprendizagem acontece em ambientes sociais e focou-se no potencial de aprendizagem - até onde a criança poderia ir, com orientação. Segundo este autor, o processo fundamental do desenvolvimento é a interiorização gradual acompanhada. Ou seja, inicialmente é o adulto (pais, professores, etc.) que controla e guia a actividade da criança; gradualmente o adulto e a criança partilham as funções de resolução do problema, depois a criança toma a iniciativa e o adulto corrige-a quando há falhas; finalmente, a criança assume o controlo da própria actividade (Brown, 1987). O conceito de “zona de desenvolvimento proximo” surge com Vygotsky como o grau de ajuda necessário para que a criança chegue à solução do problema. Reconheceu também que a capacidade de aprender por imitação é um factor importante na aprendizagem. A interacção com jovens colegas, ou

⁴ Piaget, psicólogo, acreditava que a criança em desenvolvimento estava laboriosamente a construir estruturas cognitivas, segundo quatro estados sequenciais.

adultos, em ambientes socialmente cooperativos, dá ao aprendiz possibilidades de observar, imitar e conseqüentemente desenvolver funções mentais mais elevadas.

Tanto Vygotsky como Dewey admitiram a linguagem como meio de comunicação por excelência. Os conceitos e relações capturados através da linguagem são transmitidos e adquiridos num meio social.

A linha orientadora de todos os modelos analisados é o construtivismo. Porém este modelo pode ser dividido em vários tipos, como o biológico ou radical (Piaget), e o social (Dewey e Vygotsky), entre outros.

Marshall (1996), citado por Bidarra (2007), refere a existência de várias formas de construtivismo e sublinha que *“usar o termo construtivismo para referir diferentes perspectivas mascara diferenças importantes, não apenas no significado e pressupostos, mas também no modo como as várias abordagens são implementadas na sala de aula e nas suas conseqüências para os alunos”*.

A perspectiva construtivista surge associada à resolução de problemas, mas também às actividades de investigação. Este tipo de actividade está de acordo com os princípios epistemológicos do construtivismo, proclamando a autonomia e a criatividade do aluno, mas também é coerente com posições empiristas e realistas, podendo harmonizar-se com outras formas de ensino e aprendizagem, como a exposição de conteúdos, que pode potenciar a capacidade dos alunos para enfrentar situações novas (Delgado, 1998).

Os documentos oficiais do Ministério da Educação enfatizam o desenvolvimento de competências de conhecimento, raciocínio, atitudes e comunicação, promovem o ensino por investigação, integram a perspectiva Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente e valorizam a avaliação formativa como aprendizagem. Estas orientações parecem estar de acordo com o modelo construtivista mais radical: a aula é centrada num problema, incide em estratégias de investigação desenvolvidas pelos alunos e deve realçar os processos de compreensão. Assim, indicam que a aprendizagem deve partir de situações complexas, recorrendo a métodos activos em que os alunos procuram informação e nos quais a avaliação sumativa é desvalorizada. Algumas das metodologias sugeridas são o recurso a jogos, brainstorming, pesquisas, observação de situações concretas, resolução de problemas, discussão de soluções em grupo, realização de experiências e investigação. Como estratégia privilegia-se, neste tipo de modelo, a comunicação de informação e ideias, a construção em conjunto de uma nova explicação, a revisão sucessiva das soluções encontradas, o recurso à avaliação entre pares e a integração nos conhecimentos anteriores. Neste contexto pede-se ao professor que procure e use as questões e ideias dos alunos, que promova a iniciativa e a pesquisa, que use os conhecimentos e experiências dos alunos, que encoraje o recurso a fontes exteriores às aulas e que incentive a procura de causas e a previsão de conseqüências.

Entende-se que os documentos oficiais promovem o recurso aos métodos activos, e da não directividade, com sugestões práticas pedagógicas que se opõem à transmissão de conhecimentos na sala de aula. No entanto, o facto de ser importante que o aluno participe activamente na construção do conhecimento, não invalida a presença de uma certa

directividade e de instruções explícitas (Festas, 1998). Efectivamente, as instruções explícitas são não só úteis como, em muitos casos, necessárias à aprendizagem, podendo mesmo ser importantes para o envolvimento do aluno (Pirulli & Anderson, 1985, citado por Bidarra, 2005).

Este trabalho tem como base o paradigma cognitivista e construtivista, o que não será inconsistente. Cada modelo construtivista tem diferenças importantes entre si e em cada uma das diferentes perspectivas construtivistas encontram-se directivas diversas quanto ao grau de intervenção do educador e de planificação do ensino, o papel da avaliação e o lugar ocupado pela interacção entre pares (Bidarra, 2005).

A perspectiva cognitivista está assente no facto de se desenvolver a metodologia *inquiry* após a leccionação dos conteúdos. Os alunos já possuem os conhecimentos prévios à realização das actividades e estas diferem consoante os níveis lectivos abordados. Defende-se a existência de capacidades intelectuais nos alunos que devem ser estimuladas de modo estruturado. Valoriza-se o conhecimento, a instrução antes da aplicação e a sistematização. A perspectiva construtivista está presente na metodologia proposta na medida em que se pretende estimular o interesse pela Física, a vontade de aprender e de questionar os resultados, potenciar o desenvolvimento de autonomia e criatividade, porém sempre balizado pelo nível cognitivo do aluno e após a leccionação dos conteúdos.

III.2 Trabalho laboratorial

O trabalho laboratorial na aprendizagem das ciências é considerado crucial para o aluno uma vez lhe permite atribuir um significado à linguagem, criar autonomia e treinar as técnicas de investigação, possibilitando um olhar crítico sobre os resultados obtidos (Séré et al 2003).

Considerando os trabalhos desenvolvidos por Hodson (1994; 2000), Wellington (2000), Pro Bueno (2000), Leite (2001), Sacadura (2001) e Hofstein & Lunetta (2004), os motivos que justificam a aplicação das actividades laboratoriais nas escolas dividem-se em seis grupos:

1. Desenvolver atitudes favoráveis face à Ciência e à aprendizagem das ciências (motivação, interesse, etc.);
2. Desenvolver atitudes científicas, (objectividade, persistência, criatividade, ponderação, respeito pela opinião dos outros, etc.);
3. Melhorar a aprendizagem conceptual (conhecimento e compreensão de conceitos e teorias);
4. Promover a aprendizagem da metodologia científica - inclui a aprendizagem de competências e técnicas laboratoriais (conhecimento procedimental) e de capacidades de investigação para a resolução de problemas;

5. Desenvolver hábitos de pensamento científico, ou seja, desenvolver métodos de raciocínio orientados para a investigação científica;
6. Compreensão da natureza da Ciência.

De acordo com Borges (2002), as actividades laboratoriais permitem que o aluno compreenda e aplique os conhecimentos adquiridos na escola. Porém destaca que o importante é o envolvimento com a procura de respostas e soluções para os problemas colocados e a manipulação dos materiais na realização da actividade. Leite (2002) refere que as actividades laboratoriais mostram “o que acontece” mas não “porque é que isso acontece”.

Segundo Wellington (citado por Leite 2004) actualmente a realização das actividades laboratoriais é recomendada com base em três tipos de argumentos: cognitivos, afectivos e associados a capacidades/habilidades. Porém, nem sempre os resultados pretendidos, como a promoção da inter-ligação entre as componentes conceptual e procedimental, se conseguem alcançar com a realização de actividades laboratoriais. Hodson (1994) descreveu um conjunto de motivos que considerou serem responsáveis por esta divergência, nomeadamente o facto de os professores reflectirem pouco sobre as actividades laboratoriais e as considerarem como uma metodologia que conduz à aprendizagem automática dos conceitos abrangidos, assim como uma fraca rentabilização do tempo gasto na realização (alunos não reflectem previamente).

O modo como o professor conduz a actividade experimental é fundamental, pois segundo Tamir (1991): *“o professor é indubitavelmente o factor chave na realização do potencial do laboratório”*.

Uma abordagem com orientações mínimas pode ser entendida como uma aprendizagem por descoberta (Papert, 1980, Rutherford, 1964) ou como aprendizagem experiencial (Boud, Keogh e Walker, 1985; Kolb e Fry, 1975), com um conteúdo aberto que se organiza em função dos acontecimentos do meio envolvente e da vida quotidiana.

O conhecimento actual da arquitectura cognitiva humana parece indicar que uma metodologia de ensino pouco guiada é susceptível de ser ineficaz. Cerca de meio século de pesquisas empíricas sobre esta questão levam a concluir que a orientação aberta será, em termos gerais, menos eficaz e eficiente do que a orientação específica e guiada, concebida para suportar o processamento cognitivo necessário para a aprendizagem (Kirschner et al 2006).

Klahr e Nigam (2004) investigaram se os alunos aprendem mais conteúdos científicos através da descoberta ou de instrução directa, e se a qualidade dessa aprendizagem seria diferente, testando a transposição para contextos diferentes. Concluíram que a maioria dos alunos aprendeu mais através de um método mais guiado, e os que aprenderam pelo método da descoberta não apresentaram sinais de uma qualidade superior nessa aprendizagem. Segundo Sweller (2008), uma das principais funções do ensino é proporcionar a aprendizagem

de modo eficiente, que permita o conhecimento efectivo, de modo que permaneça nas memórias de longo prazo dos alunos pronto a ser utilizado.

Em Portugal alguns estudos já foram desenvolvidos com a preocupação de analisar o que se pretende alcançar e o que efectivamente se atinge, em termos de aprendizagem, após a realização das actividades experimentais, e também a percepção que os professores têm sobre o tipo de aprendizagem que orientam nos seus alunos. Alguns dos resultados obtidos apontam o trabalho laboratorial como potenciador de desenvolvimento de competências práticas (aptidão manual e técnicas laboratoriais) e cognitivas, pois proporcionam um ambiente no qual os alunos podem testar as suas ideias, recolher evidências e construir argumentos para explicarem as conclusões a que chegam com a realização das actividades (Leite e Esteves, 2005).

Em relação às modalidades utilizadas destacam-se as demonstrações realizadas pelo professor, com ou sem a ajuda dos alunos, e o trabalho em grupo seguindo orientações mais ou menos rígidas:

- a) Demonstrações - realizadas pelo professor permitindo ou não a discussão sobre o que se está a fazer e sobre os conceitos envolvidos, e está muitas vezes associada a métodos didácticos expositivos (Miguéns, 1991). São consideradas actividades fechadas e altamente estruturadas, nas quais o professor assume o papel principal e realiza a experiência, descreve as observações e /ou formula questões. Os alunos observam, relatam, escrevem explicações do que observam e, eventualmente, respondem a questões relacionadas com o que observam. Estas actividades têm a concepção, realização e exploração centradas no professor (Almeida, 2000) mas permitem reforçar o conhecimento conceptual (Leite, 2000).
- b) Actividades laboratoriais guiadas - realizadas pelos estudantes em direcção a uma única resposta correcta (Miguéns, 1991), sobretudo após a exposição de teoria, sendo uma prática de comprovação ou de verificação, em que é utilizado um processo fechado. Os resultados experimentais a obter estão definidos a priori pelo professor, através de procedimento experimental estruturado e que os alunos terão de seguir (Almeida, 2000). O professor assume a iniciativa de planear a actividade, a definição do princípio da análise dos dados e sua exploração, controlando assim a maioria das fases da actividade, com excepção da execução do protocolo experimental (Almeida, 2000).
- c) Actividades laboratoriais abertas - actividades que levam os alunos a fazerem previsões, a testá-las, a explicar os resultados e a apresentá-los no grupo, reflectindo sobre as explicações dadas e confrontando-os com as previsões iniciais (Wellington, 2000). Porém, as actividades laboratoriais abertas podem variar no nível de autonomia que permitem aos alunos.

- i. Nível de autonomia reduzido a moderado: o professor continua a manter algum controle sobre o desenvolvimento da actividade, e segundo Leite (2000 e 2001), serão actividades do tipo Prevê-Observa-Explica-Reflecte (P.O.E.R.). Conduzem os alunos à resolução de problemas, pesquisando, experimentando, trabalhando as possíveis soluções de resolução do problema (Miguéns, 1991; Leite, 2001), e que por isso exigem do aluno um maior grau de envolvimento conceptual, procedimental e atitudinal. Estas actividades laboratoriais, como refere Tamir (1991) e Leite (2001), são de estrutura mais aberta na medida em que colocam o aluno perante o problema, do qual desconhece a solução e os procedimentos a utilizar. As actividades do tipo P.O.E.R podem ser fornecidas aos alunos com ou sem procedimento experimental de apoio (Leite, 2001).
- ii. Nível de autonomia elevado: o aluno é colocado perante o problema e desenvolve as metodologias necessárias para chegar à solução - actividades de investigação. O professor não fornece qualquer proposta para a resolução do problema (Wellington 2000).

O grau de abertura (Leite, 2001) ou nível de investigação (Tamir 1991) de uma actividade pode ser determinado em relação ao grau de participação dos alunos nas várias etapas da actividade. Tamir (1991) apresenta três parâmetros para avaliar esse grau de abertura: definição do problema, selecção do método e obtenção da resposta ao problema. Por sua vez, Watson (1994) também distingue três etapas: definição do problema; eleição do método; e obtenção da solução. O mesmo autor refere que cada uma destas etapas poder ter um grau variável de abertura, admitindo que a actividade prática possa ter diferentes graus de abertura nos distintos parâmetros.

Alguns resultados apontam o trabalho laboratorial, quer no Ensino Básico, quer no Ensino Secundário, com uma estrutura fechada, apoiados por protocolos rígidos que os alunos seguem, mais ou menos, mecanicamente (Leite, 2004). Este tipo de organização, das actividades laboratoriais, é colocado em causa sobretudo na interligação entre a parte conceptual e experimental. Para que os objectivos pretendidos com a actividade laboratorial sejam alcançados é necessário que este tipo de metodologia não se confunda com uma mera execução do procedimento laboratorial (Leite, 2000).

A realização de uma mesma actividade pode permitir atingir diferentes objectivos (Por Bueno, 2000), dependendo da orientação dada pelo professor. Segundo Figueiroa (2001), o número de objectivos definidos para a realização de cada actividade deverá ser cuidadosamente analisado de modo a que as exigências das actividades não superem as capacidades de aprendizagem dos alunos, e assim cada actividade deverá direccionar-se e centrar-se apenas em alguns objectivos específicos, devidamente sequenciados, ou poderá tornar-se pedagogicamente inútil.

III.3 Aprender por *inquiry*⁵

De acordo com Miguéns, 1999, o envolvimento dos alunos em actividades de investigação com base em situações problema, conduzindo-os à resolução de problemas abertos para pesquisarem, estudar um problema profundamente e trabalharem soluções possíveis dá-lhes uma compreensão dos procedimentos e estratégias de investigação científica, a par de uma compreensão dos conceitos científicos.

O método de *inquiry* procura sensibilizar os estudantes para natureza investigativa da ciência. Novak (1964) sugeriu que o *inquiry* é o conjunto de comportamentos envolvidos na procura “de explicações aceitáveis para os fenómenos acerca dos quais sentem curiosidade”. Assim, o *inquiry* envolve actividade e competências, mas a tónica está na procura activa de conhecimento e compreensão para satisfazer uma vontade própria de aprender.

Uma metodologia inquiridora (IBSE- *inquiry-based science education*) tem como objectivo envolver os alunos no processo de investigação científica, que é cada vez mais encarado como um elemento essencial para o desenvolvimento das competências científicas, para o progresso da compreensão dos conceitos científicos e para entender o próprio desenvolvimento da ciência. Pretende proporcionar ambientes estimulantes e situações reais para os estudantes explorarem durante o próprio processo de aprendizagem, maioritariamente recorrendo à realização de actividades laboratoriais. O conhecimento é construído através da experimentação, discussão de ideias com professores e colegas e interacção directa com o fenómeno científico (Allende 2008).

Segundo Sandoval and Reiser (2004), Friedrichsen, Munford, and Zembal-Saul(2003), e NRC (1996), citados por Ebenezer et al 2011: “A Ciência como *inquiry* é um conceito que não é necessariamente equivalente aos processos científicos promovido nos anos 1960 e 1970. O *inquiry* combina a utilização de processos de ciência e conhecimento científico para analisar como os estudantes usam o raciocínio científico e o pensamento crítico”.

Vários peritos em educação, dos Estados Unidos, acreditam que a ciência por *inquiry* é a base da aprendizagem científica (National Research Council, 1996, p.5, citado por Ebenezer et al 2011) e é uma metodologia internacional (Council of Ministers of Education of Canada, 1997; Department for Education and Employment 1999, citado por Ebenezer et al 2011).

Ebenezer et al, 2011, desenvolveram um estudo, relacionado com o Ambiente e com as Ciências da Vida, que investigou as mudanças nos alunos do Ensino Secundário, as percepções de fluência usando tecnologias inovadoras (TI) e a capacidade dos alunos para investigar e pesquisar, como resultado da estimulação em projectos de investigação científica com foco em questões ambientais. O estudo teve uma duração de mais de três anos, e analisou um total de 125 alunos desde o 9º ao 12º ano. Foram testados 11 objectivos

⁵ Entende-se que o termo *inquiry* não tem uma tradução, por uma palavra, que consiga reproduzir o significado do conceito neste contexto na sua plenitude. Daí que se decidiu manter ao longo de todo o trabalho o termo em inglês.

relacionados com as competências científicas, dos quais se destacam aqueles onde os alunos obtiveram maiores avanços: “realizar ligações lógicas entre evidências e explicações científicas”; “defender argumentos científicos relacionados com investigação, evidências e explicações científicas”. Porém, este estudo chama a atenção para o papel dos professores que têm de ser capazes de estruturar o pensamento dos alunos sobre a credibilidade e qualidade dos resultados obtidos, particularmente em aspectos que foram negligenciados. Embora este estudo esteja mais relacionado com as TI, permitiu concluir que é provável que mais possa ser alcançado em termos de desenvolvimento de competências se os professores ajudarem intencionalmente os alunos a tornarem-se mais conscientes dos objetivos relacionados com as competências científicas, através da metodologia *inquiry*. Defende ser importante que os professores sejam formados para conseguirem estimular nos estudantes o reconhecimento da relação entre os eventos, a explicação de provas e defender os seus resultados de acordo com uma base científica anteriormente adquirida.

Fogleman et al, 2011, mostram os resultados obtidos num estudo com 19 professores que adoptaram um Currículo de Ciências, no ensino médio, orientado para a metodologia *inquiry*. Revelam que as adaptações curriculares (tempo, nível de realização e estrutura da actividade), a eficácia dos processos (conforto dos professores e compreensão dos alunos), e a experiência docente promovem resultados consideráveis na aprendizagem alcançada pelos alunos. Estes resultados foram verificados através da aplicação de pré e pós testes nas turmas dos 19 professores. Apesar da evolução se ter verificado em todas as turmas, não aconteceu do mesmo modo registando-se uma diferença na evolução, ou seja no “tamanho do efeito” (divisão entre a diferença de resultados no pós-teste e pré-teste pelo pré-teste de referência - desvio padrão), entre cada turma: variações de 0.47 a 5.27. Estes resultados sugerem, segundo os autores, que não só as mudanças nos currículos são importantes, mas sobretudo o modo como os professores abordam o currículo nas aulas, principalmente a escolha da estrutura de cada actividade. Este estudo mostra a utilidade da participação dos alunos, mas também dos professores, em processos de *inquiry*, para desenvolver a compreensão de conceitos-chave da ciência.

Outro estudo que pretendeu examinar a eficácia do ensino por *inquiry* foi concretizado por Wilson et al, 2010. Resumidamente, um grupo de 58 alunos vindos de 24 escolas de zonas diferentes, entre os 14 e os 16 anos, foi sujeito a uma metodologia diferente - *inquiry* - durante duas semanas no Verão, sobre 3 temas que não faziam parte dos conteúdos programáticos dos Ensino Básico ou Secundário: Sono, Distúrbios do Sono e Ritmos Biológicos. Os resultados foram comparados com uma turma controle - na qual não foi introduzida qualquer alteração. O grupo cujo ensino foi baseado em *inquiry* atingiu níveis significativamente mais altos de aprendizagem, do que os alunos da turma controle, verificados através da realização de pré-testes, pós-testes e entrevistas. Este efeito foi consistente com vários objetivos de aprendizagem (raciocínio, conhecimento e argumentação) e prazos (imediatamente após a leccionação e quatro semanas depois).

Wilson et al, 2010, citam NRC 2000 para indicarem as cinco características principais da metodologia *inquiry*. Deste modo indicam que os estudantes, cuja metodologia de aprendizagem se baseia nesta metodologia:

- são confrontados com questões orientadas cientificamente;
- dão prioridade às evidências, as quais os permitem desenvolver e avaliar explicações que respondam às questões orientadas;
- formulam explicações, a partir das questões orientadas cientificamente;
- avaliam as suas explicações em relação às possibilidades que são apresentadas, sobretudo sobre as que reflectem uma compreensão científica;
- comunicam e justificam as suas explicações.

Quando os alunos são encorajados a encontrar significado, são geralmente envolvidos no desenvolvimento e reestruturação dos seus esquemas de conhecimento, através de experiências com fenómenos, de discussões exploratórias e intervenções do professor (Driver, 1989).

Na sua essência, o ensino através de *inquiry* envolve os estudantes em investigações para resolver problemas, sendo estas satisfeitas quando os indivíduos construíram estruturas mentais que explicam adequadamente as suas experiências. Uma implicação é que o *inquiry* é sempre estimulado pela curiosidade: não há investigação autêntica nem aprendizagem significativa se não existir um espírito interrogativo em busca de uma resposta, solução, explicação ou decisão.

De acordo com um estudo realizado por Mattheis e Nakayama, 1988, estudantes do Ensino Secundário, sujeitos a esta metodologia apresentam melhores resultados na aprendizagem das Ciências, especialmente no desempenho de competências processuais e laboratoriais, capacidades de interpretação de gráficos e interpretação dos dados. Estas evoluções foram testadas recorrendo a Teste de Processo de Competências (POPS), que é desenvolvido para avaliar capacidades científicas: experimentais, processuais, uso de variáveis, apresentação e interpretação dos dados.

Existem também evidências de que o ensino baseado em *inquiry* promove a literacia científica e a compreensão dos processos da ciência (Lindberg, 1990), a aquisição de vocabulário e compreensão de conceitos (Lloyd, Contreras, 1985, 1987), o pensamento crítico (Narode et al., 1987), atitudes positivas em relação à ciência (Kyle et al., 1985), melhor desempenho em testes de conhecimento processual (Glasson, 1989) e construção de conhecimento lógico-matemático (Staver, 1986) - todos citados por Haury (1993).

Em algumas compilações americanas sobre educação, *Science For All Americans* e *National Science Education Standards*, existe o reconhecimento da importância de um ensino por *inquiry* que permita aos estudantes desenvolver uma imagem mais polida da ciência e da investigação científica, contribuindo com o desenvolvimento intelectual e individual e oferecendo uma forma de pensar que poderia ser utilizada na solução de problemas diários. Argumentam também que esta metodologia promove um maior envolvimento dos estudantes e que os estudantes aprendem mais. (Deboer, 2006)

Note-se que os efeitos do *inquiry* no desempenho dos alunos podem variar de acordo com o seu desenvolvimento cognitivo (Germann, 1989) e que a ênfase neste método de ensino não exclui necessariamente o uso de livros de texto ou outros materiais didáticos; contudo, tais recursos só serão adequados se forem capazes de despertar a curiosidade e o espírito investigativo.

Relativamente à utilização da metodologia *inquiry* especificamente no Ensino da Física, destacam-se dois estudos: Minner et al, 2010, e Viennot, também em 2010.

Entre 1984 e 2002 foi realizado um estudo, por Minner et al (2010), para resolver a questão : “Qual é o impacto da instrução da ciência por *inquiry* sobre os resultados de aprendizagem de Física nos alunos do 12º ano?”. Os resultados mostraram que 51% dos alunos apresentaram impactos positivos na aprendizagem das ciências quando sujeitos a uma metodologia de *inquiry*. Porém, não se verificou de um modo geral associação significativa entre o grau de autonomia da metodologia e a aprendizagem conceptual alcançada. Quando analisadas as actividades com prática laboratorial, nas quais o aluno assumiu responsabilidades na sua condução, mais de metade dos inquiridos obtiveram resultados mais significativos nas de maior autonomia.

Viennot, em 2010, pretendeu descobrir como maximizar os benefícios de aprendizagem de IBSE, no ensino da física, em termos de realizações conceituais, mantendo o potencial motivacional. Afirma que os benefícios de aprendizagem verificados com este método (IBSE) não são maiores do que os verificados com o ensino tradicional e parece revelar alguma apreensão em relação aos estudos que apontam como indiscutível uma melhoria de aprendizagem significativa. Euler (2004), citado por Viennot (2010), relembra que as evidências experimentais são apenas o início do caminho que é necessário percorrer para o conhecimento.

Também Scott (2009), citado por Viennot (2010) revelou preocupações com a tendência imediata de classificar a metodologia mais expositiva de modo depreciativo e o *inquiry* como inovador e positivo. Contudo, alerta para que ambas as metodologias podem ser úteis e não têm que se excluir mutuamente.

Viennot considera essencial que os alunos alcancem um determinado nível de satisfação intelectual nas actividades que realizam. A este respeito, a autora refere que o principal é favorecer uma estrutura conceptual que saliente as ligações entre fenómenos e leis.

A metodologia *inquiry* pode ser diferentemente aplicada em sala de aula, consoante o tipo de orientação fornecida, que deve depender da idade dos alunos, das especificidades da turma, dos objectivos conceptuais e das competências que se pretendem alcançar:

Tabela II: Classificação dos tipos de metodologia *inquiry*.

Tipo	Descrição
Estruturada	Professor fornece os problemas para que sejam resolvidos durante actividades práticas, os procedimentos e materiais. Os estudantes devem determinar o resultado seguindo as orientações.
Guiada	Professor fornece o problema, ou questão, e os materiais. Os alunos têm de determinar o processo e resultado.
Aberta	Estudantes determinam o problema, a investigação, o processo e o resultado.

Pesquisadores australianos têm explorado o efeito, a curto prazo, da motivação durante a instrução da ciência em alunos de 14 e 15 anos (Palmer 2009, citado por Minner e tal 2010), enquanto pesquisadores em Israel têm-se debruçado sobre a influência do *inquiry* aberto versus guiado, em estudantes do Ensino Secundário (Sadeh e Zion 2009). Estes últimos estudos parecem indicar que os alunos que trabalharam com uma metodologia de *inquiry* aberta superaram os que trabalharam segundo a mesma metodologia mas mais orientada.

III.4 Investigação-acção

A investigação, tradicionalmente, é categorizada em dois tipos: fundamental - para aumentar o conhecimento geral - e aplicada - para produzir “*resultados que possam ser directamente utilizados na tomada de decisões práticas ou na melhoria de programas e sua implementação*” (Schein, 1987, citado por Bogdan e Biklen, 1994:264).

Uma das modalidades da investigação aplicada é a investigação-acção, cujo objectivo é promover mudanças sociais. Esta metodologia, centrada na reflexão crítica e na atitude operacional, surgiu na década de 40 através do artigo “Action Research and Minority Problems” de Kurt Lewin (Almeida 2001).

A investigação-acção usada como estratégia formativa de professores, promove a sua formação reflexiva e o seu posicionamento investigativo face à prática profissional e a sua própria emancipação (Moreira, 2001).

Durante as práticas lectivas, o professor ao questionar-se e questionar os contextos de aprendizagem e as suas práticas, em ciclos de reflexão-acção-reflexão permanente e sistemática, está a processar a recolha e produção de informação válida para basear as estratégias de ensino que irá desenvolver e de aprendizagem que irá fomentar. Deste modo está a cientificar o seu acto educativo, ou seja, torná-lo mais informado, mais sistemático e

- 4) A investigação tem que ser relevante para o professor e para os seus alunos, de modo a contribuir para a melhoria legítima da situação e levar à construção do conhecimento;
- 5) A investigação deve ser ampliada a outros contextos de actuação do professor, para que a mudança possa ter impacto e continuidade;
- 6) A fim de contribuir para o alargamento do conhecimento educacional e produzir alterações em contextos mais alargados, é essencial divulgar os resultados da investigação.

III.5 Trabalho de grupo

A importância da interacção social surgiu nos anos setenta com Piaget, mas foi Vygotsky que introduziu uma dimensão mais ampla a este fenómeno, considerando que a interacção entre os pares promove, para além de aprendizagens, o desenvolvimento cognitivo.

A utilização de trabalho colaborativo, nas aulas de ciências, tem sido defendida por autores como Solomon (1987), Roth (1993) ou Wellington e Osborne (2001) - citados por Bruno e Santos, 2010.

Em Portugal, têm sido realizados alguns estudos que têm vindo a mostrar o papel das interacções sociais entre pares para a apropriação de conhecimentos matemáticos e científicos dos alunos e para a promoção do seu desenvolvimento cognitivo e sócio-afectivo. Mostram que quando existe trabalho entre pares, quer estes sejam do mesmo nível ou não, o progresso para além de ser no domínio cognitivo é sobretudo na socialização, na modificação de atitudes académicas e do domínio dos afectos (César 2003).

A partilha entre um sujeito e os seus pares motiva um confronto interior para gerir a interacção social com o desenvolvimento cognitivo que, para ser eficiente na promoção do progresso cognitivo individual dos sujeitos, deve satisfazer duas condições: uma relativa aos pré-requisitos individuais (caracterização dos níveis operatórios iniciais); e outra respeitante à dinâmica interactiva que os sujeitos constroem na situação social de co-resolução da tarefa, (deve desenvolver uma oposição de resposta entre os sujeitos) (Gilly, 2001).

Segundo alguns autores israelitas, num estudo sobre a metodologia *inquiry*, verificou-se uma correlação positiva entre o número de alunos por equipa e a compreensão processual e mudanças durante a utilização da metodologia. Do ponto de vista pedagógico verificou-se no discurso dos estudantes um pensamento metacognitivo intensivo, o que ocorre sobretudo num ambiente de equipa, em relação ao trabalho individual (Sadeh e Zion 2009).

Capítulo IV - Metodologia

IV.1 Natureza do estudo

A natureza do processo ensino-aprendizagem em contexto real é um tema que tem sido amplamente estudado e cada vez a relevância do tema é maior tendo em conta as necessidades sociais e o panorama da educação.

Atendendo às características singulares das variáveis em jogo nesses tipos de estudo, é fácil de entender a complexidade e subjectividade que lhe são inerentes. Citando Moreira (1999), em relação ao espaço - sala de aula, é impossível esquecer que esta é “ *um micromundo, uma microcultura com certos vínculos e determinada organização social.(...) O que se passa na aula está influenciado pelo que ocorre a outros níveis de organização social e cultural. Tudo isto indica que o ensino se desenvolve num determinado contexto que a investigação em educação não pode ignorar e que em rigor, é parte inseparável do fenómeno de interesse dessa investigação.*”

Esta experiência de aprendizagem, em ambiente de sala de aula, tem como variável independente a utilização da metodologia *inquiry* e a variável dependente é a aprendizagem alcançada pelos alunos. Porém, como o grupo alvo não será seleccionado de um modo aleatório, mas sim em função das possibilidades, será uma investigação do tipo quasi-experimental, e não experimental, com recurso a grupos de controlo e grupos experimentais. A validade interna de um estudo deste tipo pode ser posta em causa uma vez que a amostra não é aleatória. Em relação à validade externa, ou seja a possibilidade de generalizar, também não é garantida, mas não é esse o objectivo principal mas sim testar a hipótese escolhida, eliminando variáveis e levantar questões pertinentes que permitam estudos futuros que favoreçam as reflexões para uma futura fundamentação teórica sobre o tema.

As etapas desta investigação são:

Problema - Como potenciar, nos Ensino Básico e Secundário, a aprendizagem da Física através da realização das actividades laboratoriais?

Hipótese - No Ensino da Física, ao longo de vários anos lectivos, a aprendizagem alcançada através da aplicação da metodologia *inquiry*, na realização das actividades laboratoriais, é significativamente superior, quando comparada com a não utilização.

Níveis - a variável independente (utilização da metodologia *inquiry* nas actividades laboratoriais) será aplicada num tema de Física, entre o 7º e o 11º anos.

Também se pretende a realização de uma investigação-acção, ainda que se esteja consciente que a interacção no contexto da investigação possa potenciar algumas representações sociais e efeitos psico-sociais, mas defende-se esta técnica para aferir os instrumentos propostos.

IV.2 Técnicas de recolha de dados

Com o intuito de recolher informação necessária à concretização deste estudo, e os resultados obtidos, prevê-se a possibilidade de recorrer aos seguintes instrumentos:

Tabela III: Instrumentos previstos para a obtenção da informação.

Instrumentos	Utilização
Fichas das actividades laboratoriais (protocolos e fichas de avaliação)	Recolha de informação antes da aplicação da metodologia <i>inquiry</i>
Protocolos Laboratoriais inseridos nos Manuais escolares	
Questionários aos professores	
Pré e Pós Testes	Recolha de resultados durante a aplicação da metodologia <i>inquiry</i>
Grelhas de observação	
Entrevistas aos Professores	
Fotografias da realização das actividades laboratoriais	
Portefólios produzidos pelos alunos ao longo do ano	

Para além dos instrumentos citados na Tabela III, a observação de eventuais aulas de colegas poderá também ser uma técnica a recorrer. A observação directa poderá permitir compreender como são as actividades conduzidas em salas de aula.

IV.3 O plano de trabalho

Pretende-se organizar grelhas para os resultados de aprendizagem de Física nos Ensino Básico e Secundário, que devem ser alcançados pelos alunos no final de cada ano lectivo, assim como as competências ao nível da autonomia e do desenvolvimento racional, elaborando documentos que possam ser consultados por outros professores.

Numa primeira fase é importante, com base nos documentos oficiais para o EBS, identificar os conhecimentos e o desenvolvimento de competências que se pressupõe serem alcançados pelos alunos em cada ano lectivo. Esta estruturação terá em conta os objectivos focados nos documentos oficiais: potenciar a resolução de situações problema (quer no contexto de sala de aula, quer no contexto do quotidiano), tendo em conta o desenvolvimento de raciocínio, uma aprendizagem racional, e a necessidade de desenvolver competências gerais de abordagem manual a tarefas. Assim, elaborar-se-ão tabelas que identifiquem claramente os resultados de aprendizagem que devem ser procurados na realização das actividades laboratoriais, em cada nível lectivo.

Segue-se a recolha de informação sobre as linhas orientadoras das actividades laboratoriais, em várias escolas, ao longo dos anos lectivos, para um determinado tema de Física, por exemplo a Mecânica. Tendo como finalidade um ensino sequenciado e que potencie uma aprendizagem progressiva dos conteúdos de Física, e o desenvolvimento de competências racionais e de autonomia dos alunos, torna-se fundamental reconhecer de que modo são propostas as actividades experimentais, em diferentes escolas. A estruturação da actividade permitirá classificá-la de demonstração, guiada, orientada ou aberta (por ordem crescente de liberdade de acção permitida aos alunos).

Em simultâneo, pretende-se propor uma metodologia para implementar as actividades experimentais com vista a uma aprendizagem sequenciada e cujos patamares de dificuldade estejam de acordo com o nível lectivo em causa. A evolução conceptual, pretendida com cada actividade, deve estar ajustada aos conhecimentos anteriores, ao patamar de dificuldade inerente a cada ano lectivo e ao que se pretende que o aluno adquira como base para uma evolução posterior. Através de um projecto de investigação-acção, esta metodologia será testada em turma(s) experimental(is), com o necessário controlo de variáveis, e comparação com turma(s) de controlo. Desenvolver-se-ão esforços de reflexão em acção no sentido de produzir linhas orientadoras, devidamente fundamentadas e estruturadas relativamente ao nível etário dos alunos, para que todas as escolas as possam aplicar.

Finalmente, e porque é crucial partilhar os resultados com quem está no terreno, procurar-se-á potenciar o efeito de experiência através de cursos de formação contínua de professores na modalidade de estágio, orientada para a importância de permitir aos alunos um desenvolvimento cognitivo progressivo, com o auxílio das actividades laboratoriais.

O programa de trabalhos está previsto em três anos, com várias etapas. Estas estão aparentemente descritas na sequência umas das outras contudo, como em qualquer investigação, o processo raramente segue um modelo de progressão linear. A revisão da literatura, a recolha de dados, a análise de resultados e a reflexão, por exemplo, são tarefas que irão abranger todo o estudo.

Primeira etapa - Setembro 2011 até Fevereiro 2012

Planificação de estratégias. Definição de actividades. Recolha de informações

a) Identificação de resultados de aprendizagem pretendido para cada nível lectivo

- Estruturação dos resultados de aprendizagem indicados para cada uma das actividades laboratoriais sugeridas pelos documentos oficiais, ao longo de todo o percurso escolar (7º ao 11º anos).
- Análise da estrutura sequencial associada às actividades laboratoriais de Física, estabelecendo as relações possíveis entre o que se pretende com cada uma delas.
- Identificação dos pontos fracos e das dificuldades.

b) Análise do modo como são executadas as actividades laboratoriais de Física nalgumas escolas

- Construção de Inquéritos e eventuais guiões de entrevista que permitam identificar como os professores, do EBS, estruturam nas suas escolas as actividades laboratoriais de Física e os diferentes patamares de dificuldade que lhes associam.
- Distribuição do questionário por escolas, abrangendo diferentes zonas do país.
- Recolha dos questionários, entrevistas e de guiões de actividades, análise e tratamento dos dados.

Segunda etapa - Fevereiro 2012 até Fevereiro de 2013

Implementação do plano proposto

a) Elaboração de linhas orientadoras para a organização e o desenvolvimento das actividades laboratoriais de Física

- Construção de propostas de organização, e níveis de autonomia, em todas as actividades laboratoriais de Física, sugeridas pelos documentos oficiais, tendo como base o trabalho realizado na 1.ª e na 2.ª Fase
- Introdução de outras actividades potenciadoras de coesão de conhecimentos e desenvolvimento de competências, com a preocupação de desenvolvimentos progressivos para as quais os alunos possam ser consciencializados

b) Desenvolvimento do projecto de investigação-acção

Terceira Etapa - Fevereiro de 2013 até Fevereiro de 2014

Formação contínua de professores

- Com base nos resultados das etapas anteriores, elaboração de documentos de apoio para um curso de formação contínua de professores do EBS

Quarta etapa - Fevereiro de 2014 até Setembro de 2014

Análise final dos resultados e escrita da tese

- Análise crítica dos resultados
- Avaliação das práticas educativas, na perspectiva dos alunos e dos professores envolvidos
- Escrita da tese

IV.4 Operacionalização

Há pormenores neste estudo (níveis lectivos, temas e turmas para aplicação de investigação-acção) que não é possível de identificar completamente neste Projecto de tese. Prevê-se que serão leccionadas turmas do Ensino Secundário ou Básico, nas quais será desenvolvido o projecto de investigação-acção. Mas não é possível definir o tema de Física que se irá analisar.

Porém, prevendo a colocação numa escola, do Ensino Básico e Secundário, demorar algum tempo, entende-se que o trabalho proposto não ficará em risco uma vez que a primeira e parte da segunda etapas podem ser realizadas mesmo não estando em exercício numa escola.

Para o preenchimento de inquéritos de recolha de informações, este projecto poderá contar com os contactos já existentes nas escolas onde decorrem os Estágios Pedagógicos, em colaboração com o Departamento de Física da Universidade de Coimbra, assim como os dos elementos da equipa do projecto FSE/CDE/83453/2008 - Optimização do Ensino das Ciências Experimentais, financiado pela Fundação para a Ciência e Tecnologia, em vigência até Fevereiro de 2011.

Pretende-se recolher informações de escolas em diferentes zonas do país.

O resultado desta investigação, para além de comunicado em conferências e em revistas de investigação educacional, chegará às escolas através da realização de cursos de formação contínua de professores.

Esta investigação acontece no terreno - em escolas, com alunos e com professores. Haverá o maior cuidado no controlo de variáveis e em toda a análise de resultados. No entanto, devido às circunstâncias em que se propõe o seu desenvolvimento, as suas conclusões estarão mais próximas de estudos de caso, não podendo a sua abrangência produzir resultados para os quais se possa reclamar validade estatística.

IV.5 Exemplo da metodologia proposta

Analisando os documentos oficiais e a evolução de cada um dos temas centrais de Física, ao longo dos Ensinos Básico e Secundário, decidiu-se apresentar umas linhas gerais sobre a proposta de actuação, caso o tema escolhido fosse a “Mecânica” - Anexo I. Chama-se a atenção para o facto desta escolha não ser definitiva e estar, de algum modo, dependente das condições existentes no próximo ano lectivo - 2011/2012.

Uma vez que o tema é leccionado em 5 anos lectivos - Anexo I - entende-se ser crucial iniciar a análise dos documentos oficiais, e posterior recolha de dados, no nível lectivo mais baixo - 7º ano.

O ponto de partida em cada ano lectivo é definido pelos documentos oficiais e esta será a “base da escada de conceitos e competências”. Assim, no 7º ano o tema “Mecânica” é leccionado em “Planeta Terra - Terra e Sistema solar; Movimentos e forças”. Analisam-se as Orientações Curriculares e as Metas de Aprendizagem para estas Unidades - Anexo II e III.

As Metas de Aprendizagem são depuradas em termos de níveis cognitivos e para tal recorre-se à taxonomia de Bloom. Verifica-se que os níveis menos complexos são os menos focados nas Metas e que se solicita aos alunos, do 7º ano, que estão pela primeira vez a ter aulas de Física e que nunca contactaram com as aprendizagens em causa, que mostrem comportamentos de aprendizagem de níveis superiores aos que estariam adequados para o início da aprendizagem - Anexo IV.

Após esta reflexão, pensou-se na possibilidade de realizar uma primeira actividade laboratorial que permitisse aos alunos medir, comparar e estimar grandezas como a distância, o intervalo de tempo, etc. Constatou-se que este tipo de actividade, que iniciaria os alunos em tarefas processuais associadas à medição, não faz parte das propostas oficiais. Considera-se que é uma competência essencial e que fará a ligação com o primeiro contacto dos alunos com o laboratório de Física e a verificação da importância do rigor na leitura e interpretação de resultados e na escolha dos materiais e procedimentos.

Só após a realização desta actividade inicial fará sentido, segundo uma lógica de hierarquização de conhecimentos e competências, passar à actividade proposta pelos documentos oficiais - “Determinação da velocidade média de um corpo”. Em todas as actividades propostas será desenvolvido, para além do protocolo experimental para os alunos, um guião para os professores, com linhas gerais sobre a estrutura da actividade, os conceitos adjacentes, os pré-requisitos, o nível cognitivo e uma sugestão de como organizar os alunos - Anexo V.

Porém nesta fase ainda não foi possível estruturar claramente os documentos que se pretendem construir e aguarda-se o início do ano lectivo para que a definição do tema seja concretizada em função da colocação numa escola.

Capítulo IV - Bibliografia

Allende, J. (2008) Academies active in education. Editorial, *Science*

Almeida, J. C. (2001). Em defesa da Investigação-Acção. *Sociologia*, nº37, 175-176.

Almeida, A. (2000). Papel do trabalho experimental vs As perspectivas epistemológicas em Física. In Sequeira, M. et al. (Org.). *Trabalho Prático e Experimental na Educação em Ciências*. Braga: Universidade do Minho, 257-272.

Bello, A., Caldeira, H., Costa, J., Lopes, J., Magalhães, M., Martins, I., Pina, H., San-Bento, C., Simões, M., Simões, T. *Programa de Física e Química A, Curso Científico-Humanístico de Ciências e Tecnologias, 10º ou 11ºano, 2001.*

Bertrand, Y (1991). *Teorias Contemporâneas da Educação*, Lisboa. Instituto Piaget.

Bidarra, M. G., Festas, M. I., Damião, M. H. (2007). *Pedagogia ou demagogia construtivista? As orientações curriculares no ensino básico em Portugal*. Livro de Actas do Congresso Internacional Galego-Portugués de Psicopedagogía.

Bidarra, M. G., Festas, M. I. (2005). Construtivismo(s): Implicações e interpretações educativas. *Revista Portuguesa de Pedagogia*, 39 (2), 175-195.

Bogdan, R., Biklen, S. (1994). *Investigação qualitativa em educação - Uma introdução à teoria e aos métodos*. Porto: Porto Editora.

Borges, A. T. (2002). Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 19 (3), 291-313.

Boud, D., Keogh, R., Walker, D. (1985). *Reflection: Turning experience into learning*. London: Kogan Page.

Bruno, I., Santos, L. (2010). Evolução da escrita avaliativa num contexto de trabalho colaborativo. *Revista da Educação*, XVII (2), 61 - 92.

César, M. (2003). A escola inclusiva enquanto espaço-tempo de diálogo de todos para todos. In D. Rodrigues (org.), *Perspectivas sobre a Inclusão. Da Educação à Sociedade*. Porto: Porto Editora.

Coutinho, C. P., Sousa, A., Dias, A., Bessa, F., Ferreira, M. J., Vieira, S. (2009). Investigação-
acção: metodologia preferencial nas práticas educativas. *Psicologia Educação e Cultura*. XIII
(2), 455-479.

Damião, H. (2008). Civilização ou barbárie em John Dewey.
<http://dererummundi.blogspot.com/2008/10/civilizacao-ou-barbrie-em-jonh-dewey.html> -
consulta a 1 de Junho de 2011

Deboer, G. E. (2006). Historical Perspectives on Inquiry Teaching in Schools In Flick, L. D. and
Lederman, N. G. (Ed.), *Scientific Inquiry and Nature of Science*, Netherland, NED, Springer,
17 -35.

Delgado, A. M. (1998). Nos todos somos construtivistas. *Revista de Educación*, 315, 179-198.

Dewey, J. (1988). *The later works, 1925-1953: Experience and nature* (Vol. 1). Illinois:
Southern Illinois University Press.

Driver, R. (1989). Student's conceptions and the learning of science. *International Journal of
Science Education*, 11, 481 - 490.

Ebenezer, J., Kaya, O. N., Ebenezer, D. L. (2011). Engaging Students in Environmental
Research Projects: Perceptions of Fluency With Innovative Technologies and Levels of
Scientific Inquiry Abilities. *Journal of Research in Science Teaching*, 48, 1, 94-116.

Elliot, J. (1990). *La investigación-acción en educación*. Madrid: ediciones Morata

Festas, I. (1998). Estudo das aprendizagens escolares. *Revista Portuguesa de Pedagogia*, 32
(3), 119-153.

Figueiroa, A. (2001). *Actividades Laboratoriais e educação em ciências - Um estudo com
manuais escolares de ciências da Natureza do 5º ano de escolaridade e respectivos autores*.
Dissertação de Mestrado (não publicada), Universidade do Minho.

Fogleman, J., McNeill, K. L., Krajcik, J. (2011). Examining the effect of teachers' adaptations
of a middle school science inquiry-oriented curriculum unit on student learning. *Journal of
Research in Science Teaching*, 48, 2, 149-169.

Fosnot, C. (1999). *Construtivismo e Educação - Teoria, Perspectivas e Prática*. Lisboa,
Instituto Piaget.

Freire, A. (2004). Mudança de concepções de ensino dos professores num processo de reforma curricular. In: ME-DEB (Ed.). Flexibilidade curricular, cidadania e comunicação. Lisboa: Ministério da Educação, p. 265-280.

Freire, A., Galvão, C., Lopes, A., Neves, A., Oliveira, M., Pereira, M., Santos, M., Vilela (2001). M. Ciências Físicas e Naturais Orientações Curriculares 3º Ciclo, p.8.

Galvão, C., P. Reis, A. Freire, T. Oliveira (2006); Avaliação de Competências em Ciências, Asa Editores, Porto.

Gilly, M. (2001). Interaction entre pairs et constructions cognitives: Modèles explicatifs. In A.-N. Perret-Clermont, e M. Nicolet (Eds.), Interagir et connaître: enjeux et régulations sociales dans le développement cognitive, 21-32.

Haury, David L. (1993). Teaching Science through Inquiry. ERIC/CSMEE Digest. <http://www.ericdigests.org/1993/inquiry.htm> - consulta a 1 de Julho de 2011.

Hidi, S.; Renninger, A. & Krapp, A. (2004). Interest, a motivational variable that combines affective and cognate functioning. In D.Y. Day & R. J: Sternberg (Eds), Motivation, emotion, and cognition (89-115) Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum

Hodson, D. (1994). Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratório. *Enseñanza de las Ciências*, 12(3), 299-313.

Hofstein, A., Lunetta, V. (2004). The Laboratory in Science Education: Foundations for the Twenty-First Century. *Science Education*, 88,28-54.

Leal, R. P. M. (2010). Modelo para apoio á definição curricular de cursos 1º Ciclo na área da Ciência da Computação. Universidade Nova de Lisboa. Faculdade de Ciências e Tecnologia. Departamento de Informática.

Leite, L., Esteves, E. (2005). Análise crítica de actividades laboratoriais: Um estudo envolvendo estudantes de graduação. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 4,(1).

Leite, L. (2004). Actividades laboratoriais e evidências indirectas. Um estudo com futuros professores. XVII Congresso de Enciga.

LEITE, Laurinda (2002). A inter-relação dados-evidências-conclusões: Um estudo com actividades laboratoriais incluídas em manuais escolares. *In Actas do II Congreso Internacional "Didáctica de las Ciencias"*. La Habana: Ministerio de Educación.

<http://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/10012/1/A%20inter-rela%C3%A7%C3%A3o%20dados-evid%C3%A4ncias-conclus%C3%B5es.pdf> - consulta a 10 de Julho de 2011.

Leite, L. (2001). Contributos para uma Utilização mais Fundamentada do Trabalho Laboratorial no Ensino das Ciências. In Departamento do Ensino Secundário (Ed.), *Cadernos Didácticos de Ciências*, 1, 78-97. Lisboa: Ministério da Educação, Departamento do Ensino Secundário.

Leite, L. (2000). As actividades laboratoriais e a avaliação das aprendizagens dos alunos. In Sequeira, M. e tal. (org). *Trabalho prático e experimental na educação em ciências*. Braga: Universidade do Minho, 91-108.

Lei de Bases do Sistema Educativo - LBSE, Lei n.º 46/86 de 14 de Outubro e Lei nº49/2005 de 30 de Agosto. Diário da República. <http://dre.pt/pdf1sdip/2005/08/166A00/51225138.PDF> - consulta a 26 de Junho de 2011.

Lima, J. Capitão, Z.(2003). *E-learning e E-conteúdos*. Lisboa: Centro Atlântico.

Lima, L. (2000). Administração escolar em Portugal: da revolução, da reforma e das decisões políticas pós-reformistas. In Catani, A. et al. (Org.). *Reformas educacionais em Portugal e no Brasil*. Belo Horizonte: Autêntica Editora, p. 41-76.

Matos, M., Morais, A. M. (2004). Trabalho experimental na aula de ciências físico-químicas do 3º ciclo do ensino básico: Teorias e práticas dos professores. *Revista de Educação*, XII (2), 75-93.

Mattheis, F., Nakayama, G. (1988). Effects of a laboratory-centered inquiry program on laboratory skills, science process skills, and understanding of science knowledge in middle grade students. (ERIC document reproduction service no. ED 307 148).

Martins, A., Sampaio, A., Gravito, A. P., Martins, D., Fiúza, E., Malaquias, I., Silva, M. M., Neves, M., Valadares, M., Costa, M. C., Mendes, M., Soares, R.(2005). Livro Branco da Física e da Química - Opiniões dos alunos 2003 (1ª edição das Sociedade Portuguesa de Física e Sociedade Portuguesa de Química) Camarate.

Martins, A., Malaquias, I., Martins, D. R., Lopes, J. M., Fiúza, E. M. (2002). Livro Branco da Física e da Química - Diagnóstico 2000 recomendações 2002 (1ª edição, Sociedade Portuguesa da Física, Sociedade Portuguesa da Química). Aveiro: Editorial Minerva.

Medeiro, A., Drogas, C., Ângelo, I., Santos T. (2004). *Caracterização da investigação-acção - Anexo i*. Departamento de Educação, Faculdade de ciências de Lisboa. <http://www.educ.fc.ul.pt/docentes/ichagas/mi1/Anexo%20i.pdf> - consulta a 02 de Julho de 2011.

Metas de Aprendizagem (2009). Ministério da Educação. <http://www.metasdeaprendizagem.min-edu.pt/> - consulta a 30 de Junho de 2011.

Miguéns, M. I. (1999). *O Trabalho Prático e o Ensino das Investigações na Educação Básica. Ensino experimental e construção de saberes*. Lisboa: CNE-ME.

Miguéns, M. I. (1991). *Actividades práticas na educação em ciências: Que modalidades? Aprender - Revista da Escola Superior de Educação de Portalegre*, 12, 39-44.

Minner D. D., Levy A. J., Century J. (2010). *Inquiry-Based Science Instruction—What Is It and Does It Matter? Results from a Research Synthesis Years 1984 to 2002*. *Journal of Research in Science Teaching*, 47, 3, 276-301.

Moreira, M.A. (1999). *Investigación en enseñanza: aspectos metodológicos*. In Moreira, M.A., Sahelices, C., Villagrà, J., M (org). *I Escuela de Verano Sobre Investigación en Enseñanza de las Ciencias*, Burgos: Universidade de Burgos, 13 - 51.

Osborne, J.; Simon, S. & Collins, S. (2003). *Attitudes towards science: a review of the literature and its implicatios*. *International Journal of Science Education*, 25(9), 1049-1079

Papert, S. (1980). *Mindstorms: Children, computers, and powerful ideas*. New York: Basic Books.

Plano Nacional de Prevenção do Abandono Escolar. Ministério da Educação (2003) http://www.fersap.pt/documentos/min-edu/PNAPAE_2.pdf - consulta a 17 de Julho de 2011.

Por Bueno, A. (2000). *Actividades de Laboratorio y Enseñanza de Contenidos Procedimentales*. In M. SequeUa, L. Dourado, M.T. Vilaça, S. Afonso & J. M. Baptista (Orgs.) *Trabalho Prático e Experimental na Educação em Ciências*. Braga: Universidade do Minho, Departamento de Metodologias da Educação.

Programa educação | 2015. Ministério da educação. http://www.min-edu.pt/data/docs_destaque/programa_educacao_2015.pdf - consulta a 02 de Maio de 2011.

Kirschner, P. A., Sweller, J., Clark, R. E. (2006). Why minimal guidance during instruction does not work: An analysis of the failure of constructivist, discovery, problem-based, experiential, and inquiry-based teaching. *Educational Psychologist*, 41(2), 75-86.

Kolb, D. A., Fry, R. (1975). Toward an applied theory of experiential learning. In C. Cooper (Ed.), *Studies of group process* (pp. 33-57). New York: Wiley.

Relatório de Progressos de Educação e Formação da UE 2010/2011. http://ec.europa.eu/education/news/news2900_en.htm - consulta a 25 de Abril de 2011.

Ribeiro, C. (2003). Metacognição : Um Apoio ao Processo de Aprendizagem. *Psicologia: Reflexão e Crítica*, 16(1), 109-116.

Rodrigues N., Roldão C., Nóvoas D., Fernandes S., Duarte T. (2010) . Estudantes à Saída do Secundário - 2009/2010. Gabinete de Estatística e Planeamento da Educação (GEPE). http://www.gepe.min-edu.pt/np4/?newsId=136&fileName=OTES_EASS_0910.pdf - consulta a 19 de Julho de 2011.

Sacadura, M. C. D. C. H. (2001). *Ensino Experimental nas Disciplinas de Ciências da Terra e da Vida e de Técnicas Laboratoriais de Biologia e Geologia*. Lisboa: Universidade de Lisboa, Faculdade de Ciências. Dissertação de Mestrado (não publicada).

Sadeh, I., Zion, M. (2009). The development of dynamic inquiry performances within an open inquiry setting: A comparison to guided inquiry setting. *Journal of Research in Science Teaching*, 46 (10), 1137-1160.

Sanches, I. (2005). Compreender, Agir, Mudar, Incluir. Da investigação-acção à educação inclusiva. *Revista Lusófona de Educação*, 5, 127-142.

Séré, M.G., Coelho, S. M., NUNES, A. D. (2003). O papel da experimentação no ensino da Física. *Caderno Brasileiro no Ensino de Física*, 20 (1), 32-40.

Sweller, J.(2008). Human Cognitive Architecture. *Handbook of Research on Educational Communications and Technology*, 369-381.

Tamir, P. (1991). Practical work in school science: an analysis of current practice. In B. Woolnough (Ed.), *Practical science*, 13-20. Buckingham: Open University Press.

Van Joolingen, W. R., de Jong, T., Lazonder, A. W., Savelsbergh, E. R., Manlove, S. (2005). Co-Lab: Research and development of an online learning environment for collaborative scientific discovery learning.

Valente, M. O., Salema, M. H., Morais, M. M. & CRUZ, M. N. (1989). A metacognição. *Revista de Educação*, 1(3), 47-51.

Viennot, L. (2010). The many challenges of Inquiry Based Science Education: Toward multiple learning benefits?. GIREP-ICPE-MPTL Conference, Reims 2010.

Wellington, J. (2000). Re-thinking the Role of Practical Work in Science Education. In M. Sequeira, L. Dourado, M.T. Vilaça, S. Afonso & J. M. Baptista (Orgs.) *Trabalho Prático e Experimental na Educação em Ciências*, 19-28. Braga: Universidade do Minho, Departamento de Metodologias da Educação.

Wilson C. D., Taylor J. A., Kowalski S. M., Carlson J. (2010). The Relative Effects and Equity of Inquiry-Based and Commonplace Science Teaching on Students' Knowledge, Reasoning, and Argumentation. *Journal of Research in Science Teaching*, 47, 3, 276-301.

ANEXOS

ANEXO I

I - Análise do tema “Mecânica” ao longo do Ensino Básico e Secundário

O tema da “mecânica” é leccionado ao longo de todo o Ensino Básico e Secundário: 7º, 9º, 10º e 11º:

- 7º Ano - *Terra no Espaço*
Planeta Terra - Terra e Sistema solar; Movimentos e forças

- 9º Ano - *Viver melhor na Terra*
Em trânsito - Segurança e prevenção; Movimento e forças

- 10º Ano - *UNIDADE 2 - Energia em movimentos*
Transferências e transformações de energia em sistemas complexos - aproximação ao modelo da partícula material
A energia de sistemas em movimento de translação

- 11º Ano - *Unidade 1 - Movimentos na Terra e no espaço*
Viagens com GPS
Da Terra à Lua

- 12º Ano - *Unidade I: Mecânica*
Mecânica da partícula
Movimentos oscilatórios
Centro de massa e momento linear de um sistema de partículas
Mecânica de fluidos
Gravitação

ANEXO II

II - Análise do tema “Mecânica” nas Orientações Curriculares para o 7ºano

Tabela IV: Conceitos e metodologias propostas pelas Orientações Curriculares, no 7ºano, no tema Planeta Terra (Freire et al, 2001).

Sub-temas	Conceitos	Metodologias
Terra e Sistema solar	“...movimentos da Terra de modo a explicar a sucessão dos dias e das noites, as estações do ano, as fases da Lua e os eclipses da Lua e do Sol. “	“... recurso à simulação com material experimental e com programas de computador...” “...simulações possibilitam visualizar o movimento simultâneo dos planetas e satélites, o que é fundamental para os alunos o descreverem.”
Movimentos e forças	“... distância percorrida e o tempo...” “... determinam a velocidade média ... conceito de trajectória ...”	“... exemplos de situações familiares aos alunos. Partindo de um exemplo simples (percurso para a escola), conhecendo a distância percorrida e o tempo que leva a percorrer essa distância, os alunos determinam a velocidade média; exploram ainda o conceito de trajectória. A seguir podem, por exemplo, comparar a trajectória da Terra com a de outros planetas.”
	“...conceito de força e seus efeitos...” “...noção de força gravitacional e a sua importância.” “...uma força de atracção entre os corpos celestes que mantém os planetas nas suas órbitas. “	“...analisar situações do mundo à nossa volta. As seguintes questões - Como é que as forças explicam fenómenos como o movimento dos planetas em volta do Sol? Porque é que a Lua não cai para a Terra? Como se explicam os movimentos da Lua e dos Satélites artificiais em torno da Terra?’ - podem ser investigadas pelos alunos.”
	“...relacionem fases da Lua com o fenómeno das marés.” “...relação do fenómeno das marés com a força gravitacional.”	“... realizar actividades em que a partir de dados recolhidos de jornais diários (ou de outras fontes) elaborem gráficos relacionando os dias do mês, as fases da Lua e a altura das marés; ao longo do ano, cada grupo pode construir o gráfico relativo a determinado mês. “
	“... distinção entre peso e massa... “	“...exploração de situações divulgadas nos media sobre os movimentos dos astronautas à superfície da Lua, no interior das naves espaciais e nas estações orbitais ou apresentadas em filmes de ficção.”

ANEXO III

III - Metas de aprendizagem para o 7º ano

Meta final: “O aluno constrói uma interpretação sobre o que acontece num dado local do Planeta ao longo de um dia e ao longo de um ano; estabelece comparações entre locais distanciados segundo a latitude e/ou longitude e explica o movimento de planetas e outros fenómenos (marés e variação de peso de um corpo) em termos de forças de interacção gravítica.” (Metas de Aprendizagem, 2009)

Metas intermédias até ao 7.º Ano

“O aluno interpreta os movimentos de rotação e de translação da Terra, conhece os períodos de duração associados a cada tipo de movimento e é capaz de os simular.

O aluno justifica a necessidade de convencionar a existência de anos bissextos, com base no período de translação da Terra.

O aluno explica, recorrendo também a simulações (por exemplo: usando uma fonte de luz, globo terrestre e outros objectos simples que se adequem), a sucessão do dia e noite; os fusos horários e a variação da temperatura ao longo do dia.

O aluno explica, recorrendo também a simulações, as estações do ano; a existência de Verão no hemisfério norte quando a Terra está mais afastada; a desigualdade na duração dos dias e das noites, conforme localização geográfica; a variação da inclinação dos raios solares no mesmo local e à mesma hora solar, ao longo do ano, consequências do movimento de translação da Terra e da inclinação do seu eixo.

O aluno explica, recorrendo também a simulações, as fases da Lua; a sequência destas fases observáveis no hemisfério norte e no hemisfério sul, e para observadores dentro e fora da Terra, e a observação da mesma face da Lua para um observador na Terra.

O aluno explica, recorrendo também a simulações, os eclipses da Lua e do Sol, a não ocorrência destes em todas as situações de lua nova e lua cheia e a observação dos eclipses do Sol só numa parte da Terra, e faz representações esquemáticas dos mesmos.

O aluno calcula a rapidez média de um planeta, ou de outro móvel, sabendo o espaço percorrido e o intervalo de tempo em que esse movimento decorre e exprime a rapidez média em km/h e/ou na unidade SI.

O aluno relaciona o aumento da distância dos planetas ao Sol com a menor rapidez média com que se movem à volta deste.

O aluno distingue as grandezas massa e peso (conservação da primeira - grandeza escalar, e variação da segunda - grandeza vectorial, com a latitude, altitude (na Terra) e mudança de planeta).

O aluno compara, qualitativamente, a variação do peso de um objecto a diferentes distâncias do centro da Terra e em diferentes planetas do sistema solar (por exemplo: Lua e Júpiter); mede o seu valor e representa-o em casos particulares.

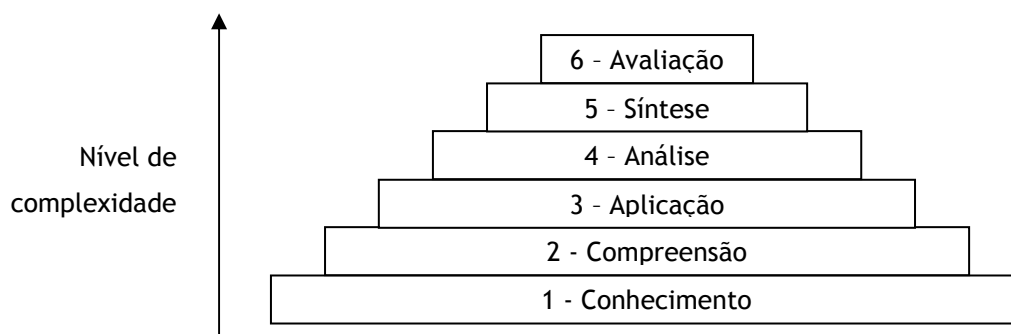
O aluno caracteriza a força gravítica como uma interacção atractiva à distância, responsável pelo movimento dos planetas em torno do Sol e pela ocorrência de marés.

O aluno interpreta informação qualitativa e quantitativa sobre a previsão e alturas horárias de marés, em diferentes costas marítimas, e relaciona-a marés vivas com posições relativas da Terra-Lua-Sol.” (Metas de Aprendizagem, 2009)

ANEXO IV

IV - Análise do domínio cognitivo

a) Taxonomia de Bloom - domínio cognitivo



b) Taxonomia de Bloom e as Metas de Aprendizagem (Bloom, citado por Leal 2010)

Nível de Bloom	Metas de Aprendizagem
<u>Nível 1 - Conhecimento factual</u> (Definir, descrever, identificar, etiquetar, listar, designar, sublinhar, reproduzir, seleccionar, mencionar)	“ (...) conhece os períodos de duração associados a cada tipo de movimento”
<u>Nível 2 - Compreensão</u> (Converter, defender, distinguir, estimar, explicar, alargar, generalizar, dar exemplos, inferir, parafrasear, reescrever, sumarizar, resumir, prever)	“O aluno interpreta os movimentos de rotação e de translação da Terra (...)” “O aluno caracteriza a força gravítica (...)”
<u>Nível 3 - Aplicação/Transferência</u> (Alterar, computadorizar, demonstrar, descobrir, manipular, modificar, operar, prever, preparar, produzir, relatar, mostrar, usar)	“ O aluno justifica a necessidade de convencionar (...)” “O aluno calcula a rapidez média de um planeta (...)”
<u>Nível 4 - Análise</u> (Partir, diferenciar, discriminar, distinguir, identificar, ilustrar, inferir, elaborar, sublinhar, referenciar, relacionar, seleccionar, separar, subdividir)	“O aluno relaciona o aumento da distância (...)” “O aluno distingue as grandezas massa e peso (...)”
<u>Nível 5 - Síntese</u> (Catalogar, combinar, compilar, compor, criar, avistar, desenhar, explicar, gerar, modificar, organizar, planejar, rearranjar, reconstruir, relatar, reorganizar, revistar, reescrever, sumarizar, dizer, escrever)	
<u>Nível 6 - Avaliação</u> (Apreciar, comparar, concluir, contrastar, criticar, descrever, discriminar, explicar, justificar, interpretar, relatar, sumarizar, assessorar)	“O aluno compara , qualitativamente (...)” “O aluno explica , recorrendo também a simulações (...)” “O aluno interpreta informação qualitativa e quantitativa (...)e relaciona-a marés vivas

ANEXO V

V - Proposta de estrutura para actividade laboratorial (professor)

A.L.: Determinação da velocidade média de um corpo

Tabela V: Linhas gerais da proposta da actividade “Determinação da velocidade média de um corpo”

<u>Tipo de actividade</u>	<u>Conceitos</u>	<u>Objectivos</u>
Guiada (o professor planeia a actividade, a análise dos dados e sua exploração)	<ul style="list-style-type: none">• Distância percorrida ou espaço percorrido• Intervalo de tempo• Velocidade média• Trajectória• Unidades do S.I.	Determinação experimental do espaço percorrido e cálculo da velocidade média (uma dimensão)

Meta de aprendizagem: “O aluno calcula a rapidez média de um planeta, ou de outro móvel, sabendo o espaço percorrido e o intervalo de tempo em que esse movimento decorre e exprime a rapidez média em km/h e/ou na unidade SI.”

Dinamização: questões pré-laboratoriais, realização da actividade laboratorial (registo de resultados), cálculo da velocidade média, discussão dos resultados e questões pós-laboratoriais.

Pré-requisitos para a realização da actividade: distância percorrida e tempo (recordar conhecimento).

Conhecimentos e competências após a realização da actividade: distância percorrida, intervalo de tempo, velocidade média e trajectória (adquirir novos conhecimentos e relacionar com os anteriores). Unidades do Sistema Internacional.