

Adriano José Henriques da Silva Cardoso

Actividades Laboratoriais em Biologia

Estratégia Investigativa vs Estratégia Ilustrativa - - Efeitos na Aprendizagem Cognitiva e no Desenvolvimento de Atitudes

Mestrado em Ciências da Educação

(Área de Especialização de Metodologia do Ensino das Ciências: Biologia)

*sob a orientação do Professor Doutor Manuel Joaquim Cuiça Sequeira
da Universidade do Minho*

Departamento de Pedagogia e Educação

Universidade de Évora

ÉVORA, 1998

Adriano José Henriques da Silva Cardoso
Licenciado em Biologia – ramo Educacional

Actividades Laboratoriais em Biologia

Estratégia Investigativa vs Estratégia Ilustrativa - - Efeitos na Aprendizagem Cognitiva e no Desenvolvimento de Atitudes

Dissertação apresentada para a obtenção
do grau de Mestre em Ciências da Educação na
Área de Especialização de Metodologia do Ensino das Ciências: Biologia,
sob Orientação do Professor Doutor Manuel Joaquim Cuiça Sequeira,
da Universidade do Minho



95 961

Departamento de Pedagogia e Educação

UNIVERSIDADE DE ÉVORA

Évora, 1998

200
2000

Dedicatória

Aos meus pais,
Porque, com sacrifício,
Sempre me incentivaram a continuar os estudos.

À Beatriz, à Catarina e à Gina,
A quem, para continuar a estudar,
Nem sempre dei a atenção que merecem.

“Não há escapatória: a transmissão dos valores da cultura científica, bem como a introdução de uma componente laboratorial no ensino das ciências, ou se processa logo ao nível dos primeiros graus de ensino, ou corre o risco de se tornar uma obra essencialmente piedosa, em que qualquer migalha é sempre bem vinda. É que a ciência destina-se a esta vida, à do presente e à do futuro; não àquela outra, depois da morte.” (João Caraça, 1997, p. 71)

“Para alguns objectivos, o laboratório de ciências é o único meio de os atingir; para outros, o laboratório é apenas um entre muitos outros meios. (...) os laboratórios podem ter sobrevivido porque servem, ou são visto como servindo, diversos objectivos. O que é importante é especificar como é que o laboratório faz cada uma dessas coisas, porque esse detalhe permitirá o desenho e selecção de experiências específicas e apropriadas que serão mais eficazes que o recurso a um expediente não planificado.” (White, 1996, pp. 762-763)

“Já não é suficiente fazer práticas porque fazer práticas é uma coisa boa. Cada uma das nossas estratégias de ensino necessita ser cuidadosamente justificada.” (Woolnough & Allsop, 1985, p. 30)

“Pensamentos sem conteúdo são vazios. Percepções sem conceitos são cegas.” (Kant, 1780, citado em Wellington, 1994a, p. 17)

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Doutor Manuel Cuiça Sequeira, por ter aceite orientar este trabalho, pelas suas sugestões e críticas, e pela competência, empenho e compreensão sempre manifestadas ao longo das várias fases desta tarefa.

Ao Professor Doutor António Neto, por tudo quanto com ele aprendi, pelo seu incentivo e muita disponibilidade na análise, críticas e sugestões a diversos elementos deste trabalho.

Ao Professor Doutor Vítor Trindade, pela análise e sugestões ao plano inicial da investigação e aos instrumentos utilizados.

Ao Professor Doutor Eduardo Figueira, pela ajuda no tratamento dos dados.

Ao Mestre José Rafael, pelo apoio prestado, em particular nas críticas e sugestões em relação aos instrumentos utilizados e ao tratamento dos dados.

À amiga e colega Helena Catana, que comigo partilhou uma grande parte desta caminhada, pelo seu estímulo e sugestões, em especial durante a intervenção junto dos alunos.

À colega e ex-aluna Paula Beato, por ter acedido a participar no estudo piloto e análise dos instrumentos utilizados neste trabalho.

Ao colega Walter Goulão Machado, pela sua análise cuidada e sugestões à prova de avaliação de conhecimentos.

Às minhas amigas e colegas de escola, Ana Maria Gonçalves, pela revisão e sugestões na forma de alguns dos textos desta dissertação, e Maria Paula Mendes, pelas mesmas razões e por, na ilha do Pico, me ter alertado para o anúncio deste curso.

Aos meus alunos, sem os quais não teria sido possível a realização da parte empírica desta investigação.

À Direcção da Escola Secundária Nuno Álvares e às equipas de horários, por terem tido a compreensão de possibilitar horários lectivos compatíveis com a realização do curso de mestrado, facilidade sem a qual teria sido impossível frequentar a parte escolar do mesmo, em 96/97.

Aos colegas do curso de mestrado, pelo entusiasmo e solidariedade transmitidos ao longo do primeiro ano do curso.

Aos meus amigos, Filomena Valadas, colega de mestrado, Carlos Craveiro e João Cláudio Neves, colegas de licenciatura e mestrado, grandes companheiros desta caminhada, por todas as experiências que trocámos e por todos os momentos vividos ao longo do curso de mestrado.

RESUMO

O objectivo deste estudo é comparar a eficácia de duas estratégias de ensino no laboratório – Estratégia Investigativa vs Estratégia Ilustrativa – na aprendizagem de alunos ao nível cognitivo e afectivo.

A intervenção decorreu na escola Secundária Nuno Álvares, em Castelo Branco, em duas turmas do 11º ano de escolaridade (idade média 15, 9 anos), na disciplina de Técnicas Laboratoriais de Biologia – bloco II. Foi seguido um plano de estudo *quasi-experimental* com grupo de controlo não equivalente, sujeitando o grupo experimental (N=19) e o grupo de controlo (N=22) a um pré-teste e um pós-teste. As aprendizagens foram medidas, antes e depois da intervenção, através de uma prova de avaliação de conhecimentos, com o objectivo de avaliar o desempenho ao nível da *Compreensão Conceptual* e *Compreensão Processual*, e através de um questionário de atitudes, com o objectivo de avaliar as *Atitudes dos alunos em relação à Biologia e à sua aprendizagem*.

O tratamento dos dados, segundo o modelo ANCOVA, revelou a existência de diferenças significativas ao nível da *Compreensão Processual* ($p < 0,001$) mas não significativas ao nível da *Compreensão Conceptual* e das *Atitudes*. Estes resultados parecem apontar para uma maior eficácia da Estratégia Investigativa na aprendizagem dos conteúdos processuais da ciência e para igual eficácia das estratégias ao nível dos conteúdos conceptuais e ao nível afectivo, embora também ao nível da *Compreensão Conceptual* o desempenho dos alunos da Estratégia Investigativa tenha sido, de facto, superior. Dados de natureza qualitativa, recolhidos através de entrevista, confirmaram estudos e percepções que sugerem a existência de grande motivação na realização de

trabalho laboratorial e parecem indicar que os alunos se sentem mais motivados realizando actividades investigativas.

Como implicações do estudo, parece decorrer a necessidade de reflectirmos sobre as nossas práticas, no que respeita à adequação das actividades laboratoriais que elegemos aos objectivos de ensino pretendidos, e sugere-se a exploração do trabalho laboratorial investigativo na aprendizagem dos *processos* e *conteúdos* da Biologia e como forma de estimular o interesse e motivação dos alunos.

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS.....	iv
RESUMO.....	v
ÍNDICE GERAL.....	vii
ÍNDICE DE QUADROS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO.....	1
1.1. CONTEXTO GERAL DA INVESTIGAÇÃO.....	1
1.2. OBJECTIVOS E HIPÓTESES DO ESTUDO.....	9
1.3. IMPORTÂNCIA DO ESTUDO.....	11
1.4. LIMITAÇÕES DO ESTUDO.....	12
1.5. DEFINIÇÃO DE TERMOS.....	14
CAPÍTULO 2 - REVISÃO DA LITERATURA.....	18
2.1. O TRABALHO LABORATORIAL NO ENSINO DAS CIÊNCIAS.....	18
2.2. RAZÕES PARA A UTILIZAÇÃO DO TRABALHO LABORATORIAL - OPINIÕES DE PROFESSORES E ALUNOS.....	24
2.3. EFICÁCIA DO TRABALHO LABORATORIAL NO ENSINO DAS CIÊNCIAS - - ALGUNS ESTUDOS.....	30
2.4. APRENDIZAGENS NO LABORATÓRIO E PRÁTICA LECTIVA.....	44
2.4.1. Aprendizagem do Conhecimento Substantivo da Ciência.....	44
2.4.1.1. Críticas e sugestões à prática lectiva.....	45
2.4.1.2. Será o trabalho laboratorial adequado?.....	49
2.4.2. Aprendizagem do Conhecimento Sintáctico da Ciência.....	52
2.4.2.1. Processos da ciência / conteúdos processuais - quais?.....	53
2.4.2.2. Críticas e sugestões à prática lectiva.....	64
2.4.3. Relação Atitudes / Aprendizagem.....	73
2.5. OBJECTIVOS DE ENSINO E TIPOS DE TRABALHO LABORATORIAL.....	82
2.6. CONCLUSÃO.....	95

CAPÍTULO 3 - METODOLOGIA	99
3.1. OPÇÕES METODOLÓGICAS.....	99
3.2. DESENHO E DESCRIÇÃO DO ESTUDO.....	105
3.3. AS AMOSTRAS.....	111
3.4. DEFINIÇÃO CONCEPTUAL E OPERACIONALIZAÇÃO DA VARIÁVEL INDEPENDENTE.....	117
3.4.1. Estratégia Investigativa / Estratégia Ilustrativa.....	118
3.4.2. Avaliação das Estratégias pelos Grupos.....	125
3.5. INSTRUMENTOS.....	130
3.5.1. Prova de avaliação de conhecimentos.....	131
3.5.2. Questionário de atitudes.....	136
3.5.3. Entrevista.....	140
3.6. MÉTODO GERAL DE TRATAMENTO DOS DADOS.....	143
 CAPÍTULO 4 - RESULTADOS - ANÁLISE E DISCUSSÃO	 148
4.1. RESULTADOS OBTIDOS NA PROVA DE AVALIAÇÃO DE CONHECIMENTOS E NO QUESTIONÁRIO DE ATITUDES - ESTUDO QUANTITATIVO.....	 149
4.1.1. Resultados no Pré-teste - Comparação dos Dois Grupos no Estado de Partida.....	 149
4.1.1.1. Prova de avaliação de conhecimentos - desempenho a nível cognitivo....	149
4.1.1.2. Questionário de atitudes - desempenho a nível afectivo.....	152
4.1.2. Resultados no Pós-teste e Mudanças Ocorridas.....	156
4.1.2.1. Prova de avaliação de conhecimentos - mudanças no desempenho cognitivo.....	 156
A) Estudo descritivo.....	156
B) Estudo inferencial das diferenças.....	160
4.1.2.2. Questionário de atitudes - mudanças no desempenho afectivo.....	168
A) Estudo descritivo.....	168
B) Estudo inferencial das diferenças.....	172
4.2. RESULTADOS DA ENTREVISTA – ESTUDO QUALITATIVO.....	177
4.2.1. Influência da Estratégia de Ensino nas Aprendizagens.....	177
4.2.2. Opiniões dos Alunos sobre as Estratégias seguidas e sobre as Aprendizagens.....	 178

4.2.3. Variáveis susceptíveis de Influenciar as Atitudes dos Alunos em Relação à Ciência	181
4.2.3.1. Ambiente familiar.....	181
4.2.3.2. Ambiente escolar /Ambiente aprendizagem	182
4.2.3.3. Grupo de amigos.....	183
4.2.3.4. Percepção pessoal sobre as suas capacidades na aprendizagem	183
CAPÍTULO 5 - CONCLUSÕES.....	185
BIBLIOGRAFIA	194
ANEXOS	207
ANEXO 1 - Prova de Avaliação de Conhecimentos - Pré-teste	207
ANEXO 2 - Prova de Avaliação de Conhecimentos - Pós-teste.....	215
ANEXO 3 - Questionário de Atitudes	222
ANEXO 4 - Tabela de especificação de conteúdos, objectivos e aprendizagens prévias	226
ANEXO 5 - Estratégia Investigativa - descrição	231
ANEXO 6 - Estratégia Investigativa - fichas-guia usadas pelos alunos.....	240
ANEXO 7 - Estratégia Ilustrativa - descrição.....	243
ANEXO 8 - Guião da entrevista	247
ANEXO 9 - Questionário de avaliação da estratégia pelos alunos.....	252
ANEXO 10 - Quadro de explicitação de Objectivos da Prova de Avaliação de Conhecimentos	254
ANEXO 11 - Relação entre os itens e dimensões do Questionário de Atitudes elaborado e os itens e dimensões dos questionários usados como referência	258
ANEXO 12 - Questionário de Atitudes - Análise factorial.....	260

ÍNDICE DE QUADROS

QUADRO 2.1	Síntese de algumas investigações realizadas.....	38
QUADRO 2.2	Duas classificações de conteúdos processuais.....	56
QUADRO 2.3	Taxonomia de Bloom aplicada à Compreensão Conceptual e Compreensão Processual.....	60
QUADRO 2.4	Tipos de trabalho laboratorial.....	84
QUADRO 2.5	Tipos de trabalho laboratorial.....	86
QUADRO 2.6	Estratégias de ensino no laboratório.....	90
QUADRO 2.7	Tipos de trabalho laboratorial.....	91
QUADRO 2.8	Relação tipos de trabalho prático e domínios cognitivos de aprendizagem ao nível da Compreensão Conceptual e Processual.....	93
QUADRO 3.1	Possíveis efeitos das duas estratégias, avaliados no pré teste e pós-teste.....	106
QUADRO 3.2	Distribuição dos alunos por idade e sexo.....	112
QUADRO 3.3	Distribuição dos alunos de acordo com o rendimento escolar....	113
QUADRO 3.4	Distribuição dos alunos por habilitações académicas dos pais...	114
QUADRO 3.5	Caracterização dos grupos - Testes à hipótese estatística da inexistência de diferenças entre os grupos.....	115
QUADRO 3.6	Níveis de abertura das actividades laboratoriais e classificação de actividades segundo esses níveis.....	119
QUADRO 3.7	Situações hipotéticas de trabalho laboratorial identificando o controlo, pelo professor ou aluno, de vários elementos envolvidos.....	121
QUADRO 3.8	Leque de respostas ao item 1 do questionário de avaliação das estratégias.....	127
QUADRO 3.9	Avaliação pelos alunos da estratégia de ensino utilizada - - Teste à hipótese estatística da inexistência de diferenças entre os grupos.....	129
QUADRO 3.10	Número de itens da prova de avaliação de conhecimentos para cada categoria/nível avaliado.....	133

QUADRO 3.11	Medidas da consistência interna da prova de avaliação de conhecimentos para cada sub-prova ou nível a avaliar.....	135
QUADRO 3.12	Dimensões atitudinais hipoteticamente avaliadas.....	137
QUADRO 3.13	Medidas da consistência interna do questionário de atitudes e das sub-escalas que hipoteticamente o constituem.....	139
QUADRO 3.14	Objectivos gerais da entrevista e respectivas questões.....	141
QUADRO 4.1	Desempenho cognitivo dos grupos no pré-teste.....	149
QUADRO 4.2	Testes às diferenças observadas entre os grupos em cada uma das variáveis do desempenho cognitivo medido no pré-teste.....	151
QUADRO 4.3	Desempenho afectivo dos grupos no pré-teste.....	153
QUADRO 4.4	Teste univariados às diferenças observadas entre os grupos em cada uma das variáveis do desempenho afectivo medido no pré-teste.....	155
QUADRO 4.5	Desempenho cognitivo dos grupos no pós-teste	157
QUADRO 4.6	Testes univariados às diferenças, em cada grupo, no desempenho cognitivo entre o pré-teste e o pós-teste.....	160
QUADRO 4.7	Teste multivariado de significância do efeito do tratamento no desempenho cognitivo.....	162
QUADRO 4.8	Teste univariados de significância do efeito do tratamento em cada uma das variáveis CC e CP.....	163
QUADRO 4.9	Desempenho afectivo dos grupos no pós-teste	169
QUADRO 4.10	Testes univariados às diferenças, em cada grupo, no desempenho afectivo entre o pré-teste e o pós-teste.....	173
QUADRO 4.11	Testes univariados do efeito do tratamento em cada uma das variáveis afectivas.....	174

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 2.1	Os <i>skills</i> associados ao conhecimento processual.....	54
FIGURA 2.2	Um modelo para a educação em ciência.....	58
FIGURA 2.3	Relações entre Atitudes / Aprendizagem / Ambientes de aprendizagem.....	78
FIGURA 2.4	Relações principais Actividade laboratorial / Atitudes em relação ao trabalho laboratorial / Aprendizagem em ciências	80
FIGURA 3.1	Desenho do estudo realizado.....	105
FIGURA 3.2	Como os alunos viram a estratégia utilizada.....	127
FIGURA 4.1	Desempenho cognitivo – Compreensão Conceptual e Compreensão Processual – no pré e pós-teste.....	158
FIGURA 4.2	Ganhos relativos dos grupos no desempenho cognitivo.....	159
FIGURA 4.3.	Desempenho afectivo dos grupos no pré-teste e pós-teste.....	170
FIGURA 4.4	Mudanças entre o pré-teste e o pós-teste em cada grupo nas variáveis atitudinais.....	171

Capítulo 1

INTRODUÇÃO

1.1. Contexto Geral da Investigação

De acordo com os objectivos do ensino secundário, estabelecidos na Lei de Bases do Sistema Educativo (LBSE), as orientações dos programas das disciplinas da área da Biologia, respeitantes aos novos planos curriculares (Ciências da Terra e da Vida - CTV, Biologia e Técnicas Laboratoriais de Biologia - TLB), apontam para a realização de actividades experimentais, como elemento integrado num conjunto de metodologias do ensino das ciências, susceptíveis de possibilitar o desenvolvimento de atitudes, capacidades e conhecimentos.

No artigo 9º da LBSE, são apontados, entre outros, os seguintes objectivos para o ensino secundário: *“Assegurar o desenvolvimento do raciocínio, da reflexão e da curiosidade científica e o aprofundamento dos elementos fundamentais de uma cultura humanística, artística, científica e técnica que constituam suporte cognitivo e metodológico apropriado para o eventual prosseguimento de estudos e para a inserção na vida activa; Fomentar a aquisição e aplicação de um saber cada vez mais assente no estudo, na reflexão crítica, na observação e experimentação”*.

As Orientações do programa da disciplina de CTV (10º e 11ºs anos de escolaridade) e de Biologia (12ºano) estabelecem, como finalidades, a par de outras, a promoção da *“compreensão da dinâmica da Ciência e do seu contributo para o conhecimento de si próprio , do Ambiente e do Universo”* e o desenvolvimento do *“espírito de*

investigação”. Relativamente aos objectivos gerais, nelas presentes, integram, para além de um conjunto de objectivos a nível de conhecimentos (de acordo com os temas científicos escolhidos), um outro conjunto a nível de atitudes e de capacidades, onde podemos ver, de forma mais ou menos explícita, o papel atribuído à experimentação. São de referir, ao nível das capacidades, os seguintes: “*Realizar observações sistemáticas, individualmente ou em grupo; Testar hipóteses por experimentação controlada; Revelar competências na prática da experimentação científica; Aplicar a novas situações técnicas laboratoriais adquiridas*”. Na Introdução desses documentos, refere-se que “*o tratamento equilibrado das diversas componentes (dos programas) deverá ter sempre em conta a experimentação, permitindo um trabalho pessoal na realização de actividades concretas*”, e, mais à frente, nas Orientações Metodológicas, salienta-se que “*a construção dos conceitos deve assentar nos conhecimentos prévios dos alunos, recorrendo a actividades diversificadas de experimentação de grau de formalização crescente*” (Ministério da Educação - DGEBS, 1991).

Nas Orientações dos programas das disciplinas de TLB (blocos I a III), disciplinas onde é “*dada ênfase às actividades laboratoriais no processo de aprendizagem*”, são formuladas finalidades que acentuam o papel dessas actividades no desenvolvimento de atitudes, competências e conhecimentos, de que se destacam: “*Incentivar o gosto pelas actividades experimentais (...); Desenvolver a capacidade de testar ideias, planear e realizar experiências, controlar variáveis, interpretar informação; Promover a aplicação de uma metodologia experimental investigativa, de modo a possibilitar uma compreensão real das questões consideradas*” (Ministério da Educação – GETAP, 1992).

Parecem-nos ser de evidenciar três aspectos, que decorrem da análise dos programas e orientações atrás referidos:

1) O ensino das ciências no ensino secundário, e o da Biologia em particular, visa o desenvolvimento de conhecimentos (relativos aos temas tratados), de capacidades (competências relativas à actividade experimental e a outras actividades, ou processos, associados aos métodos da ciência) e de atitudes (de desenvolvimento pessoal e interpessoal, de interesse, gosto e valorização da ciência, ...);

2) À actividade experimental e laboratorial é atribuído um papel importante, se não central, no ensino da Biologia, com vista a atingir aqueles objectivos;

3) A avaliação dos alunos deve contemplar não apenas os conhecimentos (aquisição, compreensão e aplicação dos conceitos relativos aos temas tratados), mas também as capacidades e atitudes desenvolvidas, utilizando-se, para tal, tarefas (teóricas e práticas) e instrumentos ou registos adequados.

Paradoxalmente, quando se pretendia, julgamos, uma interligação forte entre a teoria e a prática, no ensino das ciências, a introdução das disciplinas da formação técnica (disciplinas de opção, como TLB) parece potenciar a separação entre as abordagens teórica e prática, uma vez que a existência de disciplinas (TLB) de componente essencialmente experimental, poderá levar, na prática, à redução de actividades experimentais nas disciplinas da formação específica (CTV, Biologia), pois nestas disciplinas existe a preocupação maior da “necessidade” de cumprimento dos programas, extensos, tendo em vista uma avaliação externa final, de cariz essencialmente teórico. Neste contexto de separação entre disciplinas “teóricas” (CTV, Biologia) e “práticas” (TLB), o divórcio poderia ser eventualmente artificial, ou aparente, caso houvesse a possibilidade de coordenação ao serem leccionadas. Ora a realidade é que, mesmo se os programas desse grupos de disciplinas fossem horizontalmente coordenados, o que não é o caso, muitos alunos poderão não chegar, nunca, a escolher

disciplinas da formação técnica (TLB) afim da específica frequentada (CTV, Biologia), ficando pois, nesse caso, privados do contacto com a actividade experimental. Ainda que escolham as disciplinas “práticas” afins, podem fazê-lo em momentos diferentes do seu percurso escolar, o que, associado à pressão de um exame final, igual para todos, torna praticamente inviável uma gestão diferenciada (com ou sem actividades práticas) dos programas das disciplinas da formação específica, consoante os alunos das turmas frequentem, ou não, determinada disciplina “prática” da formação técnica.

Independentemente desta situação, recordemos, os programas oficiais dos dois grupos de disciplinas atribuem à actividade experimental um papel central, tendo esta intenção sido acompanhada por programas de reapetrechamento, em material e equipamento, dos laboratórios de muitas escolas. Parece-nos, agora, pertinente colocar a questão de como integrar as aulas laboratoriais entre as metodologias para o ensino das ciências, com vista a atingir as finalidades e objectivos atrás referidos. Que estratégias / tipos de aulas práticas devemos adoptar ?

Segundo Hofstein & Lunetta (1982), *“não é razoável supor que o ensino no laboratório seja um meio efectivo e eficiente para atingir todas as finalidades do ensino das ciências”*, mas *“existem dados suficientes sugerindo que o ensino no laboratório pode desempenhar um importante papel na consecução de algumas dessas finalidades”* (p.212), escolhendo, para tal, as actividades laboratoriais apropriadas. Ao sugerir diversas actividades práticas, como alternativas válidas ao trabalho laboratorial, Hodson (1992; 1994) pretendeu chamar a atenção para o uso das actividades laboratoriais como uma espécie de panaceia universal, que serve como ajuda para atingir todos os objectivos de aprendizagem em ciências. Em sua opinião, deveremos identificar mais claramente os objectivos das lições e escolher os métodos de aprendizagem activa mais adequados para se atingirem esses objectivos específicos. Não se trata de uma substituição total das

actividades laboratoriais, *“a questão chave não é a quantidade de actividades laboratoriais que devem ser empregues, mas como essas actividades devem ser usadas”* (Hodson, 1992, p.73), isto é, as actividades laboratoriais, como têm sido usadas, deverão ser objecto de uma nova reflexão.

As actividades experimentais, e laboratoriais, não podem pois ser consideradas, todas, como equivalentes em termos dos efeitos que podem ter na aprendizagem, isto é, existem diferentes tipos ou estratégias de actividades laboratoriais e essas diferenças reflectir-se-ão, de modo diferente, nas aprendizagens, servindo, portanto, diferentes propósitos (Gott & Duggan, 1995) e *“deverão ser analisadas e registadas em estudos sobre os efeitos do ensino-aprendizagem no laboratório”* (Hofstein & Lunetta, 1982, p. 206).

O trabalho laboratorial pode diferir por exemplo, no grau de participação do aluno (o aluno assiste à realização da actividade ou realiza ele mesmo a actividade, individualmente ou em grupo), no tipo de tarefa ou objectivo (utilização e desenvolvimento de procedimentos e técnicas diversas ou aquisição e compreensão de conceitos), no tipo de raciocínio envolvido (dedutivo ou indutivo), ou no envolvimento do aluno em cada etapa do trabalho (o aluno segue determinado protocolo ou instruções estruturadas, ou está directamente envolvido na escolha da questão, do plano, sua execução e conclusões).

Pondo em relevo o papel da História e Filosofia das ciências, Gil Pérez (1993) propõe um modelo de aprendizagem das ciências como investigação, considerando que a *“estratégia de ensino que nos parece mais coerente com a orientação construtivista e com as características do pensamento científico é a que apresenta a aprendizagem como tratamento de situações problemáticas abertas e consideradas de interesse pelos alunos”* (p. 203) podendo, ou não, incluir trabalho experimental.

No que respeita ao trabalho laboratorial e em consonância com as perspectivas apontadas para as estratégias de ensino das ciências, numerosos autores (Hodson, 1996b; Wellington, 1994b; Gil Pérez & Valdés Castro, 1995; Miguens & Garrett, 1991; Gott & Duggan, 1995; Gil Pérez, Carrascosa Alis, Furió Más, & Martínez Torregrosa, 1991), sem deixarem de considerar a utilização adequada de outras estratégias, inculcam as estratégias investigativas como aquelas que possibilitam atingir um vasto leque de objectivos que se pretendem alcançar com os trabalho práticos, quer a nível afectivo, quer a nível de *conteúdos (Compreensão Conceptual)* ou de competências associadas aos *processos (Compreensão Processual)* e, mais do que isso, permitem a integração, melhor, à interacção destas duas últimas componentes.

As Orientações dos programas das disciplinas do ensino secundário de CTV e Biologia apontam, também, para a utilização da estratégia investigativa, sendo esta referência explícita na Introdução dessas Orientações: “(...) *a escola tem de proporcionar aos alunos, não só o acesso à informação científica, como também ao domínio dos métodos de trabalho e à prática do processo investigativo que lhes permitam actualizar os seus conhecimentos, de forma responsável, autónoma e solidária*” (Ministério da Educação - DGEBS, 1991, p. 23). No programa da disciplina de TLB, a referência às estratégias investigativas são ainda mais frequentes, quer ao nível das finalidades, já acima referenciadas, quer na nota introdutória e orientação das estratégias, onde se diz que o trabalho laboratorial “*não pode ter carácter rotineiro e meramente demonstrativo, mas antes evidenciar um sentido de pesquisa integrando a planificação, execução, controlo de variáveis, interpretação de resultados e avaliação de actividades*”, devendo “*implicar, por exemplo, a resolução de problemas, constituir pontos de partida para o desenvolvimento de actividades de pesquisa*” (Ministério da Educação – GETAP, 1992, pp. 9 e 11).

Apesar desta concordância, entre as sugestões de diversos autores, para o ensino das ciências, e as orientações curriculares para o ensino da Biologia no ensino secundário em Portugal, julgamos que, no nosso país, a utilização de estratégias investigativas é pouco frequente no ensino das ciências e da biologia em particular. Baseámos esta convicção na nossa experiência de ensino e em resultados de estudos que dão indicações sobre a frequência do trabalho prático e dos tipos de trabalho prático na actividade lectiva de professores portugueses - de Ciências Físico-Químicas, nos 8º e 9º anos de escolaridade (Castro, 1993), e de Técnicas Laboratoriais de Física, nos 10º e 11º anos (Araújo, 1995).

Esta situação levou-nos a questionar sobre as razões da eventual ausência das estratégias investigativas e prevalência das de tipo demonstrativo e ilustrativo e sobre as eventuais diferenças entre um e outro tipo de estratégia, no que respeita à aprendizagem em Biologia pelos alunos do ensino secundário.

É neste enquadramento temático que se desenvolve o estudo. Uma rubrica do programa da disciplina de Técnicas Laboratoriais de Biologia - bloco 2 (TLB2), frequentada geralmente por alunos do 11º ano de escolaridade, foi leccionada utilizando-se dois tipos diferentes de estratégias na realização das actividades laboratoriais. Pretendemos averiguar se alguma delas se revelaria mais eficiente na consecução dos objectivos de aprendizagem inicialmente traçados (orientados pelos objectivos mais gerais, definidos no programa oficial da disciplina para aquela rubrica), avaliando o seu impacto nas aprendizagens, quer ao nível cognitivo quer ao nível afectivo.

Tendo em conta o contexto global anteriormente apresentado, relativamente à eficiência das estratégias de ensino no laboratório, podemos especificar o problema central deste estudo através da seguinte questão:

— *Haverá diferenças ao nível da aprendizagem em Biologia, nos alunos do ensino secundário, entre uma estratégia de ensino, no laboratório, de tipo ilustrativo e uma estratégia de ensino, igualmente no laboratório, como tratamento de problemas abertos, de tipo investigativo ?*

1.2. Objectivos e Hipóteses do Estudo

De acordo com a questão central anteriormente apresentada, para a qual pretendemos encontrar possíveis respostas, foram definidos, para este estudo, os seguintes objectivos:

1) — *Avaliar e comparar a eficácia de uma estratégia investigativa com a da utilização de uma estratégia ilustrativa, no ensino laboratorial, medindo os seus possíveis efeitos na aprendizagem dos alunos, ao nível cognitivo e afectivo;*

2) — *Contribuir para a tomada de decisões fundamentadas quanto ao(s) tipo(s) , ou estratégias, de trabalho laboratorial a utilizar numa determinada unidade de ensino, tendo em conta a sua adequação efectiva aos objectivos pretendidos;*

3) — *Contribuir para a utilização e desenvolvimento de estratégias investigativas no ensino de disciplinas na área da Biologia.*

Tendo em conta a questão central e os objectivos do estudo, e supondo que é lícito pensar numa relação entre a estratégia de ensino (causa) e a aprendizagem (efeito) e assumindo também que as medidas da aprendizagem a utilizar reflectem esses efeitos, foi adoptado um plano de investigação que procurasse verificar a relação entre a variável independente (estratégia de ensino no laboratório), e a variável dependente (aprendizagem), com base nas seguintes hipóteses:

1) — *Os alunos sujeitos a uma estratégia de ensino investigativa apresentarão melhores resultados, na aquisição e compreensão de conceitos*

(Compreensão Conceptual) de Biologia, do que os alunos sujeitos a uma estratégia ilustrativa;

2) — *Os alunos sujeitos a uma estratégia de ensino investigativa apresentarão melhores resultados, na compreensão de conceitos associados aos processos envolvidos no trabalho laboratorial (Compreensão Processual), do que os alunos sujeitos a uma estratégia ilustrativa;*

3) — *Os alunos sujeitos a uma estratégia de ensino investigativa apresentarão um desempenho cognitivo global mais elevado do que os alunos sujeitos a uma estratégia ilustrativa;*

4) — *Os alunos sujeitos a uma estratégia de ensino investigativa apresentarão atitudes mais favoráveis, em relação à Biologia e à sua aprendizagem, do que os alunos sujeitos a uma estratégia ilustrativa, no conjunto das dimensões atitudinais ou em cada uma das dimensões consideradas.*

1.3. Importância do Estudo

Das reflexões anteriormente apresentadas decorre ser de capital importância para a nossa prática pedagógica - enquanto professores de disciplinas de ciências em que a actividade laboratorial deve estar presente - sermos capazes de identificar os diferentes tipos de trabalho laboratorial passíveis de utilização e de tomar decisões fundamentadas quanto ao(s) tipo(s) de trabalho laboratorial a utilizar numa determinada unidade de ensino, tendo em conta a sua adequação efectiva aos objectivos do programa.

A utilidade daquelas decisões revela-se, não só nas recentes disciplinas de opção da componente de formação técnica do ensino secundário (TLB), em que é elevada a frequência de actividades laboratoriais, mas também nas disciplinas da formação específica do ensino secundário (CTV, Biologia e Geologia) e nas disciplinas de ciências dos outros ciclos de ensino. Talvez, até, nas disciplinas da formação específica a sua utilidade se revele maior, dadas as limitações temporais, decorrentes da "necessidade" do cumprimento dos respectivos programas, dada a existência da avaliação externa no ensino secundário (que tem conduzido, aliás, a uma grande redução das actividades práticas e laboratoriais nessas disciplinas), que obrigam, portanto, à pesquisa e escolha de estratégias que permitam pensar numa maior eficiência.

1.4. Limitações do Estudo

As principais limitações deste estudo decorrem das opções metodológicas tomadas tendo estas, por sua vez, sido condicionadas pelo tempo estabelecido para a sua conclusão, tendo em conta as condições várias de um mestrando que paralelamente desenvolvia a sua actividade profissional como docente.

A garantia de que os efeitos (aprendizagens) medidos se devem à estratégia utilizada obriga a um controlo de todas as variáveis, que julgamos poderem influenciar essas aprendizagens. Ora, na situação do estudo - amostra pequena e grupos não equivalentes - apesar de verificado que os dois grupos de alunos em comparação não diferem significativamente, em algumas dessas variáveis, é possível existirem diferenças noutras (Q.I., ambiente sócio-cultural,...) que determinam também diferenças no desempenho dos alunos, impedindo-nos assim de julgar estas como efeito das estratégias. Estas variáveis constituem, pois, uma ameaça à validade interna do estudo.

Por outro lado, as amostras pequenas, reduzidas a duas turmas, impõem limitações, no que respeita à generalização (validade externa) a outros alunos e contextos escolares, limitações também impostas pelo facto de as estratégias terem sido usadas no ensino de uma determinada rubrica programática específica.

Outra das limitações poderá resultar dos instrumentos utilizados para medir os efeitos das estratégias, isto é, subsiste a dúvida se esses instrumentos são os adequados para os objectivos do estudo, para comparar a eficácia das duas estratégias. Os resultados de um estudo sobre a utilização do trabalho prático em Biologia mostraram que *“se se utilizam unicamente provas de conhecimento na investigação, podemos obter a conclusão errada de que a actividade experimental em Biologia produz somente um*

pequeno efeito positivo e não significativo na aprendizagem. A maioria das investigações indicam que os métodos clássicos de avaliação utilizados, como as provas de papel e lápis, não são adequados para medir situações de resolução de problemas ou de aquisição de destrezas” (Barberá & Valdés, 1996, p.372). Neste estudo utilizámos provas de papel e lápis (questionários) e uma entrevista. Apesar de se terem medido as aprendizagens não só ao nível de conhecimentos (Compreensão Conceptual), mas também ao nível de algumas competências cognitivas de processo (Compreensão Processual) e ao nível afectivo, subsistem as interrogações sobre a adequação desses instrumentos quando outros (relatórios, provas práticas, observação na aula,...) poderiam revelar-se mais sensíveis.

Outras limitações associadas aos instrumentos utilizados decorrem da relativamente fraca consistência interna dos instrumentos usados para medir a *Compreensão Conceptual* e as *Atitudes* dos alunos, aspecto que é desenvolvido nos Capítulo 3 e 4.

1.5. Definição de Termos

Trabalho laboratorial / Actividade laboratorial

Tipo ou forma de actividade prática em que os alunos, individualmente ou em pequenos grupos, estão envolvidos em experiências de aprendizagem imaginativas e planeadas e interagem com materiais e equipamentos para observar e compreender fenómenos (Hofstein & Lunetta, 1982; Hofstein, 1991; Hegarty-Hazel, 1990b). As experiências em que os alunos estão envolvidos podem ter diferentes níveis de estruturação especificados pelo professor ou manual e podem incluir, além da fase de execução, as fases de planeamento, análise, interpretação e aplicação (Hofstein & Lunetta, 1982; Hofstein, 1991). Desta definição excluem-se as demonstrações feitas pelo professor para toda a turma (Hofstein & Lunetta, 1982; Hofstein, 1991) e as saídas de campo (Hofstein & Lunetta, 1982; Hofstein, 1991; Hegarty-Hazel, 1990b).

Estratégia ilustrativa

Estratégia de tipo expositivo, em que os alunos realizam uma determinada actividade laboratorial seguindo um protocolo determinado pelo professor, com vista a ilustrar um determinado facto, princípio ou conceito previamente apresentado, ou exposto, pelo professor. Na estratégia usada neste estudo, os alunos executaram o protocolo e registaram os resultados, em quadros de que dispunham para o efeito, e colaboraram na interpretação dos resultados de forma orientada pelo professor, ou protocolo. Os alunos trabalharam em pequenos grupos.

Estratégia investigativa

Estratégia de tipo exploratório, em que os alunos são colocados em face de problemas reais (para eles) (Domingos, 1981) e para os quais “*não podem ver uma resposta imediata ou fazer uso de um método de rotina para o resolver*” (Gott & Duggan, 1995, p.14). As actividades são menos estruturadas (não são previamente determinadas ou especificadas), isto é, são mais abertas que as de tipo ilustrativo, permitindo um maior grau de envolvimento dos alunos, nas diferentes fases de realização do trabalho laboratorial. Na estratégia utilizada neste estudo, o(s) problema(s) gerais foram colocados aos alunos pelo professor, tendo sido os próprios alunos a definir o problema concreto a investigar, a definir os materiais, procedimentos e os métodos de recolha de dados a utilizar, a recolher os dados e a interpretar os resultados, “limitando-se” a participação do professor à orientação nas decisões dos alunos, oralmente, fomentando a discussão, ou através de guias escritos. Os alunos trabalharam em pequenos grupos.

Compreensão Conceptual

Compreensão das ideias ou conceitos da ciência, isto é, dos factos, leis, teorias e princípios em que aquelas ideias se baseiam. Esses conceitos, de que são exemplo a fotossíntese e a hereditariedade, são muitas vezes referidos como conceitos substantivos ou declarativos (Gott & Duggan, 1995) ou como conhecimento conceptual-declarativo, ou conhecimento substantivo da ciência.

Compreensão Processual

Compreensão e aplicação de (competências práticas e) conceitos associados a processos usados em ciência. Refere-se à compreensão de um conjunto de ideias

complementares da compreensão conceptual mas, relacionadas com o “*saber como fazer ou como se faz ciência*” de que são exemplos: identificação de variáveis como independentes e dependentes; distinguir tipos de variáveis (categórica, contínua,...); montagem testemunho; controlo de variáveis; tamanho adequado da amostra; repetição e precisão nas medições; relação entre representação gráfica e tipo de variável; fidelidade e validade dos resultados (Gott & Duggan, 1995). Estes conceitos são designados por “*conceitos de evidência*” / “conceitos de prova” (Gott & Duggan, 1995), “*táticas de inquérito*” (Millar, 1991) e “*Processos ou skills integrados*” (De Pro Bueno, 1998; Brotherton & Preece, 1996). O conhecimento associado à Compreensão Processual é também referido por conhecimento sintáctico da ciência.

Competências Práticas (Skills práticos)

Conjunto de destrezas manipulativas e competências técnicas, como o uso de material, aparelhos e técnicas, de que são exemplos o uso de pipetas, a medição da temperatura com um termómetro, a focagem com o microscópio, a elaboração de preparações para microscopia, a construção de gráficos de barras e lineares, (...). Constituem um conjunto de competências “*necessárias mas não suficientes por si só para realizar grande parte do trabalho prático*”(Gott & Duggan, 1995).

Processos cognitivos gerais

Na procura da solução para um determinado problema, são usados processos cognitivos (observação, classificação, colocação de hipóteses, interpretação,...) a um outro nível e que envolvem a interacção entre a compreensão conceptual e a compreensão processual (Gott & Duggan, 1995).

Atitudes em relação à Biologia e à sua aprendizagem

Sentimento ou disposição interior do aluno que o leva a manifestar-se favorável ou desfavoravelmente em relação à Biologia como ciência e em relação ao ensino-aprendizagem da Biologia na escola.

Capítulo 2

REVISÃO DA LITERATURA

Com a revisão de literatura apresentada neste capítulo, procurámos reflectir sobre as finalidades da utilização do trabalho laboratorial no ensino das ciências. Organizámos essa análise e reflexão, recorrendo a estudos realizados naquele domínio e procurando afinidades com o tema mais específico desta dissertação, em torno do seguinte conjunto de questões: Que papel tem sido atribuído ao trabalho laboratorial no ensino das ciências? (secção 2.1); Qual a opinião dos professores e alunos sobre o valor do trabalho laboratorial na aprendizagem da ciência? (2.2); O que nos diz a investigação educacional sobre a eficácia do laboratório na aprendizagem dos *conceitos (conhecimento substantivo)*, *processos (conhecimento sintáctico)* e no desenvolvimento de atitudes? (2.3); Que críticas e sugestões são feitas em relação à prática lectiva da utilização do trabalho laboratorial com vista à aprendizagem dos *conceitos* e dos *processos* da ciência ? (2.4.1 e 2.4.2); Qual a relação entre o trabalho laboratorial, desenvolvimento de atitudes em relação à ciência e aprendizagem da ciência ? (2.4.3); A que aprendizagem ou aprendizagens melhor se adequam os diferentes tipos de trabalho laboratorial? (2.5).

2.1. O Trabalho Laboratorial no Ensino das Ciências

A utilização generalizada dos laboratórios no ensino das ciências tem uma história que remonta aos finais do século passado, pelo menos nos USA e UK (Lock, 1988;

Miguens & Garrett, 1991; Klainin, 1991; Barberá & Valdés, 1996), supomos que também em Portugal.

No início, o trabalho prático tinha fundamentalmente um papel de suporte da teoria ensinada previamente (Lock, 1988), sendo baseado fundamentalmente em demonstrações feitas pelo professor (Gott & Duggan, 1995), com ênfase na verificação de teorias ou ilustração de determinado conceito particular (Lock, 1988; Gott & Duggan, 1995).

O trabalho laboratorial realizado individualmente foi encorajado, ainda no século XIX, na sequência do surgimento do método heurístico advogado por Armstrong ¹ (Gott & Duggan, 1995), a *“arte de fazer com que as crianças descubram coisas por elas mesmas”* (Klainin, 1991, p. 170). Baseado na aceitação de que a aprendizagem através da acção seria mais eficiente do que a passiva assimilação de conhecimentos (Gott & Duggan, 1995), Armstrong acreditava *“que os estudantes poderiam executar muitas das experiências e assim descobrir por eles próprios o conteúdo científico”* (Woolnough & Allsop, 1985, p. 15) e considerava que a *experimentação* deveria ser muito diferente da *demonstração*, devendo a *investigação* ter um papel central no trabalho prático, sendo a compreensão da teoria alcançada por via do verdadeiro inquérito e desafio colocado ao aluno (Lock, 1988; Miguens & Garrett, 1991). Se antes o trabalho laboratorial era focado nos conceitos, agora pendia para os processos da ciência (Gott & Duggan, 1995), acentuando a *“importância do trabalho individual, registo completo e cuidado de todas observações, expressão exacta e inferências correctas”* (Woolnough & Allsop, 1985, p. 16). Ainda no início deste século as ideias de Armstrong foram alvo de críticas e na prática foram sendo abandonadas².

¹ A aprendizagem por descoberta, advogada por Sócrates e defendida por Rousseau, terá possivelmente influenciado a sua aplicação por Armstrong no ensino da Química e das ciências em geral (Klainin, 1991).

² Era demasiado dispendioso em tempo, não se ajustava ao sistema de exames existente e era demasiado invulgar para os professores aceitarem o seu desafio (Klainin, 1991). Com o aumento crescente do conhecimento científico não era fácil aceitar a ideia de que os

Nos Estados Unidos da América, nos anos 20 e seguintes, o movimento da escola progressiva e a teoria da aprendizagem de Dewey (citado em Hofstein & Lunetta, 1982; Klainin, 1991) tiveram grande impacto no ensino das ciências e no papel do trabalho laboratorial em particular. Para Dewey aprendia-se fazendo (“learning by doing”), sendo as suas ideias traduzidas como significando que o trabalho prático realizado por alunos era a chave para a educação em ciência (Klainin, 1991).

Até à década de sessenta, com sucessivos debates sobre a eficiência da demonstração e do trabalho individual, a prática revelava no entanto que os trabalhos laboratoriais eram baseados na demonstração e verificação (Klainin, 1991), consistindo em seguir “receitas” para verificar a teoria ou ilustrar conceitos (Gott & Duggan, 1995), ou pendendo para o desenvolvimento de alta proficiência num grupo restrito de técnicas, tal como a dissecação (Lock, 1988). A ciência era vista primeiramente como um corpo de conhecimentos e a aprendizagem desse conhecimento era necessária antes de outros aspectos da ciência (Klainin, 1991). De novo o pêndulo virava para o conteúdo da ciência (Gott & Duggan, 1995).

Desde a década de 60 até aos anos 80/90 os currícula de ciências, e o papel do trabalho laboratorial, foram influenciados por diversas perspectivas e propostas: nos anos 60 pelo retorno à aprendizagem por descoberta (“aprendizagem por descoberta”, “descoberta-guiada”, “ensino pelo inquérito”); no final da década de 60 e nos anos 70 pela ênfase nos processos (“the process approach”) e nos anos 80/90 pelas perspectivas construtivistas (Hodson, 1996b). As reformas curriculares dos anos 60 a 80, ao realçarem os processos da ciência e enfatizarem o desenvolvimento de competências cognitivas, deram ao laboratório um papel central no ensino das ciências, quando antes

conceitos da ciência podiam ser descobertos pelo “senso comum” e a psicologia experimental sugeria que o treino no método científico não era necessariamente transferido para outras situações problemáticas.

era usado quase exclusivamente como confirmação e ilustração de informação aprendida previamente de outros modos (Klainin, 1991; Hofstein, 1991; Hofstein & Lunetta, 1982).

Segundo Jorge (1991), as reformas curriculares das décadas de 60 e 70 (que tiveram como principais objectivos, a preparação científica dos jovens, de modo a possibilitar-lhes o prosseguimento de estudos e a sua formação como cientistas e técnicos qualificados em falta, e também a educação científica do cidadão em geral), assentes na *aprendizagem por descoberta* e no *ensino por inquérito*, procuraram enfatizar os processos da ciência mas reduziram-nos a um processo único, a uma sequência linear, unidireccional e universal, a um “método científico” (OHERIC) que o aluno deveria seguir. Segunda a autora referida, “*a ciência como processo foi reduzida na prática a observações e experiências descontextualizadas, ignorando-se que a leitura que se faz da realidade está dependente da “grelha de leitura” que cada um utiliza*” (Jorge, 1991, p. 33).

O modelo construtivista de *Mudança Conceptual* é também criticado devido à ênfase excessiva que coloca na aprendizagem dos *conceitos (conhecimento substantivo)* em detrimento dos aspectos metodológicos (*conhecimento sintáctico*) da ciência (Gil Pérez & Carrascosa Alis, 1994; Gott & Mashiter, 1991; Hodson, 1996b).

Para resolver a questão dos propósitos do trabalho laboratorial na educação em ciência, devemos primeiro clarificar quais os objectivos do ensino das ciências como um todo (Woolnough, 1991b).

Para Hodson (1992, 1994, 1996a) é conveniente considerar que o ensino das ciências consta de três aspectos principais: *Aprendizagem da ciência (Learning Science)*- a aprendizagem dos *conteúdos conceptuais (substantivos)* ; *Aprendizagem sobre a natureza da ciência (Learning about Science)* – a aprendizagem (compreensão)

sobre a natureza e métodos da ciência, tomando consciência das interações complexas entre ciência, tecnologia e sociedade ; *Aprender a fazer ciência (Doing Science)* – a aprendizagem dos conhecimentos e capacidades necessários à realização do inquérito científico, com ênfase na aplicação dessas competências (no emprego dos métodos e procedimentos científicos) na realização/condução de investigações “reais”. A aprendizagem dos *processos* da ciência está associada aos dois últimos aspectos se bem que no *Fazer ciência* essa aprendizagem decorre conjuntamente com o desenvolvimento conceptual como resultado da aplicação global e conjunta dos *processos* e *conteúdos conceptuais* numa situação concreta de investigação.

No ensino das ciências a ênfase tem oscilado entre os designados *conteúdos* e os *processos* da ciência. Parece hoje ser mais consensual a necessidade de um curriculum de ciências equilibrado no que respeita aos *conteúdos* (corpo de conhecimentos que a ciência acumulou ao longo dos anos) e *processos* (os procedimentos e métodos da ciência)³ (Wellington, 1994a; Woolnough & Allsop, 1985; Tamir, 1991), sem esquecer outras dimensões, como os aspectos afectivos para além dos cognitivos (Wellington, 1994a). Independentemente da existência desse equilíbrio, é reconhecido por muitos autores, além dos já citados (Gott & Duggan, 1996; Klopfer, 1990; Hodson, 1990, 1992, 1994), que o ensino das ciências deve contemplar os dois aspectos, os *conteúdos* e os *processos*.

Valendo-se de alguns estudos realizados⁴, Gott & Duggan (1996) referem que quer para o desenvolvimento de uma literacia científica para todos, quer para a preparação de futuras carreiras profissionais em ciência, a educação em ciências deve contemplar um

³ Podemos ver resumidos alguns dos argumentos que sustentam a defesa do ensino das ciências com ênfase nos processos e a crítica aos mesmos em Wellington (1994a) e Hodson (1994). O primeiro autor sugere uma actividade, um questionário, que a ser elaborado pelos docentes permite uma reflexão sobre a posição/postura que cada um possui não só em relação aos pólos conteúdo / processo como também em relação aos pólos separação / integração (disciplinar) no ensino das ciências.

⁴ Estudos que evidenciam as exigências que a indústria empregadora faz em termos de *skills* que os possíveis técnicos ou cientistas devem possuir e estudos que evidenciam o tipo de conhecimento que os cidadãos devem possuir com vista a usar a ciência na resolução, ou intervenção, em problemas da vida real.

conhecimento das principais ideias substantivas da ciência e das ideias relacionadas com a recolha, validação, representação e interpretação das provas (“evidências”), pois “*sem este repertório, a sua habilidade (dos alunos) para pensar cientificamente sobre um vasto conjunto de assuntos fica debilitada*” (p. 793).

Segundo White (1996), “*uma das coisas interessantes sobre os laboratórios é que nunca houve um consenso definitivo sobre “ os seus objectivos, e “talvez por isso se tenham mantido tão populares” pois “eles servem, ou são vistos como servindo, diversos objectivos”* (pp. 762 e 763).

2.2. Razões para a Utilização do Trabalho Laboratorial - - Opiniões de professores e alunos

Estudos envolvendo a opinião de professores sobre os objectivos que pretendem atingir (o que pretendem ensinar) com a realização do trabalho laboratorial, indicam que grande percentagem dos respondentes atribuíram e atribuem ainda uma grande, senão relativamente maior, importância aos objectivos relacionados com a aprendizagem do conhecimento científico.

A possível maior valorização da aprendizagem dos *conceitos*, dada pelos professores quando justificam a utilização do trabalho laboratorial em geral, pode também reflectir o seu posicionamento em relação ao ensino e aprendizagem da ciência, ou a leitura que fazem das propostas programáticas oficiais (nem sempre a intenção dos organizadores curriculares coincide com prática docente nas escolas), leituras essas também condicionadas pelos manuais escolares de que dispõem e pelas exigências oficiais sobre o programa e sua avaliação externa em algumas disciplinas (CTV e Biologia por exemplo), onde parece ser sobrevalorizado o conhecimento conceptual. As mesmas razões e outras, como a falta de recursos e uma tradicional e socialmente alta consideração didáctica do ensino das ciências baseado nos *conhecimentos*, são, por outro lado, razões que terão levado os professores portugueses a evitar a utilização do trabalho prático laboratorial (Miguens & Garrett, 1991).

Referindo-se à comparação dos estudos de Kerr⁵ (1963) e de Beatty e Woolnough (1982)⁶, Miguens & Garrett (1991) realçam, que os últimos autores notaram que entre

⁵ Estudo realizado em Inglaterra e Gales, envolvendo 701 professores de ciências de 151 escolas com vista a conhecer as razões que os levavam a realizar trabalho laboratorial. De uma lista de 10 objectivos os professores deveriam ordená-los por ordem de prioridade em relação a três diferentes grupos etários - 7 a 9 anos, 10 e 11 anos, e 12 e 13 anos de idade (Wellington, 1994c).

⁶ Estudo realizado em Inglaterra envolvendo professores que trabalhavam com alunos de 11-13 anos de idade aos quais foi apresentada uma lista de 20 objectivos seleccionados de trabalhos prévios de Kerr (1963) e Thompson (1975) (Miguens & Garrett, 1991).

um e outro momento, os professores passaram a valorizar menos os objectivos relacionados com a teoria, ou como suporte dela, e mais os objectivos relacionados com o desenvolvimento de destrezas práticas, sugerindo no entanto não haverem evidências de uma grande mudança (dramática) nas razões dadas pelos professores para a realização do trabalho prático, apesar de todas as inovações curriculares entre os dois estudos. Gardner & Gauld (1990), ao compararem o estudo de Kerr com outro realizado em Inglaterra na década de 70 (Curriculum Difusion Project), concluíram que na escolha dos professores predominam os objectivos cognitivos e psicomotores em relação aos afectivos. No estudo de Kerr, os objectivos afectivos relacionados com a motivação e interesse dos alunos foram mais valorizados em relação aos níveis de escolaridade mais baixos (White, 1996).

Segundo Klainin (1991), muitos estudos relatam que os estudantes vêm o laboratório como contribuindo muito pelo seu entusiasmo pela ciência, mas não o associam com aprendizagens mais académicas.

Num estudo semelhante realizado recentemente em Portugal, que envolveu 18 professores e 22 futuros professores de Física e Química, Leite (1997) concluiu que entre as razões que levam os 18 professores a utilizar o trabalho laboratorial, as mais mencionadas *“estão relacionadas com a capacidade do trabalho laboratorial para motivar os alunos e facilitar / promover a aprendizagem de conteúdos”* (p. 10). Quando questionados sobre os objectivos que pensam serem atingidos efectivamente com o trabalho laboratorial que realizam, os professores parecem acreditar que o trabalho laboratorial realizado permite efectivamente atingir os objectivos relacionados com a aprendizagem de conhecimentos e também de metodologia científica e o desenvolvimento de *“atitudes científicas”*. É interessante notar que, neste estudo, as posições dos 22 futuros professores (alunos de licenciatura) não coincidem sempre com

as opiniões dos docentes: na identificação das razões que eles pensam que levam os professores a utilizar o trabalho laboratorial, um número razoável destes alunos apontaram também as razões mais invocadas pelos professores, sendo que nove indicaram uma razão apenas apresentada por um professor, “para complementarem as aulas teóricas”; no que respeita aos objectivos que sentem serem atingidos, estes alunos parecem reconhecer que o trabalho laboratorial serviu essencialmente para desenvolver *skills* laboratoriais - manipulação de materiais e domínio de regras de segurança.

Estas percepções estão de acordo com o referido por Hegarty-Hazel (1990a, 1990b) e Boud, Dunn, & Hegarty-Hazel (1986), quando mencionam que estudos recentes sobre a importância relativa de diferentes objectivos para o trabalho laboratorial (citando alguns realizados entre 1973 e 1980), indicam que os professores, de níveis correspondentes ao nosso 3º ciclo do EB (secondary school) e E.Secundário (tertiary), em várias disciplinas, incluindo Biologia, dão pouca prioridade aos “*skills técnicos*”, enquanto os estudantes os parecem considerar muito importantes tanto científica quanto vocacionalmente.

As diferenças de pontos de vista apresentadas pelos alunos, pelos professores e investigadores, no que respeita à importância atribuída ao trabalho laboratorial na aprendizagem, são também mencionadas, ainda que com alunos de outro nível de ensino, por Gardner & Gauld (1990) e Barberá & Valdés (1996).

Interessa aqui, na relação que queremos estabelecer entre trabalho laboratorial e aprendizagens, referir o estudo de Keightley & Best (1975, citados em Gardner & Gauld, 1990), realizado na Austrália, tendo em conta o seu particular relacionamento com a aprendizagem da biologia. Enquanto 79% dos 2616 alunos de biologia do grau 11 (equivalente ao 11º ano) declararam que dos 12 objectivos apresentados o que mais apreciavam aprender era os “*skills práticos*” (ex: aprender a usar o microscópio; dissecar

animais; usar aparelhos laboratoriais), 94% dos 82 professores envolvidos consideram que, dos mesmos 12 objectivos, o mais importante no trabalho laboratorial era “Compreender o mundo sob o ponto de vista da biologia” / *Understanding of the biologist’s views of the world*”, ainda que os objectivos “Modos de pensar científicos” (ex: aprender a observar; analisar experiências para verificar que conclusões se justificam; pensar logicamente) e “ Interesses e Atitudes” tenham sido quase igualmente valorizados (87% e 80%, respectivamente). Segundo os autores do estudo “ *a discrepância entre o que os professores esperam ensinar e o que os estudantes esperam aprender sugere que os estudantes são mais instrumentais ao aflorar a biologia que os professores. Os professores, por outro lado, são mais conceptuais* ” (Keightley & Best, 1975, citados em Gardner & Gauld, 1990, p. 138).

Esta diferença na percepção sobre o valor do trabalho laboratorial pode indicar por exemplo que os tipos de actividade laboratorial, ou as estratégias mais globais utilizadas, não serão as mais adequadas com vista a atingir, na percepção dos alunos, aquele(s) objectivo(s) pretendidos pelos professores. A relação entre objectivos ou finalidades principais do trabalho laboratorial e o tipo de actividade laboratorial utilizada é aspecto desenvolvido na secção 2.5.

Num estudo realizado por García Barros, Martínez Losada, & Mondelo Alonso (1995) em Espanha, com alunos de cursos de formação de professores de ciências (3º ano da EU do Magistério e licenciados do CAP em Biologia e Física e Química, estes últimos orientados para o ensino secundário), mais de 50% dos inquiridos em cada grupo consideraram, de uma lista de possíveis conteúdos conceptuais (3) e procedimentais (6) a ensinar, que as actividades práticas: (a) permitem - ajudar a compreender a teoria e desenvolver a observação e destrezas manipulativas; (b) deveriam permitir, mas dificilmente o conseguem, aplicar os conhecimentos teóricos para estudar e compreender

novos fenómenos e situações, formular hipóteses e definir planos que permitam solucionar os problemas apresentados. Apesar das ideias um pouco restritas das potencialidades do trabalho prático apresentadas pelos inquiridos, os autores do estudo referem que as suas opiniões “*demonstram um certo desejo de mudança do trabalho prático, centrado em promover o desenvolvimento de processos criativos e cognitivos*”(p. 206).

Objectivos relacionados com os processos da ciência, como recolha de dados, análise de dados e apresentação de dados e conclusões foram apontados, no mesmo estudo, por uma percentagem de inquiridos sempre baixa (entre 10,3% e 38,9%), quer em relação a efectividade da sua aprendizagem através do trabalho prático quer em relação à indicação de que se deveriam alcançar através das mesmas actividades. Estas opiniões contrastam com a elevada valorização educativa que os mesmos inquiridos atribuíram a vários procedimentos associados aos *processos* da ciência (num estudo paralelo, os inquiridos pontuaram de 1 a 5 esse conjunto de procedimentos, sendo que para todos os procedimentos a percentagem de inquiridos que atribuiu pontuação máxima de 5 foi bastante elevada). Segundo os autores, este contraste “*possivelmente esconde a ideia de que as actividades práticas carecem da capacidade real*” para desenvolver aquelas capacidades, “*ideia que muito provavelmente se vê favorecida pela pouca experiência pessoal, circunscrita quase exclusivamente a trabalhos de ilustração*”, dos alunos questionados. ” (García Barros, Martínez Losada, & Mondelo Alonso, 1995, p. 206)

Esta possível tendência para os professores passarem a atribuir, na realização do trabalho laboratorial, uma maior valorização dos objectivos relacionados com os *processos* do que àqueles relacionados com a aquisição do conhecimentos científico, já evidenciada por Beatty & Woolnuogh (1992), parece ser corroborada pelos resultados

de uma investigação realizada em Portugal por Araújo (1995), envolvendo 72 professores da disciplina de Técnicas Laboratoriais de Física – TLF - (10 e 11º ano de escolaridade). Neste estudo, os objectivos das actividades laboratoriais mais valorizados pelos professores foram os “*mais relacionados com o desenvolvimento de capacidades e competências laboratoriais*” (p. 123), apesar de alguns destes (“*dotar os alunos de habilidades e técnicas que lhes permitam executar uma experiência*” ; “*desenvolver capacidades para a realização de pequenas investigações científicas*”), serem também aqueles em que os professores revelaram sentir maior dificuldade de consecução. A valorização, pelos professores, do desenvolvimento de “skills laboratoriais”, contrasta com os resultados de alguns dos estudos a que fizemos referência, enquanto a importância atribuída, também, ao desenvolvimento de atitudes, está de acordo com os resultados da maioria desses estudos. Se compararmos os resultados deste estudo com o de Leite (1997), talvez não se possa dissociar a maior valorização atribuída aos “skills laboratoriais” com a natureza específica da disciplina de TLF.

2.3. Eficácia do Trabalho Laboratorial no ensino das Ciências – Alguns Estudos

Como vimos, professores e alunos consideram que a utilização de trabalho laboratorial no ensino das ciências facilita ou promove determinadas aprendizagens, apesar de essas opiniões não serem sempre concordantes no que respeita ao tipo de aprendizagem que deveria ser ou é efectivamente possibilitada.

O que nos diz a investigação educacional sobre o valor do trabalho prático no ensino das ciências? O que nos diz sobre a sua eficácia na aquisição e compreensão dos *conceitos e processos* da ciência ou sobre a sua influência nas atitudes dos alunos?

Algumas das conclusões gerais que encontramos na literatura consultada e que são baseadas nos resultados das investigações já realizadas, permitem-nos dar algumas pistas de resposta àquelas perguntas:

Muitos destas investigações⁷ mostraram não haver diferenças significativas entre os métodos de ensino quando se medem em testes estandardizados de papel-e-lápis os conhecimentos, atitudes, pensamento crítico e conhecimento dos processos da ciência dos estudantes. (Hofstein & Lunetta, 1982, p. 202)

Com base nas revisões de literatura citadas acima⁸, é razoável concluir que o trabalho laboratorial parece ser inferior a técnicas como prelecção (exposição)/discussão/demonstração/textos para a apresentação de material complexo e da grande quantidade de informação factual e conceptual. (...) a pesquisa tradicional Método A vs Método B mostrou que o ensino no laboratório não é um meio eficiente ou efectivo no ensino de factos e conceitos. (Boud, Dunn, & Hegarty-Hazel, 1986, pp. 132 e 134)

A evidência leva-nos à inconfortável conclusão que muito do trabalho laboratorial tem sido pouco proveitoso em ajudar os alunos a compreender os conceitos. (Clackson & Wright, 1992, p. 41)

⁷ Comparação dos efeitos de métodos de trabalho laboratorial com outros métodos de ensino.

⁸ Os autores referem-se à análise das investigações tradicionalmente usadas sobre a aprendizagem no laboratório, estudos em que é feita a comparação, da eficácia na(s) aprendizagem(s), entre um método de ensino no laboratório e um outro método de ensino.

Se reflectirmos sobre esta questão⁹, chegaremos à conclusão de que não se pode afirmar que o trabalho laboratorial seja superior a outros métodos e, em certas ocasiões, parece ser menos útil. (Hodson, 1994, p. 301)

São insuficientes as evidências de que o laboratório promove melhor a compreensão dos métodos da ciência e das abstrações e processos, torne memorável a informação, revele ligações entre temas e motive (...). (White, 1996, p. 768)

Tais conclusões revelam uma aparente ineficácia do trabalho laboratorial, não só ao nível da compreensão conceptual mas também ao nível de outras aprendizagens do ensino das ciências para as quais se supõe(supunha) que o recurso à actividade laboratorial é(era) necessário e adequado. Segundo White (1996) e Tamir (1991), tais resultados e conclusões¹⁰ são desencorajadores *“porque entram em conflito com teorias e expectativas. (...) Estará a nossa fé nos laboratórios errada e a nossa teoria sobre o seu valor incorrecta, ou é a sua utilização que é pobre? É mais fácil, e causa menos perturbação emocional aos teóricos, criticar e sugerir melhorias na prática do que mudar a teoria”* (White, 1996, pp. 761, 768).

Segundo Boud, Dunn, & Hegarty-Hazel (1986) a tradição predominante da pesquisa sobre o ensino no laboratório tem sido a da comparação entre métodos de ensino no sentido de verificar qual dos métodos se revela superior. Nessa tradição da pesquisa, catalogada de Método A versus Método B, compara-se o ensino no laboratório (trabalho laboratorial realizado pelo aluno) com o ensino por prelecção ou demonstração pelo professor ou com ou outro método sem recurso ao laboratório. Para estes autores, os resultados destes estudos têm sido inconclusivos e equívocos quanto à superioridade de um dos métodos, pois se em alguns dos estudos o trabalho laboratorial realizado

⁹ Análise dos dados empíricos sobre a eficácia do trabalho laboratorial como meio para adquirir *conhecimentos* científicos.

¹⁰ White (1996) refere-se a revisões de estudos efectuadas desde a década de 60 até ao início da década de 90.

pelos alunos se mostrou superior, noutros foi inferior e, noutros ainda, não se encontraram diferenças significativas entre os métodos comparados.

Estes resultados equívocos podem ser associados às várias críticas que têm sido apontadas à investigação realizada, especialmente à tradição clássica da investigação. São apontadas fraquezas desses estudos a vários níveis, de que destacamos:

- Selecção e controlo de variáveis - não tem sido dada a tenção suficiente a importantes variáveis (susceptíveis de interagir com os *tratamentos* em comparação), descritivas das habilidades e atitudes dos alunos, das experiências laboratoriais prévias que os alunos possuem ou das aprendizagens que os alunos realizam fora do laboratório enquanto decorre o estudo (Hofstein, 1991; Hofstein & Lunetta, 1982); nos estudos Método A vs Método B é quase impossível haver um controlo adequado a não ser que sejam conduzidos em espaços de tempo muito curtos e , por outro lado, se conduzidos durante períodos de tempo curtos não haverá possibilidade (tempo) de serem produzidas ou detectadas diferenças significativas entre as aprendizagens dos alunos (Boud, Dunn, & Hegarty-Hazel, 1986);

- Instrumentos utilizados e aprendizagens medidas - *“tradicionalmente o ensino das ciências enfatiza a aprendizagem da “informação” científica, conceitos, princípios, e factos, com pouca ênfase nos skills de resolução-de-problemas, e esta orientação é reflectida em muitos dos instrumentos ou testes que foram usados”* (Hofstein & Lunetta, 1982, p. 204); o trabalho laboratorial desenvolve presumivelmente outras aprendizagens que aqueles testes não avaliam (Hofstein & Lunetta, 1982) pois são baseados quase exclusivamente no conhecimento factual, esquecendo aspectos como o desenho e execução das experiências, análise e interpretação dos resultados, formulação e avaliação de hipóteses, criatividade científica, *skills* de resolução-de-problemas ou *skills* manipulativos (Boud, Dunn, & Hegarty-Hazel, 1986); para além das críticas sobre

o que é medido nos instrumentos utilizados, são também apontadas críticas à forma como são medidas as aprendizagens, isto é, são muitas vezes utilizados testes escritos, instrumentos que podem ser insuficientes ou inadequados para medir as diferentes aprendizagens dos alunos no laboratório; Boud, Dunn, & Hegarty-Hazel (1986) referem-se à pouca frequência de provas práticas e Hofstein (1991) e Hofstein & Lunetta (1982) referem, citando Tamir (1972), que sendo o laboratório um modo próprio de ensino na educação em ciências, ele requer também um modo diferente de avaliação;

- Estratégias de ensino utilizadas - “as *investigações, e especialmente os estudos educacionais comparativos, misturam muitas vezes e erradamente procedimentos instrucionais que estão a níveis diferentes*” (Hegarty-Hazel, 1990b, p. 4). Para explicar esta ideia a autora referida baseia-se nas ideias e terminologia introduzida por Garrett & Roberts (1982) na introdução de um artigo de revisão intitulado “*Demonstration versus Small Group Practical Work in Science Education - A critical review of studies since 1900*” em que, procurando clarificar o significado dos termos *demonstração e trabalho em pequeno grupo* os autores chamam a atenção para a necessidade de se distinguirem estas *Táticas* das *Estratégias* mais gerais em que podem ser usadas, estratégias *Exploratórias* (associadas à aprendizagem heurística ou por “descoberta”) e *Expositivas* (associadas à aprendizagem por recepção) - as *Estratégias* descrevem os procedimentos instrucionais mais gerais e complexos que reflectem todo o conjunto global da proposta de ensino empregue pelo professor ou curso, enquanto as *Táticas* são procedimentos menos complexos usados em cada uma das estratégias. A um nível mais baixo estão as *Técnicas*, as actividades fundamentais empregues em qualquer situação de ensino (perguntas do professor, tomada de notas, quadro, filmes, textos, fichas,...). A tática da demonstração, ainda que erradamente associada quase exclusivamente à estratégia expositiva, pode ser usada numa estratégia Expositiva ou

Exploratória e, ainda que normalmente empregue numa dimensão Exploratória, a Tática de trabalho em pequeno grupo pode também ser usada no contexto das duas estratégias (Garrett & Roberts, 1982). Assim, nos estudos realizados podem ter sido comparadas duas estratégias ou uma estratégia vs uma tática, ou duas táticas, e assim por diante¹¹, não sendo pois “*surpreendente que os resultados tenham sido ambíguos*” (Hegarty-Hazel, 1990b, p. 4). Para concluir este aspecto, transcrevemos o que é referido no final do já citado artigo de (Garrett & Roberts, 1982):

Todos os estudos anteriores parecem indicar que quando são comparadas táticas não se detectam grandes diferenças significativas entre as performances de quaisquer grupos homogêneos de estudantes. De facto, só quando são investigadas duas estratégias essas diferenças são detectadas. (...) Isto pode ser sumariado assim: as estratégias funcionando nos macro níveis podem causar grandes (macro) efeitos que podem ser detectados, enquanto quaisquer diferenças associadas às táticas apenas serão detectadas nos micro níveis dentro da sala de aula. Nenhuma tática é melhor que a outra de per se. Todas as táticas têm a sua utilidade...(p. 141)

Outros autores (Atkinson, 1990; Gott & Duggan, 1996; Miguens & Garrett, 1991; Hodson, 1990; Barberá & Valdés, 1996) referem no essencial as mesmas críticas a muitas dessas investigações, pondo em causa os seus resultados e a possibilidade de serem comparados “*já que se parte da presunção de que existe um método único para a realização de trabalho laboratorial pelos alunos e outro para as demonstrações dos professores (ou outras formas de ensino sem actividade laboratorial), esquecendo a enorme diversidade de enfoques que ambos podem adoptar, e deixando de lado uma grande quantidade de variáveis que sem dúvida podem afectar fortemente os resultados obtidos*” (Barberá & Valdés, 1996, p. 371). Todos estes aspectos são reveladores da enorme complexidade do fenómeno a investigar.

¹¹ Usando esta terminologia, julgamos poder dizer que comparamos no nosso estudo as estratégias Exploratória (Investigativa) e Expositiva (Ilustrativa) utilizando em cada uma delas a mesma Tática, trabalho em pequeno grupo.

Apesar destas críticas, algumas conclusões puderam ser retiradas, a julgar por algumas das transcrições apresentadas no início desta secção, e, apesar de eventuais progressos no que respeita às metodologias de investigação empregues neste campo, parece persistir a ideia de alguma ineficácia do trabalho laboratorial, a julgar também por algumas das referidas transcrições, pelo menos as mais recentes.

Hofstein (1991) refere um conjunto de conclusões que Bates (1978) retirou de uma revisão das investigações realizadas sobre a eficácia do laboratório no ensino das ciências:

1. A prelecção pelo professor (exposição), a demonstração prática pelo professor e o ensino pelo laboratório (realizado pelos alunos em grupo ou individualmente?) parecem igualmente efectivos na aprendizagem dos conteúdos da ciência (conteúdos substantivos - factos, conceitos, leis e teorias);
2. Experiências laboratoriais (realizadas pelos alunos em grupo ou individualmente?) são superiores no que respeita ao desenvolvimento de Skills laboratoriais manipulativos;
3. Apesar da maioria da pesquisa ter falhado na avaliação de aprendizagens que podem ser específicas do laboratório, podem ser desenvolvidas formas mais significativas de as medir, e o laboratório parece representar uma área da aprendizagem das ciências significativa mas diferente da aquisição dos conteúdos;
4. Alguns tipos de actividades laboratoriais de orientação por inquérito parecem melhores que a prelecção/demonstração ou actividades laboratoriais de verificação (os alunos seguem um protocolo perfeitamente estabelecido) no ensino dos processos de inquérito;

5. Os laboratórios parecem ter potencial para alimentar atitudes positivas dos alunos e para fornecer à grande variedade de estudantes oportunidades para serem bem sucedidos na aprendizagem das ciências;
6. A continuação da pesquisa recente sobre o papel do ensino das ciências no estímulo do desenvolvimento cognitivo pode, num futuro próximo, proporcionar novas estratégias para o ensino das ciências nas quais actividades laboratoriais adequadas terão um papel central.

White (1996) refere, com base em vários estudos realizados entre 1986 e 1995, que não foi alterada a conclusão de Hofstein & Lunetta (1982) segundo a qual o trabalho laboratorial realizado pelos alunos não é muito efectivo no desenvolvimento da compreensão da ciência.

Num estudo a larga escala, envolvendo alunos de 13 anos de 20 países, onde a frequência da realização de trabalho laboratorial variava entre nenhuma aula a três aulas por semana, realizado por Lapointe, Askew & Mead (1992, citados por Gott & Duggan, 1996), os resultados mostraram haver pouca relação entre a frequência de trabalho prático realizado semanalmente e a aprendizagem dos conceitos. Estes autores chamam no entanto a atenção para o facto de não se pode generalizar, sem se saber o tipo de trabalho laboratorial empregue, que o trabalho laboratorial não é adequado:

Se a mesma investigação fosse desenhada para as relações entre, por exemplo, práticas ilustrativas e a aprendizagem dos conceitos, então poderiam ter resultado dados significativos. Alternativamente, a questão poderia ser investigar a eficiência de trabalho laboratorial investigativo, de natureza aberta, na aprendizagem de conceitos de evidência¹². (p. 804)

¹² Conceitos de evidência são conceitos associados aos processos da ciência. Vejam-se mais pormenores sobre o seu significado na secção 2.4.2.

White (1996) refere-se a uma conclusão de Klopfer (1990) segundo a qual se bem que os estudos de revisão e meta-análise indicam que o laboratório promove competências no que respeita à recolha de dados e organização, comunicação e interpretação de observações, tem pouco efeito no desenvolvimento da capacidade para colocar questões apropriadas e para reconhecer a relação entre as respostas a essas questões e a experimentação, na habilidade para retirar conclusões e fazer inferências, e em apreciar o papel das experiências e observações no desenvolvimento de teorias.

A aprendizagem de competências laboratoriais manipulativas e técnicas é a única aprendizagem para a qual o trabalho laboratorial se tem mostrado inequivocamente mais eficaz que outros métodos de ensino (Hegarty-Hazel, 1990a; Clackson & Wright, 1992; Barberá & Valdés, 1996; Hofstein, 1991), objectivo(s) que aliás não se pretende(m) atingir com outros métodos de ensino (Hodson, 1994). Segundo Hegarty-Hazel (1990a), a investigação confirmou que aulas de laboratório convencionais, onde os alunos realizam actividades, individualmente ou em grupo, manipulando aparelhos ou executando técnicas, são mais eficazes do que as demonstrações ou outras aulas não laboratoriais na aprendizagem de “*skills técnicos*”, e estas conclusões são inequívocas quando comparadas com a variabilidade de resultados obtidos em relação a outros tipos de aprendizagem através do laboratório.

Ainda White (1996) refere que os resultados dos poucos estudos existentes sobre a eficácia do laboratório na promoção de atitudes e interesse dos alunos são contraditórios.

Com vista a uma possível comparação com os resultados do nosso estudo, analisaremos resumidamente algumas das investigações realizadas sobre a aprendizagem no laboratório. Utilizámos principalmente dois critérios na escolhas dos estudos a analisar, apesar de não os cumprirmos simultânea e integralmente: (1) referirem-se ao

ensino da Biologia; (2) comparem a eficácia de diferentes estratégias em que é usada a mesma tática (trabalho laboratorial em grupo). Apresentamos no Quadro 2.1 uma síntese dessas investigações e seus resultados.

QUADRO 2.1 - Síntese de algumas investigações realizadas

Autor / (referências)	Grupos comparados	Desempenhos medidos / Resultados obtidos
Coulter (1966) (Hofstein, 1991; Clackson & Wright, 1992; Garrett & Roberts, 1982)	Três grupos: <i>Estratégia Dedutiva:</i> (a) “prática dedutiva”/ <i>ilustrativa.</i> <i>Estratégia Indutiva:</i> (b) “prática indutiva” (c) “demonstração indutiva”. (“school biology”)	<ul style="list-style-type: none"> •Três grupos igualmente sucedidos na aprendizagem dos <i>conceitos substantivos</i> e na <i>aplicação de princípios e técnicas laboratoriais.</i> •A estratégia indutiva (b e c) tende a transmitir uma melhor apreciação de <i>aspectos de inquérito científico.</i>
Heaney (1971) Reino Unido (Garrett & Roberts, 1982)	Três grupos: <i>Estratégia exploratória:</i> (a) “prática por descoberta guiada” <i>Estratégia expositiva:</i> (b) “prática tipo receita”/ <i>ilustrativa</i> (c) “didáctica c/demonstração” (“young pupils”)	<ul style="list-style-type: none"> • “Descoberta guiada” (a) mais sucedido no desenvolvimento de <i>skills de resolução-de-problemas.</i> • <i>Skills cognitivos</i> mais elevados¹³ parecem mais favorecidos no grupo “didáctica c/ demonstração (c), se medidos durante a aprendizagem. • Sem outras diferenças entre (b) e (c).
Yager et. al (1969) (Clackson & Wright, 1992; Hofstein, 1991; Garrett & Roberts, 1982)	Três grupos (<i>táticas</i>): (a) “prática ” (b) “demonstração” (c) “discussão s/laboratório” (“secondary Biology”)	<ul style="list-style-type: none"> •(a) e (b) desenvolvem mais <i>skills manipulativos e de procedimentos.</i> •Não se registaram outras diferenças ao nível da <i>aprendizagem dos conceitos, pensamento crítico</i>¹⁴ e <i>atitudes.</i>
Ajewole (1991) Nigéria	Dois grupos (<i>métodos/estratégias</i>): (a) “prática por descoberta” (b) “expositiva”/ <i>ilustrativa</i> (alunos 10ºano / N =240)	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Atitudes favoráveis em relação à biologia</i> significativamente mais elevadas em (a) (independentemente do sexo e da “capacidade intelectual”)?

¹³ Veja-se secção 2.4.2.

¹⁴ Clackson & Wright (1992) referem que, num estudo anterior, Sorenson (1966) observou “melhor” pensamento crítico nos alunos envolvidos em trabalho prático que nos alunos sem actividade laboratorial.

QUADRO 2.1 (continuação)- Síntese de algumas investigações realizadas

Autor	Grupos comparados	Desempenhos medidos / Resultados obtidos
Gangoli & Gurumurthy (1995) Índia (Física)	Dois grupos (estratégias): (a) “Prática tradicional” <i>ilustrativa</i> (b) “guided open-ended” <i>Investigativa</i> (alunos 15-17 anos / N = 92)	<ul style="list-style-type: none"> •(b) significativamente superior ao nível da <i>aquisição, compreensão e aplicação dos conhecimentos substantivos e skills práticos.</i> •Sem diferenças significativas no desenvolvimento de <i>capacidade criativa.</i>
Killermann (1996) Alemanha	Três grupos (métodos / tácticas): (a) <i>prática</i> (b) “demonstração” (c) <i>exposição sem laboratório</i> (grupo controlo) (alunos 5º, 6º e 7º anos / N = 605)	<ul style="list-style-type: none"> •No 5º ano, (a) e (b) revelaram-se ambos significativamente mais eficazes que (c) ao nível dos <i>conhecimentos</i> medidos (N=261). •No 7º ano, (b) revelou-se significativamente mais eficaz que (a) e (c) ao nível dos <i>conhecimentos</i> e em <i>skills de resolução-de-problemas</i> (N=283). •(a) significativamente eficaz no incremento de <i>atitudes positivas em relação às aulas de biologia</i> enquanto em (b) houve uma <i>mudança negativa</i> e em (c) não se registaram alterações (estudo longitudinal 5º-7ºano / N= 61).
Fisher, Henderson, & Fraser (1997) Austrália	Estudo de correlação entre a percepção dos alunos sobre o ambiente de aprendizagem laboratorial (escala SLEI – 5 dimensões) e a sua performance a nível cognitivo, prático e atitudinal. (alunos 11º e 12º ano / N=489)	<ul style="list-style-type: none"> •Todas as dimensões da escala, com excepção do Grau de Abertura das actividades, mostraram-se positivamente relacionadas com as <i>atitudes em relação às aulas</i> e ao <i>trabalho laboratorial.</i> •Apenas a dimensão <i>Integração</i> se mostrou positivamente correlacionada com o nível cognitivo (teste de <i>conhecimentos</i>) e <i>prático</i> (prova prática).
Johnson & Lawson (1998) USA	Dois grupos (estratégias): (a) <i>expositiva / prática ilustrativa</i> (b) <i>Inquérito (ciclo de aprendizagem) / prática nas fases exploratória e de aplicação (investigativa)</i> (Alunos universitários / N=366)	<ul style="list-style-type: none"> •Nas duas estratégias, a capacidade de raciocínio limitou mais que os conhecimentos prévios o desempenho dos alunos em testes de avaliação de <i>conhecimentos</i> de biologia. •A capacidade de raciocínio é um melhor indicador (predictor) daquele desempenho na estratégia (a) do que na estratégia (b). •Ocorreu aumento significativo na <i>capacidade de raciocínio</i> e nos <i>conhecimentos</i> nos alunos sujeitos a (b).

No estudo de revisão de Garrett & Roberts (1982) são referidos, como realizados entre 1900 e 1946, quatro estudos comparativos em Biologia (demonstração vs trabalho

em grupo), todos nos USA. Com as limitações decorrentes das numerosas críticas e fraquezas apontadas pelos autores da revisão a estes estudos iniciais, em apenas uma daquelas investigações o trabalho laboratorial se revelou superior na aprendizagem de conceitos, medida por testes escritos, e apenas no que respeita à retenção desses conceitos algum tempo após a investigação, sendo inferior quando as mesmas aprendizagens foram medidas imediatamente a seguir ao estudo. No Quadro 2.1. incluímos também algumas das investigações analisadas por Garrett & Roberts (1982) no âmbito do estudo a que já nos referimos, agora correspondentes ao período 1960-80¹⁵.

Por forma a podermos comparar mais facilmente os estudos optámos por: (a) usando a terminologia adoptada por Garrett & Roberts (1982) procurámos distinguir nos estudos se se comparam estratégias ou táticas; (b) referimo-nos à tática de trabalho em grupo por “prática”, alterando por vezes, ligeiramente, a designação originalmente atribuída pelos autores, e acrescentámos designações de táticas ou estratégias não incluídas originalmente pelos autores. Sempre que as designações não tenham sido originalmente propostas aparecem no quadro, na coluna do meio, a itálico.

No estudo de Coulter (1966) são comparados três grupos: “prática dedutiva” – os alunos realizam o trabalho prático seguindo um protocolo definido, com vista a ilustrar determinado princípio; “prática indutiva” – os alunos realizam trabalho laboratorial seguindo um plano por eles definidos a partir de um problema sugerido; “demonstração indutiva” – os alunos desenham o plano da experiência e analisam os dados, mas é o professor que realiza a experiência. Segundo Garrett & Roberts (1982) trata-se de duas estratégias distintas: “Indutiva” (com as táticas *prática* e “demonstração”) e “Dedutiva” (com a tática *prática*). Sobre o estudo de Heaney (1971), os mesmos autores fazem a distinção entre as estratégias “Exploratória” e “Expositiva”. Pensamos

¹⁵ Na revisão de Garrett & Roberts (1982) não é referido nenhum estudo em biologia realizado entre 1946 e 1960.

puder supor, pela descrição a que tivemos acesso, que as designações “*prática* tipo receita” e “*prática* expositiva” têm correspondência com a tática designada por “*prática* dedutiva”, acima descrita, pelo que juntámos a todas elas a designação *ilustrativa*.

Ajewole (1991) refere que as atitudes mais favoráveis no grupo experimental (“*prática* por descoberta”) podem ser atribuídas ao seu interesse em trabalhar em situações em que pode interagir com materiais, em vez de situações em que são passivos ouvintes, o que indica que na “estratégia expositiva” não parece ter sido, de facto, utilizado o trabalho laboratorial.

Killermann (1996) conclui que nenhum dos métodos, trabalho prático em grupo (a) e demonstração (b) permite atingir os melhores resultados em todas as variáveis medidas; um mostrou-se mais adequado (pelo menos no 7º ano) na aprendizagem dos conhecimentos, enquanto o outro (a) se mostrou mais eficaz ao nível afectivo. “*Os melhores resultados poderão ser conseguidos com uma mistura de métodos*” (p.338). Nada é referido sobre a estratégia utilizada com a demonstração ou trabalho em grupo, seria a mesma ou diferente? Com os dados que dispomos não podemos deixar de colocar a mesma interrogação em relação ao estudo de Yager et. al (1969).

No estudo de Fisher, Henderson, & Fraser (1997), a percepção dos alunos em relação ao ambiente de aprendizagem foi medida usando uma escala (SLEI- Science Laboratory Environment Inventory) com cinco dimensões: Coesividade dos alunos - suporte e ajuda entre os alunos; Grau de abertura das actividades – grau de participação dos alunos na definição dos vários passos a seguir nas actividades experimentais; Integração – Integração entre actividades e aulas teóricas e as actividades laboratoriais; Regras definidas – existência de regras formais que guiam o comportamento; Material – adequação de materiais e equipamentos. Os autores concluem que os professores de biologia que integram a teoria com o trabalho prático poderão conseguir que os seus

alunos tenham performances mais elevadas a nível de conhecimentos. Em relação aos resultados sobre a correlação da escala Grau de abertura com as aprendizagens medidas, referem que talvez se devam ao facto de os alunos, quando confrontados com a existência de um exame no final do curso, são desfavoráveis a actividades que podem levar por caminhos mais divergentes em relação ao currículo que será avaliado.

Johnson & Lawson (1998) referem que a estratégia expositiva enfatiza os factos e conceitos (o laboratório é usado para ilustrar e verificar os conhecimentos transmitidos pelo professor) e que, por isso, seria de prever que os conhecimentos prévios dos alunos fossem determinantes para o sucesso dos alunos, ao nível da aquisição e compreensão de novos conhecimentos. A estratégia por inquérito enfatiza mais os processos científicos, sendo presumivelmente usados padrões de raciocínio na investigação de fenómenos biológicos, formulação e teste de hipóteses alternativas e construção de significados, o que faria supor que a capacidade de raciocínio dos alunos sujeitos a esta estratégia fosse determinante para o seu desempenho em relação aos novos conhecimentos adquiridos. Os resultados não confirmaram estas hipóteses: a capacidade de raciocínio revelou-se nas duas estratégias, como o factor que mais determina a realização ou desempenho dos alunos em conhecimentos de biologia, mais ainda mais na estratégia expositiva. Os autores consideraram a possibilidade de o desenvolvimento do raciocínio notado nos alunos sujeitos à estratégia por inquérito, ter também levado à sua maior performance na avaliação dos conhecimentos e, assim, reduzido a correlação entre a capacidade de raciocínio inicial e o desempenho final nas provas de conhecimentos.

Estes estudos, considerando aqueles onde é possível comparamos estratégias de tipo exploratório com estratégia de tipo expositivo, parecem indicar que pode haver uma maior eficácia da estratégia de tipo exploratório, com recurso a actividades laboratoriais em grupo, ao nível de skills de resolução-de-problemas, atitudes em relação à biologia,

desenvolvimento das capacidades de raciocínio, skills práticos e também ao nível dos conhecimentos substantivos da ciência.

Parece-nos, julgamos de acordo com White (1996), que os resultados das investigações sobre a aprendizagem do conhecimento conceptual, bem como de outras aprendizagens, com recurso à actividade laboratorial, nos pode levar (e tem levado os investigadores) a tomar uma ou mais das seguintes posturas: 1) mantemos a nossa “fé” quanto ao valor do trabalho laboratorial, isto é pomos em dúvida aqueles resultados, pois talvez (a) o problema possa estar na forma como foram ou são conduzidas as investigações ou (b) na forma como tem sido usado o laboratório; 2) acreditamos nos resultados e pomos em causa a adequação do trabalho laboratorial para algumas aprendizagens. Analisámos já algumas das críticas à investigação. Algumas críticas e sugestões à prática lectiva serão abordadas nas secções 2.4.1.1 e 2.4.2.2, e as posições que colocam em causa a adequação do trabalho laboratorial em relação à aprendizagem dos conhecimentos substantivos da ciência serão abordados na secção 2.4.1.2.

2.4. Aprendizagens no Laboratório e Prática Lectiva

2.4.1. Aprendizagem do Conhecimento Substantivo¹⁶ da Ciência

A aprendizagem dos conhecimentos científicos adquiridos pela biologia é sem dúvida um dos objectivos do ensino desta disciplina, quer sob o ponto de vista de uma educação científica para todos (literacia científica) quer, talvez mais pertinentemente, sob o ponto de vista de uma educação de índole mais vocacional, para os alunos que pretendem seguir carreiras nesta área da ciência .

Atkinson (1990) refere que *“tipicamente os educadores de ciência dão grande importância ao trabalho laboratorial, argumentando que o conhecimento científico não pode ser efectivamente aprendido de livros”* e *“acreditando que o envolvimento pessoal no trabalho prático ajuda os alunos a adquirir melhor o conhecimento científico”* (p.120) em consonância com um antigo provérbio chinês : *“eu ouvi e esqueci-me, eu vi e lembro-me, eu faço e compreendo”* (Hodson, 1992). Até muito recentemente a ideia da importância do trabalho laboratorial na promoção da aprendizagem do conhecimento científico raramente foi questionada (Atkinson, 1990), havendo contudo estudos que indicam que mesmo depois de completarem um exercício prático convencional, muitas crianças não conseguem dizer o que fizeram, porque o fizeram, ou o que encontraram (Tamir, 1976; Moreira,1980 e Hofstein, 1991, citados em Hodson, 1992). Como diz Scaife (1994), actividade não é sinónimo ou garantia de aprendizagem significativa.

Analisaremos nesta secção dois aspectos relacionados com a utilização do trabalho laboratorial com vista à aprendizagem dos conceitos substantivos. Começaremos por

¹⁶ O conjunto dos conhecimentos relacionados com os factos, leis, teorias e princípios da ciência (conceitos substantivos da ciência). Também referido como conhecimento declarativo ou, talvez mais vulgarmente, por teoria ou conteúdos. A expressão *Compreensão Conceptual*, usada neste trabalho, refere-se à compreensão dos conceitos substantivos da ciência.

referir algumas das críticas e sugestões que têm sido feitas à prática lectiva e terminaremos afluindo a opinião de alguns autores que põem em causa a adequação do trabalho laboratorial como meio eficaz para aquela aprendizagem.

2.4.1.1. Críticas e sugestões à prática lectiva

As críticas e sugestões fundamentam-se ao nível das teorias de aprendizagem, e da sua aplicação no ensino das ciências, bem como na epistemologia.

Johnstone e Wham (1982, citados em Clackson & Wright, 1992; Woolnough & Allsop, 1985; Hodson, 1994; Tamir, 1991) consideram que em muitas das aulas práticas laboratoriais os alunos estão envolvidos simultaneamente em muitas tarefas, são sobrecarregados com informação e é exigido que apliquem simultaneamente diversas competências e conhecimentos. Como postulado por Miller, a capacidade da memória de trabalho (*working memory, short-term memory*)¹⁷ – capacidade das pessoas para reter com sucesso informações isoladas ou não relacionadas num certo momento - é limitada, indicando como máximo desses itens de informação o número 7 ± 2 (Woolnough & Allsop, 1985). Na situação descrita de sobrecarga simultânea de informação, pode pois resultar uma sobrecarga da memória, o que introduz muitas *interferências*, muito *ruído*, que impede que os alunos se apercebam dos aspectos essenciais e que incorporem a informação numa aprendizagem verdadeiramente significativa (Clackson & Wright, 1992; Woolnough & Allsop, 1985; Hodson, 1994). Sujeitos àquela situação, os alunos valem-se de expedientes diversos como: seguir simplesmente as instruções, como se trata-se de uma “receita” (Clackson & Wright, 1992; Hodson, 1994); concentrar-se num único aspecto; copiar o que os outros estão a fazer; converter-se em ajudante de um grupo organizado (Hodson, 1994). A solução passa por reduzir a informação

desnecessária, recorrendo a instruções, técnicas e dispositivos mais simples e adequados (Clackson & Wright, 1992; Hodson, 1994), como por exemplo recorrer ao uso de computadores para converter os “dados brutos” em “resultados finais”, reduzindo assim as “interferências matemáticas” (Hodson, 1994, p. 3).

Outra crítica a muitas das actividades realizadas nas escolas, é descuidar a preparação teórica que os alunos deverão possuir antes de as iniciar, o que justificará o facto de muitos alunos não adquirirem nenhum ganho na compreensão dessas experiências e na relação destas com os conceitos que se pretende que adquiram e compreendam através delas (Woolnough & Allsop, 1985; Hodson, 1992). Esta crítica tem fundamentação epistemológica e no modelo construtivista da aprendizagem – critica-se o indutivismo subjacente e o facto de não se terem em conta as concepções que os alunos já possuem (conhecidas por pré-concepções; concepções alternativas, concepções “erradas”, concepções dos alunos,...)¹⁸ (Woolnough & Allsop, 1985; Hodson, 1992; Hodson, 1994).

Quando os alunos realizam experiências sem o correspondente suporte teórico¹⁹, supõe-se que, ao recolherem dados das suas experiências, darão assim um sentido a toda a informação e ganharão uma compreensão do que aconteceu (Woolnough & Allsop, 1985). Na perspectiva construtivista ou hipotético-dedutiva da filosofia da ciência, “*as teorias não são relacionadas por indução com os dados sensoriais, mas são construções da mente humana cuja ligação com o mundo da experiência advém através dos processos pelos quais elas são testadas e avaliadas*”, isto é, as observações “*não são objectivas mas influenciadas pela perspectiva teórica do observador*” (Driver,

¹⁷ Driver (1983) refere que uma das interpretações da teoria dos estádios de desenvolvimento cognitivo de Piaget aceita os estádios de desenvolvimento operativo ao longo da idade, mas que um dos factores limitantes é a capacidade da “memória de trabalho”.

¹⁸ Julgamos que estas críticas se aplicam tanto às práticas “tipo receita” tão frequentemente usadas como suporte da aprendizagem conceptual no modelo de transmissão-recepção de conhecimento, quanto às práticas mais abertas que caracterizaram o modelo de aprendizagem por descoberta, umas e outras enraizadas e enquadradas numa perspectiva indutivista da ciência e sem terem em conta as concepções que os alunos já possuem e transportam para a sala de aula

¹⁹ Situação mais evidente na aprendizagem por descoberta ou nas propostas metodológicas com ênfase nos processos.

1983, pp. 4 e 5), as teorias não só determinam *como* o cientista observa mas também *o que* observa (Kirschner, 1992).

Uma implicação desta perspectiva é que os alunos necessitam de um suporte teórico que dê sentido ao que observam, as observações que fazem não são neutras, eventos objectivos, e “*as coisas para que olham, as percepções do que vêm são determinadas pela estrutura cognitiva que trazem para a observação*” (Woolnough & Allsop, 1985, p.36). Sem esse suporte, os alunos terão dificuldade em dar sentido ao que observam, “*não saberão para onde olhar, ou como olhar, (...) ou como interpretar o que vêm*” (Hodson, 1992, p. 306; Hodson, 1994, p. 67).

Segundo Driver (1983), Woolnough & Allsop (1985) e Hodson (1992, 1994), a situação pode ser mais complexa: o problema não é a ausência de estrutura conceptual apropriada, mas a existência de concepções alternativas, desenvolvidas na sua experiência pessoal, que vão influenciar a forma como vêm e incorporam o que observam no laboratório. Para Hodson (1992, 1994) deverá ser dedicado mais tempo à *teorização prévia* e à *exploração das ideias existentes*, com a participação dos alunos, como precursores necessários do trabalho laboratorial. Em vez de usar o laboratório como meio para obter informação factual / dados, deve antes ser usado para explorar e desenvolver a compreensão conceptual, em vez de o usarmos para tornar abstracto o concreto, deve ser usado como oportunidade para ilustrar e representar abstracções prévias e encontrar razões para mudar os pontos de vista dos alunos (Hodson, 1992). Sugere, como actividade, as tarefas de *predizer-observar-explicar* (os alunos fazem por escrito uma previsão do que esperam que ocorra em determinadas situações, durante a demonstração apontam o que observam e discute-se as possíveis discrepâncias entre o observado e as suas previsões) e sugere, também, actividades que permitam um maior grau de envolvimento do aluno no desenho das experiências, actividades mais abertas.

Também Tamir (1991) refere, citando Driver e Bell (1985), que o laboratório oferece oportunidades únicas que conduzem a identificação, diagnóstico e remediação das “concepções erradas” dos alunos, e, citando Lawson, Abraham & Renner (1989) que as experiências práticas são especialmente efectivas na indução da mudança conceptual, incorporados numa estratégia exploratória, de natureza mais aberta, designada por ciclo de aprendizagem.

McDermott (1982, citado em Boud, Dunn & Hegarty-Hazel, 1986) realizou uma investigação com alunos universitários, que permite pensar no trabalho laboratorial como forma para detectar a compreensão que os alunos possuem dos conceitos científicos e de confrontar as suas “concepções erradas”. Alunos fracos sujeitos a um curso centrado no laboratório, com orientação por inquérito, destinado a promover a formação de conceitos sobre cinemática e a confrontar concepções erradas e confusões entre conceitos, obtiveram uma performance, medida através de entrevista estruturada, comparável à obtida por um grupo de bons alunos de física e engenharia sujeitos a um curso por exposição.

Wesbrook & Rogers (1996) sugerem e testaram uma estratégia que parece facilitar a mudança conceptual. Alunos de idade média de 15 anos e 4 meses, foram sujeitos a uma aprendizagem em física, sobre conceitos relacionados com flutuação, com recurso a investigações (desenhadas e conduzidas pelos próprios alunos e em que testaram hipóteses que eles mesmo colocaram) usando o método do ciclo de aprendizagem. O objectivo principal do estudo era examinar o papel que a participação dos alunos na elaboração e teste de hipóteses tem na mudança conceptual. As informações sobre a compreensão que os alunos possuíam das relações entre os conceitos foram obtidas também através da elaboração de mapas de conceitos, sendo esses elementos recolhidos após uma discussão que precedeu a actividade laboratorial e também após uma discussão

que se seguiu à actividade laboratorial. Os autores não encontraram correlação entre os resultados obtidos e o raciocínio lógico, a competência no uso de skills integrados de processo da ciência e o sexo, tendo concluído que o uso do laboratório, segundo a estratégia descrita, pode levar a mudanças nas estruturas conceptuais e ser usado para encorajar os estudantes a analisar e mudar as suas crenças sobre os conceitos científicos.

Como veremos (secção 2.4.2) a utilização do Vê de Gowin parece ser uma técnica que associada ao trabalho laboratorial, pode permitir que os alunos interliguem a teoria com a prática.

2.4.1.2. Será o trabalho laboratorial adequado?

Como vimos, podemos interpretar os resultados empíricos sobre a eficácia do laboratório de uma outra forma: talvez o laboratório não seja adequado para o ensino de certas aprendizagens. A ideia de que se justifica utilizar o trabalho laboratorial principalmente como meio para a aquisição, ilustração, confirmação ou descoberta da “estrutura substantiva” (conhecimento declarativo, conhecimento científico) da ciência é posta em causa por alguns autores. Analisaremos agora algumas destas ideias.

Ausubel (1968, citado em Tamir, 1991 e Kirschner, 1992) refere que a primeira responsabilidade na transmissão do conteúdo deve ser delegada no professor e manual, enquanto a primeira responsabilidade na transmissão do método da ciência deve ser delegada no laboratório. Para Ausubel, a aprendizagem por descoberta, com recurso ao laboratório, não só é afinal uma *redescoberta* de proposições conhecidas como não é sinónima de uma *aprendizagem significativa*²⁰ (Kirschner, 1992) em que os novos conceitos são incorporados aos conhecimentos que o aluno já possui.

²⁰ A Aprendizagem significativa / mecânica e a Aprendizagem por descoberta / recepção, constituem dois contínuos distintos, isto é, a aprendizagem significativa e a mecânica podem se feitas por recepção ou descoberta (Kirschner, 1992).

Woolnough & Allsop (1985), com base nas evidências da investigação e na análise crítica da utilização do trabalho laboratorial nas escolas (algumas das quais mencionadas na secção anterior), referem que a subserviência da prática à teoria, da utilização do trabalho laboratorial (prática) como suporte do ensino dos conceitos e conhecimentos científicos (teoria) pode ter um efeito prejudicial quer na qualidade das práticas realizadas quer na compreensão da teoria que se pretende os alunos alcancem. Mencionando as *interferências*²¹ que causam a sobrecarga da memória de trabalho na situação de muitas aulas práticas dizem:

Não tenhamos medo de ensinar a teoria básica de forma clara através da demonstração e discussão, utilizando as experiências prévias que o estudante tenha adquirido do conceito. (p. 38)

Referindo-se a Shayer & Adey (1981, também citados em Hodson, 1992) , que, tendo em conta os estádios de desenvolvimento cognitivo de Piaget²², mostraram que para mesmo para muitas das crianças que ainda não atingiram o estágio das operações formais a experiência concreta pode não ajudar a adquirir e compreender os conceitos teóricos abstractos, Woolnough & Allsop (1985) argumentam, por outro lado, que aquelas crianças que já atingiram o estágio das operações formais não necessitam das experiências concretas práticas. Uma vez que os conceitos e as teorias são abstractos eles devem ser considerados e manejados em abstracto. Assim, referem que “*nós enganamo-nos e restringimos o raciocínio dos estudantes quando damos a aparência de relacionar tudo com uma experiência laboratorial*”²³ e, propondo o ensino dos conceitos abstractos no estágio formal do desenvolvimento cognitivo, “*removamos*

²¹ Veja-se o descrito na secção 2.4.1.1.

²² “A significância destes estádios cognitivos de desenvolvimento para os professores de ciência, é que algumas formas de aprendizagens não podem ser conseguidas até a criança atingir o estágio das operações formais”, estágio associado ao “uso de modelos hipotéticos com o propósito de explicar coisas” (Driver, 1983; Scaife, 1994).

conscientemente as ideias formais e abstractas da ciência da sua base prática, por forma a aprender como utilizá-las de forma amadurecida” (p. 39). Uma outra transcrição ajuda-nos a perceber a posição destes autores:

Devemos parar de usar as práticas como uma estratégia subserviente para ensinar conceitos e conhecimentos científicos. Há razões próprias e suficientes para a utilização do trabalho laboratorial em ciência, e nem estas, nem os objectivos relacionados com o ensino e compreensão do conhecimento científico, são bem servidos pela contínua ligação do trabalho laboratorial ao conteúdo do ensino das ciências. (Woolnough & Allsop, 1985, p. 39)

Os objectivos propostos por estes autores para a realização de trabalho laboratorial, bem como os tipos de trabalho laboratorial adequados, na sua perspectiva, a esses objectivos, são apresentados na secção 2.5. É de notar que estes autores consideram que a separação entre a teoria e a prática deve ser considerada como um ponto de partida para que se possa perceber a razão de ser própria e o *modus operandi* de cada um dos aspectos, pois existe uma importante interacção entre as experiências obtidas pelo aluno através do trabalho laboratorial e a compreensão teórica obtida dos conceitos subjacentes. Podemos resumir como estes autores vêm essa interacção recorrendo a uma outra transcrição:

(...) esta linha de interacção prática-teoria é um processo de sucessivamente utilizar vários conhecimentos (“Insights”)²⁴ parcialmente formados e obtidos de experiências passadas (no laboratório ou fora da escola), articulá-los e clarificá-los através de discussões e aplicações, e depois utilizá-los de novo em posteriores experiências e investigações práticas para os personalizar e usá-los como conhecimentos mais amadurecidos (Woolnough & Allsop, 1985, p. 74).

²³ Hodson (1992), a este propósito diz: “muitos conceitos em ciência não têm nenhum aspecto observável – excepto indirectamente – e portanto não podem ser manipulados no laboratório” (p. 68).

²⁴ “Fragmentos” cognitivos sobre determinado fenómeno ou conceito que não formam uma imagem consistente ou estrutura completa, obtidos de experiências vividas pelos alunos e que são transportados para a sala de aula (Woolnough & Allsop, 1985).

Kirschner (1992) tem uma posição semelhante, ainda que propondo outros tipo de estratégias que se ajustam aos três “mais válidos motivos” que consideram justificar a utilização do trabalho prático (não necessariamente laboratorial):

As práticas são uma parte essencial do curriculum de ciências. Isto é um truísmo que não pode ser discutido. O que pode ser discutido são os motivos para a sua utilização. Como veículos para o ensino/aprendizagem da estrutura substantiva do domínio científico, eles não são muito úteis, (...). Por outro lado, as práticas são o veículo próprio para o ensino-aprendizagem da estrutura sintáctica do domínio científico. (Kirschner, 1992, p. 295)

2.4.2. Aprendizagem do Conhecimento Sintáctico²⁵ da Ciência

Se aceitamos a importância da aprendizagem dos aspectos relacionados com a metodologia científica no ensino das ciências, isso deverá implicar não só a sua inclusão como objectivo geral ou finalidade mais ou menos explícita nos curricula mas também o uso de planificações, mensagens, estratégias e actividades que visem explicitamente, e não apenas implicitamente, o seu ensino e aprendizagem (Hodson, 1994) e também a sua avaliação. Assim, a par do ensino-aprendizagem dos conteúdos conceptuais da ciência, fala-se também em explicitar o de outros conteúdos, os conteúdos processuais, a par de um conhecimento conceptual ou substantivo da ciência, fala-se também de um conhecimento processual ou sintáctico da ciência (Gott & Duggan, 1995, 1996; De Pro Bueno, 1998).

Apesar dos resultados pouco animadores ou inconcludentes sobre a efectividade do trabalho laboratorial na aprendizagem dos *processos da ciência* é amplamente

²⁵ O conjunto dos conhecimentos e competências (*skills* manipulativos e técnicos, conceitos e *skills* relacionadas com o processo de inquérito científico e processos cognitivos mais gerais) associados à forma como é construído o conhecimento substantivo da ciência.

reconhecido (Millar, 1991; Kirschner, 1992; Woolnough & Allsop, 1985; Boud, Dunn, & Hegarty-Hazel, 1986) que o trabalho laboratorial (ou algumas estratégias ou tipos de trabalho laboratorial) é um meio adequado, ou o único (para alguns processos), para possibilitar essa aprendizagem.

O nosso objectivo nesta secção é analisar, à semelhança do que fizemos para a aprendizagem dos conteúdos conceptuais, a relação entre aprendizagem dos processos da ciência e a utilização do trabalho laboratorial. Antes, porém, consideramos importante clarificar, sinteticamente, o que são e quais são os *processos da ciência* que devemos, ou podemos, ensinar.

2.4.2.1. *Processos da ciência / conteúdos processuais - quais ?*

Na aprendizagem do conhecimento processual pretende-se que o aluno adquira e desenvolva determinadas capacidades ou competências de natureza diversa, cognitivas, manipulativas e técnicas (Coelho da Silva & Leite, 1998). Neste sentido mais global, os *processos da ciência* incluem competências de natureza motora ou psicomotora associadas à manipulação e utilização de instrumentos e aparelhos laboratoriais e à execução de determinadas técnicas laboratoriais, e incluem competências de natureza mais cognitiva, tais como o planeamento de experiências devidamente controladas, a interpretação de resultados, a observação, a colocação de hipóteses. Nas propostas ou modelos do ensino das ciências com ênfase nos processos (“process and skills movement”), os designados *processos da ciência* têm um sentido mais restrito, referindo-se apenas aos *processos cognitivos* (tais como, observação, classificação, inferência) (Gott & Duggan, 1995).

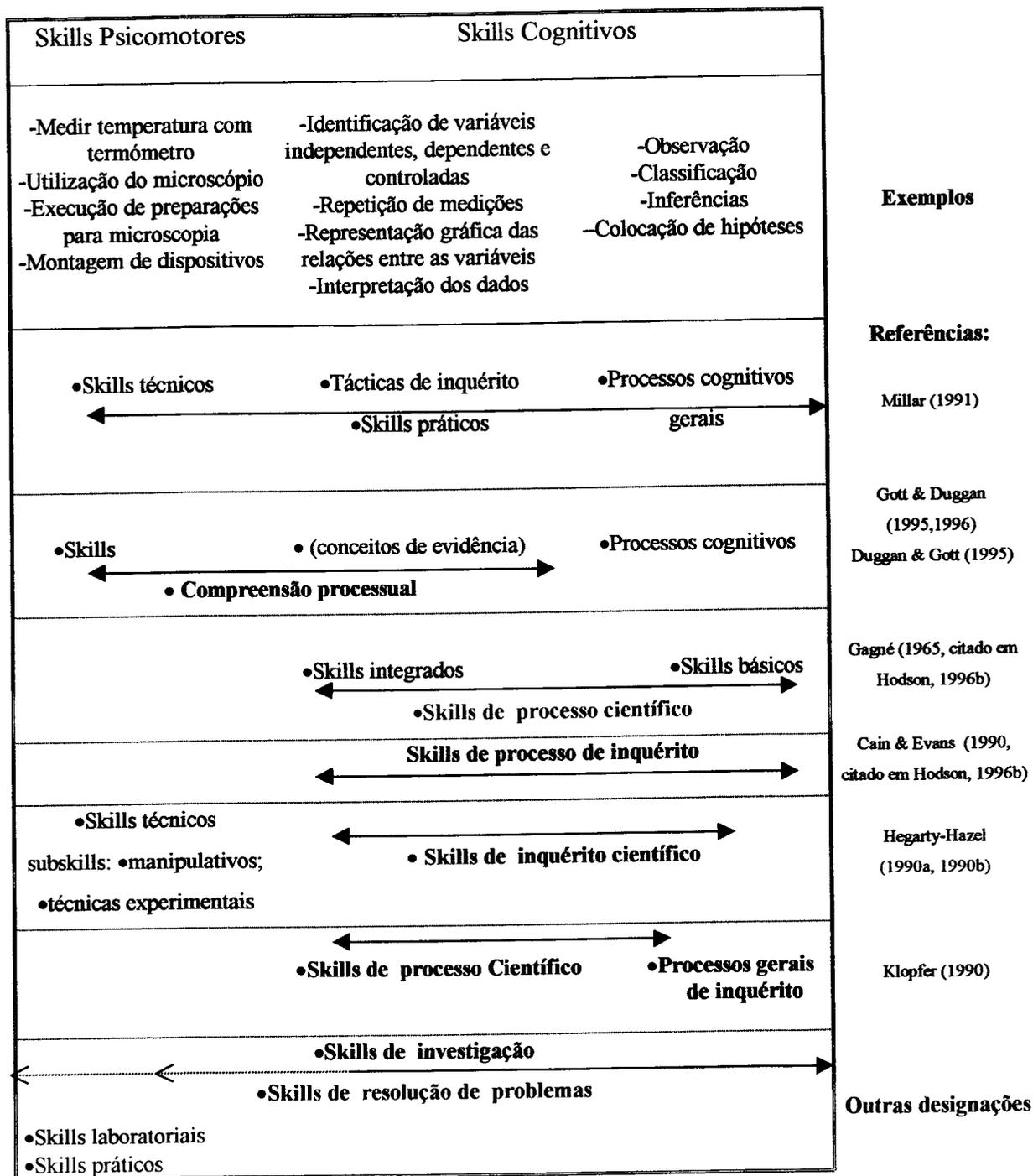


Figura 2.1 - Os Skills associados ao conhecimento processual

Um termo muito usado na literatura em referência a essas capacidades, competências ou destrezas é o termo “skills” (competências). Na literatura consultada, as classificações e designações, gerais ou mesmo mais específicas, atribuídas a muitos

-se à compreensão e aplicação destes elementos.

desses skills, por vezes em referência aos mesmos, não é coincidente, como podemos ver na Figura 2.1, onde procuramos, em síntese, comparar e organizar alguns dos *rótulos* ou designações utilizadas. Os skills mais específicos de que são dados exemplos para cada coluna da Figura 2.1, não são, sempre, skills que estejam incluídos em todas as categorias mais gerais apresentadas abaixo na mesma coluna. Brotherton & Preece (1996), por exemplo, utilizam uma classificação em que a *formulação de hipóteses* é incluída na categoria mais geral de *Skills integrados*, enquanto o *registo e apresentação dos dados* são incluídos nos *Skills básicos*.

De Pro Bueno (1998) apresenta e analisa diversas classificações, de vários autores, do que designa por *conteúdos processuais*. Essas classificações, procurando clarificar o significado e características dos *processos*, e apesar de apresentarem muitos aspectos semelhantes, não são contudo, e obviamente, iguais, “já que os modelos didáticos, educativos e ideológicos dos autores são diferentes” (p. 23).

A ideia dos processos como *conteúdo* é também sugerida por Duggan & Gott (1995), Gott & Duggan (1995, 1996). A título de exemplo, e por forma a ajudar a esclarecer quais os conteúdos processuais que são sugeridos para serem ensinados²⁶, apresentamos no QUADRO 2.2 a classificação proposta por De Pro Bueno (1998) e uma outra que pensamos poder deduzir das ideias de Duggan & Gott (1995) e Gott & Duggan (1995, 1996). As classificações, como realçado por De Pro Bueno (1998), não são exaustivas, e os diversos conteúdos ou fases não são desligados uns dos outros e não representam uma hierarquia temporal ou de dificuldade, servindo sim como instrumento ou “ferramenta que facilita a análise e a reflexão sobre quais os conteúdos que estamos realmente a ensinar nas nossas propostas didáticas” (p. 26).

²⁶ Esta escolha prendeu-se com dois propósitos: servir para comprovarmos ou constatar diferenças no que respeita a classificações destes processos; servir, como instrumento para enquadrar, nos processos classificados, os aspectos ou conteúdos processuais que pensamos ter avaliado na nossa investigação.

QUADRO 2.2 - Duas classificações de conteúdos processuais

De Pro Bueno (1998)	Duggan & Gott (1995), Gott & Duggan (1995, 1996)
<p>Habilidades (Competências) de Investigação</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Identificação de problemas:</i> (...) identificação de variáveis; (...) colocação de questões - <i>Predições e Hipóteses:</i> (...) – dedução de predições a partir de experiências, resultados...; emissão de hipóteses a partir de um marco teórico - <i>Relações entre variáveis:</i> identificação de variáveis (dependente, independente,...); estabelecimento de relações entre variáveis; estabelecimento de processos de controlo e exclusão de variáveis - <i>Desenho de experiências</i> - <i>Observação:</i> (...) registo qualitativo dos dados; (...) - <i>Medição:</i> registo quantitativo de dados; selecção de instrumentos de medida adequados; (...) - <i>Classificação e seriação:</i> utilização de critérios de classificação; Desenho e aplicação de chaves; (...) - <i>Técnicas de investigação:</i> (...) utilização de estratégias básicas de resolução de problemas - <i>Transformação e interpretação de dados:</i> organização de dados (quadros, tabelas,...); representação de dados (gráficos), extrapolação de dados;(...) - <i>Análise de dados:</i> (...) identificação de possíveis fontes de erro - <i>Utilização de modelos:</i> uso de modelos analógicos ou à escala; uso de fórmulas químicas de modelos matemáticos e teóricos 	<p>Conceitos de “evidência”</p> <p>Associados com o desenho:</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Identificação de variáveis:</i> compreender a ideia de variável e identificar a(s) variável(eis) relevantes como independente(s) ou dependente(s) - <i>Controlo de variáveis (“fair test”):</i> compreender a sua estrutura e importância que tem em relação à validade dos resultados - <i>Tamanho da amostra:</i> compreender a significância de um tamanho apropriado da amostra, tendo em consideração, p.ex., a variabilidade biológica - <i>Tipos de variáveis:</i> Compreender a distinção entre variáveis categóricas, discretas, contínuas e derivadas e como se relacionam a diferentes tipos de gráficos <p>Associados com a medição:</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Escala relativa:</i> compreender a necessidade de escolher valores sensíveis para as quantidades para que as medições resultantes da variável dependentes tenham significado - <i>Amplitude e intervalos:</i> compreender a necessidade de seleccionar uma adequada amplitude e número de medições para as variáveis de modo a obter-se um “padrão” completo da relação entre essas variáveis - <i>Escolha do instrumento:</i> relacionar a escolha com a escala, amplitude, intervalos e precisão requeridos - <i>Repetições:</i> considerar a necessidade de repetir as medições para obtenção de dados seguros, fiáveis - <i>Precisão:</i> compreender o grau apropriado de precisão requerido para obter dados fiáveis. <p>Associados com o tratamento dos dados:</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Tabelas:</i> compreender que as tabelas são mais do que meios de apresentar dados depois de recolhidos, podem ser usadas como forma de organizar o desenho e subsequente recolha de dados e analisar previamente toda a experiência - <i>Tipos de gráfico:</i> compreender que há uma relação entre as representações gráficas e o tipo de variável utilizadas

QUADRO 2.2 (continuação) - Duas classificações de conteúdos processuais

De Pro Bueno (1998)	Duggan & Gott (1995), Gott & Duggan (1995, 1996)
<ul style="list-style-type: none"> - <i>Elaboração de conclusões</i>: inferências a partir dos dados ou do processo; estabelecimento de conclusões ou generalizações; juízo crítico dos resultados e do processo de obtenção <p>Destrezas manuais</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Manejamento de materiais e realização de montagens</i>: (...)respeitando regras de segurança - <i>Construção de “aparatus”, máquinas, simulações</i> <p>Comunicação</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Análise de material escrito ou audiovisual</i> - <i>Utilização de diversas fontes</i>: busca de dados e informações em diversas fontes; identificação de ideias comuns, diferentes ou complementares - <i>Elaboração de materiais</i>: para apresentação dos resultados das experiências 	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Padrões</i>: compreender que os padrões representam o comportamento das variáveis e que este pode ser visto em tabelas e gráficos <p>Associados com a avaliação de toda a tarefa:</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Fidelidade(Confiança)</i>: compreender as implicações da estratégia de medição para a fidelidade dos resultados obtidos –podemos acreditar nos resultados? - <i>Validade</i>: compreender as implicações de todo o desenho para a validade dos resultados – foi dada resposta ao problema? <p>Skills</p> <ul style="list-style-type: none"> - Construção de gráficos e tabelas - Destrezas manuais e técnicas: uso de instrumentos de medição, utilização do microscópio

Nota: A azul os conteúdos objecto de avaliação na investigação que realizámos

De Pro Bueno (1998) num artigo intitulado “ *Se pueden enseñar contenidos procedimentales en las clases de ciencias?*”, onde apresenta as referidas classificações de conteúdos processuais bem como aquela que ele próprio propõe e que apresentamos no QUADRO 2.2, refere-se à existência de níveis de complexidade desses conteúdos e apresenta sugestões desses níveis de complexidade e possíveis sequências de actividade a realizar para o ensino dos conteúdos *apresentação de dados e controlo de variáveis*. O autor refere que esta “atomização” dos processos pode ser útil no ensino mas faz esquecer a relação entre os processos (a possibilidade da sua articulação apropriada

quando requerido aos alunos que o façam ?), relação que seria conseguida com uma aprendizagem mais “holística” dos mesmos. O artigo termina com uma resposta à pergunta que constitui o título: “ *claro que sim* (é possível ensinar conteúdos processuais), *mas resulta mais complexo do que alguns dão a entender*” (p. 37).

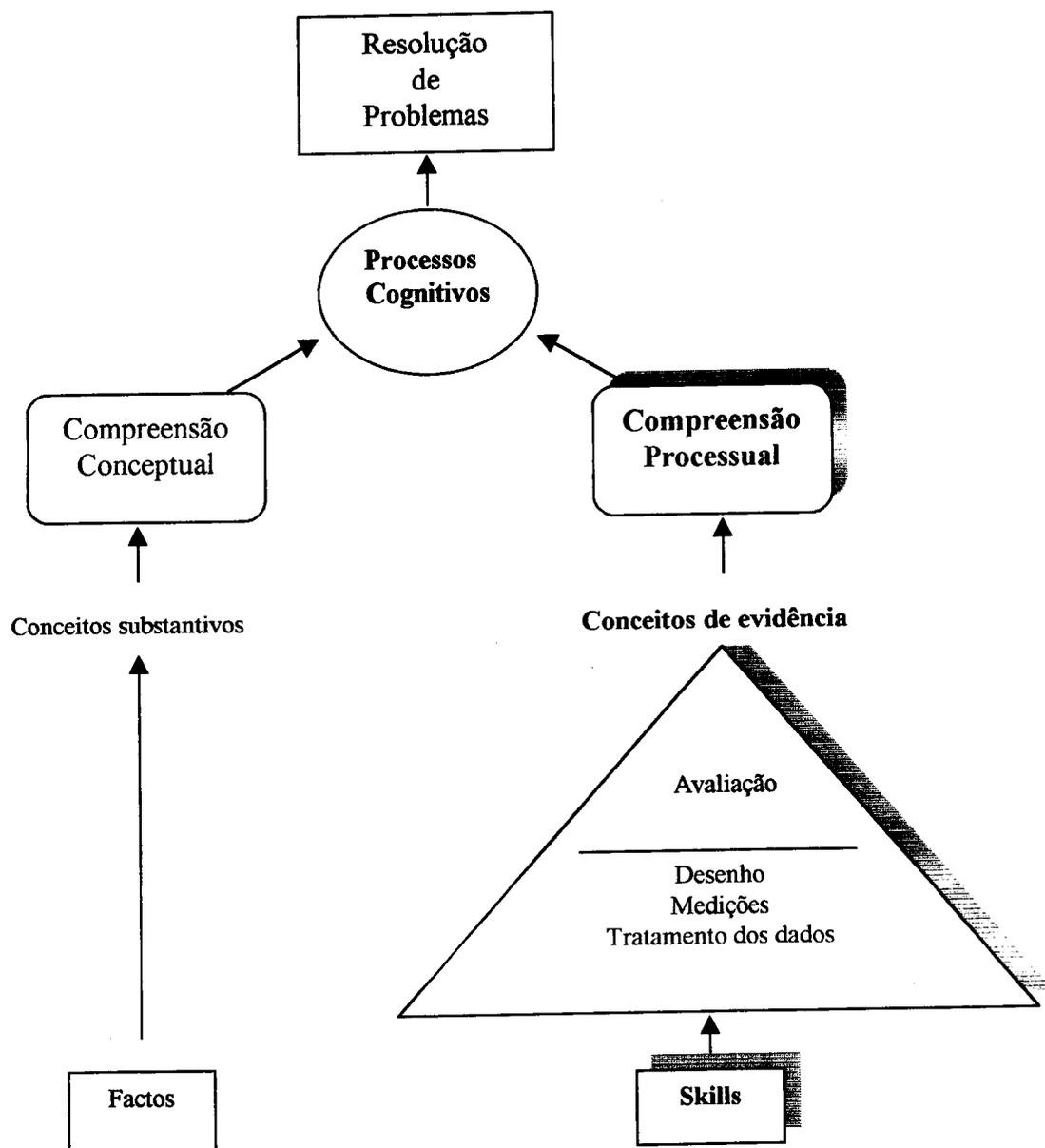


Figura 2.2 - Um modelo para a educação em ciência (a sombreado os aspectos relacionados com a compreensão processual; a negro os aspectos cuja distinção se pretende fazer no texto) (adaptado de Gott & Duggan, 1995 e Duggan & Gott, 1995)

Duggan & Gott (1995) / Gott & Duggan (1995, 1996) propõem um modelo para a educação em ciências (Figura 2.2) que nos ajuda a perceber onde enquadram a ideia dos *processos como conteúdo* no ensino das ciências. A *Compreensão Processual* é a compreensão requerida para utilizar e aplicar conjuntamente os *skills* e *conceitos de evidência* (ver Figura 2.1), que os alunos possuem, na resolução de um problema. A solução deste problema requer também o recurso à *Compreensão Conceptual* (compreensão das ideias da ciência, as quais são baseadas em factos, leis ou princípios e designadas por *conceitos substantivos* ou *declarativos*) no contexto e a outros processos mais gerais de natureza cognitiva (“*processos cognitivos*” - observação, classificação, inferências, colocação de hipóteses, interpretação,...) que são dependentes da estrutura conceptual existente, dos modelos teóricos aceites, e da estrutura processual existente. Esses processos cognitivos envolvem a interacção²⁷ entre a *Compreensão Processual* e a *Compreensão Conceptual*, “*são os meios para obter ou processar a informação com vista à solução do problema*” (Gott & Duggan, 1995, p. 27).

Gott & Duggan (1995, 1996) sugerem uma aplicação da taxonomia de Bloom à *Compreensão Processual* à semelhança da sua utilização mais frequente em relação à *Compreensão Conceptual*. Essa taxonomia processual (QUADRO 2.3) é baseada nos *skills* e *conceitos de evidência*, elementos que consideram complementares respectivamente dos *factos* e *conceitos substantivos* em que se baseia a taxonomia conceptual, acentuando assim a ideia de que aqueles aspectos processuais constituem “conteúdos” que podem ter tratamento diferenciado, tal como os conteúdos substantivos.

Na secção 2.5 apresentamos uma classificação dos trabalhos laboratoriais proposta por estes autores onde sugerem a adequação de cada tipo de trabalho à aprendizagem da

²⁷ A *Compreensão Conceptual* e a *Compreensão Processual* não são totalmente independentes uma da outra, a distinção entre elas

Compreensão Conceptual e Processual, em vários níveis cognitivos da taxonomia de Bloom (veja-se QUADROS 2.7 e 2.8).

QUADRO 2.3 - Taxonomia de Bloom aplicada à Compreensão Conceptual e Compreensão Processual (segundo Gott & Duggan, 1995, 1996)

Níveis cognitivos	Taxonomia conceptual	Taxonomia processual
Conhecimento e evocação...	...de factos	...de skills
Compreensão...		...de conceitos de
Aplicação (em novas situações)...	...de conceitos	evidência
Síntese (na resolução de problemas)...		...de skills e conceitos de evidência

Com base na leitura que fizemos das ideias de Duggan & Gott (1995), Gott & Duggan (1995, 1996), não representámos no QUADRO 2.2, na classificação destes autores, os *processos cognitivos* como *conteúdos processuais*. Julgamos poder relacionar esta opção com um modelo proposto por Millar (1991). Este autor diferencia nas designadas competências práticas (“practical skills”) três categorias (*processos cognitivos gerais*; *técnicas práticas* e *táticas de inquérito*) que consideramos coincidentes, no essencial, respectivamente com os *processos cognitivos*, “*skills*” e *conceitos de evidência*, propostos por Duggan e Gott, e defende que os *processos cognitivos gerais* não necessitam nem podem ser ensinados ou desenvolvidos. Não necessitam ser ensinados no sentido em que se trata de *skills* cognitivos gerais que todos usamos rotineiramente com ou sem instrução formal, não podem ser ensinados no sentido em que não são transferíveis a outras situações, escolares ou não, pois trata-se de processos dependentes do contexto teórico. Aprender a observar num certo contexto

(observação de células por exemplo) não é garantia de que o aluno seja melhor observador num contexto completamente diferente. Assim não se pode ensinar a *observar* ou *classificar per se*, no ensino da ciência apenas se poderá ensinar ou desenvolver a *observação científica* (mesmo aqui podemos ter contextos teóricos diferentes), a *classificação científica* (apreciar e compreender a *classificações usadas pelos cientistas* (Millar, 1991) ou a formular *hipóteses científicas* num determinado contexto (Hodson, 1996b; Barberá & Valdés, 1996; Millar, 1991, Woolnough, 1994).

Não está no âmbito deste estudo a relação entre a aprendizagem de *skills motores ou técnicos laboratoriais* e a utilização do laboratório, interessa-nos considerar e desenvolver essa relação mas no que se refere aos outros aspectos relacionados com os processos da ciência, atrás referidos por “conceitos de evidência” e “processos cognitivos gerais” ou, mais genericamente, as competências na utilização dos “processos *estratégicos* da ciência” (Hodson, 1992). No entanto, parece-nos pertinente referir aqui as críticas feitas por Hodson (1990, 1994) aos dois argumentos que considera usados a favor da utilização do trabalho laboratorial como meio de desenvolver *skills (laboratoriais)*: por um lado não vê como a aquisição de muitas dessas competências, tidas com generalizáveis e livres de conteúdo, podem, como se crê, serem transferíveis a outras áreas de estudo ou contextos quotidianos, crítica também apresentada em relação aos processos cognitivos gerais, como se viu; por outro lado considera que é eticamente duvidoso e excessivamente ambicioso que se pretenda desenvolver aquelas destrezas e técnicas de investigação básicas, consideradas essenciais para futuros cientistas e técnicos, pois subentende-se que a educação de todas as crianças está subordinada às necessidades dos poucos que seguirão carreiras na área das ciências e exige que os professores façam previsões sobre o desenvolvimento tecnológico e as exigências das indústrias empregadoras no futuro. Aceitando em parte o segundo

argumento, considera no entanto que a aquisição de certos *skills* não deve ser vista como um fim em si mesmo do trabalho laboratorial, mas como um meio para aprendizagens futuras na realização com êxito de outras actividades laboratoriais e práticas, devendo ser seleccionadas e desenvolvidas com níveis de competência satisfatórios apenas as julgadas úteis no ensino posterior (Hodson, 1990, 1994), sugerindo pois que devemos ser mais críticos em relação aos *skills* que se ensinam.

Brotherton & Preece (1996) referem que um dos assuntos chave na educação em ciências diz respeito à relação entre o desenvolvimento cognitivo e a aquisição de *skills de processo* da ciência. Podemos pensar nessa relação no que respeita aos limites impostos pelo desenvolvimento cognitivo na aquisição de determinados *skills de processo* ou, de outra maneira, de que forma o ensino dos processos da ciência podem promover o desenvolvimento cognitivo.

Os resultados das pesquisas educacionais sobre a segunda relação são contraditórios (Brotherton & Preece, 1996). Num estudo que realizaram, estes autores procuraram verificar, em alunos do 7º, 8º e 9º anos, o efeito de uma estratégia de ensino das ciências com ênfase nos *skills de processo* (básicos e integrados – ver Figura 2.1) sobre a aquisição desses *skills* e na promoção do desenvolvimento cognitivo, usando um grupo experimental e um de controlo. Apesar de o artigo conter uma descrição que julgamos suficiente no que respeita à estratégia a que foi sujeito o grupo experimental (ênfase em todas as aulas nos referidos *skills* e seu uso no contexto de trabalhos práticos investigativos), é praticamente omissa no que respeita à estratégia usada no grupo de controlo. Contudo, apesar desta limitação em termos de comparação de estratégias, os autores obtiveram resultados que julgamos pertinentes referir: não encontram diferenças significativas entre os grupos no que respeita à aquisição de *skills básicos*; a intervenção mostrou ser significativamente efectiva na aquisição dos *skills integrados*,

fundamentalmente, tendo em conta os dois instrumentos utilizados e os momentos da sua aplicação, nos alunos do sexo masculino do 8º ano, apesar de noutros subgrupos (9º ano e 7º feminino) também se mostrar efectiva de acordo com os resultados de um dos instrumentos; as medidas do desenvolvimento cognitivo apenas permitiram encontrar diferenças no mesmo subgrupo, alunos do 8º ano do sexo masculino. Os autores explicam os resultados em termos de *facilidade* para a aquisição dos *skills integrados* possibilitada por um surto de desenvolvimento cerebral que tem lugar nas crianças do sexo masculino por volta dos 12 anos e referem:

A facilidade para adquirir os processos básicos provavelmente ocorre numa idade mais precoce, enquanto a aquisição de skills integrados, muito relacionados com os padrões de raciocínio formal Piagetianos, apenas pode ser possível durante a adolescência, e talvez apenas para uma minoria dos estudantes. (Brotherton & Preece, 1996, p. 73)

Apesar destas explicações com base na teoria de Piaget e da necessidade de a termos em conta no ensino, é de referir que Driver (1983) chama a atenção para a complementaridade possível entre as ideias de Piaget (as operações lógicas que uma criança pode realizar, em função de estádios de desenvolvimento relacionados com a idade, impõem limites à sua aprendizagem)²⁸ e de Ausubel (as aprendizagens são dependentes da estrutura conceptual existente) e diz que “*as experiências prévias dos alunos e a sua familiaridade com o contexto do problema apresentado afectarão as formas lógicas de pensamento que usarão para o resolver*” (p. 59).

Baker & Piburn (1991) concluíram, dum estudo com alunos em início do ensino secundário e sujeitos a um curso de literacia científica durante um ano escolar, e em que 50% do tempo foi passado no laboratório, 30% em discussões em pequenos e grandes

²⁸ “É argumentado que as orientações dos cursos de ciências que põem o aluno na posição de cientista requer as capacidades que Piaget associa com o pensamento operativo formal; raciocínio hipotético-dedutivo, a habilidade para colocar e testar hipóteses,

grupos, 10% em exposição pelo professor e 10% com filmes e oradores convidados, concluíram, dizíamos, que é possível ensinar directamente *skills científicos* (referem-se aos *skills básicos* –ver Figura 2.1) e influenciar a performance dos alunos em testes de habilidades cognitivas (verbal, quantitativa e espacial). Podemos pensar que a aprendizagem dos *skills básicos* pode no entanto estar limitada ao contexto científico em que foram utilizados, tendo em conta a opinião de autores já referidos (Hodson, 1994; Millar, 1991).

Parece-nos que uma das conclusões a retirar dos estudos anteriormente referidos é a possibilidade de alguns dos designados processos da ciência poderem ser aprendidos, ou de que determinadas estratégias permitem o seu desenvolvimento.

2.4.2.2. Críticas e sugestões à prática lectiva

Hodson (1996b) argumenta, que a utilização do trabalho laboratorial no quadro de três movimentos para o ensino das ciências (*APD, Ênfase nos processos e propostas construtivistas mais recentes*) contribuiu para uma representação errada da natureza do inquérito científico e para que os alunos adquirissem uma compreensão distorcida da ciência.

Considera Hodson (1994), que os resultados decepcionantes revelados pela investigação sobre o conhecimento dos alunos acerca da natureza da investigação científica (*Aprender sobre a ciência*) é uma herança que resulta dos métodos de aprendizagem baseados na descoberta. Ao assumirem ideias de uma educação centrada no aluno, dando ênfase à motivação resultante da experiência directa e da descoberta²⁹, estes métodos acabaram também por veicular pontos de vista indutivistas sobre a

para ver a necessidade de controlar variáveis, para fazer inferências a partir dos dados e para estabelecer modelos quantitativos nas observações, especificamente o da proporcionalidade”(Driver, 1983, p. 61).

natureza da investigação científica, a ideia de um método científico único capaz de guiar todas as investigações e que poderia ser ensinado: da observação neutral resultariam hipóteses que conduziram a novas experiências e a interpretação dessas experiências possibilitaria a descoberta dos conceitos científicos. Porque conduziram os alunos, segundo Hodson (1994), a uma concepção errada sobre a natureza da ciência? Julgamos poder sintetizar a resposta em dois aspectos (alternativos): (a) Segundo os pontos de vista contemporâneos da filosofia da ciência não existe um método único que a caracterize. White (1996) refere, citando Woolnough (1991b), que cientistas diferentes *fazem coisas diferentes e não há concordância entre eles de que há um método*” (p.764). Apesar de não haver consensos sobre o método científico, há alguns pontos de concordância, entre eles a ideia de que *“o inquérito científico se assemelha menos ao seguimento de um conjunto de regras (ou hierarquia de processos) do que à prática de uma “arte”* (Millar, 1991, p.46); (b) Um outro ponto de concordância é a ideia de que as observações não são objectivas mas guiadas pela teoria (Millar, 1991).

Sobre muitos dos planos de estudos orientados para o ensino dos *processos*, (Hodson, 1994, 1996b) refere que ao aceitarem a ideia de que as destrezas e processos da ciência são livres de conteúdo, *“precedem os conceitos, no sentido em que o seu uso leva à descoberta de novos conhecimentos”* (Hodson, 1992, p. 68), são generalizáveis e que podem ser transferidos a outros contextos, e ao consubstanciarem tendências que levam à especificação em objectivos mensuráveis, para efeitos de ensino e avaliação³⁰, do que compreende o inquérito científico ou competências laboratoriais, assumindo que o uso e a aprendizagem independente (atomizada) desses processos desenvolve a capacidade de os alunos se envolverem e conduzirem investigações juntando esses

²⁹ Ainda que como consequência de uma interpretação errada das ideias de Ausubel sobre a psicologia da aprendizagem verbal significativa, equiparando erradamente a aprendizagem por transmissão / recepção à aprendizagem rotineira e a aprendizagem por descoberta à aprendizagem significativa (Kirschner, 1992).

processos, ao aceitarem essas ideias, dizíamos, fomentam o mesmo modelo de ciência indutivista que caracteriza a aprendizagem por descoberta.

Sobre as perspectivas construtivistas e estratégias por *Mudança Conceptual*, o mesmo autor considera que enfatizam o “What science knows” esquecendo o “How science knows” ou, como dizem Gil Pérez & Carrascosa Alis (1994), prestam uma atenção quase exclusiva nos conceitos substantivos esquecendo as questões metodológicas e epistemológicas, levando os alunos a manter uma “metodologia da superficialidade”, baseada no senso comum³¹.

Para assegurar a aprendizagem acerca da natureza da ciência, é necessário, nas planificações, converter o implícito em explícito e efectuar essas planificações segundo um modelo que seja válido filosoficamente, sendo que a realização de investigações pelos próprios alunos contribui em grande medida para desenvolver a sua compreensão sobre a natureza da ciência (Hodson, 1994). Sugere Hodson que nas actividades práticas experimentais, em vez de os alunos seguirem, como acontece geralmente, as instruções previamente definidas pelo professor, lhes seja oferecida também a possibilidade de participarem na formulação de hipóteses e desenho das experiências e, para obviar a limitações de tempo e perigosidade, considera que se pode recorrer, para aquela aprendizagem, a simulações por computador em vez do trabalho de laboratório.

Segundo Hodson (1994, 1996b), ao envolver os alunos na aplicação e combinação da compreensão conceptual, *skills práticos e de processo* e também da intuição fundada no seu conhecimento tácito, a prática investigativa da ciência (*fazer ciência*) possibilita também a aprendizagem dos conhecimentos conceptuais (*aprender ciência*) e

³⁰ Essa especificação permitiria a avaliação (mais objectiva?) do trabalho laboratorial, condição necessária para que às actividades práticas fosse dada a prioridade que muitos acreditavam deveriam ter (Hodson, 1996b).

³¹ Gil Pérez & Carrascosa Alis (1994) consideram que a mudança conceptual nos alunos só será conseguida com uma similar mudança metodológica. Colocados na situação de aplicar essa metodologia (científica), não só será possível modificarem a sua metodologia de senso comum como tornará possível as profundas mudanças conceptuais que a aquisição do conhecimento científico exige. O conhecimento procedimental mais sofisticado é a chave para a compreensão conceptual mais sofisticada (Hodson, 1996b).

processuais (*aprender sobre a ciência*). Mencionando que não é suficiente, para *aprender ciência* ou para *aprender sobre a ciência*, restringir as actividades a actividades investigativas (*fazer ciência*) o autor considera que para a aprendizagem de *como fazer ciência* essas actividades, nem sempre ou apenas actividades laboratoriais³², são vitais:

Uma vez que os processos para a condução de investigações científicas não são fixos, e envolvem uma componente que depende da experiência pessoal, não se podem ensinar directamente. Isto é, não podemos aprender a fazer ciência aprendendo uma prescrição ou algoritmo a ser aplicado em todas as situações. A única maneira efectiva de aprender a fazer ciência é fazendo, praticando, ciência, acompanhados por um profissional experiente e competente que possa proporcionar a sua ajuda, críticas e conselhos sobre a prática, e seja capaz de modelar os processos envolvidos e encorajar os alunos a serem críticos (Hodson, 1996b, p. 130)

Segundo este autor, os veículos mais efectivos para o currículo escolar parecem ser as tarefas de resolução de um problema, as investigações holísticas guiadas e os trabalhos de projecto (sob controlo dos alunos).

Sendo a prática da ciência uma actividade holística, o ensino e aprendizagem da sua prática no ensino das ciências deve passar por uma utilização de actividades laboratoriais de forma holística (Woolnough, 1991a; Miguens & Garrett, 1991; Hodson, 1992; Barberá & Valdés, 1996). A capacidade de *fazer ciência* é um todo maior que a soma das partes, isto é, é mais do que a simples soma das capacidades, destrezas e bagagem conceptual que o aluno possui (Barberá & Valdés, 1996). A ideia do ensino e aprendizagem holística da *prática da ciência* leva também a serem propostas formas de avaliar o trabalho laboratorial de uma forma mais holística (Woolnough & Toh, 1990; Barberá & Valdés, 1996).

³² “Assim como a aprendizagem da ciência e a aprendizagem sobre a natureza da ciência nem sempre têm que incluir o trabalho laboratorial, a aprendizagem da prática da ciência também pode empregar outros enfoques” (Hodson, 1994, p. 309), por exemplo a consulta de bases de dados e simulações em computador (Hodson, 1992, 1994).

Miguens & Garrett (1991) referem, citando Woolnough (1989), que através das investigações e projectos pode alcançar-se um tratamento holístico característico da actividade científica e, citando Driver (1983) e Reid & Hodson (1987), que as actividades investigativas, cuidadosamente preparadas por professores e alunos, dão tempo para a discussão e põem atenção efectiva nas fases pré e pós laboratoriais.

Tal com Hodson (1996b), também Gott & Mashiter (1991) apresentam algumas críticas, julgamos em muitos aspectos coincidentes, a três modelos de aprendizagem e à utilização mais frequente do trabalho laboratorial em cada um desses modelos. No modelo de transmissão / aquisição conceptual e no mais recente modelo construtivista de mudança conceptual a primeira preocupação foi/é com a aprendizagem dos conceitos substantivos da ciência. No primeiro destes modelos, o papel do trabalho prático era o de introduzir, ilustrar, aperfeiçoar ou até "descobrir" os conceitos. No segundo, a *"ideia de ilustrar os conceitos foi substituída pela ideia de uma confrontação activa com as pre-concepções"* (p. 59) dos alunos, com vista a permitir ou facilitar uma mudança conceptual. Os modelos com ênfase nos processos da ciência, elevaram *"os elementos do "método científico" (frequentemente os processos cognitivos) ao mesmo status que era dado aos conceitos nas propostas tradicionais"* (p. 58) ou utilizou-os como um meio mais eficiente para adquirir os *conceitos*³³. Nestes três modelos falta pois um elemento, a aprendizagem dos procedimentos ou, como diz Gott & Mashiter (1991), a *compreensão processual*. Para a inclusão deste elemento e com vista a obviar à estratificação resultante do ensino isolado de cada um dos dois elementos (*conceitos e processos*), defendem um modelo (ver Figura 2.2) para o ensino das ciências em que se atribui papel de relevo às actividades de resolução de tarefas abertas de natureza investigativa ou de resolução de problemas, em que de uma forma holística os processos

cognitivos “*juntam e aperfeiçoam quer a compreensão conceptual quer a processual*” (p. 61). Segundo estes autores, a compreensão dos procedimentos da ciência conseguir-se-á substituindo actividades práticas tipo receita de instruções (aceitáveis e necessárias na aprendizagem dos conceitos) por aquelas actividades de natureza mais aberta, como as investigações (que possibilitam que os alunos ponham em prática conjuntamente as diversas competências relacionadas com uma série de procedimentos experimentais³⁴), opinião também veiculada por Hodson (1994, 1996b), como vimos, e por White (1996).

Muitas das críticas à prática referem-se à falta de reflexão pelos alunos, em consequência de se utilizarem muitos tipos de trabalho laboratorial em que seguem simplesmente e irreflectidamente um conjunto de instruções, como uma receita para conseguir um produto (White, 1996):

Há um lugar para essas verificações, mas é uma questão de equilíbrio. Se muitos dos exercícios são desse tipo, os estudantes aprenderão anti-ciência em vez de ciência: que há uma resposta correcta consagrada pela autoridade. A ciência será entendida como um corpo rígido e inquestionável de factos, em vez de uma dinâmica e em desenvolvimento interpretação dos fenómenos (p. 769)

O balanço é conseguido, segundo White (1996), com uma parte dos trabalhos laboratoriais dedicados à resolução de problemas reais ou actividades investigativas abertas. Refere ainda, citando alguns estudos, a importância da discussão antes e após a actividade laboratorial como estratégia de reflexão sobre os procedimentos que pode fazer diminuir o carácter rotineiro de muitas actividades e possibilitar uma aprendizagem significativa³⁵. Referindo-se à discriminação entre tipos de conhecimento como um dos cruciais avanços nas teorias da aprendizagem, White (1991) relaciona em particular um

³³ Ponto de vista (os processos como meio para o desenvolvimento conceptual e não como fim do ensino) adoptado, segundo Gott & Mashiter (1991), por alguns contrutivistas, como Millar e Driver (1987).

³⁴ *Skills técnicos* e *Tácticas de inquérito* (Millar, 1991) ou *Skills e conceitos de evidência* (Duggan & Gott, 1995; Gott & Duggan, 1995, 1996), ver Figura 2.1.

³⁵ Nos exercícios mais estruturados, tipo receita, os alunos podem ser levados a reflectir sobre os procedimentos, por exemplo fornecendo os passos do exercício de forma desorganizada e solicitando que os alunos os ordenem (White, 1991)

desses tipos de conhecimento, os *episódios*³⁶, com o propósito do laboratório. Com vista a tornar certos eventos memoráveis, isto é, por forma a que sejam processados, lhes seja dada a atenção e o sentido que possibilita a formação de episódios, o autor (White, 1991, 1996) recomenda que os professores utilizem no trabalho laboratorial estratégias ou procedimentos que levem os alunos a reflectir ou pensar sobre o que estão a fazer, preconizando a utilização, como referido, de tarefas de resolução de problemas ou de investigações abertas.

Opinião também semelhante é veiculada por Klopfer (1990) quando aconselha os professores que desejam ajudar os alunos a alcançarem ou desenvolverem determinados skills e competências relacionados com os processos de inquérito científico³⁷: “*Envolve os seus alunos e a si próprio nos ciclos contínuos e interactivos das actividades laboratoriais investigativas e na reflexão*” (p. 114).

A prevalência de exercícios ou actividades laboratoriais de tipo ilustrativo, ou de baixo nível de inquérito, como uma das causas apontadas para o insucesso na aprendizagem sobre a natureza da ciência ou sobre a prática da ciência, é uma ideia que recebe apoio de investigações que permitem constatar o baixo nível de inquérito das actividades propostas em manuais³⁸ e guias de laboratório ou implementadas na prática lectiva, aplicações por vezes em discordância com a filosofia subjacente aos currícula de

³⁶ Episódios são memorizações de acontecimentos nos quais a pessoa tomou parte ou pelo menos observou. Apenas guardamos na memória alguns dos acontecimentos que experimentámos. A compreensão de um determinado fenómeno ou conceito depende da forma como integramos os vários tipos de conhecimento (episódios, proposições, imagens, *skills* intelectuais, *skills* motores, estratégias cognitivas) e da proporção entre eles (White, 1996).

³⁷ O autor distingue como componentes do “inquérito científico”, em relação á educação em ciências, os “*skills* de processo da ciência”, os “processos gerais de inquérito” (ver figura 2.1) e a “natureza do inquérito científico”. Em relação ao primeiro destes componentes, a que nos referimos no texto, considera cinco grupos de competências e habilidades e , em cada grupo, um conjunto de subcomponentes indicadores, o que constitui outro exemplo de classificação de conteúdos processuais.

³⁸ Coelho da Silva & Leite (1998) propõem parâmetros de análise de actividades laboratoriais em manuais, “*definidos de forma a contemplar os pressupostos actualmente preconizados para o ensino das ciências e tomando como referência as propostas já existentes*” (p.260), que se centram em dois aspectos: o principal objectivo que a actividade laboratorial permite atingir, o nível de abertura da actividade laboratorial. Para a análise dessas características de exercícios práticos em manuais espanhóis, ver Tamir & García-Rovira (1992). Para a avaliação do grau de abertura ou outros aspectos sobre o ambiente no laboratório de ciências ver Fraser, Giddings, & McRobbie (1993, 1995). Para a relação entre esse ambiente e as aprendizagens dos alunos de biologia do ensino secundário, ver Fisher, Henderson, & Fraser (1997).

ciências (Tamir, 1977, 1989, 1991; Tamir e Lunetta, 1981; Pizzini et. al, 1991; Tobin, 1986; citados em Araújo, 1995).

A implementação de actividades laboratoriais, a realizar pelos alunos, de um determinado tipo ou seguindo uma determinada estratégia, depende também, para além das orientações curriculares, das crenças e preparação dos professores. Estas crenças e formação (sobre a ciência, sobre os objectivos da educação em ciências e da utilização do trabalho laboratorial para essa aprendizagem) podem justificar as opções que fazem em termos de estratégias de actividades ou na explicitação, no ensino, sobre o inquérito científico (Araújo, 1995, citando estudos de Hodson, 1993 e Welch, 1981). A este propósito, um estudo realizado em Portugal (Praia & Cachapuz, 1994) com uma amostra de 464 professores do ensino básico e secundário, nas disciplinas de Geografia, Física-Química, Biologia e Ciências da Terra e da Vida, revelou *“globalmente uma orientação dominante para concepções empiristas em relação à natureza do conhecimento científico por parte dos professores portugueses”* (p. 352), resultados também revelados num outro estudo com professores portugueses de Física e Química do 3º ciclo do Ensino Básico e do Ensino Secundário (Almeida, 1995). Interessantes são os resultados de um estudo (García Barros, Martínez Losada, Mondelo, & Vega, 1997) em que 80% dos professores inquiridos (N=61) indica utilizar com mais frequência as actividades laboratoriais tradicionalmente usadas, em que os alunos seguem um protocolo definido com vista a comprovar ou ilustrar a teoria previamente ensinada, mas 85,3% dos mesmos inquiridos consideram educacionalmente de mais valor as actividades investigativas (em relação à estratégia tradicional ou por descoberta), por permitirem relacionar a teoria com a prática, fazerem pensar e raciocinar os alunos, permitirem algum grau de controlo pelo professor e serem mais motivadoras. A opção na prática lectiva pelas actividades tradicionais pode ser explicada por os professores as

considerarem mais fáceis “para o professor e alunos pois o seu elevado grau de direcção evita a dispersão e favorece a compreensão da teoria” (García Barros, Martínez Losada, Mondelo, & Veja, 1997, p. 108).

Uma técnica sugerida como estratégia metacognitiva para ajudar os alunos a compreenderem o significado do trabalho laboratorial, a ligação entre a teoria e a prática, e a natureza do inquérito científico, é o V de Gowin (Novak, 1990). Sendo particularmente útil se construído como actividade pré-laboratorial, encorajando os alunos a pensarem como cientistas antes de entrarem no laboratório em vez de se comportarem apenas como seguidores de uma receita, pode também ser usado como técnica pós-laboratorial e nas investigações experimentais (Boud, Dunn, & Hegarty-Hazel, 1986). A utilização do Vê com técnica mais potente é também referida, e exemplificada a sua utilização, no quadro duma investigação num tema de biologia, por Germann (1991):

O diagrama em Vê é usado para sumariar todo o esforço da classe, para dar uma visão global de todo o processo de resolução do problema e para descrever as relações entre os vários skills de processo. (...) enfatiza as relações interdependentes entre os skills laboratoriais, ajuda os alunos a relacionar o conhecimento de suporte, o problema, hipóteses, variáveis, desenho experimental, dados e suas transformações, e conclusões. (...) A capacidade da memória a curto prazo não é atingida uma vez que, com o Vê, toda a informação relevante para a actividade laboratorial é sumariada duma maneira que facilita o processamento mental. (p. 245)

Germann (1991) relata uma aplicação à biologia (actividade da amilase salivar sobre o amido) de uma proposta de actividade laboratorial exploratória por Inquérito guiado [DIAL(SPS)2 – The Directed Inquiry Approach to Learning Process Skills and Scientific Problem Solving], em que se pretende desenvolver *skills* como: identificação de um problema, desenvolver hipóteses a partir do problema, identificar variáveis

relevantes, planejar uma experiência para testar as hipóteses, recolher dados relevantes, transformar esses dados em tabelas e gráficos úteis, retirar conclusões válidas a partir dos dados. Segundo o autor, existem evidências de que este tipo de tratamento permite que os alunos com nível cognitivo operacional concreto tirem benefícios na sua aprendizagem, enquanto os alunos com estratégias cognitivas mais avançadas beneficiam com um programa de aprendizagem mais convencional.

Dum estudo com alunos em início dum curso de Química do ensino superior, sujeitos a uma sequência de ensino de trabalho laboratorial de natureza exploratória (resolução de problemas de natureza investigativa), mas com grau de autonomia crescente dos alunos ao longo dos 7 módulos utilizados, Dumon (1992) conclui que esses alunos mostraram uma evolução positiva no domínio de cada uma e do conjunto das 10 capacidades medidas e relacionadas com os processos experimentais da ciência (referem-se a algumas das competências referidas no parágrafo anterior e a outras, como as destrezas manipulativas).

2.4.3. Relação Atitudes / Aprendizagem

Segundo Germann (1988, citando Blosser, 1984), a definição ou constructo de atitude, quando se relaciona com a educação em ciência, é vaga e inconsistente. No sentido de clarificar este assunto, vários autores (Freedman, 1997; Germann, 1988; Gogolin & Swartz, 1996) distinguem *atitudes científicas* de *atitudes em relação à ciência*. Para Gardner (1975, citado em Gogolin & Swartz, 1996), as *atitudes*

científicas são de orientação predominantemente cognitiva, enquanto as *atitudes em relação à ciência* são predominantemente afectivas.

As *atitudes científicas* referem-se à forma particular que se assume os cientistas utilizam na resolução de problemas, no processamento de ideias e informação e na tomada de decisões, incluindo certas predisposições como a objectividade, espírito crítico, cepticismo (Germann, 1988), curiosidade, espírito de abertura, rigor, honestidade,(...) ³⁹.

As *atitudes em relação à ciência* referem-se ao sentimentos, crenças ou disposições do aluno, que o levam a reagir ou manifestar-se favorável ou desfavoravelmente em relação à ciência ou aspectos com ela relacionados, como em relação a carreiras científicas, ao valor atribuído à ciência na sociedade, em relação à aprendizagem da ciência na escola (gosto, interesse ou motivação em relação aos temas, métodos, actividades e professor, ou a percepção que tem da sua própria capacidade na aprendizagem de ciências) (Germann, 1988; Gogolin & Swartz, 1996). Este constructo inclui termos como interesse, gosto, satisfação (Gardner & Gauld, 1990) ou motivação.

Nesta secção referimo-nos a este segundo grupo de atitudes. Procuramos analisar a sua relação com a aprendizagem da ciência e com a utilização do trabalho laboratorial. Não analisaremos os aspectos relacionados com as dificuldades reconhecidas para medir as atitudes, assumindo que as escalas utilizadas nos vários estudos, mesmo fiáveis e válidas, são indicadores dessas atitudes.

As relações que pretendemos analisar são complexas. Que factores influenciam as atitudes dos alunos em relação à ciência? Qual a relação destas atitudes com a aprendizagem ou sucesso dos alunos em ciência? As atitudes determinam ou influenciam a aprendizagem ou, inversamente, o sucesso na aprendizagem influencia as atitudes dos

alunos? Que estratégias ou táticas permitem manter ou promover o interesse e motivação dos alunos

Germann (1988) apresenta um modelo teórico que ilustra a complexidade do processo educativo. Através deste modelo teórico podemos aperceber-nos da miríade de factores interactuantes e susceptíveis de influenciar a aprendizagem e as atitudes dos alunos em relação a uma disciplina ou tema específico. O processo educativo é um processo de interacção social em que intervêm directamente o *aluno*, o *professor* e o *currículo*. Da interacção entre estes elementos resulta o *meio* (ambiente) *de aprendizagem* cuja natureza é principalmente resultante do grau de harmonia entre aqueles três elementos. A forma como cada um, professor, aluno, ou quem elabora os currículos, pensa, sente ou actua, é determinada pelos conhecimentos que possuem, estilos de vida, objectivos de vida, necessidades, atitudes, (...). Aluno, professor e currículo sofrem ainda múltiplas influências (sociedade, família, escola, grupo de amigos e colegas, directrizes oficiais, manuais, publicações e autores, experiências de vida, experiências educativas,...), que se reflectem indirectamente no processo educativo.

Vários estudos tem procurado analisar as relações entre aprendizagem da ciência e atitudes em relação à ciência e entre os factores susceptíveis de influenciar estas atitudes e aprendizagens.

Haladyna, Olsen & Shaughnessy (1982, 1983, citados em Germann, 1988 e Gogolin & Swartz, 1996), apesar de considerarem que os seus resultados não foram conclusivos, consideraram que: (a) existe uma forte correlação entre a qualidade do professor (julgada pelos alunos) e as atitudes em relação à ciência; (b) o fatalismo dos estudantes e a sua percepção sobre a importância da ciência constituem as mais importantes variáveis associadas aos alunos que influenciam as suas atitudes, (c) a relação com colegas, o

³⁹ Sobre a imagem estereotipada dos cientistas ver Hodson (1994).

ambiente escolar e na aula influenciam as atitudes; (d) aspectos ligados à organização da sala de aula e da condução das actividades de ensino (objectivos claros, desorganização, apatia, material usado e diversidade) têm alguma influência nas atitudes. Talton & Simpson (1985, 86, 87, citados em Gogolin & Swartz, 1996) nos estudos que realizaram concluíram: (a) existir um forte correlação entre as atitudes dos amigos em relação à ciência e as atitudes individuais em relação à ciência; (b) personalidade própria, família e ambiente na aula constituem significativos factores que influenciam as atitudes em relação à ciência; (c) apesar de o ambiente na aula contribuir para a aprendizagem/desempenho em ciências, a relação não é tão forte quanto a relação entre ambiente nas aulas e atitudes em relação à ciência.

Os resultados de muitos estudos das relações entre atitudes e aprendizagem/desempenho em ciências indicam a existência dessa relação. Freedman (1997) cita vários estudos (realizados entre de 1966 e 1992) que concluíram existirem correlações positivas entre as atitudes em relação à ciência e o desempenho dos alunos em ciência. Oliver & Simpson (1988, citado em Gogolin & Swartz, 1996) encontraram uma forte relação entre a motivação resultante do sucesso no desempenho em ciências, a percepção que os alunos têm sobre a sua própria capacidade na aprendizagem de ciências e o desempenho em ciências. Fortes inter-relações entre o ambiente familiar, escolar e grupo de amigos foram também reveladas num estudo de Schibeci (1989, citado em Gogolin & Swartz, 1996).

Keeves (1975, citado em Germann, 1988) e Eisenhardet (1977, citado em Freedman, 1997) defendem, com base em estudos realizados, que a sequência da relação causal predominante é que a mudança no desempenho/sucesso em ciência causa mudanças nas atitudes dos alunos em relação à ciência. Opinião diferente têm diferentes autores (Schibeci & Riley, 1986; Punch & Rennie, 1989; Hegarty-Hazel, 1990c; Simpson

& Oliver, 1990, citados em Freedman, 1997), segundo os quais a natureza dos métodos de ensino das ciências afecta fortemente as atitudes dos alunos em relação às ciências, atitudes que por sua vez constituem um forte condicionante do desempenho em ciências.

A importância das actividades laboratoriais no contexto deste último modelo é referida por Freedman (1997):

A procura por um modelo viável da instrução em ciência que promova as aprendizagens dos alunos tornou-se num assunto na ordem do dia. Investigações continuam num esforço para determinar quais os factores que no ensino das ciências promovem a aprendizagem. O modelo que parece ganhar algum suporte é que o ensino que promova atitudes positivas em relação à ciência promoverá também o sucesso na aprendizagem. O laboratório, como factor no ambiente de aprendizagem, é intrínseco no desenvolvimento de atitudes positivas em relação à ciência. (p. 344)

Muitos e diversos factores influenciam as atitudes dos alunos em relação à ciência e as actividades laboratoriais constituem uma dessas variáveis (Freedman, 1997).

Procurando estudar as relações entre o ensino no laboratório, atitudes em relação à ciência (percepção sobre a própria habilidade no desempenho em ciência) e desempenho/sucesso em ciência (Física), Freedman (1997) realizou um estudo em que comparou dois grupos de alunos do 9º ano, um envolvido em actividades laboratoriais e outro sem essas actividades, tendo concluído: (a) que o tratamento (com ou sem aula laboratorial) teve efeito no desempenho dos alunos nos teste de conhecimentos, sendo esse desempenho maior no grupo que havia estado envolvido com actividades laboratoriais; (b) haver evidências, embora não conclusivas, de que o ensino através do laboratório tem efeito positivo nas atitudes dos alunos em relação à ciência; (c) que as atitudes em relação à ciência parecem afectar o desempenho ; (d) apesar de nenhuma relação causal ter sido estabelecida, os resultados apoiam a ideia de que o tratamento

(com actividade laboratorial / sem actividade laboratorial) influencia as atitudes e estas influenciam o desempenho em ciência.

Na Figura 2.3 representamos a relação Atitudes em relação à ciência / Aprendizagem / Ambientes de aprendizagem, com base nos dois modelos de relação causal abordados. Estão apenas representadas as relações que julgamos principais, pois é de admitir, por exemplo, que quer as aprendizagens quer as atitudes têm também reflexo nos vários ambientes referidos. As atitudes em relação à ciência incluem também as atitudes em relação à sua aprendizagem e estas e outras dimensões afectivas podem ser vistas também como uma aprendizagem em ciência.

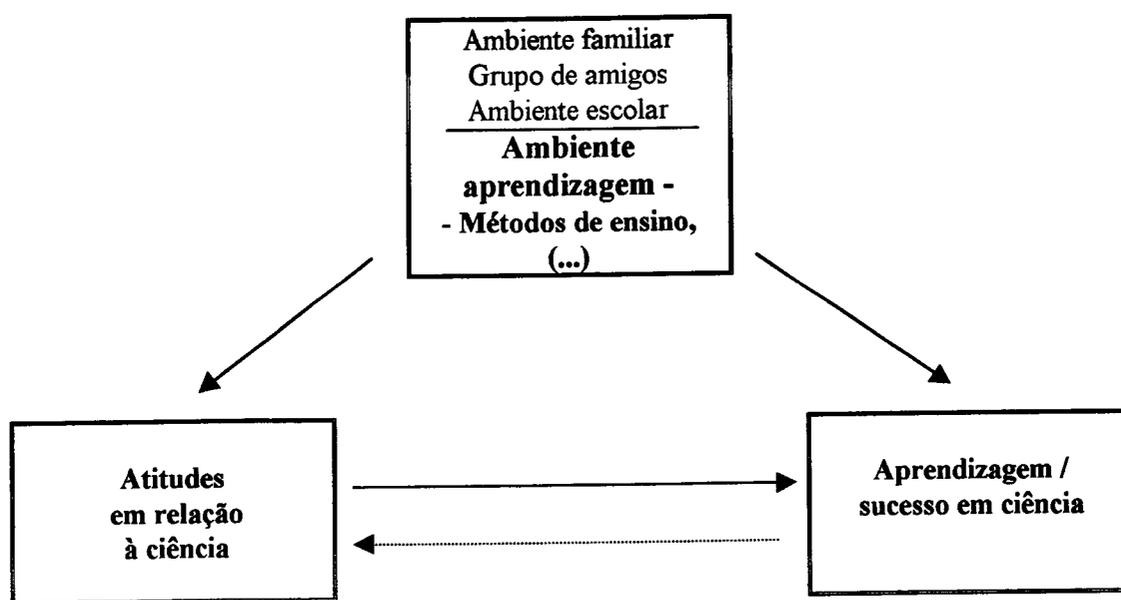


Figura 2.3 - Relações entre Atitudes / Aprendizagem / Ambientes de aprendizagem

A reacção dos alunos em relação ao trabalho laboratorial, quando este método de ensino é comparado com outros, é uma reacção bastante positiva, o trabalho laboratorial é popular, é visto com entusiasmo (Gardner & Gauld, 1990). No entanto, há também evidências que esse entusiasmo ou atitude favorável em relação ao trabalho laboratorial pode diminuir com a idade e ao longo da escolaridade, que há uma minoria substancial

de alunos que não gosta de actividades laboratoriais (Gardner & Gauld, 1990; Barberá & Valdés, 1996; Hodson, 1994) ou que pode variar com o sexo (Hodson, 1994). Por outro lado, como vimos na secção 2.3, os resultados das investigações que procuram relacionar o trabalho laboratorial com o desenvolvimento de atitudes favoráveis em relação à ciência não são concludentes. Podemos dizer como White (1996), referindo-se a alguma aparente contradição entre os resultados destes estudos, que *“nem os modos de ensino nem as medidas dos seus resultados são idênticas nos vários estudos, e assim o título “trabalho laboratorial” engloba uma imensa diversidade”* (p. 768) de formas de utilizar as actividades laboratoriais, isto é, o interesse dos alunos em relação ao trabalho laboratorial ou as atitudes em relação às ciências que se pretendem desenvolver, dependem das condições em que ocorrem essas actividades laboratoriais (Gardner & Gauld, 1990; Hodson, 1994).

Segundo Gardner & Gauld (1990) o trabalho laboratorial pode variar no tempo ocupado, objectivos realçados, desafio intelectual, integração com a teoria, competência profissional do professor e clima social e emocional em que decorre. Estas condições podem influenciar as reacções dos alunos em relação ao trabalho laboratorial e reflectir-se nas aprendizagens que se pretendem promover através dessas actividades laboratoriais, quer a nível cognitivo (conhecimento substantivo ou sintáctico e capacidades cognitivas), quer a nível afectivo (atitudes em relação à ciência e “atitudes científicas”) (Figura 2.4).

O tempo geralmente insuficiente para realizar actividades laboratoriais ou completá-las apropriadamente, pode constituir um factor de desagrado dos alunos, por deixarem incompletas essas actividades. As diferenças entre uma aula laboratorial e aulas ditas teóricas constituem motivo de preferência, por vezes o único, de muitos alunos pelas primeiras (Gardner & Gauld, 1990; Hodson, 1994). A variedade nas aulas laboratoriais

(verificação, ilustração, descoberta, investigação, exercícios) poderá também reflectir-se nas reacções dos alunos ao trabalho laboratorial. O desafio cognitivo (fácil vs difícil) constitui outro factor que pode afectar o interesse dos alunos: “*O trabalho laboratorial rotineiro, que não gera um sentimento de surpresa, cujos resultados são conhecidos à partida, dificilmente gerará interesse nos alunos*” e o mesmo se pode dizer do trabalho laboratorial demasiado difícil, que os alunos não conseguem compreender ou realizar e que os torna inseguros e desorientados (Gardner & Gauld, 1990, p. 141). Esse desafio cognitivo pode ser conseguido em actividades laboratoriais mais abertas (de resolução de problemas ou investigações) (Hodson, 1994; Gardner & Gauld, 1990; Hegarty-Hazel, 1990b). Outro factor referido por Gardner & Gauld (1990) como susceptível de influenciar o interesse dos alunos, tem a ver com a competência do professor, em termos dos conhecimentos específicos da sua disciplina, habilidade cognitiva organizacional nas actividades e a associação dessa capacidade do professor com a organização do espaço e materiais no laboratório.

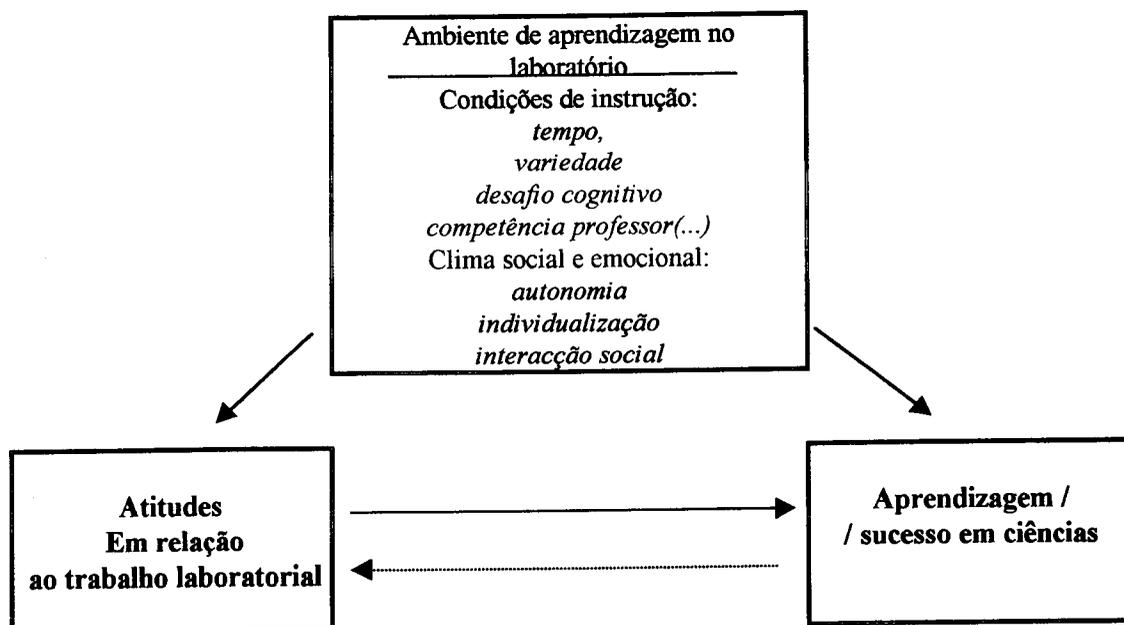


Figura 2.4 - Relações principais Actividade laboratorial / Atitudes em relação ao trabalho laboratorial / Aprendizagem em ciências

A integração teoria-prática é referida por Gardner & Gauld (1990) como um aspecto que pode ser entendido de várias formas pelos professores, em relação aos aspectos metodológicos para o conseguir, sendo “*mais profundo do que decidir simplesmente quando oferecer trabalho laboratorial no currículo*”(Gardner & Gauld, 1990, p. 144). Apesar de não haver respostas a este problema o autor dá orientações: (a) O trabalho laboratorial não deve ser tratado como uma parte distinta no currículo de ciências; (b) a integração teoria-prática pelos alunos requer uma aprendizagem significativa, que tenha em conta as concepções prévias dos alunos. Apesar de não constituírem solução para todos os casos fizemos já referência a algumas estratégias (investigativa) e técnicas (Vê de Gowin) que podem facilitar essa integração.

A maior ou menor autonomia que os alunos sentem (em termos de oportunidade para realizar actividades de acordo com a sua iniciativa e controlo)⁴⁰, a atenção maior ou menor dada às diferenças individuais dos alunos (em termos de interesses e necessidades) e o clima de maior ou menor cooperação, animação e cordialidade, são também susceptíveis de influenciar as atitudes dos alunos em relação à ciência e, por meio destas ou directamente, o seu desempenho em ciência (Gardner & Gauld, 1990).

⁴⁰ Gardner & Gauld (1990) e Hodson (1994) referem que a oportunidade de realizar actividades menos estruturadas é muitas vezes oferecida apenas aos alunos mais jovens, o que pode explicar a perda de interesse dos alunos mais velhos.

2.5. Objectivos de Ensino e Tipos de Trabalho Laboratorial

Acreditamos que a utilização de trabalho prático, ou laboratorial⁴¹, por sugestão dos programas ou manuais escolares ou por opção própria, é uma opção que devemos tomar. Ainda que essa opção possa ser feita conscientemente, com objectivos específicos (motivar, interessar e envolver o aluno; ilustrar ou demonstrar algum conceito anteriormente ensinado), muitas vezes tomamo-la sem ter reflectido sobre os objectivos pretendidos ou sobre a adequação do tipo de actividade laboratorial que escolhemos, e pretendemos seja realizado, a esses mesmos objectivos. Interiorizámos que se deve fazer trabalho prático e laboratorial, por si só, no ensino da biologia.

Os resultados dúbios sobre a eficácia do laboratório na aprendizagem podem levar-nos a diferentes interrogações, como sugerido por Tamir (1991). Por um lado, podemos pôr em causa os resultados daqueles estudos, tendo em conta fraquezas ao nível da metodologia utilizada, das variáveis medidas e instrumentos utilizados ou da ausência de descrição clara das estratégias de ensino comparadas (Hofstein, 1991; Hofstein & Lunetta, 1982; Garrett & Roberts, 1982). Por outro lado, sem ignorar de todo aqueles estudos, podemos questionar-nos se vale então a pena fazer trabalho laboratorial, ou se o trabalho laboratorial tem sido usado adequadamente. Para reflectirmos sobre esta última questão, julgamos ser necessário reconhecermos que o trabalho laboratorial não pode ser visto como *uma actividade* que independentemente da forma como é utilizada ou abordada serve em qualquer circunstância e as mesmas e quaisquer finalidades e objectivos.

⁴¹ A expressão *trabalho prático* é usada muitas vezes, no dia-a-dia, para nos referirmos ao *trabalho laboratorial*. Também a expressão inglesa *practical work* (trabalho prático) é usada com o mesmo sentido em muita da literatura consultada. No entanto o *trabalho prático* inclui outro tipo de actividades além do *trabalho laboratorial*, isto é, tem um significado mais amplo. Segundo o conceito de Hodson (1994) são práticas as actividades em que ao aluno é exigida uma participação activa (debates, entrevistas, consulta bibliográfica, actividades interactivas com o computador, visitas de estudo, saídas de campo e ... trabalho laboratorial).

Como se disse na introdução, o trabalho laboratorial realizado na aula, no sentido mais amplo, pode diferir no grau de participação do aluno (o aluno assiste ou realiza ele mesmo a actividade, individualmente ou em grupo), no tipo de tarefa ou objectivo (utilização e desenvolvimento de procedimentos e técnicas diversas ou a aquisição e compreensão de conceitos), no tipo de raciocínio envolvido (dedutivo ou indutivo) ou no envolvimento do aluno em cada etapa do trabalho (o aluno segue determinado protocolo ou instruções estruturadas ou está directamente envolvido na escolha do problema a investigar, do plano, sua execução e conclusões). Exploraremos agora estes aspectos, abordando as classificações de trabalho laboratorial que têm sido sugeridas por diversos autores e que apresentaremos por ordem cronológica, ordem que julgamos poderá ajudar-nos a perceber algumas diferenças entre essas propostas tendo em conta o contexto em que foram apresentadas no que respeita a correntes vigentes sobre aprendizagem e ensino das ciências e investigação educacional realizada.

Simpson & Anderson (1981) referem-se a seis tipos de actividades laboratoriais que se indicam no QUADRO 2.4. Nas actividades de *Verificação*, os alunos podem experimentar directamente as ideias apresentadas pelo professor:

Quando o professor de biologia descreve células, explica a sua estrutura e função básica, e sugere que todos os seres vivos são compostos por essas unidades, devem ser dadas oportunidades aos alunos para ver essas coisas por eles próprios(...) usando microscópios, lâminas de vidro, lâminas de barbear, e diversos tipos de material vivo(..) (Simpson & Anderson, 1981, p. 115)

Trata-se pois de actividades que permitem verificar conceitos e princípios anteriormente apresentados pelo professor procurando reforçar a sua aquisição e compreensão.

As actividades de *Exploração* destinam-se a aumentar o interesse, prover os estudantes com novas experiências, e explorar fenómenos que serão estudados mais

tarde com maior profundidade, “ *pode não ser necessário que o professor esteja preocupado em saber se os alunos conseguiram a “resposta certa”, mas antes em saber como exploram os novos materiais*” (Simpson & Anderson, 1981, p. 116), por exemplo, o professor pode fornecer larvas e pedir aos alunos que observem e descrevam o seu comportamento.

Nas actividades *Indutivas* “ *o professor faz mais perguntas do que dá respostas*” e “*guia os estudantes na descoberta de relações ou conceitos*”, procurando que os alunos juntem factos (particulares) e aprendam a organizá-los em ideias científicas (geral). O objectivo é pois conduzir o aluno na “descoberta” de novos conceitos, seguindo um raciocínio indutivo.

QUADRO 2.4 - Tipos de trabalho laboratorial (Simpson & Anderson, 1981)

Tipo de actividade	Objectivo principal
Verificação	Facilitar a compreensão do conhecimento abstracto anteriormente ensinado através do contacto directo com elementos ou experiências concretas
Exploração	Encorajar o conhecimento e interesse por novos materiais e fenómenos
Indutiva	Permitir a organização de factos em generalizações e princípios com significado
Dedutiva	Permitir a explicação de fenómenos de acordo com conceitos ou princípios científicos
Skill (desenvolvimento de...)	Desenvolver as competências necessárias para realizar actividades laboratoriais
Processo (desenvolvimento de...)	Desenvolver a habilidade e competência no uso dos processos usados pela ciência na resolução de problemas

Nas actividades *Dedutivas* procura-se que os alunos interpretem ou façam previsões de fenómenos particulares com base em conhecimentos (conceitos ou princípios gerais) recentemente apreendidos (Ex: prever a proporção de fenótipos e genótipos de cruzamentos efectuados em moscas da fruta; explicar variações de volume das células colocadas em soluções de concentrações diversas de acordo com o conceito de osmose).

As actividades de *desenvolvimento de Skills* laboratoriais destinam-se a possibilitar aprendizagem de *skills básicos* como o manuseamento de aparelhos (microscópio, por exemplo), utensílios e técnicas, que permitirão que os alunos se possam envolver “*em actividades laboratoriais mais complexas*” (Simpson & Anderson, 1981). Outras actividades, *de desenvolvimento de Processo*, destinam-se a desenvolver a competência num ou mais dos processos (ex: observação, classificação, medição, comunicação, controlo de variáveis, construção de gráficos). Segundo os autores o objectivo principal da utilização de uma investigação laboratorial é permitir que os alunos aprendam a utilizar esses processos que estão subjacentes na actividade.

Segundo Simpson & Anderson (1981) “*é importante reconhecer a contribuição que pode ser dada por cada tipo de actividade e lembrar que qualquer actividade particular pode contribuir para várias aprendizagens*” (p. 114).

Ainda os mesmos autores, ao referirem-se a “estratégias” de ensino, classificadas tendo em conta o controlo exercido pelo professor (*Estratégias centradas no aluno* – em que este participa mais activamente - ou *no professor*) ou a forma e tipo de raciocínio com que a actividade é apresentada (*Directa / Dedutiva* ou *Indirecta / Indutiva*), consideram que: as *Demonstrações*, actividade realizada pelo professor (Estratégia centrada no professor) podem ser desenvolvidas de forma directa (dedutivamente) ou indirecta (indutivamente) ou assumir um papel de demonstração / verificação executada pelo próprio aluno (Estratégia centrada no aluno / dedutiva); *Os exercícios de laboratório* (actividades em que os alunos seguem instruções detalhadas) são centradas no aluno e directas / dedutivas; as *Investigações laboratoriais* são centradas no aluno e indirectas / indutivas (Simpson & Anderson, 1981).

Woolnough & Alsop (1985) sugerem três tipos de trabalhos laboratoriais correspondentes aos três principais objectivos que consideram para a realização do

trabalho laboratorial no ensino da ciência: *Exercícios, Investigações e Experiências* (QUADRO 2.5).

QUADRO 2.5 - Tipos de trabalho laboratorial (Woolnough & Allsop, 1985)

Tipos	Objectivo principal
Exercícios	Desenvolver skills práticos e técnicos
Investigações	Possibilitar a prática de trabalhar como um cientista na resolução de um problema
Experiências	Possibilitar o contacto consciente com os fenómenos

Os primeiros, *Exercícios*, destinados a desenvolver competências práticas e técnicas usadas em ciência (“scientific practical skills”), como a “*observação e medição, a manipulação de equipamento e várias técnicas que os cientistas usam no seu trabalho*”, incluindo as “*técnicas requeridas para planear, executar e interpretar os resultados de experiências*”(p. 42). Trata-se pois de actividades, exercícios⁴², com propósito e interesse para os alunos, que possibilitem a prática daquelas competências que, a serem assumidas como necessárias, não podem ser correctamente aprendidas pelos alunos “*en passant*” enquanto realizam actividades práticas dominadas pelo conteúdo.

As *Investigações* são destinadas a “*possibilitar a prática, e consequentemente a oportunidade para desenvolver a competência, em trabalhar como um cientista na resolução de um problema real*”. Neste tipo de actividade os alunos, individualmente ou em grupo, são confrontados (ou suscitam eles mesmo), com um problema ou questão⁴³, relacionada ou não com o programa ou com carácter interdisciplinar, devendo então

⁴² Os autores apresentam vários exemplos de *exercícios*, sendo aqui apresentados alguns dos sugeridos no âmbito da biologia: Uso do microscópio para observar e estudar a estrutura de células; Observação, desenho e classificação da flora e fauna usando chaves; Uso apropriado de equipamento científico, como o microscópio; Execução correcta de testes químicos de identificação do amido e açúcares redutores; montagem correcta de dispositivos para estudo controlado do crescimento de plantas.

⁴³ Exemplos sugeridos para a biologia e ecologia: Que factores afectam a perda de água pelas plantas (ou a absorção de nutrientes)?; Estudo da distribuição e hábitos de pequenos animais existentes na escola; Investigar a poluição de um rio ou do ar local; Investigar a composição, estrutura e produtividade de solos locais.

analisar os factores relevantes, recolher informação, planear a experiência ou actividade, executá-la, e à medida que registam as observações e medições, procuram respostas ao problema colocado e reavaliam toda a experiência, num processo contínuo de planeamento e execução. Segundo os autores, os alunos obtêm um elevado grau de satisfação e envolvimento por produzirem alguma coisa por eles próprios e este tipo de actividade ajuda também os alunos a desenvolver aspectos afectivos como a autoconfiança, perseverança e empenho.

Por último, as *Experiências*, destinadas a possibilitar aos alunos sentirem (“to get a feel”), tomarem consciência implícita de fenómenos ou seres em estudo por contacto directo com os mesmos, melhorando o seu conhecimento tácito⁴⁴ (Barberá & Valdés, 1996) permitindo assim um conhecimento mais aprofundado do mundo que os rodeia e que estão a estudar⁴⁵. O conhecimento concreto obtido por contacto real com os fenómenos, seguido de um período de discussão, pode possibilitar a ancoragem e compreensão dos conceitos teóricos por trás desses fenómenos adequadamente escolhidos.

Cada uma das três categorias é adequada a uma finalidade específica (o que justifica a sua distinção e classificação como se tratasse de actividades perfeitamente separáveis) devendo ser pois utilizada para esse fim, não significando no entanto que não possam existir actividades híbridas das três categorias propostas, que possam possibilitar prosseguir simultaneamente mais do que um dos objectivos. Como referem Woolnough & Allsop (1985):

“O que é importante, contudo, no ensino é que devemos colocar sempre a questão “ Qual é o principal objectivo?” Por outras palavras, o que é que

⁴⁴ Oposto a conhecimento explícito, refere-se ao conhecimento implícito, obtido pela experiência, por vezes indiscritível (Kirschner, 1992).

⁴⁵ Exemplos na biologia: Estudo e dissecação de plantas, flores e frutos (e animais?); Observação e /ou manipulação de animais, invertebrados e vertebrados; Exploração dos receptores sensitivos da língua; Testar as respostas fisiológicas ao exercício físico.

pretendo com esta actividade? Ensinar competências (skills) práticas e técnicas? Adquirir a experiência de trabalhar como um cientista na resolução de um problema? Ou possibilitar o contacto com os fenómenos? Precisamos de ter cuidado para assegurar que ao tentarmos satisfazer mais do um destes objectivos simultaneamente não frustramos a aprendizagem de qualquer um deles “ (p. 60).

Um tipo diferente de actividade que pode permitir alcançar, pelo menos em parte, os três objectivos são, segundo aqueles autores, as saídas de campo, referindo-se às utilizadas para estudo do meio ambiente e em geologia.

Decorre das palavras dos autores já referidos que existe uma certa hierarquia nos três tipos de actividades práticas sugeridos. A aprendizagem dos *skills práticos e técnicos* é referida como finalidade subserviente ao desenvolvimento de todo o processo global de trabalho utilizado por cientistas durante uma investigação. Por outro lado os autores referem que o contacto com experiências concretas permite aos estudantes “*construir um reservatório de conhecimento tácito*” que podem usar quando envolvidos numa actividade investigativa. A aprendizagem dos *skills* e o conhecimento tácito, adquiridos respectivamente nos *exercícios e experiências*, são pois aplicados nas *investigações*. Os três tipos de actividade não são considerados os mais apropriados para ajudar a compreender, reforçar ou comprovar a teoria correspondente, finalidade para a qual são mais adequadas as demonstrações, leitura que é feita também por Barberá & Valdés (1996).

Nos três tipos de actividade são os alunos que as realizam (individualmente - nos três tipos ou em grupo – nas *Experiências e Investigações*), o que deixa de fora destas categorias as *demonstrações*, em que é o professor que realiza a actividade para toda a classe. Para os autores, as *demonstrações* têm um papel importante mas diferente: “*a oportunidade ideal para o professor ligar a realidade prática com a teoria subjacente*”. O controlo total da actividade permite ao professor conduzir de forma fechada e cuidada

os argumentos em torno da demonstração e indicar e ilustrar os princípios abstractos envolvidos, relevando os aspectos principais, possibilitando o reforço e comprovação da teoria e auxiliando na sua compreensão.

Parece-nos evidente que haverá lugar a estas diferentes actividades sendo que a sua escolha deve ser condicionada pelos objectivos pretendidos. Se pretendemos que os alunos compreendam apenas os conceitos teóricos talvez as demonstrações sejam adequadas. Se assumimos que os alunos também devem desenvolver competências práticas e técnicas, familiarizar-se com a forma de trabalhar dos cientistas na condução de uma investigação, ou adquirir consciência reflectida, por experiência própria, de fenómenos naturais, então são sugeridas as actividades que os próprios alunos realizam, respectivamente *Exercícios, Investigações e Experiências*.

Num livro intitulado “Teaching in Laboratories”, Boud, Dunn, & Hegarty-Hazel, (1986) referem, citando Carter e Lee (1981), uma classificação das estratégias de ensino no laboratório, no ensino superior, em três categorias, com base nos objectivos que se propõem atingir e no grau de controlo exercido pelos professores sobre as actividades dos alunos: *Exercícios controlados, Investigações experimentais e Projectos de pesquisa* (QUADRO 2.6). Excluindo a última categoria, que pelas suas características se ajusta mais ao caso específico do ensino superior, pensamos que nas duas primeiras categorias cabem também actividades laboratoriais que são, ou podem ser, desenvolvidas no ensino secundário ou no ensino básico.

Os *Exercícios controlados* são actividades desenhadas pelos professores (ou manuais), caracterizadas por procedimentos experimentais detalhados, que visam desenvolver a competência em *skills manuais* e técnicas fundamentais ou possibilitar o

contacto/experiência concreta de conceitos abstractos⁴⁶ Segundo Boud, Dunn, & Hegarty-Hazel (1986), a ausência de objectivo(s) especificado(s) pode levar o aluno a sentir alguma dificuldade em compreender a razão clara para a sua execução (muitas vezes o aluno lê os procedimentos apenas imediatamente antes) e a fazê-lo “ver esses exercícios como receitas de livro de cozinha”, o que não o impede de a completar e chegar a um resultado, uma vez que lhe são fornecidos em detalhe todos os passos a seguir.

QUADRO 2.6 - Estratégias de ensino no laboratório
(Boud, Dunn, & Hegarty-Hazel, 1986)

Estratégias	Objectivo principal
Exercícios controlados	Desenvolver skills manuais e técnicas fundamentais
Investigações laboratoriais	Desenvolver skills de investigação
Projectos de pesquisa	Possibilitar a integração dos skills anteriores numa actividade coerente; Simular os elementos de uma actividade de pesquisa real

As *Investigações experimentais* são actividades mais longas, normalmente reguladas pelo professor mas incluindo, em graduação variada, elementos de escolha pelo aluno (como o problema a investigar, os procedimentos e métodos de análise de dados), sendo adequada para desenvolver *skills de investigação*, “tais como o uso de literatura, e aspectos de desenho experimental e planeamento” e “possibilitando a prática de aspectos da pesquisa científica”, além de permitir uma alta motivação do aluno (Boud, Dunn, & Hegarty-Hazel, 1986, p. 36).

⁴⁶ “Apesar de as demonstrações bem conduzidas poderem permitir atingir o mesmo objectivo sem a necessidade de ocupar tempo de laboratório valioso” (Boud, Dunn, & Hegarty-Hazel, 1986). Esta afirmação está de acordo com ideia difundida por muitos autores que apenas incluem na expressão “trabalho laboratorial” as actividades realizadas pelos alunos, excluindo portanto as demonstrações feitas pelo professor para toda a classe.

Gott & Duggan (1995), utilizam uma classificação dos tipos de trabalho prático mais comuns em cinco categorias: *Skills*, *Observação*, *Inquérito*, *Ilustração* e *Investigação* (QUADRO 2.7).

As práticas designadas por *Skills* destinam-se a desenvolver, através da prática, competências (“skills”) particulares, como as medições, a selecção, manuseamento e utilização apropriada de instrumentos ou a capacidade de construir gráficos, lineares ou de barras, a partir de dados fornecidos ou gerados pelos próprios alunos (Gott & Duggan, 1995; Duggan & Gott, 1995). Estas actividades permitem a aquisição de competências básicas necessárias para realizar o restante trabalho prático. Como exemplo desta actividade apresentam uma sequência de procedimentos que os alunos devem seguir para a elaboração de uma preparação e sua observação no microscópio óptico.

QUADRO 2.7 - Tipos de trabalho laboratorial (Gott & Duggan, 1995)

Tipo	Objectivo principal
Skills	Adquirir skills particulares básicas
Observação	Dar oportunidade para os alunos usarem a sua ferramenta conceptual relacionando fenómenos com ideias científicas
Inquérito	Descobrir ou adquirir um conceito, lei ou princípio
Ilustração	Comprovar ou verificar um conceito particular, lei ou princípio
Investigação	Dar oportunidade aos alunos para usarem conceitos, processos cognitivos e skills na resolução de um problema

As práticas designadas por *Observação* destinam-se a possibilitar aos alunos a observação e descrição de objectos e fenómenos de uma “maneira científica”, isto é, “*dar oportunidade para que os alunos usem a sua estrutura conceptual para relacionarem objectos reais e fenómenos com ideias científicas e, como consequência, que cheguem a*

questões que constituam a base de posterior discussão ou investigação” (Duggan & Gott, 1995). Trata-se de possibilitar a observação num determinado contexto e dentro de uma estrutura conceptual e processual, factores que se reconhece influenciarem a observação e leitura que cada um faz da realidade.

As actividades designadas de *Inquérito*, conhecidas por actividades de “Inquérito Científico”, são estruturadas de forma a permitir ao aluno “descobrir” por ele mesmo um determinado conceito. A estrutura fechada destas actividades conduz, ou guia, todos os alunos ao mesmo resultado “certo” final.

As práticas *Ilustrativas* destinam-se a demonstrar ou ilustrar um determinado conceito, lei ou princípio já introduzido pelo professor, permitindo ao aluno relacionar a teoria com a realidade e consolidar os seus conhecimentos teóricos. Pode tomar a forma de uma demonstração pelo professor ou de práticas em que são fornecidas instruções detalhadas ou “receitas” que os alunos devem seguir individualmente ou em grupo.

As *Investigações* são um tipo de actividade em que os alunos procuram a resposta a um problema para o qual a solução não é óbvia. Diferem do Inquérito e Ilustração por serem actividades menos controladas e estruturadas, possibilitando caminhos alternativos para a resolução da questão. Na procura da solução para a questão, os alunos necessitam de desenvolver uma investigação que incluirá uma fase de planeamento (escrito, oral ou implícito), uma fase de execução e registo dos resultados e uma fase final de análise dos resultados e de conclusão (Duggan & Gott, 1995), e possível solução para a questão inicial. O grau de envolvimento dos alunos em cada uma destas fases pode variar, originando diferentes sub-tipos de Investigação (por exemplo, a questão pode ser colocada pelo professor ou serem os próprios alunos a sugerirem questões para investigar; os materiais podem ser fornecidos ou serem da escolha do aluno). Segundo

os autores, a principal finalidade das investigações é permitir aos alunos o uso de conceitos, processos cognitivos e *skills* na resolução de um problema.

A classificação nas cinco categorias referidas não significa que elas sejam actividades perfeitamente estanques ou delimitadas, usadas sempre de forma separada, pois as “*actividades práticas podem claramente incluir mais do que um aspecto, como no caso particular dos skills e da observação que estão implícitos em algum grau nos outros tipos*” (Gott & Duggan, 1995, p. 21). No QUADRO 2.8 apresenta-se a mesma classificação destacando-se agora a adequação de cada tipo de trabalho prático ao seu objectivo principal de aprendizagem a diferentes níveis ou categorias do domínio cognitivo da Compreensão Conceptual e Processual.

QUADRO 2.8 – Relação tipos de trabalho prático e domínios cognitivos de aprendizagem ao nível da Compreensão Conceptual e Processual (Gott & Duggan, 1995)

Tipo de trabalho prático	Aprendizagem principal	
	Compreensão Conceptual	Compreensão Processual
Skills		aquisição (de skills)
Observação	aplicação	
Inquérito	aquisição	
Ilustração	consolidação	
Investigação	aplicação	aplicação e síntese

Tal como referido por Woolnough & Allsop (1985), a propósito da classificação que propuseram, também na classificação proposta por Duggan & Gott (1995) e Gott & Duggan, 1995, 1996) cada tipo de actividade serve um propósito ou finalidade diferente, tem o seu papel a desempenhar no ensino das ciências. Será adequado pois esforçarmo-nos por decidir “*para que servem os diferentes tipos de actividade prática e quando, como e porquê devem ser empregues, em vez de os deixar coexistir de forma confusa*”

ou, ainda pior, assumindo que o último tipo veio para competir e suplantar ou ser suplantado pelos outros tipos” (Gott & Duggan, 1995, p. 24).

A comparação de duas das classificações acima descritas permite-nos concluir que Gott e Duggan, ao contrário de Brian Woolnough e Terry Allsop, consideram que a principal finalidade de alguns dos tipos de trabalho prático sugeridos está associada à aquisição, consolidação e aplicação dos conceitos teóricos (Compreensão Conceptual). Esta diferença fica menos acentuada se juntarmos aos três tipos sugeridos por Brian Woolnough e Terry Allsop a *Demonstração*, tipo de actividade incluída na *Ilustração* por Gott e Duggan.

Nas diversas classificações acima apresentadas são consideradas categorias ou tipos de acordo com um critério principal: as aprendizagens (objectivos) que se julga poderem proporcionar mais eficazmente com esse tipo particular de actividade. Um outro critério será a forma como as actividades são desenvolvidas. Julgamos poder dizer que as classificações, com base nesses critérios, reflectem as opiniões dos seus autores, opiniões a que não serão alheias a sua experiência, análise da prática lectiva e o resultado de investigações sobre os efeitos de diferentes práticas nas aprendizagens dos alunos.

Outras classificações são sugeridas (Caamaño, 1993, citado em Grau, 1994; Wellington, 1994c; Kirschner, 1992; Woolnough, 1994)⁴⁷ mas julgamos que as apresentadas são suficientes para concluirmos que os diversos tipos de trabalho laboratorial não se excluem, não há um tipo melhor que o outro, cada um visa ou é mais adequado para determinada(s) aprendizagem(s). A escolha da actividade a utilizar deverá pois ter em conta as aprendizagens que desejamos os alunos alcancem.

⁴⁷ Sobre a variedade e caracterização das actividades laboratoriais ver Millar, Le Maréchal & Tiberghien (1998).

2.6. Conclusão

O papel atribuído ao trabalho laboratorial no ensino das ciências tem acompanhado a evolução das ideias sobre a Ciência e sobre os objectivos do seu ensino-aprendizagem. Contudo, no presente, como no passado, parece ser consensual a importância dada à utilização das actividades práticas, experimentais ou laboratoriais no ensino das ciências.

A utilização genérica da expressão *trabalho laboratorial* ou outras usadas como sinónimo – *trabalho prático*, *actividade experimental* – esconde uma grande variedade de abordagens, tipos ou estratégias de utilização do laboratório no ensino das ciências. Este facto pode explicar as diferentes opiniões, de investigadores, professores e alunos, no que respeita às razões, ou objectivos, para a realização de trabalho laboratorial. Por outro lado, explica também os resultados pouco conclusivos, ou contraditórios, da investigação educacional em que se compara a eficácia do *trabalho laboratorial* no ensino das ciências com outras metodologias de ensino, ou em que se comparam diferentes abordagens de *trabalho laboratorial*, sem precisar claramente as estratégias, táticas ou outros aspectos instrucionais envolvidos.

A efectividade do trabalho laboratorial na aprendizagem do conhecimento substantivo (conteúdo conceptual) da ciência, do conhecimento sintáctico (conteúdo processual) da ciência, na compreensão da natureza da ciência, ou no desenvolvimento de atitudes favoráveis em relação à ciência, depende da forma como o usamos. Uma miríade de factores influencia, por sua vez, a forma como usamos o trabalho laboratorial e, entre eles, estão os nossos, dos professores, pontos de vista - explícitos ou tácitos – sobre a ciência (sobre o que é importante ensinar, sobre a natureza desse conhecimento)

e sobre a aprendizagem (ideias sobre a forma como os alunos aprendem) (Millar, Le Maréchal & Tiberghien, 1998).

Aqueles pontos de vista influenciam não só os objectivos (de conteúdo, de processo ou afectivos) de aprendizagem que definimos, mas também as características e detalhes do trabalho laboratorial que escolhemos, ou deveríamos escolher, em função desses objectivos. As características e detalhes da tarefa determinarão a actividade - mecânica e/ou intelectual - dos alunos, e essa actividade repercutir-se-á nas suas aprendizagens. Estas ideias, que apresentamos como conclusão, são propostas por Millar, Le Maréchal & Tiberghien (1998) como parte de um modelo simples das fases do processo envolvido no desenho e avaliação de tarefas laboratoriais, e como ponto de partida para a construção de um “mapa” de caracterização das actividades ou tarefas laboratoriais. Neste “mapa”, os trabalhos laboratoriais são caracterizados com base nos objectivos de aprendizagem pretendidos e nas características e detalhes das tarefas. O “mapa” resume muitos dos aspectos utilizados para diferenciar *tipos de trabalho laboratorial*, abordados na secção 2.5, e pode servir como ponto de partida para uma reflexão sobre a diversidade envolvida sob a designação genérica de *trabalho laboratorial*.

Ainda no mesmo mapa, uma das sub-dimensões utilizadas, ao nível das características de desenho do trabalho laboratorial, é o *grau de abertura* das actividades, sub-dimensão que indica o grau em que os diversos aspectos da tarefa laboratorial (definição do problema, equipamento a ser usado, procedimentos a seguir, métodos de recolha dos dados e interpretação dos resultados) são especificados pelos alunos, pelo professor, ou por ambos. Um grau de abertura mais elevado, mais aspectos especificados pelos alunos, constitui uma das características das estratégias de utilização do laboratório ditas *investigativas*.

Sem deixar de reconhecer o valor educativo de outras estratégias ou tipos de trabalhos laboratoriais (demonstração, ilustração, exercícios de desenvolvimento de competências técnicas, etc.), vários autores preconizam o recurso a actividades de natureza investigativa, reconhecendo o seu valor a vários níveis da educação em ciência. Como actividades holísticas, que integram diversos elementos característicos da actividade científica, as estratégias investigativas possibilitam a síntese e aplicação interligada de conhecimentos conceptuais e processuais e de competências cognitivas e técnicas, facilitando assim a aprendizagem dos *conteúdos* e dos *processos*, favorecendo a compreensão sobre a natureza da ciência e, também, gerando interesse e motivação nos alunos.

Não devemos confundir actividade *investigativa* com *descoberta autónoma*. Tal como na investigação real, as interacções sociais do *aluno-investigador*, com os seus *colegas-investigadores*, entre *grupos-investigadores*, e destes com o *professor-perito* desempenham um papel fundamental. O professor deve pois ser um orientador que põe as sugestões procedimentais dos alunos e os seus resultados e conclusões em confronto com as perspectivas da ciência, que conhece e representa no contexto da discussão. Como perito mais competente, o professor evita também bloqueamentos resultantes das dificuldades sentidas pelos alunos em determinada tarefa. Esta postura do professor, no quadro destas actividades, integra a noção vigotskiana de *zona de desenvolvimento próximo* (Gil-Pérez, 1993; Neto, 1996b).

Tendo em vista a utilização desta estratégia pelos professores, não queremos deixar de referir que para implementar este tipo de actividades nas nossas aulas podemos recorrer a sugestões diversas, fruto da experiência já existente noutros países. Diversos autores (ex: Gott & Duggan, 1995; Watson & Fairbrother, 1993; Hackling & Fairbrother, 1996), apresentam exemplos de actividades investigativas, sugerem

metodologias e táticas a usar pelos professores durante as aulas, analisam os factores e as dificuldades susceptíveis de influenciar a performance dos alunos durante a investigação e sugerem formas de avaliar os alunos.

Capítulo 3

METODOLOGIA

Neste capítulo apresentamos e procuramos justificar a metodologia que foi seguida neste estudo. Referimo-nos a algumas condicionantes e limitações das opções metodológicas que fizemos (secção 3.1), descrevemos o estudo (3.2), caracterizamos os grupos de alunos que constituíram as amostras do estudo (3.3), definimos e descrevemos como operacionalizámos a variável independente - estratégia de ensino (3.4), descrevemos como foram elaborados e validados os instrumentos utilizados para medir as aprendizagens (3.5) e como foram tratados os dados obtidos (3.6).

3.1. Opções Metodológicas

A investigação, como um dos meios de que o homem se serve para entender a natureza dos fenómenos que se apresentam aos seus sentidos, é, na definição de Mouly (1978, citado em Cohen & Manion, 1990), *“o processo de chegar a soluções fiáveis para os problemas através da obtenção, análise e interpretação planificadas e sistemáticas dos dados”* (Cohen & Manion, 1990, p. 73).

Devido à complexidade que envolve o objecto de estudo das ciências da educação, a escolha da metodologia (métodos - técnicas e procedimentos a utilizar) para a realização de uma investigação constitui um importante momento de decisão a tomar pelo investigador (Neto, 1996a).

Segundo Neto (1996a) e Cohen & Manion (1990), as opções metodológicas são condicionadas pelos modos distintos (objectivo ou subjectivo) de observar e interpretar a realidade social, modos esses baseados em supostos dicotómicos de ordem ontológica (Realismo / Nominalismo), epistemológica (Positivismo / Antipositivismo) e sobre a natureza humana (Determinismo / Voluntarismo). Esses modos opostos de ver a realidade conduzem a “*formas metodológicas diversas de abordar a investigação*” (Neto, 1996a), a perspectivas de investigação diferentes: de um lado, os métodos ditos quantitativos (confirmativos, de verificação de hipóteses ou preditivos); do outro, os qualitativos (explorativos, geradores de hipóteses, descritivos ou interpretativos) (Fenstermacher, 1989).

A este antagonismo metodológico têm sucedido apoios a uma perspectiva de complementaridade entre os paradigmas quantitativo e qualitativo (Neto, 1996a).

Pensamos poder supor que da aplicação de uma determinada estratégia de ensino (processo) resultarão efeito(s) em termos de aprendizagem (produto). Tendo em conta objectivos educacionais previamente traçados, pretendemos averiguar se existe diferença significativa entre os efeitos associados a cada uma de duas estratégias em comparação, isto é, se algum das estratégias se revela significativamente mais eficaz que a outra no que respeita à aprendizagem dos alunos, na unidade de ensino e disciplina envolvidas.

Este objectivo principal conduziu-nos a um modelo de investigação de tipo experimental (técnica incluída nos métodos quantitativos segundo Fenstermacher, 1989): aplicar as duas estratégias (dois níveis ou modificações da variável independente) a dois grupos de alunos e analisar/comparar os seus efeitos na aprendizagem (variáveis dependentes) dos alunos dos dois grupos. Nas palavras de Hayman (1984), “*quando se*

trata de causa e efeito (...) o método experimental é habitualmente o mais adequado” (p. 136).

Em situação ideal, os dois grupos de alunos aos quais seria aplicada uma intervenção (estratégia) diferente deveriam ser equivalentes, isto é, deveriam ser semelhantes naquelas variáveis que se julga poderem influenciar a variável dependente e confundirem-se ou adicionarem-se ao(s) efeito(s) da intervenção, estratégia de ensino.

A equivalência entre os grupos poderia ser conseguida por formação de pares equivalentes e distribuição aleatória dos elementos de cada par pelos grupos, ou usando um número elevado de alunos associado a uma distribuição aleatória pelos grupos, sendo que, quanto maior a amostra, maior a tendência para aumentar a equivalência entre os grupos. Esta equivalência ideal permitiria obter um grande controlo interno da experiência.

Por limitações de tempo e também por razões que a seguir se sintetizam, optámos por utilizar grupos (turmas) já constituídos, para o ano lectivo 97/98, e apenas aqueles pertencentes à escola onde lecciona o mestrando. Foram inicialmente escolhidas quatro turmas, duas das que haviam sido distribuídas ao mestrando e duas que haviam sido distribuídas a um outro docente que se havia disponibilizado a participar. Condicionantes diversas levaram-nos a ter que tomar a decisão de apenas incluir no estudo as duas turmas do mestrando⁴⁸. Destas opções e limitações resultou: por um lado, a utilização de grupos (turmas) de alunos já constituídos, de acordo com os critérios usados na elaboração de turmas da escola, sem formação de pares semelhantes ou sem ter havido uma selecção aleatória dos alunos pelos grupos, resultando pois grupos sem equivalência previamente definida; por outro lado, a limitação do estudo a

⁴⁸ Entre outras razões, principalmente porque aquando da aplicação dos questionários o docente participante notou entre os alunos alguma instabilidade e pouco empenhamento, instabilidade que se deveu talvez ao facto de a seguir a essa aula os alunos irem participar em campeonato desportivo.

duas amostras relativamente pequenas, duas turmas. Assim, não sendo os dois grupos equivalentes, ou diminuída a probabilidade de o serem num grande número de variáveis intervenientes, o controlo experimental poderá ser apenas parcial.

A utilização de grupos (turmas) de alunos já formados apresenta algumas vantagens: a investigação é mais facilmente aceite pela gestão da escola e pelos participantes (alunos e professores), uma vez que não implica qualquer mudança a nível de organização de turmas ou horários; possibilita trabalhar em ambiente real de sala de aula; evita a morosidade na formação de grupos por pares semelhantes, em que, de qualquer modo, poderiam persistir diferenças em outras variáveis não consideradas para a formação dos pares; evita-se a possível influência de uma outra variável susceptível de influenciar os resultados quando se utilizam grupos propositadamente formados, a *reação dos alunos* por saberem estar a ser objecto de uma investigação. Por outro lado, pensamos poder associar algum carácter aleatório na formação das turmas no início do ano lectivo, isto é, os alunos são colocados nas turmas em função das suas opções em termos de área de estudos e de algumas disciplinas, tendo em conta, em alguns anos lectivos, a continuidade da turma do ano lectivo anterior e, eventualmente, indicando preferência por turno por motivos de transporte ou outros.

A utilização de um número maior de turmas, além da maior equivalência entre os grupos, traria também como consequência a participação de um maior número de docentes, o que poderia representar um enriquecimento deste trabalho sob o ponto de vista de eventuais implicações nas práticas lectivas, por obrigar à reflexão conjunta, à formação e coordenação entre os vários professores participantes. Limitações de tempo levaram-nos a prever inicialmente apenas a participação de mais um docente e respectivas turmas. Apesar do seu envolvimento em todo o processo de planificação para a intervenção na sala de aula, além de outros momentos de discussão, fomos

levados, como já referido, a incluir no estudo apenas as turmas do mestrando. Ainda que a envolvimento de apenas um docente, para efeitos de comparação dos grupos de alunos, tenha resultado das limitações de tempo e circunstâncias apontadas, julgamos ser de referir que, por outro lado, a participação de mais que um professor poderia também introduzir outra(s) variável(eis), agora associadas à pessoa *do professor*. Este compromisso, quanto ao tamanho da amostra, pode no entanto ter implicado, além da diminuição da probabilidade de equivalência entre os grupos, uma diminuição da precisão dos resultados ou da possibilidade de se detectarem pequenas diferenças nos efeitos eventualmente surgidos nos grupos – erro tipo *II* (Hayman, 1984).

Tendo em consideração o anteriormente exposto, adoptou-se um plano *quasi-experimental* com grupo de controlo não equivalente, submetendo o grupo experimental e o de controlo a um pré-teste e um pós-teste (Cohen & Manion, 1990).

Tendo consciência da possibilidade de existirem outras variáveis susceptíveis de influenciar o desempenho dos alunos, as possíveis diferenças entre os grupos foram estatisticamente exploradas nas variáveis sexo, idade, média das classificações finais obtidas nas disciplinas de CTV e TLB-bloco I do 10 ° ano de escolaridade, habilitações académicas e profissões dos pais, procurando verificar a existência de diferenças significativas entre os grupos em algumas das variáveis que julgamos susceptíveis de poderem influenciar os valores das variáveis dependentes medidas no pós-teste, o que impossibilitaria assim considerar o tipo de estratégia utilizada (intervenção) como o factor determinante nas possíveis diferenças encontradas no pós-teste.

A análise de covariância permitiu ajustar os valores das variáveis dependentes obtidos no pós-teste tendo em conta as diferenças observadas entre os grupos no pré-teste, substituindo assim a necessidade de distribuição aleatória dos alunos pelos grupos de acordo com as médias do pré-teste.

Apesar do controlo parcial, estas opções, em termos de desenho e procedimentos, permitem-nos pensar na existência de alguma validade interna, uma vez verificada alguma semelhança entre os grupos (nas variáveis acima referidas), ajustados os valores obtidos no pós-teste tendo em conta as diferenças nas mesmas variáveis medidas no pré-teste (que permitiu também comparar os grupos a nível afectivo, como na motivação e interesse) e uma vez que os dois grupos estarão sujeitos a influências semelhantes no que respeita a factores como efeitos da aplicação dos pré-testes, variação da instrumentação, “estilo” de ensino do professor e tempo de duração da intervenção.

Apesar da relativa impossibilidade de generalizar os resultados a outros contextos, dado o tamanho relativamente reduzido das amostras e o facto de os alunos não terem sido seleccionados ao acaso, existem algumas condições do estudo que poderão favorecer a sua validade externa, a intervenção e utilização de grupos de alunos em situação real de sala de aula. Como diz Hayman (1984, p.16), *“muitos investigadores parecem ter chegado à conclusão de que o realismo que resulta da situação vital autêntica, o trabalho com pessoas que actuam verdadeiramente nas suas actividades diárias, compensa”* o sacrifício de parte do controlo.

Por forma a complementar a abordagem de índole predominantemente quantitativa, decidimos utilizar uma outra de cariz qualitativo, concretizada na realização de uma entrevista estruturada, conduzida a alguns alunos da amostra, cuja análise poderá permitir aprofundar e obter dados que escaparam aos outros instrumentos usados para o estudo quantitativo.

3.2. Desenho e Descrição do Estudo

Para concretização deste estudo foi seguido um desenho de investigação *quasi-experimental* com grupo de controlo não equivalente, com pré-teste e pós-teste aplicados aos grupos experimental e de controlo (Tuckman, 1978; Jesuíno, 1986; Cohen & Manion, 1990). A Figura 3.1 ilustra o desenho ou delineamento da investigação.

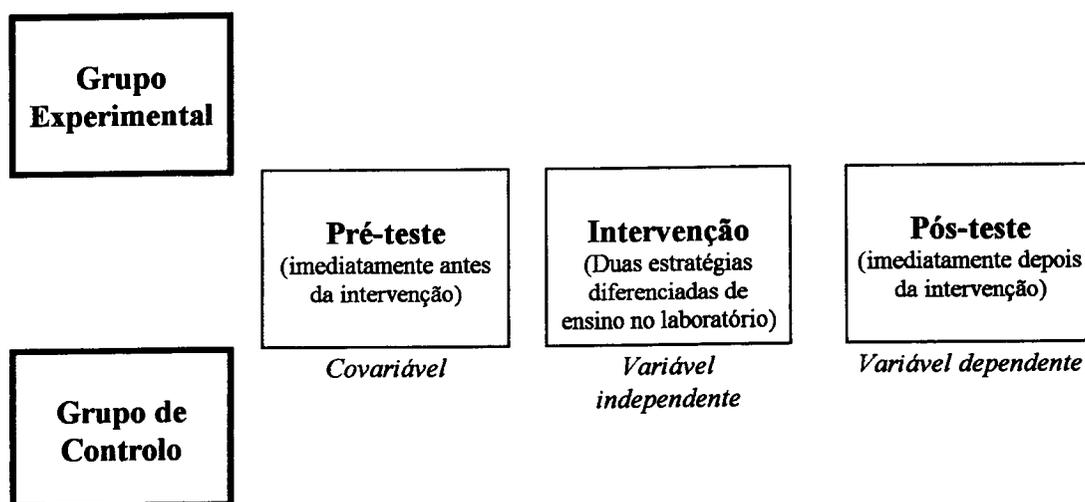


Figura 3.1 - Desenho do estudo realizado (adaptado de Killemann, 1996)

Dois grupos de alunos foram sujeitos a uma intervenção (execução de aulas laboratoriais previamente planificadas) diferente: na turma do grupo experimental, de escolha aleatória, foi utilizada uma estratégia investigativa, enquanto na turma do grupo de controlo foi utilizada uma estratégia ilustrativa (a mais frequentemente ou habitualmente usada e presente nos manuais escolares). A intervenção funcionou pois como variável independente, sendo as duas estratégias as modificações “manipuladas” dessa variável.

Os possíveis efeitos, variáveis dependentes, das duas estratégias em comparação foram avaliados nos domínios cognitivo e afectivo, através de dois instrumentos, ambos aplicados imediatamente antes (pré-teste) e depois da intervenção (pós-teste).

Os aspectos avaliados foram operacionalizados da forma que indicamos no QUADRO 3.1. A prova de avaliação de conhecimentos procurou avaliar separadamente dois aspectos diferentes do domínio cognitivo: a) a Compreensão de conceitos substantivos, associados ao “conteúdo” do tema de ensino utilizado - *Compreensão Conceptual*; b) a Compreensão (e Aplicação) de conceitos associados a processos usados em ciência e também no trabalho experimental - *Compreensão Processual*. O questionário de atitudes procurou avaliar as *Atitudes dos alunos em relação à Biologia e sua aprendizagem*, ao nível das dimensões *Interesse pela Biologia - IB, Valor da Biologia na sociedade-VB, Motivação na Aprendizagem - MA, Motivação no Trabalho Laboratorial - TL e Juízo do aluno sobre a sua capacidade na aprendizagem - J*, ou ao nível do conjunto dessas dimensões - AT.

QUADRO 3.1 - Possíveis efeitos das duas estratégias, avaliados no pré-teste e pós-teste

Efeitos avaliados		Instrumentos (pré-teste e pós-teste)	Variáveis dependentes (designação)
Domínio	Aspectos / Nível		
Cognitivo	1. <i>Compreensão Conceptual</i>	Prova de Avaliação de Conhecimentos (Anexos 1 e 2)	CC
	2. <i>Compreensão Processual</i>		CP
Afectivo	3. <i>Atitudes em relação à Biologia e à sua aprendizagem</i>	Questionário de Atitudes (Anexo 3)	AT (IB;VB;MA;TL;J)

O tema de ensino objecto da intervenção, *Factores Condicionantes da Germinação das Sementes*, faz parte da unidade de ensino *Estrutura e Crescimento nas Plantas Superiores*, do programa da disciplina de Técnicas Laboratoriais de Biologia – bloco II

(TLB-II), disciplina de opção da formação técnica dos Cursos Secundários Predominantemente Orientados para o Prosseguimento de Estudos (CSPOPE), a qual obriga à frequência prévia do bloco-I. A escolha do tema foi determinada por duas ordens de razões: 1º) por nos parecer ser um tema que se adequava à utilização de qualquer das duas estratégias que se pretendiam comparar e também porque o programa oficial da disciplina explicita claramente, em relação a este tema, ainda que também a outros, objectivos e sugestões de estratégias de carácter investigativo; 2º) por ser um tema que, sem implicar alterações da sequência do programa da disciplina e planificação de ensino, seria leccionado num momento que se ajustava às limitações de tempo para conclusão do trabalho de dissertação.

Para o tema didáctico escolhido foi elaborada uma planificação contendo os seguintes elementos: tabela de especificação de conteúdos, objectivos e aprendizagens prévias (Anexo 4); descrição estruturada de cada uma das estratégias a seguir, aplicadas ao tema didáctico, e materiais a usar pelos alunos (Anexos 5, 6 e 7). Quer a tabela de especificação de conteúdos, objectivos e aprendizagens prévias, quer a descrição aplicada das estratégias, foram objecto de análise e revisão por dois Professores Doutorados na área do ensino das ciências e por dois docentes com larga experiência no ensino da Biologia no ensino secundário. Os materiais a utilizar pelos alunos foram também sujeitos a análise crítica por um dos referidos docentes do ensino secundário.

A intervenção decorreu no ano lectivo de 1997/98, na Escola Secundária Nuno Álvares, de Castelo Branco, tendo sido iniciada no final do 1º período lectivo, na 2ª e 3ª semanas de Dezembro, e concluída durante a 1ª quinzena do mês de Fevereiro. Dada a natureza diferenciada das estratégias utilizadas, não foi possível evitar, por o não quisermos forçar artificialmente, um maior prolongamento no tempo da estratégia

investigativa, mais três horas lectivas, 6 semanas e meia em vez das 5 semanas e meia utilizadas na estratégia ilustrativa.

Os alunos sujeitos à intervenção eram alunos do 11º de escolaridade, do 1º agrupamento (Científico-Natural) dos CSPOPE, pertencentes a duas turmas com horários lectivos muito semelhantes.

De referir que, tal com previsto nas disciplinas da formação técnica, como a disciplina de TLB-II, com carga horária semanal de 3 horas, os alunos de cada turma estavam divididos em dois turnos. Assim, cada estratégia de ensino foi aplicada separadamente a dois subgrupos, o 1º e 2º turno de cada turma, resultando dois subgrupos sujeitos à estratégia investigativa e dois sujeitos à ilustrativa. Esta divisão em turnos, associada à necessidade de concluir os temas programáticos anteriores ao da intervenção, sempre com alguma diferença de tempo, torna compreensível o facto de o início e termo da intervenção não ter sido coincidente nos vários turnos e, conseqüentemente, nas duas turmas, e também o facto de a duração efectiva da intervenção ter variado mesmo dentro dos alunos da mesma turma, sujeitos à mesma estratégia.

Durante a intervenção esteve apenas envolvido um professor, o mestrando, leccionando em turmas que lhe haviam sido distribuídas. A formação académica do docente é a licenciatura em Biologia-Ramo Educacional, concluída em 83/84, sendo a sua experiência de ensino, no 3º ciclo do Ensino Básico e no Ensino Secundário, de 14 anos. Nos últimos anos tem vindo a leccionar as disciplinas da formação técnica, TLB - - blocos I, II e III.

Para além dos dois instrumentos referidos anteriormente (Prova de Avaliação de Conhecimentos e Questionário de atitudes) foram ainda obtidos elementos de natureza qualitativa, através da condução de uma entrevista semi-estruturada (Anexo 8). A

entrevista foi feita no final da intervenção a quatro alunos de cada grupo e procurou recolher os seguintes elementos complementares de análise:

- 1- Elementos que permitam complementar os dados recolhidos no estudo quantitativo (influência das estratégias na aprendizagem cognitiva e no desenvolvimento de atitudes);
- 2- Opiniões dos alunos sobre as estratégias seguidas, os temas/conteúdos tratados e as actividades desenvolvidas (preferências, interesse, utilidade, empenho, dificuldades, etc.);
- 3- Elementos sobre experiências dos alunos (ambiente familiar, ambiente escolar, grupo de amigos, confiança em si próprio) que possam estar associadas com o desenvolvimento de atitudes em relação à ciência em geral e à biologia em particular.

Foi ainda aplicado um pequeno questionário (Anexo 9) a todos os alunos, no final da intervenção, após a aplicação do pós-teste e antes da entrevista, com a finalidade de obter informação que nos permitisse estar mais seguros de que as duas estratégias foram de facto sentidas como diferentes pelos dois grupos. Esta preocupação surgiu por recearmos que, sendo o mesmo professor, e apesar do cuidado na descrição das duas estratégias, pudessem resultar práticas efectivas de ensino muito semelhantes, como resultado de hábitos ou estilos de ensino criados.

Os diversos testes estatísticos aplicados neste estudo foram realizados através do programa de estatística SPSS (Statistical Package for Social Sciences).

Os passos seguidos na metodologia deste estudo podem ser resumidos como a seguir se indica:

- 1-Seleccção das amostras de uma população de estudantes, utilizando grupos (turmas) já previamente formados. Um grupo constituiu o grupo experimental, o outro o grupo de controlo;
- 2-Escolha aleatória entre as duas estratégias de ensino a aplicar a cada um dos dois grupos previamente definidos;
- 3-Aplicação dos pré-testes aos dois grupos para medição da *Compreensão Conceptual, Compreensão Processual e Atitudes*, antes de sujeitar os dois grupos à intervenção;
- 4-Intervenção - Aplicação das duas estratégias de ensino diferenciadas, uma em cada grupo, na leccionação do tema de ensino *Factores Condicionantes da Germinação das Sementes*, previamente planificado;
- 5-Aplicação dos pós-testes em cada grupo para medição das mesmas variáveis avaliadas nos pré-testes;
- 6-Aplicação de um questionário em que os alunos avaliam a estratégia de actividade laboratorial a que estiveram sujeitos;
- 7-Entrevista a 4 alunos de cada turma (dois de cada turno de aula e de cada sexo);
- 8-Análise quantitativa dos resultados obtidos nos pré e pós-testes:
 - Comparação entre as diferenças encontradas nos dois grupos para determinar se da intervenção (estratégias de ensino diferenciadas) resultaram diferenças significativas nas variáveis medidas;
 - Aplicação de procedimentos estatísticos que permitam averiguar se a(s) diferença(s) encontradas são significativas.
- 9-Análise qualitativa das entrevistas e outros registos;
- 10-Análise e discussão dos resultados e conclusões do estudo.

3.3. As Amostras

Para a realização deste estudo foram utilizadas duas turmas de alunos do 11º ano de escolaridade, a frequentar o 1º agrupamento (Científico-Natural) dos Cursos Secundários Predominantemente Orientados para o Prosseguimento de Estudos (CSPOPE) na Escola Secundária Nuno Álvares, da cidade de Castelo Branco. Ambas as turmas haviam sido distribuídas no horário de serviço lectivo para 97/98 ao docente que realizou este estudo, factor determinante na selecção destas turmas. Todos os alunos, com excepção de uma aluna do grupo experimental e de um aluno no grupo de controlo, frequentavam pela primeira vez o 11º ano de escolaridade.

O número de alunos pertencentes às duas turmas sujeitas à intervenção perfaziam um total de 41, sendo 19 do grupo experimental e 22 do grupo de controlo. Na disciplina onde se realizou a intervenção os alunos estavam divididos em dois turnos fixos durante toda a carga horária semanal, por forma a permitir a realização de actividade laboratorial. Assim, os 19 alunos do grupo experimental estavam divididos em dois turnos, um com 9 (2 rapazes e 7 raparigas) e outro com 10 alunos (3 rapazes e 7 raparigas). Na turma de controlo, um dos turnos era formado por 9 alunos (5 rapazes e 4 raparigas), enquanto o outro era formado por 13 alunos (5 rapazes e 8 raparigas).

A distribuição dos alunos por idades e sexo, nos dois grupos, é apresentada no QUADRO 3.2. Os dois grupos eram constituídos por uma maioria de indivíduos do sexo feminino (73,3% no grupo experimental e 54,5% no grupo de controlo). No grupo experimental, a idade dos alunos distribuía-se entre os 15 e os 17 anos, sendo que todos os alunos do sexo masculino tinham 16 anos e apenas uma aluna tinha 17 anos. No grupo de controlo, a idade variava entre os 15 e os 18 anos, havendo só dois alunos com

mais de 16 anos de idade, ambos do sexo masculino. A idade mais frequente (moda), nos dois grupos e para ambos os sexos em cada grupo, era de 16 anos, sendo a frequência dos alunos com 16 anos de 78,9 % no grupo experimental e de 63,3% no grupo de controlo.

QUADRO 3.2 - Distribuição dos alunos por idade e sexo

Grupo	Experimental (N=19) (Estratégia Investigativa)				Controlo (N=22) (Estratégia Ilustrativa)			
	Sexo		Total		Sexo		Total	
Idade	M	F	N	%	M	F	N	%
15		3	3	15,8	2	4	6	27,3
16	5	10	15	78,9	6	8	14	63,3
17		1	1	5,3	1		1	4,5
18					1		1	4,5
Total	5 (26,3%)	14 (73,7%)	19	100	10 (45,5%)	12 (54,5%)	22	100
Média idades:				15,9				15,9
(desvio padrão)				(0,46)				(0,71)

A análise do quadro permite verificar ainda que os dois grupos apresentavam a mesma média das idades, 15,9 nos dois grupos. Os dados permitem também calcular a média de idades por sexo em cada grupo, sendo esses valores para os sexos masculino e feminino, respectivamente de 16 e 15,9 anos no grupo experimental e de 16,1 e 15,7 anos no grupo de controlo.

O QUADRO 3.3 permite comparar os dois grupos no que respeita ao aproveitamento escolar nas disciplinas afins da envolvida no estudo. Para tal é utilizada a média aritmética dos resultados obtidos nas classificações finais do 10º ano nas disciplinas de Ciências da Terra e da Vida (CTV) e de Técnicas Laboratoriais de Biologia – bloco I (TLB-I).

A análise do quadro permite verificar que, nos dois grupos, mais de 50 % dos alunos tinham média superior a 14 /15 valores, 73,8% no grupo experimental e 72,6% no grupo de controlo. No grupo de controlo havia no entanto um maior número e percentagem de alunos com média superior a 17 valores do que no grupo experimental.

QUADRO 3.3 - Distribuição dos alunos de acordo com o rendimento escolar

Rendimento (média das classificações nas disciplinas de CTV e TLB-I do 10º ano)	Grupo experimental (N=19) (Estrat. Investigativa)		Grupo de controlo (N=22) (Estrat. Ilustrativa)	
	N	%	N	%
9			1	4,6
10 a 11	2	10,5	1	4,6
12 a 13	3	15,8	4	18,2
14 a 15	5	26,4	1	4,6
16 a 17	8	42,1	10	45,4
18 a 19	1	5,3	5	22,7
Média (desvio padrão)	15 (2,13)		15,5 (2,61)	

Nos dois grupos, as médias mais frequentemente obtidas situavam-se nos 16/17 valores, 42,1 % dos alunos do primeiro grupo e 45,4% do grupo de controlo. A frequência dos alunos com médias de valor igual ou inferior a 13 valores era de 26,3% no grupo experimental e de 27,4% no grupo de controlo. A média total era de 15 e 15,5 valores, respectivamente para o grupo experimental e de controlo.

Por forma a caracterizar a amostra em função das condições sócio-económicas e culturais dos alunos, valemo-nos apenas de um indicador relacionado com as habilitações académicas do pai e da mãe. Apesar de conscientes de que estes indicadores não são suficientes para aquela caracterização, as limitações de tempo não nos permitiram mais do que recolher aqueles que, de entre os disponíveis e de acesso relativamente fácil, nos

pareceram ser mais fiéis e poderem dar uma indicação, ainda que limitada, das condições sócio-económicas e culturais dos alunos.

O QUADRO 3.4 permite comparar os dois grupos no que respeita a estes indicadores. Para os níveis de habilitação académica usámos uma escala simples, habitualmente presente em fichas de caracterização facultadas aos Directores de Turma.

QUADRO 3.4 - Distribuição dos alunos por habilitações académicas dos pais

Níveis de habilitação académica (*)	Grupo experimental (N=19) (Estrat. Investigativa)				Grupo de controlo (N=22) (Estrat. Ilustrativa)			
	pai		mãe		pai		mãe	
	N	%	N	%	N	%	N	%
1	3	15,8	1	5,3	4	18,2	3	13,6
2	2	10,5	3	15,8	2	9,1	2	9,1
3	5	26,3	3	15,8	2	9,1	2	9,1
4	2	10,5	7	36,8	2	9,1	3	13,6
5	1	5,3			3	13,6	7	31,8
6	3	15,8	2	10,5	5	22,7	3	13,6
Sem dados	3	15,8	3	15,8	4	18,2	2	9,1

(*) 1- 4ª classe / 1ºciclo EB; 2- 2ºano ciclo Prep./ 6º ano escolaridade; 3-antigo 5º ano / 9º ano escolaridade; 4- Ensino Secundário / 12º ano escolaridade; 5- Bacharelato ou equivalente; 6- Licenciatura

Apesar dos casos omissos, em número idêntico nos dois grupos, verifica-se, pelos dados disponíveis, que no grupo de controlo a frequência de habilitações de nível 5 e 6, do pai (36,3%) e da mãe (45,4%) é superior à verificada no grupo experimental, (respectivamente de 21,1% e 10,5%). As habilitações de nível 3 ou inferior apresenta valores próximos nos dois grupos quando comparamos as mães (36,8% no grupo experimental e 31,8% no grupo de controlo), mas valores bastante diferentes quando comparamos os pais (52,6% no grupo experimental e 36,4% no outro grupo).

Apesar das semelhanças e diferenças apontadas na caracterização que acabámos de fazer, as várias variáveis utilizadas nessa caracterização foram tratadas com o objectivo de verificar se existem entre os grupos diferenças estatisticamente significativas entre as mesmas, fixado o valor do nível de significância (p) em 0,05 ou 5% ($p \leq 0,05$).

QUADRO 3.5 - Caracterização dos grupos - Testes à hipótese estatística da inexistência de diferença entre os grupos

Aspecto/variável	Teste		Significância (p)	Interpretação Decisão
Idade	t	$t = 0,16$ $gl = 39$	0,871(*)	E = C
Sexo	Qui-quadrado (Pearson)	$\chi^2 = 1,61$ $gl = 1$	0,205(*)	E = C
Rendimento escolar	t	$t = - 0,72$ $gl=39$	0,473(*)	E = C
Habilitação do pai	Mann-Whitney	$U = 127$ $W = 263$	0,551(*)	E = C
Habilitação da mãe	Mann-Whitney	$U = 128$ $W = 264$	0,299(*)	E = C

(*) Diferença entre os grupos não significativa ($p > 0,05$); E – grupo Experimental; C – grupo de Controlo; gl – graus de liberdade; E = C – Grupos estatisticamente equivalentes

O QUADRO 3.5 resume os testes estatísticos efectuados para cada variável e os respectivos níveis de significância (p). A escolha dos testes teve em conta o facto de se tratar de grupos não relacionados e a natureza da variável (Bryman & Cramer, 1993): para as variáveis que considerámos nominais utilizámos o qui-quadrado, para as variáveis cujo nível de medida considerámos ordinal utilizámos o teste de Mann-Whitney, para as variáveis consideradas intervalares utilizámos o teste t . Basicamente, os testes efectuados testam a hipótese estatística da inexistência de diferença entre os grupos (hipótese nula)⁴⁹. Quando o valor de p é igual ou inferior a 0,05 rejeita-se essa hipótese, isto é, considera-se que há diferenças estatisticamente significativas. Quando o valor de

⁴⁹ O nível de significância representa a probabilidade (ou o risco) de se incorrer num erro tipo I, isto é, de rejeitar a hipótese nula (H_0) quando esta hipótese é, de facto, verdadeira (Guimarães & Cabral, 1997).

p é superior a 0,05, não se pode rejeitar aquela hipótese, isto é, considera-se que não há diferenças significativas entre os grupos, nas variáveis testadas, para o nível de significância escolhido (0,05).

Os teste estatísticos efectuados permitem concluir que não existem diferenças estatisticamente significativas ($p > 0,05$) entre o grupo experimental e de controlo nas variáveis idade e sexo, bem como nas variáveis rendimento escolar e habilitações do pai e da mãe, tal como foram “medidas” para este estudo.

3.4. Definição Conceptual e Operacionalização da Variável Independente

Referimo-nos nesta secção apenas à variável independente (explicativa ou predictiva), uma vez que a definição conceptual das variáveis dependentes (ou critério) é feita no capítulo 2 (Revisão da Literatura) e na secção 3.5 deste capítulo onde se trata dos instrumentos utilizados para as medir.

Recordemos que, no nosso estudo, um grupo de alunos (grupo experimental) foi sujeito a uma estratégia investigativa, enquanto outro grupo de alunos (grupo de controlo) foi sujeito a uma estratégia ilustrativa. Estas duas estratégias constituem pois as modificações “manipuladas” da variável independente, *estratégia de ensino*.

O conceito de *estratégia*, já abordado no capítulo 2, bem como o de *método*, *técnica* ou *modelo*, não são consensuais (Ramos, 1997). Usamos o termo *estratégia* para nos referirmos aos procedimentos instrucionais mais gerais que reflectem o conjunto global da proposta de ensino utilizada e no quadro do qual se recorre a um determinado conjunto de procedimentos mais específicos, tácticas (ex: trabalho de grupo, demonstração pelo professor) e técnicas (ex: fichas, filmes) (Garrett & Roberts, 1982). Julgamos que este conceito de *estratégia* é idêntico ao utilizado por Ramos (1997), que define *estratégia* como as “*múltiplas combinações e sequências de métodos, técnicas, actividades, experiências, materiais e meios, em ordem a que os estudantes possam alcançar os objectivos educativos propostos*” (p. 263). Usando o conceito de Garrett & Roberts (1982), julgamos poder dizer que utilizámos, na intervenção deste estudo, duas estratégias diferentes, que pretendemos comparar, ainda que recorrendo a uma táctica comum, o trabalho em grupo.

Começaremos por distinguir as duas estratégias utilizadas. Referimo-nos depois aos resultados do questionário aplicado no final da intervenção com vista a verificar até que ponto os alunos dos dois grupos sentiram de facto as duas estratégias como diferentes.

3.4.1. *Estratégia Investigativa / Estratégia Ilustrativa*

Apresentando as estratégias de actividades laboratoriais subdivididas em ilustrativas e investigativas, Domingos, Neves & Galhardo (1981) distinguem, nas últimas, diferentes graus de abertura, no essencial coincidentes com os níveis de investigação 1 a 3 de Herron (1971, citado em Hofstein, 1991 e Tamir, 1991), apresentados no QUADRO 3.6. Quando aos alunos são apresentados, o problema, os meios para investigar e os resultados e nem sequer lhes é dada oportunidade de interpretar esses resultados (situação correspondente ao nível 0), então não se trata de uma estratégia investigativa mas sim de ilustração.

As três actividades referidas no QUADRO 3.6 estão todas relacionadas com os factores que afectam a germinação das sementes. No entanto, apresentam graus de abertura diferentes. Na actividade 0/1 (nível 0 ou 1), a actividade é apresentada com indicação da variável independente (quantidade/intensidade de luz) e sua operacionalização (é indicado como a fazer variar) e com especificação da variável dependente (nº de sementes germinadas). O nível zero (0) corresponderá à situação em que os alunos conhecem já à partida os resultados que vão obter. Nesse nível não há uma investigação mas sim uma ilustração, verificação, confirmação ou demonstração da teoria previamente ensinada. O nível 1 corresponderá a uma situação em que os alunos desconhecem os resultados que vão obter. A interpretação desses resultados, pelo professor e/ou alunos, pode então ser utilizada na relação com conceitos existentes e/ou

para introduzir novos conceitos. Apesar desta actividade ser aberta quanto aos resultados e conclusões (a retirar pelos alunos), é ainda mais fechada que a actividade 2 (nível 2), pois nesta, apesar de serem indicadas a variável independente e dependente, não são especificadas a operacionalização da variável independente e a metodologia a seguir. A actividade 3 (nível 3) é ainda mais aberta, pois não são especificadas nem a metodologia a utilizar nem as variáveis independente(s) e dependente(s), isto é, apesar de apresentado de forma genérica o problema, este não está definido em termos de variáveis a estudar.

QUADRO 3.6 - Níveis de abertura das actividades laboratoriais⁵⁰ e classificação de actividades segundo esses níveis⁵¹

Nível de investigação / Grau de abertura	Problema(s)	Procedimentos	Conclusões
0	Propostos	Propostos	Propostos
1	Propostos	Propostos	Não propostos
2	Propostos	Não propostos	Não propostos
3	Não propostos	Não propostos	Não propostos
0/1	Coloca 20 sementes, previamente semeadas, à luz e 20 às escuras. Controla os outros factores. Deixa-as durante 10 dias. Conta o nº de sementes que germinaram em cada recipiente.		
2	De que modo a quantidade de luz afecta o nº de sementes que germinam?		
3	Que factores afectam a germinação?		

Podemos ver o nível de abertura das actividades como um contínuo, um espectro, em que num extremo estão as actividades mais exploratórias, mais abertas, nas quais todas as decisões são tomadas pelo aluno, e no outro extremo as actividades mais prescritivas, fechadas, em que toda a informação é dada aos alunos e todas as decisões são tomadas pelo professor (Hackling & Fairbrother, 1996), e/ou em que os resultados e

⁵⁰ Segundo Hofstein (1991) e Tamir (1991).

⁵¹ Segundo Hackling & Fairbrother (1996) e Gott & Duggan (1995)

conclusões ou soluções para o problema são conhecidos à partida (Hackling & Fairbrother, 1996; Grau, 1994; Watson & Fairbrother, 1993; Lock, 1990; Watson, 1994).

A estratégia ilustrativa encaixa no extremo fechado, enquanto a investigativa tende a afastar-se desse extremo, sendo o nível investigativo determinado pela posição da actividade tendo em conta as posições parcelares nos contínuos fechado-aberto de cada uma das fases envolvidas (definição do problema, escolha do método, conclusões). Cada uma das fases indicadas, além de outras, reside numa certa posição dum contínuo. Ao referir-se à fase de apresentação do problema, Hackling & Fairbrother (1996) dizem:

“A abertura depende de como o tópico para investigação é apresentado aos estudantes. Se uma actividade é apresentada de uma forma prescritiva, é mais fechada do que se for apresentada de uma forma exploratória. Se aos estudantes é indicado quais são as variáveis e como as operacionalizar, a actividade é mais fechada do que se os factores relevantes ou variáveis não são especificados.” (p. 28)

Lock (1990) argumenta que se podem considerar cinco passos que tornam um trabalho prático mais aberto, no que respeita às respostas possíveis ao problema e também em relação às várias fases envolvidas, e mais centrado no alunos. Podemos identificar esses passos através do QUADRO 3.7, onde se representam as principais variações num espectro de situações desde a mais centrada no professor (situação 1) até à mais centrada no aluno (situação 7). Os referidos passos estão assinalados com as barras marcadas de A a E, e são caracterizados pelas questões: (A) Quem define a área de interesse? (B) Quem define ou formula o problema? (C) Quem faz o plano ou desenho da investigação? (D) Quem decide qual a estratégia a seguir? (E) Quem interpreta os resultados?

Segundo o autor referido, a execução e recolha de dados não é determinante para tornar a actividade mais aberta. Apesar de podermos imaginar um controlo forte do professor nas situações 1 e 2, estas podem ser conduzidas segundo uma estratégia exploratória mas são usadas mais frequentemente segundo uma estratégia mais prescritiva, de confirmação ou ilustração de teoria previamente ensinada/aprendida. O facto de ser o aluno a executar e/ou recolher os dados não retira o carácter de ilustração e prescrição da actividade (Lock, 1990).

Identificamos a estratégia que designamos por investigativa com as situações 5 ou 6 (QUADRO 3.7) e com os níveis de abertura 2 ou 3 (QUADRO 3.6). Identificamos a estratégia ilustrativa com a situação 2 e nível de abertura 0.

QUADRO 3.7 - Situações hipotéticas de trabalho laboratorial identificando o controlo, pelo professor ou aluno, de vários dos elementos envolvidos⁵²

Elementos envolvidos no trabalho prático	situações com variedade de controlo professor / aluno sobre os elementos envolvidos (P-professor, A-aluno)						
	1	2	3	4	5	6	7
Área de interesse	P	P	P	P	P	P	A
Colocação do problema	P	P	P	P	P	A	A
Planificação	P	P	A	A	A	A	A
Determinação da estratégia	P	P	P	A	A	A	A
Execução	P/A	A	A	A	A	A	A
Recolha de dados	P	A	A	A	A	A	A
Interpretação / Avaliação	P	P	P	P	A	A	A
			C	D	E	B	A

Na leccionação da mesma unidade de ensino foram seguidas as duas estratégias de ensino. Para a operacionalização de cada uma destas duas modificações da variável independente, foram elaboradas planificações detalhadas da unidade de ensino escolhida (Anexos 5 e 7). As linhas gerais orientadoras da elaboração dessas planificações são indicadas a seguir.

⁵² Lock (1990)

Estratégia Ilustrativa - Prática laboratorial como ilustração

Na estratégia ilustrativa, as aulas práticas laboratoriais são concebidas como ilustração, demonstração ou verificação dos conhecimentos transmitidos pelo professor ou textos, sendo seguida uma “receita manipulativa”, pré-estabelecida pelo professor ou pelo manual, sem que aos alunos seja proporcionada ocasião para emitir hipóteses, conceber possíveis desenhos experimentais ou analisar criticamente os resultados (Gil Pérez, Carrascosa Alis, Furió Más, & Martínez Torregrosa, 1991). Segundo Domingos, Neves, & Galhardo (1981), este tipo de *estratégia*

“destina-se, como a própria designação indica, a ilustrar um determinado facto ou princípio. O aluno já conhece à partida esse facto ou princípio; é-lhe dada oportunidade de o verificar. Aqui o aluno não tem que interpretar resultados, não tem um problema para resolver; não está, pois, envolvido numa investigação” (p. 148)

Após exposição pelo professor dos conceitos envolvidos no tema de ensino, os alunos, em grupos de 3 / 4 alunos, realizaram actividades experimentais, nem sempre as mesmas nos diferentes grupos, seguindo protocolos fornecidos pelo professor. No final de cada protocolo experimental, os alunos respondiam a um conjunto de questões sobre a interpretação dos resultados e sobre aspectos relacionados com os processos utilizados (ex: identificação do(s) problema(s) ou hipótese(s) subjacente(s), identificação das variáveis envolvidas). Cada grupo apresentava os resultados obtidos bem como a sua interpretação. O professor corrigia as respostas às questões, sugeria as conclusões de cada trabalho e analisava criticamente as tarefas em relação à forma de apresentação dos resultados e à confiança e validade dos resultados obtidos.

Estratégia investigativa - Prática laboratorial como investigação

Esta estratégia procura dar às actividades práticas o “*mesmo status de resolução de problemas que tiveram ao longo do processo histórico de construção*” dos conhecimentos (Gil Pérez et al., 1991, p.38). Segundo os autores referidos, trata-se de apresentar aos alunos a situação problemática de partida que dá sentido à investigação, procurando que os conhecimentos não sejam introduzidos de forma aproblemática, sem ter em conta os problemas que conduziram à sua construção. Em relação a esta estratégia, Domingos Neves e Galhardo (1981) referem que “*essencialmente o aluno desconhece os resultados que irá obter, tendo assim oportunidade de fazer uma interpretação desses resultados; essa interpretação vai-lhe permitir responder ao problema inicial, verificando se a hipótese posta é apoiada ou rejeitada*” (p. 148). Segundo Hackling & Fairbrother (1996), a componente de planificação e a natureza de resolução de problemas da tarefa distingue as investigações dos outros tipos de trabalho laboratorial. Estes autores citam uma definição de investigação de Garnett, Garnett & Hackling (1995): “*um problema científico que requer que os estudantes planifiquem a acção, realizem a actividade e recolham os dados necessários, organizem e interpretem os dados, e cheguem a uma conclusão que é comunicada de alguma forma*” (p. 26).

Importa clarificar sucintamente o papel do aluno e do professor nesta estratégia. O aluno não é um simples receptor dos conhecimentos e, por outro lado, que não pode ser um investigador ou descobridor autónomo. O papel do professor consiste em ser o “perito” que apoia e orienta o(s) grupos de trabalho, reforçando, completando ou questionando os resultados obtidos pelos grupos de alunos, tendo em conta os resultados

obtidos pela comunidade científica, representados pelo professor ou textos (Gil Pérez, 1993; Gil Pérez et al. 1991; Gil Pérez & Carrascosa-Alis, 1994)⁵³.

Como vimos, o grau de abertura das investigações pode variar. Segundo Domingos, Neves, & Galhardo (1981), a utilização dos diferentes níveis de actividades investigativas deve ter em conta o desenvolvimento cognitivo dos alunos, só sendo possível desenvolver os dois níveis mais elevados na fase de pensamento formal Piagetiano. As actividades investigativas variam também no grau de dificuldade, decorrente do grau de autonomia dos alunos que resulta do nível de abertura da actividade, decorrente dos conceitos envolvidos (Grau, 1994) e também dos procedimentos a utilizar, como o tipo e número de variáveis envolvidas no problema (uni ou multivariado, variáveis categóricas ou contínuas) (Grau, 1994; Gott & Duggan, 1995). Pensamos poder dizer que os alunos envolvidos no estudo, com idade média de cerca de 16 anos, terão já atingido, ainda que não em plenitude, o estágio Piagetiano das operações formais. As dificuldades decorrentes do nível de abertura utilizado, a que acresce a inexperiência dos alunos em actividades com este grau de autonomia, pôde ser contornada, julgamos, com recurso a fichas de apoio: *guias de orientação e tabelas de especificação de variáveis*, com base em sugestões de Hackling & Fairbrother (1996), Grau (1994) e Watson & Fairbrother (1993). O suporte teórico relacionado com a investigação não ofereceu, pensamos, grande obstáculo, tanto mais que os conceitos que consideramos como pré-requisitos, medidos também no pré-teste (da prova de avaliação de conhecimentos), haviam sido abordados na rubrica programática anterior. Em relação aos procedimentos, e no que respeita particularmente ao tipo e número de variáveis, os alunos dispunham das já referidas fichas de apoio, além de que os próprios alunos, ao

⁵³ No quadro de uma aprendizagem das ciências como investigação, Gil-Pérez (1993), refere-se ao aluno como um “investigador noviço”, integrando o contributo de Vigotskii sobre a “Zona de Desenvolvimento Proximo ou Potencial” do aluno, horizonte para o qual se revela necessária a colaboração com colegas mais competentes (interacção, discussão entre grupos) ou a orientação de um adulto (o

definirem o problema e a estratégia, optaram por escolher, em geral, investigações que envolviam poucas variáveis.

O problema genérico foi apresentado pelo professor, necessária condicionante em termos de cumprimento dos tópicos do programa da disciplina, surgindo contudo na sequência de uma prévia discussão em torno de uma situação apresentada. Com auxílio de um *Guia de Orientação para a Investigação* e de *Quadros de Especificação de Variáveis*, os alunos, em grupos de 3 ou 4, planificaram e executaram a actividade. Os resultados foram apresentados à classe pelos grupos, a que se seguiu uma discussão entre os grupos e com o professor, com vista a analisar a confiança e validade dos resultados, a explicá-los com base nos conhecimentos já existentes, e a retirar conclusões.

3.4.2. Avaliação das Estratégias pelos Grupos

Como já referido, sentimos algum receio de que na prática lectiva pudessem resultar afinal duas estratégias muito semelhantes, uma vez que o professor que as aplicou foi o mesmo (mestrando). Com a intenção de fazermos algum controlo a essa possibilidade, pensámos questionar os alunos sobre a forma como eles sentiram a estratégia a que estiveram sujeitos durante a intervenção.

Com essa finalidade foi construído um questionário (Anexo 9) constituído por 6 itens. Basicamente, as questões procuraram que o aluno indicasse, dentro das opções disponíveis, de que forma sentiu a sua participação e a do professor na realização dos

professor). Defendem assim a ideia de aproximar o trabalho dos alunos às características do trabalho científico, que integra a cooperação entre equipas, o trabalho laboratorial, a leitura, a comunicação...

diversos elementos envolvidos no trabalho laboratorial. Através das respostas dos alunos aos vários itens pensamos poder tirar conclusões sob o grau de abertura das actividades, tal como os alunos as sentiram, verificando se, como seria esperado, os alunos sujeitos à estratégia investigativa sentiram as actividades com um maior grau de abertura do que os alunos sujeitos à estratégia ilustrativa. Este questionário foi aplicado aos alunos dos dois grupos, na aula que se seguiu àquela onde responderam aos pós-testes.

No primeiro item, pede-se aos alunos que classifiquem as aulas, referentes à intervenção deste estudo, de acordo com uma escala de 6 graus possíveis. Os graus de I a VI são caracterizados por uma participação crescente dos alunos, tendo em conta diversos elementos⁵⁴ envolvidos no trabalho laboratorial. O grau 6 foi colocado para permitir que os alunos definissem eles próprios qual a participação do professor e a sua própria em cada um dos elementos considerados envolvidos no trabalho. Na Figura 3.2 apresentam-se os resultados respeitantes a este primeiro item. As respostas dos alunos que optaram pelo grau VI aparecem na figura com os graus Ia, IIb, posições correspondentes às sequências escolhidas pelos alunos e cuja relação aos outros graus é apresentada no QUADRO 3.8 (veja-se questionário – Anexo 9).

Os resultados indicam que 90 % dos alunos sujeitos à estratégia investigativa consideraram que a estratégia utilizada foi de grau III, IV ou V, de elevado nível de abertura, enquanto 81,8 % dos alunos sujeitos à estratégia ilustrativa consideraram que a estratégia utilizada foi de grau de abertura mais baixo, do grau I a IIb. Podemos pensar que as estratégias foram de facto implementadas na prática lectiva, tendo em conta com a forma como foram sentidas pelos alunos, como estratégias diferentes, com maior (estratégia investigativa) ou menor (estratégia ilustrativa) grau de abertura.

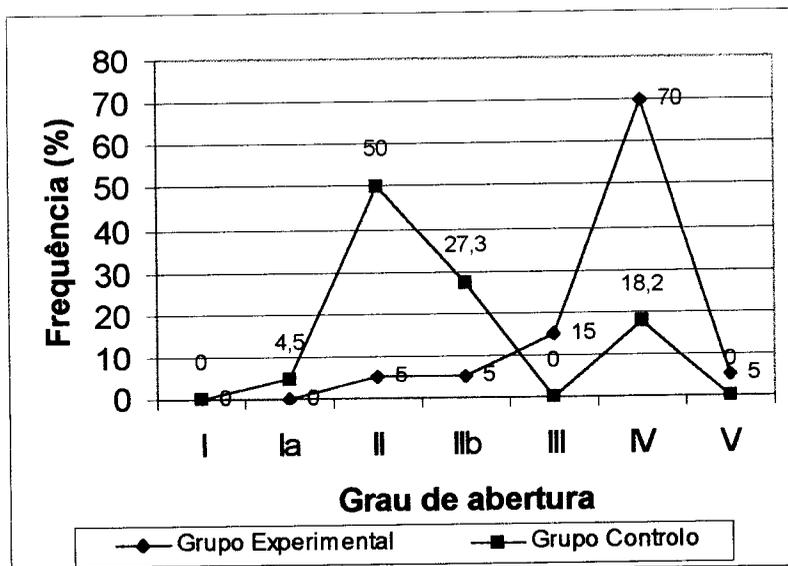


Figura 3.2 - Como os alunos avaliaram a estratégia utilizada

QUADRO 3.8 - Leque de respostas ao item 1 do questionário de avaliação das estratégias.

Elementos envolvidos no trabalho laboratorial	GRAU						
	Conforme a realização dos elementos é feita pelo Professor (P) ou pelo Aluno(A)						
	I	Ia	II	IIb	III	IV	V
1. Definição do problema	P	P/A	P	P	P	P	A
2. Hipótese	P	P/A	P	A	P	A	A
3. Planificação	P	P/A	P	P	A	A	A
4. Realização do trabalho	A	A	A	A	A	A	A
5. Recolha e registo dos resultados	A	A	A	A	A	A	A
6. Interpretação/Conclusão	P	P/A	A	A	A	A	A

Nos restantes 5 itens (tipo Likert) do mesmo questionário, procurámos obter informação semelhante. Tais itens foram adaptados de uma sub-escala (Grau de abertura – *Open-Endedness*) do *Inventário do Ambiente do Laboratório de Ciências (SLEI-*

⁵⁴ Foram considerados 6 elementos: Definição do problema; Hipótese; Planificação; Realização do trabalho; Recolha e Registo dos dados; Interpretação/Conclusão.

Science Laboratory Environment Inventory), instrumento utilizado para avaliar as percepções dos alunos sobre o ambiente psico-social nos laboratórios de ciências escolares (Fraser, Giddings, & McRobbie, 1993, 1995). Pretendíamos obter uma apreciação global dos alunos sobre o grau de abertura das actividades, através das respostas dos alunos ao conjunto dos 5 itens. Para tal, e à semelhança do processo utilizado em vários questionários semelhantes (Ajewole, 1991; Gogolin & Swartz, 1992; Fraser, Giddings, & McRobbie, 1993, 1995; Sundberg, Dini & Li, 1994; Fisher, Henderson & Fraser, 1997), as respostas, à escala verbal utilizada em cada um dos itens, foram cotadas de 1 a 5, sendo atribuída a pontuação de 5 para as opções que traduzem maior grau de abertura, ou maior envolvimento do aluno, e as pontuações 4, 3, 2 e 1 para as opções que traduzem progressivamente menor grau de abertura. Assim, os itens 2, 3 e 5 foram cotados entre 1 a 5 pontos respectivamente para as opções *Quase Nunca*, *Poucas Vezes*, *Algumas Vezes*, *Muitas Vezes* e *Quase Sempre*. Os itens 4 e 6 foram cotados de maneira inversa, de 5 a 1 pontos, para a mesma sequência de respostas, pois nestes itens a opção *Quase Sempre* traduzia um menor grau de abertura da actividade. Como indicador da apreciação global de cada aluno foi utilizada a média das pontuações obtidas no conjunto dos 5 itens.

O teste à hipótese estatística da inexistência de diferenças entre os grupos (teste *t* para amostras não relacionadas)⁵⁵ revelou a existência de diferenças significativas ($p < 0,001$) entre os grupos (QUADRO 3.9). O valor médio (4,04 pontos) do grupo experimental (estratégia investigativa) é significativamente maior que o valor médio (2,66 pontos) do grupo de controlo (estratégia ilustrativa). Como os *scores* mais elevados traduzem maior grau de abertura das actividades, estes resultados confirmam a

⁵⁵ A fundamentação da opção por testes paramétricos é apresentada na secção 3.6, então a propósito do tratamento dos dados obtidos no Questionário de Atitudes, instrumento em que se utilizou, também, múltiplos itens para medir uma mesma variável. De qualquer modo, experimentámos neste caso particular o teste de Mann-Whitney resultando uma decisão idêntica.

ideia de que à preocupação inicial de implementar estratégias diferentes, uma com maior e outra com menor grau de abertura, correspondeu de facto uma implementação que foi sentida como tal pelos alunos.

QUADRO 3.9 - Avaliação pelos alunos da estratégia de ensino utilizada - Teste à hipótese estatística da inexistência de diferenças entre os grupos

Grupos	Nº de casos	Média	Desvio padrão	Valor de <i>t</i>	Graus de liberdade	Significância (<i>p</i>)	Interpretação
Experimental (E)	19	4,04	0,39	10,3	39	0,000	E > C
Controlo (C)	22	2,66	0,46				

E > C - *Score* médio do grupo E é significativamente ($p < 0,001$) mais elevado que o do grupo C, isto é, os alunos do grupo E, em relação aos do grupo C, sentiram as actividades realizadas como mais *abertas*.

3.5. Instrumentos

Como já referido, é objectivo principal deste estudo verificar se alguma das estratégias de ensino utilizadas (modificações da variável independente) se revela significativamente mais eficaz que a outra no que respeita às aprendizagens dos alunos a nível cognitivo e também afectivo (variáveis dependentes).

De acordo com aquele objectivo, e no sentido de se medirem os possíveis efeitos das duas estratégias, a nível cognitivo e afectivo, foram elaborados, para aplicar nos dois grupos, os seguintes instrumentos:

- uma *prova de avaliação de conhecimentos*, a aplicar imediatamente antes da intervenção (como *pré-teste*);
- uma *prova de avaliação de conhecimentos*, a aplicar imediatamente depois da intervenção (como *pós-teste*);
- um *questionário de atitudes* a aplicar imediatamente antes do início da intervenção (*pré-teste*) e imediatamente depois de terminar a mesma intervenção (*pós-teste*).

Dada a semelhança entre os dois primeiros instrumentos referidos, ao nível da estrutura, conteúdo e processos usados na sua elaboração, designaremos ambas por *prova de avaliação de conhecimentos*.

Para além dos instrumentos referidos, foi também elaborado um guião de entrevista por forma a complementar o estudo quantitativo, aprofundando essa análise e recolhendo outros elementos para o estudo.

Fazemos nesta secção uma descrição dos diversos instrumentos e dos procedimentos utilizados para a sua validação e, para o questionário de atitudes e prova de avaliação de conhecimentos, para verificarmos a sua fiabilidade.

3.5.1. Prova de Avaliação de Conhecimentos

A prova de avaliação de conhecimentos foi elaborada por forma a permitir medir o nível de realização dos alunos nas seguintes categorias/níveis do domínio cognitivo:

-Compreensão Conceptual (CC) - compreensão dos conceitos científicos (conceitos substantivos ou declarativos) envolvidos nos conteúdos do tema/rubrica de ensino utilizado na intervenção - “Factores condicionantes da Germinação das Sementes”.

-Compreensão Processual (CP) - compreensão (e aplicação) de conceitos associados a processos utilizados em ciência e também na realização de trabalho laboratorial - os aspectos aqui avaliados baseiam-se, tal como em CC, nas orientações e finalidades que constam do programa oficial da disciplina de TLB, bem como dos objectivos gerais do tema de ensino definidos no mesmo documento (Ministério da educação - GETAP, 1992).

Assim, a prova de avaliação de conhecimentos pode ser vista como constituída por duas sub-provas, isto é, por um conjunto de itens que pretenderam medir a *Compreensão Conceptual* e por um conjunto de itens que pretenderam medir a *Compreensão Processual*.

Para a elaboração das questões a incluir na prova, foi construída uma matriz ou quadro de explicitação de objectivos (Anexo 10), com indicação dos objectivos a avaliar

e dos itens que os pretendiam avaliar, referente ao tema/rubrica de ensino a utilizar na intervenção.

Por forma a garantir a validade de conteúdo da prova, a matriz referida e as questões da prova foram apresentadas, individualmente, a um painel de juizes constituído por dois professores universitários, Doutorados na área da Educação em Ciências, e por quatro professores do ensino secundário com experiência diversificada (2, 12 e mais de 15 anos de serviço) no ensino da Biologia e/ou ensino na disciplina de TLB em particular. Das sugestões destes docentes resultaram alterações quer quanto à construção das frases quer quanto ao número e conteúdo das questões.

Após a validação de conteúdo pelo painel de juizes, achámos que deveríamos incluir, no instrumento a usar como pré-teste, um conjunto de questões que nos permitissem comparar os grupos no que respeita aos conhecimentos que considerámos, ou suspeitámos, serem pré-requisitos para a compreensão dos conceitos substantivos (CC) envolvidos na intervenção. Foram assim construídos quatro itens que constituíram o primeiro grupo de questões apresentados apenas no pré-teste.

O instrumento a utilizar como pré-teste foi testado numa turma de 21 alunos de outra escola da mesma cidade, com vista a detectar dificuldades de compreensão e ambiguidades e a verificar o tempo necessário à aplicação do instrumento. Este estudo foi efectuado na disciplina de Ciências da Terra e da Vida e envolveu alunos de 11º ano que, na grande maioria (excepto dois), frequentavam também a disciplina de TLB-II.

O instrumento final ficou constituído como indicado no QUADRO 3.10. A prova utilizada como pré-teste (TESTE 1 – Anexo 1) ficou constituída por 24 itens, enquanto a prova usada como pós-teste (TESTE 2 – Anexo 2) ficou constituída por 19 itens, em ambos os casos distribuídos como indicado no referido QUADRO 3.10.

QUADRO 3.10 – Número de itens da prova de avaliação de conhecimentos para cada categoria/nível avaliado

Categorias /Níveis avaliados (sub-provas)	Nº de itens		Cotação global dos itens em cada sub-prova
	Pré-teste	Pós-teste	
<i>Compreensão Conceptual</i> (CC)	5	5	0 a 100
<i>Compreensão Processual</i> (CP)	15	14	0 a 100
Conhecimentos Pré-requisitos	4	0	0 a 100

O desequilíbrio aparente entre o número de questões utilizados para os dois aspectos a avaliar como efeito (CC e CP), relaciona-se com a maior ênfase atribuída à *Compreensão Processual* no tema/rubrica de ensino utilizado. Apesar de os dois aspectos, CC e CP, serem avaliados separadamente, decidimos usar para ambos uma escala idêntica (0 a 100), por forma a facilitar a leitura na comparação entre os resultados totais obtidos em cada aspecto avaliado, escala que pode ser lida como valores percentuais. A mesma decisão foi tomada em relação à cotação dos 4 itens do pré-teste, que pretendiam, como foi referido anteriormente, avaliar os conhecimentos substantivos considerados pré-requisitos. A cotação atribuída aos vários itens, sujeita a apreciação de um dos docentes do ensino secundário referidos anteriormente e que leccionava também a disciplina de TLB-II, teve em conta critérios como a ênfase dada, durante a intervenção, a cada objectivo específico avaliado, e a distribuição equitativa por objectivos aglutinadores mais gerais. O mesmo docente do ensino secundário apreciou ainda as respostas previstas para cada item.

Os objectivos especificamente avaliados por cada item podem ser analisados confrontando a prova (Anexo 1 – pré-teste e Anexo 2 – pós-teste) com o respectivo quadro de explicitação de objectivos (Anexo 10).

A prova de conhecimentos foi aplicada como pré-teste, para avaliar os conhecimentos que os alunos já possuíam antes da intervenção, e como pós-teste, para avaliar os conhecimentos adquiridos após essa intervenção, por forma a podermos avaliar o “ganho” (diferença entre o pós e o pré-teste) relativo dos alunos, em cada grupo (em cada estratégia utilizada), na *Compreensão Conceptual* (CC) e na *Compreensão Processual* (CP).

Os instrumentos utilizados como pré-teste e pós-teste eram exactamente iguais no que respeita aos itens utilizados para avaliar a *Compreensão Conceptual*. No que respeita aos itens para avaliar a *Compreensão Processual*, o pós-teste diferia em relação ao pré-teste na situação problemática apresentada nos itens 10.1 a 10.7. Nestes itens, pretendia-se que os alunos aplicassem alguns conceitos numa situação conhecida. Assim, no pré-teste foi apresentada uma situação problemática relacionada com um tema de ensino tratado em aulas anteriores à intervenção, enquanto no pós-teste foi utilizada uma situação problemática semelhante mas relacionada com os conteúdos programáticos leccionados durante a intervenção. Refira-se que apesar de as situações problemáticas não serem exactamente as mesmas, elas eram muito semelhantes, sendo que 5 dos itens tinham exactamente o mesmo texto. Os dois itens restantes do pré-teste (cotados com 2 + 3 pontos), relacionados com a referida situação problemática, foram substituídos no pós-teste por apenas um item (cotado com 5 pontos).

No sentido de avaliar da fiabilidade ou consistência interna⁵⁶ das sub-provas (correspondentes aos dois níveis a avaliar – CC e CP) que constituíam a prova de avaliação de conhecimentos, os resultados obtidos no pré-teste e no pós-teste foram sujeitos a tratamento estatístico para calcular os respectivos valores do coeficiente alpha

⁵⁶ Grau em que numa escala de múltiplos itens estes medem a mesma ideia. A fiabilidade pode ser avaliada através de um coeficiente de bipartição (que varia de 0 a 1, sendo que quanto mais próximo de 1 maior a consistência interna) que indica a relação entre os resultados dos sujeitos em cada uma de duas metades em que os itens da escala é dividido. “O alpha de Cronbach traduz a média de todos os coeficientes de bipartição possíveis” (Bryman & Cramer, 1993, p. 90).

(α) de Cronbach, que se apresentam no QUADRO 3.11. No sentido de dispormos de um maior número de respondentes, a prova de avaliação de conhecimentos usada como pré-teste foi também aplicada a outras duas turmas da mesma escola, do mesmo ano de escolaridade (11^o) e a frequentarem as mesmas disciplinas. Os resultados destas duas turmas foram tratados em conjunto com os resultados do pré-teste aplicado aos dois grupos/turmas que constituem as amostras deste estudo, e são apresentados também no QUADRO 3.11.

QUADRO 3.11 - Medidas da consistência interna da prova de avaliação de conhecimentos para cada sub-prova ou nível a avaliar

Coeficiente de Fiabilidade	Amostras do estudo + duas turmas (N=87)		Amostras do estudo (N=41)			
	CC	CP	Pré-teste		Pós-teste	
			CC	CP	CC	CP
α de Cronbach (Stand.item alpha)	0,45	0,79	0,49	0,78	0,35	0,85

(CC - Compreensão Conceptual; CP - Compreensão Processual)

Os valores encontrados indicam que a prova apresenta as seguintes características: um grau de consistência interna dentro do mínimo aceitável no que respeita aos itens que pretendem medir CP – subprova CP (valores próximos de 0,80, segundo Bryman & Cramer, 1993); um grau de consistência interna muito baixo para os itens que pretendem avaliar CC – subprova CC (valores muito abaixo de 0,80). Tendo estes estudos de fiabilidade sido obtidos *à posteriori*, depois da aplicação do pré-teste e do pós-teste, não foi possível proceder a alterações por forma a aumentar, como seria aconselhável, a consistência interna da sub-prova que pretendia medir a *Compreensão Conceptual* - CC. Por essa razão, há que ter em conta, na análise dos resultados, as limitações decorrentes dos valores do coeficiente α respeitantes àquela sub-prova.

3.5.2. Questionário de Atitudes

O questionário de Atitudes foi elaborado com vista a tentar avaliar as *Atitudes dos alunos em relação à Biologia e ao seu ensino e aprendizagem*.

De acordo com Germann (1988): “*As atitudes científicas e as atitudes em relação à ciência são diferentes constructos e cada um contém dimensões que são, em certo grau, distintas uma das outras. A investigação em atitudes deve clarificar qual o aspecto da atitude que se pretende averiguar*” (p. 690 – sublinhado nosso). Em concordância com esta afirmação, e dado que pretendemos avaliar *atitudes em relação à ciência*, à *Biologia* como ciência em particular, e *em relação à aprendizagem da Biologia*, importa clarificar quais as dimensões, de natureza predominantemente afectiva, envolvidas.

Vários autores (Germann, 1988; Giddings, Hofstein, & Lunetta, 1991; Sundberg, Dini, & Li, 1994; Gogolin & Swartz, 1992) utilizaram ou sugeriram instrumentos multidimensionais para medir diferentes dimensões nas *atitudes em relação à ciência*, ainda que um desses autores (Germann, 1988), assumidamente, tenha utilizado um instrumento unidimensional com o objectivo de medir as atitudes gerais em relação à ciência na escola.

Tendo em conta a disciplina, o tema de ensino e a utilização de aulas laboratoriais, optámos por elaborar um questionário que procurasse medir diversas dimensões. Tendo consciência das limitações de tempo disponível para o estudo, optámos por utilizar como referência para a elaboração de muitos dos itens do questionário alguns dos instrumentos, acima referidos, já utilizados para medir atitudes.

Foi assim elaborado um questionário composto de 25 itens (Anexo 3), todos com resposta tipo Likert, com cinco opções de resposta variando de *Discordo Totalmente* a

Concordo Totalmente. A maioria dos itens foi adaptada de outros instrumentos já existentes (Araújo,1995; Gogolin & Swartz, 1992; Sundberg, Dini & Li, 1994; Germann,1988). Os 25 itens foram escolhidos de modo a darem indicações sobre 5 dimensões atitudinais (QUADRO 3.12).

QUADRO 3.12 - Dimensões atitudinais hipoteticamente avaliadas

Sub-escala / Dimensão	Itens do questionário
A – Interesse pela Biologia como ciência (IB)	1,6,11,16,21
B – Apreciação do valor da Biologia na sociedade (VB)	2,7,12,17,22
C – Interesse/motivação em relação à aprendizagem da Biologia (MA)	3,8,13,18,23
D – Interesse/motivação em relação ao trabalho laboratorial na aprendizagem da Biologia (TL)	4,9,14,19,24
E - Juízo do aluno sobre a sua capacidade pessoal na aprendizagem da Biologia (J)	5, 10, 15, 20, 25

As dimensões do questionário e a forma como foram medidas podem ser explicitadas como a seguir se indica: Sub-escala A - (IB) – *Interesse pela Biologia enquanto ciência*, correspondente ao interesse dos alunos por temas, programas, actividades de Biologia fora ou dentro do contexto escolar e profissões ligadas à Biologia; Sub-escala B – (VB) – *Apreciação do Valor da Biologia na sociedade*, revelada pela importância atribuída à Biologia na compreensão do mundo e na aplicação/utilidade dos conhecimentos de Biologia na vida das pessoas; Sub-escala C – (MA) – *Interesse / Motivação em relação à aprendizagem da Biologia*, correspondente ao interesse e motivação dos alunos em relação aos temas, actividades e tempo utilizados nas aulas de Biologia e no estudo das disciplinas curriculares com Biologia; Sub-escala D – (TL) – *Interesse / Motivação em relação ao trabalho laboratorial na aprendizagem da Biologia*, revelado pelo interesse dos alunos em relação às actividades laboratoriais

realizadas nas disciplinas de Biologia, ao tempo dedicado a essas actividades e à importância atribuída a essas actividades na aprendizagem das ciências; Sub-escala E – (J) - Juízo do aluno (autoconceito) sobre a sua capacidade pessoal na aprendizagem da Biologia, revelado pelo que o aluno sente em relação à sua própria capacidade em compreender os temas tratados nas aulas de Biologia.

Por forma a poder relacionar-se os itens do instrumento elaborado e respectivas dimensões a avaliar, com os itens e dimensões dos instrumentos de referência, apresenta-se no Anexo 11 um quadro com os elementos julgados suficientes para o efeito. Os itens 14, 16, 19 e 24 não constam do referido quadro por terem sido por nós elaborados para este estudo.

O questionário, bem como as respostas previstas para os vários itens, as suas dimensões e forma como foi elaborado, foi sujeito a validação de conteúdo por um grupo de quatro juizes, três professores universitários Doutorados na área da Educação em Ciências e com experiência de investigação na área do ensino das ciências, e um professor do ensino politécnico com experiência de investigação e tratamento de dados envolvendo avaliação de atitudes.

O questionário, após as alterações, foi aplicado previamente, como estudo piloto, à mesma turma de alunos onde foi também testada, como estudo piloto, a prova de avaliação de conhecimentos e com a mesma finalidade - detectar dificuldades de compreensão e ambiguidades e verificar o tempo necessário à sua aplicação no estudo.

Utilizando o processo já referido para o questionário de avaliação das estratégias pelos alunos (secção 3.4.2), cada item foi cotado de 1 a 5, da seguinte forma:

- itens em que a concordância corresponde a atitude considerada mais positiva, foram cotados de 1, 2, 3, 4 e 5, respectivamente para as respostas

Discordo Totalmente, Discordo, Não Concordo Nem Discordo, Concordo e Concordo Totalmente;

- itens em que a concordância corresponde a atitude considerada menos positiva (itens nºs 6, 8, 9, 10, 11, 15, 17, 20 e 24) foram cotados de maneira inversa (de 5, para as respostas *Discordo Totalmente*, até 1, para as respostas *Concordo Totalmente*).

Para avaliar a consistência interna da escala e das sub-escalas, foram utilizados os dados recolhidos no estudo piloto (21 alunos), os dados do pré-teste aplicado às amostras em estudo (41 alunos) e os dados resultantes da aplicação do mesmo instrumento a mais três turmas (61 alunos), perfazendo um total de 123 alunos. Todos os alunos destas turmas eram alunos do 11º ano de escolaridade, do 1º agrupamento (Científico-Natural) dos CSPOPE, a frequentar (com exceção de dois alunos da turma do estudo piloto) a disciplina de TLB-II, sendo apenas a turma do estudo piloto pertencente a outra escola da mesma cidade. Os coeficientes α de Cronbach obtidos apresentam-se no QUADRO 3.13.

QUADRO 3.13 - Medidas da consistência interna do questionário de atitudes e das sub-escalas que hipoteticamente o constituem (α de Cronbach – Standard item alpha)

Questionário/ Sub-escalas	Amostras + turma piloto + 3 turmas (N=123)	Amostras do estudo (N = 41)	
		Pré-teste	Pós-teste
Questionário (25 itens)	0,81	0,80	0,83
Sub-escala A (5 itens)	0,54	0,42	0,60
Sub-escala B (5 itens)	0,59	0,38	0,49
Sub-escala C (5 itens)	0,74	0,75	0,80
Sub-escala D (5 itens)	0,61	0,52	0,71
Sub-escala E (5 itens)	0,58	0,59	0,72

Apenas os coeficientes respeitantes à escala quando considerada no conjunto estão nos valores mínimos aceitáveis (0,80), estando também próximo desse valor o coeficiente referente aos itens da dimensão/sub-escala C (Interesse/motivação em relação à aprendizagem da Biologia). Estes resultados indicam que seria necessário melhorar a consistência interna de cada sub-escala, pelo que a análise dos resultados em relação a cada dimensão medida terá que ter em conta este aspecto.

Para efeitos de tratamento dos dados, a partir da cotação obtida em cada item, determinou-se, para cada aluno, o valor médio em cada sub-escala e na escala global (conjunto dos 25 itens de todo o questionário).

3.5.3. Entrevista

Estando conscientes das limitações do estudo quantitativo quanto à detecção de alguns dos possíveis efeitos a “medir” e seu aprofundamento, ou na detecção de outras condições ou variáveis susceptíveis de ajudar a compreender a interacção entre o desempenho cognitivo e o nível afectivo, foi elaborado um guião semi-estruturado de uma entrevista (Anexo 8). Este tipo de entrevista foi o que nos pareceu mais adequado tendo em conta critérios de objectividade na obtenção da informação.

As questões a incluir no guião da entrevista foram elaboradas com a intenção de recolhermos os seguintes elementos de análise:

- 1 - Elementos que permitissem complementar os dados recolhidos no estudo quantitativo (influência das estratégias na aprendizagem cognitiva e no desenvolvimento de atitudes);

2 - Opiniões dos alunos sobre as estratégias seguidas, os temas/conteúdos tratados e as actividades desenvolvidas (preferências, interesse, utilidade, empenho, dificuldades, ...);

3 - Elementos sobre experiências dos alunos (ambiente familiar, ambiente escolar, grupo de amigos, confiança em si próprio) que possam estar associadas com o desenvolvimento de atitudes em relação à ciência e à biologia em particular.

O guião ficou constituído por 16 itens (para os alunos do grupo experimental) e 17 itens (para os alunos do grupo de controlo). A relação entre os itens e os objectivos atrás referidos pode ser analisada no QUADRO 3.14.

Algumas das questões incluídas no guião foram adaptadas de uma entrevista conduzida num estudo realizado por Gogolin & Swartz (1992).

QUADRO 3.14 - Objectivos gerais da entrevista e respectivas questões

Objectivo	Questões
1	12, 14.2, 15, 16 (11 a 16)
2	11 a 16
3	1 a 10

A entrevista foi feita no final da intervenção a 8 alunos das amostras (2 alunos e 2 alunas de cada grupo/turma, sendo 1 aluno e 1 aluna de cada turno). Para a selecção dos alunos a entrevistar utilizámos como critério, para além dos anteriores (turma/turno e sexo), a escolha de alunos com rendimento escolar anterior diferente, em cada turno uma aluna/aluno com menor rendimento e uma aluna/aluno com maior rendimento escolar.

O dia e hora das entrevistas foram marcados com cada aluno, de acordo com a disponibilidade de horário e tempo disponível dos alunos e professor/mestrando

entrevistador, sempre com a concordância dos alunos. As entrevistas foram conduzidas num pequeno e confortável gabinete da escola, habitualmente destinado a trabalho dos Directores de Turma, localizado em local sossegado. A duração das entrevistas foi variável, nunca ultrapassando os 20/25 minutos por aluno. Para o registo das entrevistas foi usado um pequeno gravador colocado sobre a mesa utilizada para a entrevista.

3.6. Método Geral de Tratamento dos Dados

O corpo central deste estudo assenta no quadro do paradigma quantitativo. Como já assinalámos, o objectivo principal do estudo e as condicionantes relativas à ausência de equivalência entre os dois grupos em comparação conduziram-nos à adopção de um plano *quasi-experimental*, com grupo de controlo não equivalente e submetendo o grupo experimental e o do controlo a um pré-teste e pós-teste.

Dos dados obtidos directamente dos instrumentos do estudo quantitativo, foram determinadas, para efeitos de tratamento dos dados com vista à comparação dos grupos, as medidas globais das variáveis -aprendizagens - da forma que a seguir se indica:

- como medida da *Compreensão Conceptual (CC)* e *Compreensão Processual (CP)* – a soma dos scores obtidos por cada aluno, no conjunto dos itens das respectivas sub-provas da prova de avaliação de conhecimentos (escala: 0 – - 100);
- como indicador das *Atitudes em relação à Biologia e à sua aprendizagem (AT)* e das *dimensões* determinantes dessas atitudes (IB, VB, MA, TL, J) – o score médio obtido por cada aluno, respectivamente no conjunto dos 25 itens do questionário de atitudes (escala global) e no conjunto dos 5 itens de cada sub-escala que constitui o mesmo questionário (escala: 1 – 5).

Os instrumentos utilizados para medir os conhecimentos dos alunos antes da intervenção (pré-teste) e após a intervenção (pós-teste) geram dados quantitativos a um nível intervalar. Em rigor, cada um dos itens usados no outro instrumento, o questionário de atitudes, é medido numa escala ordinal (escala tipo Likert). No entanto, como são usados vários itens para uma mesma variável (cada uma das dimensões

atitudinais), geram-se para cada uma um elevado número de categorias, sendo, segundo Bryman & Cramer (1993), mais aceitável tratar essas variáveis como intervalares. Segundo estes autores, “*parece haver um certo movimento na direcção deste procedimento mais liberal em relação às escalas de múltiplos itens, tratando-as como se possuíssem as características das variáveis de intervalo*” (p. 83). Referem ainda que o erro que pode ocorrer é mínimo, tendo em conta as vantagens que se podem obter pelo recurso a técnicas de análise poderosas que se podem utilizar nas variáveis de intervalo. Reforçando esta ideia, referem ainda que a aplicação de testes paramétricos a “*muitas variáveis psicológicas e sociológicas, como as atitudes, (...) é uma prática rotineira*” (pp. 145-146), como nós mesmo constatamos em vários estudos (Ajewole, 1991; Gogolin & Swartz, 1992; Fraser, Giddings, & McRobbie, 1995; Sundberg, Dini & Li, 1994). Assim, de acordo com esta prática, tratámos as medidas das diversas dimensões atitudinais como se fossem escalas intervalares.

Adoptámos pois os testes paramétricos para testar a hipótese estatística da inexistência de diferenças entre os grupos em todas as várias variáveis dependentes medidas. No que respeita ao nível de significância estatística decidimos trabalhar ao nível 0,05.

O modelo de tratamento de dados quantitativos mais adequado ou recomendado para o plano de investigação que adoptámos é designado por análise de covariância (ANCOVA, na sigla inglesa), segundo Neto (1995). D'Hainaut (1992) e Nott & Wellington (1994) referem-se também à sua aplicação em desenhos experimentais como o adoptado.

Pretendemos saber se duas estratégias diferentes (modificações da variável independente - estratégia) produzem efeitos diferentes na *Compreensão Conceptual* (CC), *Compreensão Processual* (CP) e nas *Atitudes* (AT) (variáveis dependentes). Para

tal, medimos estas variáveis antes da intervenção e após a intervenção, por forma a podermos comparar as mudanças ocorridas em cada grupo e variável. Podemos suspeitar que as diferenças existentes entre os grupos antes da intervenção, ao nível de CC, CP e AT (pré-teste), podem influenciar os resultados nas mesmas variáveis quando estas forem medidas após a experiência (pós-teste). Nessa circunstância, não poderíamos saber até que ponto esse efeito pode ser confundido como efeito da estratégia, efeito que queremos averiguar. O modelo ANCOVA permite fazer face a este problema.

Usando as medidas do pré-teste como covariáveis, o modelo ANCOVA permite corrigir estatisticamente o efeito das diferenças iniciais nessas medidas, removendo assim influências estranhas ao efeito da intervenção. Segundo D'Hainaut (1992),

“quando se efectua uma análise de covariância, não se comparam as médias brutas dos grupos, mas as médias ajustadas, ou seja, as médias que se teriam obtido para a variável que avalia o efeito do tratamento, se os grupos tivessem tido a mesma média para a variável” medida no pré-teste (covariável). *“Essas médias ajustadas e os desvios correspondentes são obtidos, utilizando as técnicas da regressão linear”*. (p. 151).

Uma diferença estatisticamente significativa obtida no modelo *“sugere que um grupo teria uma performance superior ao outro no pós-teste, se os grupos tivessem partido com os mesmos scores de pré-teste”* (Ramos, 1997, p. 410), isto é, mostra que existe um efeito significativo do tratamento (intervenção) quando se controlam as diferenças em determinada variável (covariável) medida antes da intervenção.

O modelo ANCOVA pode ser ampliado, com vantagens, com inclusão de várias covariáveis e várias variáveis dependentes simultaneamente. A inclusão de várias covariáveis melhora o modelo por proporcionar um controlo estatístico adicional noutras variáveis medidas, quando não é possível assegurar o controlo aleatoriamente (Ramos,

1997; Neto, 1995). A inclusão de várias variáveis dependentes (Análise Multivariada de Covariância – MANCOVA) reduz a probabilidade de serem cometidos erros Tipo I e fornece-nos uma medida mais sensível dos efeitos da variável independente (Bryman & Cramer, 1993). Quando possível usamos a MANCOVA, controlando as diferenças medidas no pré-teste (covariáveis) nas variáveis correspondentes medidas no pós-teste (variáveis dependentes), concluindo, através do teste de significância multivariado utilizado no modelo (lambda de Wilks), do efeito da variável independente no conjunto das variáveis dependentes medidas. Os testes univariados de significância (teste F) para cada variável dependente (ANCOVA univariada), fornecidos também como *out-put* pelo programa de estatística SPSS quando se utiliza a análise multivariada (MANCOVA), indicam-nos da significância do efeito da intervenção em cada uma dessas variáveis tratadas separadamente, isto é, comparando os dois grupos em relação a cada uma dessas variáveis, em vez de se considerar o conjunto das variáveis dependentes.

Segundo Neto (1995, citando D'Hainault, 1992), quer o teste lambda de Wilk quer o teste F são “resistentes” aos desvios às condições consideradas como supostos para a aplicação dos modelos ANOVA (Análise de variância) e ANCOVA, a saber, nível métrico da variáveis medidas (dependentes e covariáveis), distribuição normal dessas variáveis nas populações de onde derivam as amostras e homogeneidade das variâncias das variáveis nessas mesmas populações.

Apesar das vantagens e adequação anteriormente referidas, o modelo ANCOVA apenas permite controlar as variáveis sujeitas a medida, não controlando outras diferenças não observadas ou não introduzidas no modelo. Apesar de não introduzidas no modelo, exploramos estatisticamente, como já antes dissemos, as diferenças entre os grupos em relação a outras variáveis (sexo, idade rendimento escolar e nível sócio-económico).

Para além do modelo ANCOVA, usado no estudo das mudanças ocorridas entre o pré-teste e o pós-teste, socorremo-nos de outros métodos de análise estatística no tratamento dos dados quantitativos. Em resumo, para tratamento dos dados, usámos os modelos e métodos de tratamento estatístico que a seguir se indicam:

- i) estatística descritiva das variáveis dependentes para caracterização dos dois grupos, antes (estado de partida) e depois da intervenção (estado de chegada);

- ii) testes de significância (teste t para amostras não relacionadas) das diferenças entre os grupos, para cada uma das variáveis dependentes, no estado de partida;

- iii) estudo das mudanças ocorridas entre o estado de partida e o estado de chegada:

- testes de significância univariados (teste t para médias relacionadas) das diferenças, em cada grupo, entre o pré-teste e o pós-teste, para cada variável;

- comparação entre grupos dos ganhos absolutos e relativos em cada uma das variáveis;

- testes de significância do efeito do tratamento (MANCOVA – teste de Wilk multivariado e/ou ANCOVA – teste F univariado).

Os dados resultantes da entrevista foram sujeitos a tratamento descritivo e/ou qualitativo. Ouvidos e transcritos os registos, foram comparadas as respostas às várias questões tendo em conta os objectivos da entrevista.

Capítulo 4

RESULTADOS – ANÁLISE E DISCUSSÃO

Este capítulo inclui a apresentação, análise e discussão dos resultados obtidos através dos vários instrumentos utilizados, de natureza quantitativa e qualitativa.

Em primeiro lugar, apresentamos os resultados quantitativos, que constituem o corpo central deste estudo, obtidos das respostas dos alunos à *prova de avaliação de conhecimentos* e ao *questionário de atitudes* (secção 4.1). Começamos por comparar os resultados obtidos no pré-teste (4.1.1) em relação às variáveis dependentes de nível cognitivo e afectivo medidas nos instrumentos referidos, caracterizando os dois grupos e analisando as diferenças entre os mesmos no estado de partida. Comparamos em seguida as mudanças ocorridas entre o pré-teste e o pós-teste (4.1.2), analisando as mudanças em cada grupo, comparando os grupos em relação a essas mudanças e apresentando o estudo estatístico das diferenças encontradas.

Na segunda parte deste capítulo (4.2) apresentamos os resultados do estudo qualitativo, correspondentes aos elementos recolhidos da entrevista a quatro alunos do grupo experimental e a quatro alunos do grupo de controlo. Procurámos contrastar estes resultados com os obtidos da análise quantitativa, buscando elementos sobre os efeitos das estratégias (4.2.1 e 4.2.2) e sobre factores susceptíveis de influenciar as atitudes dos alunos (4.2.3).

4.1. Resultados Obtidos na Prova de Avaliação de Conhecimentos e no Questionário de Atitudes - Estudo Quantitativo

4.1.1 Resultados no Pré-teste - Comparação dos Grupos no Estado de Partida

4.1.1.1. Prova de avaliação de conhecimentos - desempenho a nível cognitivo.

O QUADRO 4.1 permite comparar os resultados obtidos em cada grupo nas variáveis medidas na prova de avaliação de conhecimentos quando aplicada antes da intervenção (pré-teste). Os resultados apresentados foram obtidos a partir dos *scores* alcançados pelos alunos de cada grupo nas três variáveis que se pretendia medir no pré-teste: *Compreensão Conceptual* (CCpre); *Compreensão Processual* (CPpre) e *Conhecimentos considerados pré-requisitos* (Prev).

QUADRO 4.1 - Desempenho cognitivo dos grupos no pré-teste

Variável	Grupo	Média	Mediana	Amplitude (min.-máx.)	Desvio padrão	Variância
Prev	Experimental	52,7	54	72 (16-88)	17,9	323,5
	Controlo	66,4	67,5	81 (19-100)	19,9	396,9
CCpre	Experimental	56,8	54	58,5 (28-86,5)	17,1	292,3
	Controlo	66	64,8	58 (35-93)	15,7	247,8
CPpre	Experimental	42,7	45	49,5 (16-65,5)	12,9	166,8
	Controlo	53,5	53,3	71,5 (13-84,5)	17,5	307,9

Prev - conteúdos considerados pré-requisitos; CCpre - Compreensão Conceptual; CPpre - Compreensão Processual; grupo Experimental (N=19); grupo de Controlo (N=22)

Os resultados mostram que as médias obtidas pelo grupo experimental eram, para cada uma das três variáveis consideradas, inferiores às obtidas pelo grupo de controlo, o que pode significar uma possível vantagem, à partida, do grupo sujeito à estratégia ilustrativa (grupo de controlo).

Os valores da mediana, próximos da média respectiva, indicam (apesar de existirem pequenas diferenças consoante a variável considerada) que, em cada variável, aproximadamente 50 % dos alunos obtiveram *scores* abaixo da média do respectivo grupo e cerca de 50 % obtiveram *scores* acima da respectiva média. Estas conclusões foram também confirmadas pela análise das frequências, não apresentadas no quadro.

As medidas de dispersão (amplitude, desvio padrão e variância) revelam que cada um dos dois grupos de alunos era heterogéneo nas três variáveis, isto é, apresentava alunos com desempenho *fraco*⁵⁷ e alunos com desempenho *muito elevado* em qualquer uma das três medidas efectuadas.

Com a intenção de verificarmos se as diferenças observadas entre os grupos em cada uma das três variáveis se revelavam estatisticamente significativas, foram feitos testes à hipótese nula de que as médias são iguais nos dois grupos utilizando o teste *t* para amostras não relacionadas.

Os resultados deste teste para as três variáveis (QUADRO 4.2) permitem-nos rejeitar a hipótese nula ($p < 0,05$), no que respeita às variáveis CPpre e Prev, pelo que podemos dizer que havia diferenças significativas entre os grupos naquelas duas variáveis, enquanto para a variável CCpre, o valor de *p* obtido (0,08) não nos permite rejeitar a hipótese nula, pelo que considerámos não haver diferenças significativas entre os grupos nesta variável. Tendo em conta o sentido das diferenças apresentadas no QUADRO 4.1, menor desempenho do grupo experimental nas três variáveis, podemos

⁵⁷ Adoptámos a seguinte escala qualitativa : 0 a 49 - fraco; 50 a 69 - médio; 70 a 89 - elevado; 90 a 100 - muito elevado.

dizer que na situação de partida o menor desempenho do grupo experimental em relação ao de controlo era significativo nas variáveis Prev e CP.

QUADRO 4.2 - Testes às diferenças observadas entre os grupos em cada uma das variáveis do desempenho cognitivo medidas no pré-teste

Variável	Variâncias (*)	Valor de <i>t</i>	Graus de liberdade	Significância (<i>p</i>)	Interpretação / Decisão
Prev	Iguais	-2,3	39	0,03 (**)	E < C
CCpre	Iguais	-1,8	39	0,08 (***)	E = C
CPpre	Iguais	-2,22	39	0,03 (**)	E < C

(*) Teste de Levene para igualdade de variâncias; (**) diferença significativa ($p < 0,05$); (***) diferença não significativa; E - grupo experimental; C - grupo de controlo; E < C – desempenho de E estatisticamente inferior ao de C; E = C – desempenho de E estatisticamente equivalente ao de C.

Em resumo, e no que respeita ao desempenho cognitivo, tal como foi medido, podemos dizer que à partida (pré-teste) se verificava a seguinte situação:

- a) Os dois grupos apresentavam um desempenho *médio* (50 a 69 pontos) nas variáveis medidas (Prev - conhecimentos substantivos considerados pré-requisitos, CC - *Compreensão Conceptual* e CP - *Compreensão Processual*), com excepção do grupo experimental que apresentava para a variável CP um desempenho *fraco* (0 a 49 pontos);
- b) Os dois grupos eram heterogéneos no que respeita às três variáveis;
- c) O desempenho médio do grupo experimental, em cada uma das três variáveis, revelou-se cerca de 10 pontos percentuais mais baixo que o desempenho do grupo de controlo;
- d) O menor desempenho do grupo experimental, em relação ao do grupo de controlo, revelou-se estatisticamente significativo ($p < 0,05$) nas variáveis Prev e CP, sugerindo uma possível vantagem, na situação de partida, do grupo de controlo (que seria sujeito à estratégia ilustrativa).

4.1.1.2. Questionário de atitudes - desempenho a nível afectivo

O QUADRO 4.3 permite comparar os dois grupos nas variáveis supostamente medidas no questionário de atitudes quando aplicado como pré-teste. As médias apresentadas foram obtidas a partir das respostas dos alunos aos 25 itens do questionário (ATpre) ou a partir das respostas aos 5 itens que constituem cada sub-escala (IBpre, VBpre, MApre, TLpre e Jpre).

As médias obtidas por cada um dos grupos, em quase todas as dimensões consideradas e na escala global, situavam-se na *atitude positiva*⁵⁸ (> 3,5 a ≤ 4,5). A única excepção verificou-se no grupo de controlo na dimensão TL - *Interesse / Motivação em relação ao Trabalho Laboratorial na Aprendizagem da Biologia*, em que o valor médio obtido se situava na *atitude bastante positiva* (> 4,5 a ≤ 5), embora no grupo experimental e na mesma dimensão o valor médio obtido estivesse também muito próximo desta categoria. Julgamos, assim, poder dizer que os alunos dos dois grupos apresentavam uma tendência para uma atitude predominantemente positiva em relação à Biologia e à sua aprendizagem, quer considerando toda a escala, quer considerando as sub-escalas ou dimensões que a constituem.

A variação das médias, de dimensão para dimensão, era semelhante nos dois grupos, tendo ambos os grupos obtido as pontuações médias mais baixas nas dimensões IB e MA e as pontuações médias mais elevadas nas dimensões TL e J.

Estes dados parecem indicar que são as mesmas dimensões atitudinais a determinar, nos alunos de ambos os grupos, as atitudes globais *positivas* em relação à Biologia e à sua aprendizagem, destacando-se a dimensão TL - que revela o interesse e motivação dos alunos em relação às actividades laboratoriais, ao tempo dedicado às

⁵⁸ Usamos a seguinte escala qualitativa para a definição das atitudes nos grupos (com base nos *scores* médios obtidos): 1 a ≤ 1,5 - Atitude bastante negativa; >1,5 a ≤ 2,5 - Atitude negativa; >2,5 a ≤ 3,5 - Atitude ambígua; >3,5 a ≤ 4,5 - Atitude positiva; > 4,5 a ≤ 5 - Atitude bastante positiva.

mesmas e à importância que lhes atribuem na sua aprendizagem - como aquela que mais parece contribuir para aquelas atitudes globais. Assim, na situação de partida deste estudo, o elevado interesse e motivação revelado pelos alunos em relação à realização de actividades laboratoriais, corrobora a ideia e o resultado de investigações que indicam o entusiasmo e popularidade com que os alunos encaram o trabalho laboratorial e, por outro lado, a opinião de alguns autores que consideram que esse interesse pode contribuir para o desenvolvimento de atitudes mais favoráveis em relação à ciência e à sua aprendizagem (Bates, 1978, citado em Hofstein, 1991; Hofstein & Lunetta, 1982; Gardner & Gauld, 1990; Araújo, 1995).

QUADRO 4.3 - Desempenho afectivo dos grupos no pré-teste

Variável Indicador	Grupo	Média	Mediana	Amplitude (mín.-máx.)	Desvio padrão	Variancia
ATpre	Experimental	4,18	4,16	1,28 (3,56-4,84)	0,333	0,111
	Controlo	4,1	4,14	1,04 (3,6-4,64)	0,298	0,089
IBpre	Experimental	4,08	4,2	2 (3-5)	0,491	0,241
	Controlo	3,81	4	1,4 (3-4,4)	0,456	0,208
VBpre	Experimental	4,14	4,2	1,8 (3,2-5)	0,508	0,258
	Controlo	4,17	4,2	1 (3,6-4,6)	0,328	0,108
MApre	Experimental	3,95	3,8	2 (3-5)	0,528	0,279
	Controlo	3,79	3,8	1,8 (2,6-4,4)	0,454	0,206
TLpre	Experimental	4,45	4,4	1,6 (3,4-4,5)	0,446	0,199
	Controlo	4,52	4,6	1,2 (3,8-5)	0,358	0,128
Jpre	Experimental	4,26	4,2	1 (3,8-4,8)	0,365	0,134
	Controlo	4,26	4,2	1,6 (3,4-5)	0,447	0,2

ATpre – Atitudes gerais em relação à biologia e sua aprendizagem (escala total); IBpre – Interesse pela biologia; VBpre – Apreciação do valor da biologia na sociedade; MApre – Interesse/motivação em relação à aprendizagem da biologia; TLpre – Interesse/motivação em relação ao trabalho laboratorial na aprendizagem da biologia; Jpre – Juízo sobre a capacidade pessoal na aprendizagem da biologia..

As medianas (QUADRO 4.3), quer para a escala global quer para cada uma das dimensões, e nos dois grupos, não sendo iguais às respectivas médias são no entanto próximas destas. No grupo de controlo e para as variáveis AT, IB, VB, MA e TL, a mediana é ligeiramente superior à média, o que revela que mais de 50% dos alunos obtiveram valores médios superiores à turma nessas variáveis. No grupo experimental apenas nas variáveis IB e VB mais de 50% dos alunos obtiveram valores superiores à média do respectivo grupo nessas variáveis. Esta leitura foi também confirmada pela análise das frequências em cada grupo, não apresentadas no quadro.

As medidas de dispersão revelam que cada um dos grupos apresentava, no que respeita às atitudes em relação à Biologia e à sua aprendizagem, considerando a escala toda (AT) ou cada uma das suas sub-escalas, uma heterogeneidade relativamente baixa. A análise das amplitudes revela contudo que, com excepção das dimensões VB e TL no grupo de controlo, da dimensão J no grupo experimental, e da escala global (AT) nos dois grupos, ocorreram casos/alunos que obtiveram *scores* médios que se situam na *atitude ambigua* ($> 2,5 \leq 3,5$), ainda que, com excepção da dimensão IB no grupo de controlo, a sua frequência tivesse sido sempre baixa.

A diferença entre as médias dos dois grupos em cada dimensão parece ser pequena, apesar de em valor absoluto haver diferenças. Comparando as médias, podemos verificar o seguinte: para J eram iguais; para AT, VB, MA e TL as diferenças situavam-se entre 0,03 (VB) e 0,14 pontos (MA); as maiores diferenças verificaram-se na dimensão IB (0,73 pontos de diferença). O sentido das diferenças encontradas variava nas diversas dimensões e escala global – em AT, IB e MA o grupo experimental apresentava médias superiores às correspondentes do grupo de controlo, enquanto nas variáveis VB e TL apresentava médias inferiores.

Por forma a verificar se as diferenças entre os grupos, nas várias variáveis afectivas medidas, são estatisticamente significativas, foram feitos testes à hipótese nula de que as médias são iguais nos dois grupos, utilizando o teste *t* para amostras não relacionadas. Os resultados (QUADRO 4.4), indicam que não podemos rejeitar a hipótese nula ($p > 0,05$), pelo que considerámos não haver diferenças significativas entre os grupos.

QUADRO 4.4 - Testes univariados às diferenças observadas entre os grupos em cada uma das variáveis do desempenho afectivo medido no pré-teste

Variável	Variâncias (*)	Valor de <i>t</i>	Graus de liberdade	Significância (<i>p</i>)	Interpretação/ Decisão
ATpre	Iguais	0,82	39	0,42 (**)	E = C
IBpre	Iguais	1,86	39	0,07(**)	E = C
VBpre	Iguais	-0,27	39	0,78(**)	E = C
MApre	Iguais	1,26	39	0,21(**)	E = C
TLpre	Iguais	-0,21	39	0,84(**)	E = C

(*) Teste de Levene para igualdade de variâncias; (**) diferença não significativa ($p > 0,05$); E - grupo Experimental; C - grupo de Controlo; E = C - desempenho de E estatisticamente equivalente ao de C.

Em resumo, e no que respeita ao desempenho afectivo, tal como foi medido, podemos dizer que, no estado de partida:

- a) Os alunos do grupo de controlo e o do grupo experimental apresentavam uma *atitude positiva* ($>3,5$ a $\leq 4,5$) quer globalmente *em relação à Biologia e à sua aprendizagem* (AT), quer em cada uma das dimensões atitudinais medidas – reveladoras do *Interesse e motivação em relação à Biologia como ciência* (IB), do *Valor que atribuem à Biologia na sociedade* (VB), do *interesse e Motivação na aprendizagem das disciplinas de Biologia* (MA) e do *auto-conceito (Juízo) sobre a capacidade pessoal na aprendizagem da Biologia* (J) ;
- b) Os dois grupos obtiveram as médias mais elevadas na dimensão TL – reveladora do *interesse e motivação na utilização do Trabalho Laboratorial na*

aprendizagem das disciplinas de Biologia - situando-se o *score* médio do grupo de controlo, nesta dimensão, na *atitude bastante positiva* ($> 4,5$ a ≤ 5);

- c) O grupo experimental apresentava, em relação ao grupo de controlo, médias ligeiramente mais elevadas na escala total (AT) e sub-escalas IB e MA, e médias ligeiramente mais baixas nas sub-escalas VB e TL, diferenças que, contudo, não se revelaram estatisticamente significativas.

4.1.2. Resultados no Pós-teste e Mudanças Ocorridas

4.1.2.1. Prova de avaliação de conhecimentos - mudanças no desempenho cognitivo

A) Estudo descritivo

O QUADRO 4.5 mostra os resultados obtidos em cada grupo nas variáveis medidas na prova de avaliação de conhecimentos quando aplicada imediatamente depois da intervenção (pós-teste). Os resultados apresentados foram obtidos a partir dos *scores* alcançados pelos alunos de cada grupo nas duas variáveis que se pretendia medir naquela prova, *Compreensão Conceptual* (CCpos) e *Compreensão Processual* (CPpos).

Os valores da mediana, em cada variável, no estado de chegada, tal como no de partida, estão próximos da respectiva média, o que revela que cerca de 50% dos alunos se posicionavam acima da média e cerca de 50% abaixo da média, quer em CC quer em CP. Mantiveram-se no entanto as pequenas diferenças iniciais entre as médias e as respectivas medianas, com excepção do grupo de controlo na variável CC, em que o valor da mediana no pós-teste passou a um valor ligeiramente superior ao valor da

média, o que indica que um pouco mais de 50% dos alunos obtiveram *scores* superiores à média do respectivo grupo naquela variável.

QUADRO 4.5 - Desempenho cognitivo dos grupos no pós-teste

Variável	Grupo	Média	Mediana	Amplitude	Desvio padrão	Variância
CCpos	Experimental	74,6	72,5	50,5 (49,5-100)	15,13	228,92
	Controlo	79,5	80	55 (45-100)	14,30	204,59
CPpos	Experimental	61,6	66	84 (13-97)	22,77	518,57
	Controlo	50,8	47	72 (15-87)	18,59	345,70

CC-Compreensão Conceptual; CP-Compreensão Processual; Grupo Experimental (N=19), Grupo de Controlo (N=22)

Com base noutras medidas de dispersão, verifica-se que os grupos mantiveram, à chegada, a heterogeneidade nas variáveis CC e CP, com alunos com desempenho *fraco* (≤ 49) e alunos com desempenho *elevado* (≥ 70 a ≤ 89) a *muito elevado* (≥ 90 a ≤ 100). Contudo, há a registar as seguintes diferenças: a heterogeneidade dos dois grupos na variável CC é menos acentuada, pois os *scores* mínimos obtidos nos dois grupos no pós-teste estão próximos do nível médio (≥ 50 a ≤ 69) sendo essa proximidade maior no grupo experimental; a heterogeneidade do grupo experimental na variável CP é mais acentuada no pós-teste.

A comparação dos resultados obtidos nos dois momentos (QUADROS 4.1 e 4.5) mostram que, entre o pré-teste e o pós-teste, o grupo experimental melhorou o seu desempenho quer na *Compreensão Conceptual* (CC) quer na *Compreensão Processual* (CP), enquanto no grupo de controlo, apesar de ter ocorrido também aumento no desempenho em CC, verificou-se ligeira redução em CP. O mesmo se pode ver através da Figura 4.1, onde são apresentados, em simultâneo, os resultados dos dois grupos no

pré-teste e pós-teste, permitindo assim uma análise das mudanças em cada grupo e a comparação, entre os grupos, dessas mudanças.

Os dados apresentados na Figura 4.1 mostram que as mudanças (melhorias) foram mais elevadas no grupo experimental, quer na *Compreensão Conceptual* (CC) quer na *Compreensão Processual* (CP), sendo a maior diferença verificada na variável CP. Na variável CC, o grupo experimental apresenta um ganho bruto de 17,8 pontos (passou de 56,8 para 74,6 pontos), enquanto no grupo de controlo esse ganho é de 13,5 pontos (passou de 66 para 79,5 pontos); na variável CP o grupo experimental tem um ganho bruto de 18,9 pontos (passou de 42,7 para 61,6 pontos) enquanto o grupo de controlo tem de facto uma “perda” bruta de -2,7 pontos (passou de 53,5 para 50,8 pontos).

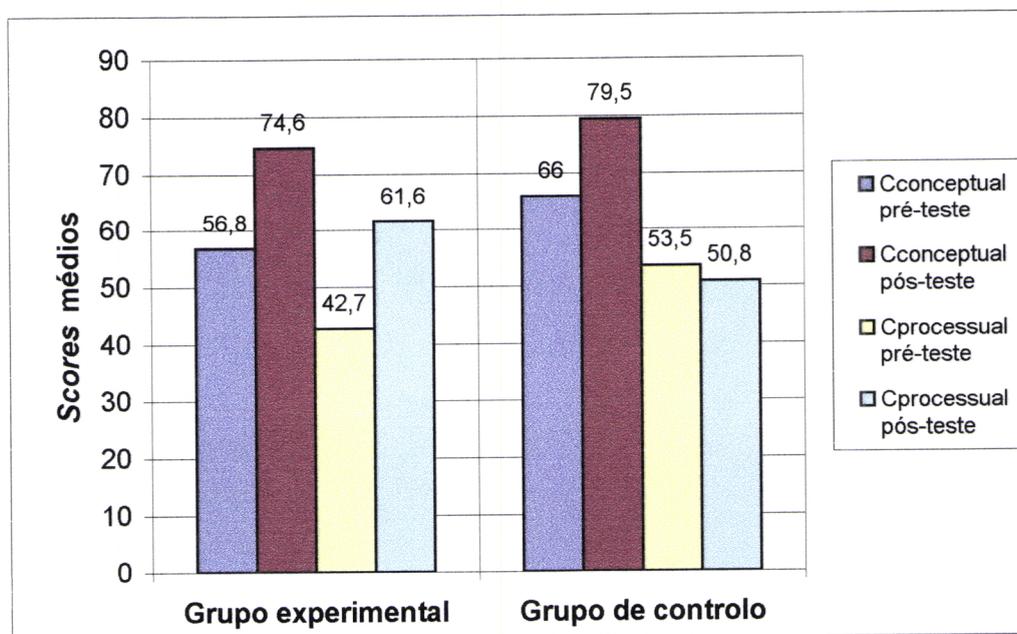


Figura 4.1 - Desempenho cognitivo - Compreensão Conceptual e Compreensão Processual - no pré e pós-teste

Os ganhos brutos em qualquer dos grupos parecem-nos baixos, o que se poderá dever a factos tais como: alguns dos conhecimentos avaliados apresentam alguma relação ou semelhança com conceitos tratados anteriormente noutras rubricas do

programa da disciplina, o que poderá justificar os resultados médios, em termos globais, no pré-teste, condições que poderão ter sido potenciadas na avaliação da variável *Compreensão Conceptual*, dado o reduzido número de itens utilizados; os alunos põem no geral pouco empenhamento e esforço na resolução de questionários ou testes que sabem à partida não virem a contribuir para a sua nota ou classificação, o que, aliado ao facto de não saberem antecipadamente que iam realizar a prova, poderá justificar os resultados do pós-teste e os ganhos baixos.

Os ganhos relativos em cada grupo (Figura 4.2) acentuam a diferença entre o grupo experimental e o grupo de controlo. O ganho relativo pode ser definido do seguinte modo (Killermann, 1996):

$$\text{Ganho relativo} = \frac{\text{resultado Pós-teste} - \text{resultado Pré-teste}}{\text{resultado Pré-teste}} \times 100$$

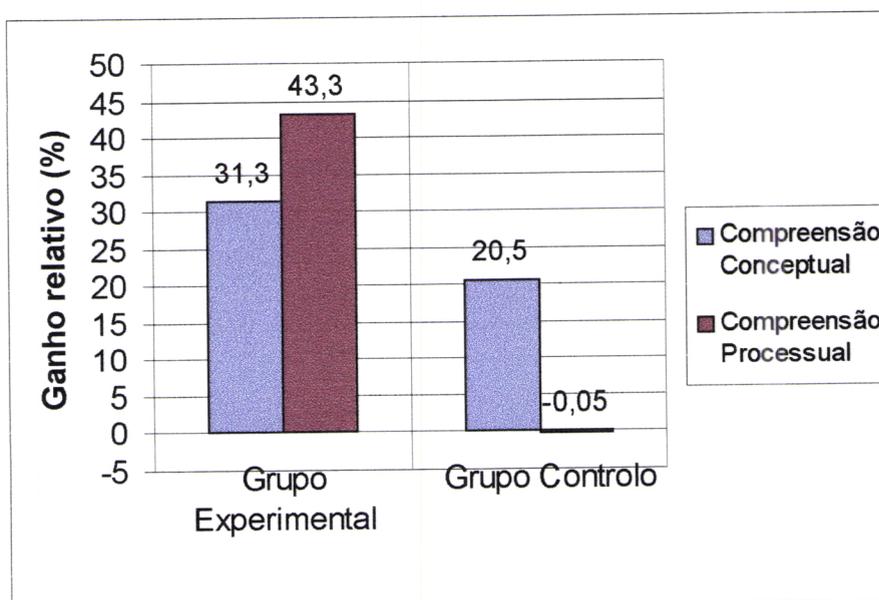


Figura 4.2 - Ganhos relativos dos grupos no desempenho cognitivo

Os ganhos relativos do grupo experimental são claramente superiores aos do grupo de controlo, sendo a diferença de 10,8 pontos percentuais na *Compreensão Conceptual* e de 43,35 pontos percentuais na *Compreensão Processual*.

B) Estudo inferencial das diferenças

Com a intenção de verificar se em cada grupo as mudanças verificadas entre o pré-teste e o pós-teste são estatisticamente significativas, foram realizados testes *t* para médias relacionadas. Os resultados destes testes (QUADRO 4.6) dão a seguinte indicação: a) as mudanças (ganhos) verificadas no grupo experimental entre o pré-teste (antes de ensino) e o pós-teste (depois de ensino) são significativas ($p < 0,001$) quer na variável CC quer na variável CP; b) a mudança (ganho) verificada no grupo de controlo na variável CC é significativa ($p < 0,01$); c) a mudança (perda) verificada no grupo de controlo na variável CP não é significativa.

QUADRO 4.6 - Testes univariados às diferenças, em cada grupo, no desempenho cognitivo entre o pré-teste e o pós-teste (teste *t* para médias relacionadas)

Grupo	Variável	Pré-teste		Pós-teste		Diferença/ganho		Valor <i>t</i>	Graus liberd	Signif. (<i>p</i>)
		média	dp	média	dp	média	dp			
Exper.	CC	56,8	17,1	74,6	15,1	17,8	12,4	6,27	18	0,000(a)
	CP	42,7	12,9	61,6	22,8	18,9	18,2	4,53	18	0,000(a)
Contr.	CC	66	15,7	79,5	14,3	13,5	17,8	3,56	21	0,002(b)
	CP	53,5	17,5	50,8	18,6	-2,7	15,9	-0,79	21	0,436(c)

Interpretação / Decisão: (a) subida significativa no pós-teste ($p < 0,001$); (b) subida significativa no pós-teste ($p < 0,01$); (c) descida não significativa no pós-teste ($p > 0,05$);

Os resultados obtidos nesta comparação das médias em cada grupo permitem-nos pensar que, nas condições em que decorreu o estudo: (a) ocorreu aprendizagem em CC nos dois grupos, pelo que as duas estratégias se revelaram sucedidas nessa aprendizagem; (b) ocorreu aprendizagem em CP apenas no grupo experimental, pelo

que apenas a estratégia utilizada nesse grupo – investigativa - se revelou sucedida nessa aprendizagem.

Verificadas as mudanças em cada grupo, possivelmente como efeito do ensino ou de cada uma das estratégias de ensino utilizadas, interessa-nos, de acordo com o objectivo principal deste estudo, comparar as aprendizagens (mudanças) entre os grupos por forma a verificar se alguma das estratégias se revelou mais eficaz.

De acordo com o objectivo do trabalho, interessa-nos saber se há diferenças estatisticamente significativas entre os ganhos/mudanças de cada grupo, como efeito de estratégias de ensino diferentes. Dado que no estado de partida os dois grupos apresentam diferenças, diferenças em valor absoluto em várias variáveis e estatisticamente significativas na variável CP (ver QUADRO 4.2), estas diferenças iniciais entre os grupos poderão ser também traduzidas ou expressas em diferenças no pós-teste e também nas mudanças ocorridas (ainda que, a ser assim, fosse esperado que o grupo de controlo obtivesse os melhores desempenhos no pós-teste, por ter obtido os melhores desempenhos no pré-teste). O modelo de análise de dados adoptado, Análise de Covariância (ANCOVA), permite comparar estatisticamente o desempenho no pós-teste dos dois grupos, tendo em conta as diferenças inicialmente existentes. Permite, portanto, verificar se existe um efeito significativo da intervenção nas variáveis CC e CP (medindo-as no pós-teste) quando se controla as mesmas variáveis antes da intervenção (medidas no pré-teste), usadas no modelo como covariáveis.

O QUADRO 4.7 mostra os resultados da análise multivariada da covariância (MANCOVA) na comparação entre os grupos quando se considera o conjunto das variáveis dependentes (CCpos e CPpos). Esta análise permite estimar o efeito do tratamento (intervenção) no conjunto das variáveis dependentes quando se controlam as diferenças iniciais entre os grupos observadas no pré-teste (CCpre e CPpre).

QUADRO 4.7 - Teste multivariado de significância do efeito do tratamento no desempenho cognitivo

Teste	Valor	Valor exacto de F	Graus de liberdade Associados ao		Significância (p)	Interpretação/ Decisão
			tratamento	erro		
Wilk	0,66443	9,09105	2,00	36	0,001(*)	E ≠ C

Valores para encontrar o nível de significância: S=1, M=0, N=17; (*) diferença significativa ao nível 0,001 ($p \leq 0,001$); E - grupo Experimental; C - grupo de Controlo; E ≠ C - grupos Experimental e de Controlo estatisticamente diferentes, significativo o efeito do tratamento (intervenção) no conjunto das variáveis CC e CP.

Os níveis de significância observados ($p = 0,001$) permitem rejeitar a hipótese nula de que não há diferenças entre os grupos, isto é, podemos considerar que há diferenças significativas entre o grupo sujeito à estratégia investigativa (grupo experimental) e o grupo sujeito à estratégia ilustrativa (grupo de controlo) no conjunto das variáveis dependentes medidas, ou que há um efeito significativo das estratégias utilizadas nas aprendizagens medidas (CC e CP). Uma vez que se conhece o sentido das diferenças, isto é, sabemos que os ganhos brutos e relativos são maiores no grupo de alunos sujeito à estratégia investigativa, podemos dizer que os alunos sujeitos a esta estratégia obtiveram resultados significativamente melhores que os alunos sujeitos à estratégia ilustrativa, quando se considera o conjunto das variáveis (CC e CP) medidas ao nível cognitivo. Por outras palavras, a estratégia investigativa revelou-se significativamente mais eficaz na aprendizagem a nível cognitivo global, tal como foi medida.

Os testes univariados da análise de covariância (QUADRO 4.8) permitem comparar o efeito do tratamento quando as variáveis dependentes CCpos e CPpos são tratadas separadamente. Os resultados deste teste indicam que a variável dependente que contribuiu para as diferenças significativas a nível global foi a variável CP - *Compreensão Processual*.

Podemos então dizer que, estatisticamente, as diferenças entre os grupos são significativas ($p < 0,001$) para a variável CP e não são significativas ($p > 0,05$) no que

respeita à variável CC, ou seja, o efeito da estratégia revelou-se significativo na aprendizagem de CP mas não significativo na aprendizagem de CC – *Compreensão Conceptual*.

QUADRO 4.8 - Testes univariados de significância do efeito do tratamento em cada uma das variáveis CC e CP

Variável	ETA Square	Soma dos desvios quadráticos		Desvios quadráticos médios		F	Significância (p)	Interpretação / Decisão
		tratamento / grupo	erro	tratamento / grupo	erro			
CC	0,00662	36,59	5491,97	36,59	148,431	0,2465	0,622 (a)	E = C
CP	0,30354	4150,35	9522,66	4150,35	257,369	16,1260	0,000 (b)	E ≠ C

(a) diferença não significativa ($p > 0,05$); (b) diferença significativa ($p < 0,001$); E - grupo Experimental; C - grupo de Controlo; E = C - grupos Experimental e de Controlo estatisticamente equivalentes, não significativo o efeito do tratamento na variável CC; E ≠ C - grupos Experimental e de Controlo estatisticamente diferentes, significativo o efeito do tratamento na variável CP; ETA Square - proporção da variabilidade total na variável dependente explicável pela variação na variável independente

Uma vez que os ganhos no grupo experimental (estratégia investigativa) são maiores, podemos dizer que os alunos sujeitos à estratégia investigativa obtiveram um ganho na aprendizagem de CP (*Compreensão Processual*) significativamente mais elevado que os alunos sujeitos à estratégia ilustrativa. Os ganhos na variável CC (*Compreensão Conceptual*), sendo maiores no grupo experimental, não são contudo significativamente diferentes dos ganhos do grupo de controlo. A estratégia investigativa revelou-se mais eficaz na aprendizagem de CP mas não mais eficaz na aprendizagem de CC.

Como verificámos, houve, de facto, no nosso estudo, ainda que não estatisticamente significativo, um ganho superior do grupo experimental, sujeito à estratégia investigativa, em relação ao de controlo, na *Compreensão Conceptual* (CC). Estes resultados, ganho efectivo superior do grupo experimental e/ou a constatação estatística de que esse ganho superior não é significativamente diferente do ganho verificado no grupo de controlo, devem ser analisados tendo em conta as limitações

associadas ao instrumento usado para medir CC. De facto, como já referido (secção 3.5.1), era o reduzido o número dos *itens* da prova de avaliação de conhecimentos utilizados para medir a *Compreensão Conceptual*, e era relativamente baixo o grau de consistência interna desse mesmo conjunto de itens. Por outro lado, também como já referido, na rubrica de ensino utilizada foi dada maior ênfase à *Compreensão Processual*, razão com a qual justificámos a utilização do reduzido número de itens. Assim, não é de excluir a possibilidade de os resultados poderem ser diferentes, se utilizássemos outro instrumento ou outra unidade de ensino com outros conceitos envolvidos. Apesar de, nessas circunstâncias, não ser de excluir a possibilidade de os resultados virem a confirmar os resultados que obtivemos – igual eficácia (embora estatística) das estratégias na aprendizagem de CC, já constatados noutros estudos (ex: Coulter, 1966, citado em Hofstein, 1991), poderíamos também esperar uma maior eficácia da estratégia investigativa, tal como constatado noutras investigações (Gangoli & Gurumurthy, 1995; Johnson & Lawson, 1998).

Uma outra variável susceptível de influenciar a aprendizagem em CC merece referência. De facto, verificámos existirem, na situação de partida, diferenças significativas entre os grupos ao nível dos conhecimentos que considerámos como pré-requisitos (Prev). Apesar de o grupo experimental partir de uma situação que supomos de desvantagem em relação ao de controlo (por ter um desempenho médio em Prev significativamente inferior), o seu ganho médio em CC foi, em valor absoluto, superior. Podemos suspeitar que estes ganhos do grupo experimental, em CC, seriam ainda maiores, e estatisticamente significativos, se controlássemos as diferenças iniciais em Prev. Apesar de não apresentado nos resultados, testámos o modelo ANCOVA introduzindo a variável Prev como covariável. A significância da diferença entre os grupos ao nível de CC não se alterou, o que significa que mesmo controlando as

diferenças iniciais ao nível de Prev – *conhecimentos pré-requisitos*, o efeito das estratégias não se revelou significativo em CC. Por outras palavras, a diferença inicial entre os grupos ao nível de Prev parece não ter tido influência no desempenho em CC.

Em relação aos *itens* da prova de avaliação de conhecimentos usados para medir a *Compreensão Processual* (CP) não temos as mesmas limitações em termos da sua consistência interna. Julgamos contudo pertinente tecer algumas considerações.

Os *itens* utilizados para medir a *Compreensão Processual* (CP), avaliaram os conhecimentos dos alunos ao nível da compreensão (e também da aquisição e aplicação) de um conjunto de conceitos associados aos processos da ciência e ao trabalho laboratorial em Biologia em particular, a saber: 1- definição e identificação de variáveis independentes, dependentes e controladas; 2- variável categórica e contínua; 3- relação representação gráfica e tipo de variável; 4- controlo biológico; 5- importância do tamanho da amostra biológica e do controlo de variáveis, para a fidelidade e validade dos resultados; 6- identificação de hipóteses testadas; 7- interpretação dos resultados em termos de relação de causa e efeito entre as variáveis. Não avaliamos quantitativamente cada um destes aspectos isoladamente, mas sim no seu conjunto. Será que para os diferentes aspectos avaliados em CP poderão haver efeitos diferenciados da estratégia de ensino?

É importante considerar que os aspectos procedimentais acima referidos (CP) foram ensinados nos dois grupos de alunos. No grupo sujeito à Estratégia Ilustrativa, após a exposição dos conteúdos (conhecimento substantivo) pelo professor, os alunos realizaram experiências, seguindo protocolos experimentais pré-estabelecidos, com vista a ilustrar esses conhecimentos. Após a realização da actividade e recolha dos dados, os alunos respondiam a um conjunto de questões, em que se incluíam algumas relacionadas com a *Compreensão Processual* (CP). A análise das respostas a estas

questões permitia ao professor corrigir a aplicação de alguns dos conceitos procedimentais e introduzir outros (ex: variável categórica e contínua; relação representação gráfica e tipo de variável; importância do tamanho da amostra biológica e controlo de variáveis, para a fidelidade e validade dos resultados; interpretação dos resultados em termos de relação de causa e efeito entre as variáveis). No grupo sujeito à Estratégia Investigativa os alunos utilizaram alguns daqueles conceitos durante a fase de planificação, auxiliados pelo guia de orientação e tabela de variáveis (que sentiram como úteis, de acordo com as entrevistas), sendo, como disseram alunos na entrevista, “obrigados” a pensar sobre aspectos processuais que, de outra maneira, passariam mais despercebidos. Conceitos processuais novos foram introduzidos pelo professor durante a discussão, intra-grupo ou inter-grupo, sobre a planificação elaborada e/ou durante a discussão inter-grupos após apresentação dos resultados das investigações por cada grupo. Pensamos que, tal como sugerido por White (1996), enquanto na Estratégia Ilustrativa os alunos podem seguir de forma mecânica o protocolo pré-estabelecido, pensando apenas em alguns aspectos processuais, quando as questões finais o solicitam, na Estratégia Investigativa, o maior envolvimento dos alunos, especialmente na fase de planificação da actividade, obriga-os a pensar e apreender esses aspectos durante a planificação e execução da actividade. Esta diferença poderá explicar a maior eficácia da Estratégia Investigativa na aprendizagem do conhecimento processual (sintáctico)

Em resumo, os resultados obtidos, no que respeita às mudanças ocorridas nos dois grupos ao nível do desempenho cognitivo - *Compreensão Conceptual* (CC) e *Compreensão Processual* (CP) - foram os seguintes:

a) No grupo sujeito à estratégia investigativa ocorreram ganhos estatisticamente significativos ($p < 0,001$) entre o pré-teste e o pós-teste, nas variáveis CC e CP;

b) No grupo sujeito à estratégia ilustrativa ocorreram ganhos estatisticamente significativos, entre o pré-teste e o pós-teste, apenas na variável CC ($p < 0,01$);

c) Em valor absoluto (independentemente da significância estatística), os ganhos brutos e relativos do grupo sujeito à estratégia investigativa revelaram-se superiores aos do grupo sujeito à estratégia ilustrativa, em CC e CP;

d) As diferenças entre os grupos nas variáveis dependentes CC e CP (quando se controlam as diferenças iniciais nessas variáveis):

- são estatisticamente significativas ($p = 0,001$) quando se considera o conjunto das duas variáveis, isto é, o efeito da estratégia é significativo para o conjunto das duas variáveis;
- são estatisticamente significativas quando se considera apenas CP ($p < 0,001$), isto é, o efeito da estratégia é significativo quando se considera isoladamente a variável CP;
- não são significativas quando se considera apenas CC, isto é, o efeito da estratégia não é significativo, quando se considera apenas a variável CC.

Em conclusão, tendo em conta as limitações anteriormente apresentadas ao nível do desenho do estudo, como o controlo de variáveis, e dos instrumentos utilizados, podemos dizer que a estratégia investigativa se revelou significativamente ($p \leq 0,001$) mais eficaz que a estratégia ilustrativa na aprendizagem de CP - *Compreensão*

Processual - e no desempenho cognitivo global (conjunto CC+CP), e igualmente eficaz ao nível de CC – *Compreensão Conceptual* ($p > 0,05$).

4.1.2.2. *questionário de atitudes - mudanças no desempenho afectivo*

A) Estudo descritivo

O QUADRO 4.9 mostra os resultados obtidos pelos dois grupos nas variáveis supostamente medidas no questionário de atitudes, quando aplicado imediatamente depois da intervenção (pós-teste). As médias apresentadas foram obtidas a partir das respostas dos alunos ao conjunto dos 25 itens que constituem o questionário (ATpos) ou a partir das respostas aos 5 itens que constituem cada sub-escala (IBpos, VBpos, MApos, TLpos e Jpos).

Tal como no pré-teste, também no pós-teste as medianas apresentam valores próximos das médias. Registamos aqui apenas as alterações em relação ao estado de partida: no grupo de controlo, na sub-escala MA (*Interesse/motivação em relação à aprendizagem da Biologia*), a mediana passou a ser ligeiramente inferior à média, o que significa que um pouco mais de 50% dos alunos apresentam valores inferiores à média obtida pelo grupo naquela variável, enquanto no grupo experimental, na dimensão TL (*Interesse/ motivação em relação ao Trabalho Laboratorial na aprendizagem da Biologia*) se verificou uma alteração inversa, passando mais de 50% dos alunos a atingirem *scores* superiores à média do respectivo grupo.

Manteve-se, como no estado de partida, a fraca heterogeneidade dos grupos no que respeita às dimensões atitudinais, supostamente medidas, e à escala total. A análise das amplitudes permitiu verificar que, também no pós-teste, ocorreram casos/alunos que obtiveram *scores* médios situados na *atitude ambigua* ($> 2,5 \leq 3,5$), com excepção, tal

como no estado de partida, das dimensões TL (agora nos dois grupos), VB (ainda apenas no grupo de controlo) e na variável AT (agora apenas no grupo experimental). Por outro lado, as amplitudes mantiveram-se sempre, nos dois grupos e em qualquer dimensão, bastante inferiores à média, tal como no estado de partida. De registar que no grupo experimental se verificou uma diminuição da amplitude dos *scores* na escala total (AT) e em todas as dimensões, com excepção de J (*Juízo do aluno sobre a sua capacidade pessoal na aprendizagem da Biologia*), enquanto no grupo de controlo também se registou descida mas apenas nas dimensões IB e TL.

QUADRO 4.9 - Desempenho afectivo dos grupos no pós-teste

Variável Indicador	Grupo	Média	Mediana	Amplitude (min.-máx.)	Desvio padrão	Variância
ATpos	Experimental	4,22	4,16	1,12 (3,8-4,92)	0,310	0,096
	Controlo	4,16	4,2	1,2 (3,5-4,7)	0,275	0,076
IBpos	Experimental	4,13	4,2	1,8 (3,2-5)	0,491	0,241
	Controlo	3,83	3,9	1,2 (3,2-4,4)	0,397	0,157
VBpos	Experimental	4,31	4,4	1,4 (3,4-4,8)	0,402	0,162
	Controlo	4,26	4,2	1,4 (3,6-5)	0,386	0,149
MApos	Experimental	4,02	4	1,8 (3,2-5)	0,503	0,253
	Controlo	3,85	3,8	2,2 (2,6-4,8)	0,516	0,266
TLpos	Experimental	4,51	4,6	1,4 (3,6-5)	0,418	0,175
	Controlo	4,67	4,7	1 (4-5)	0,305	0,093
Jpos	Experimental	4,15	4	1,4 (3,4-4,8)	0,426	0,182
	Controlo	4,26	4,2	1,6 (3,4-5)	0,480	0,230

ATpos – Atitudes gerais em relação à biologia e sua aprendizagem (escala total); IBpos – Interesse pela biologia; VBpos – Apreciação do valor da biologia na sociedade; MApos – Interesse/motivação em relação à aprendizagem da biologia; TLpos – Interesse/motivação em relação ao trabalho laboratorial na aprendizagem da biologia; Jpos – Juízo sobre a capacidade pessoal na aprendizagem da biologia.

Os resultados indicam que, da primeiro para o segundo momento, e para todas as variáveis, com excepção da variável J (*Juízo dos alunos sobre a sua capacidade na aprendizagem da Biologia*), ocorreu um aumento do *score* médio (QUADROS 4.3 e 4.9 e Figura 4.3). Na variável J, o grupo experimental apresenta uma descida de 4,26 para 4,15 de pontuação média, enquanto o grupo de controlo manteve o *score* médio inicial de 4,26 pontos. Os dois grupos mantiveram, pois, para todas as dimensões atitudinais medidas, *scores* médios que se situam na *atitude positiva* ou, na dimensão TL, *bastante positiva*.

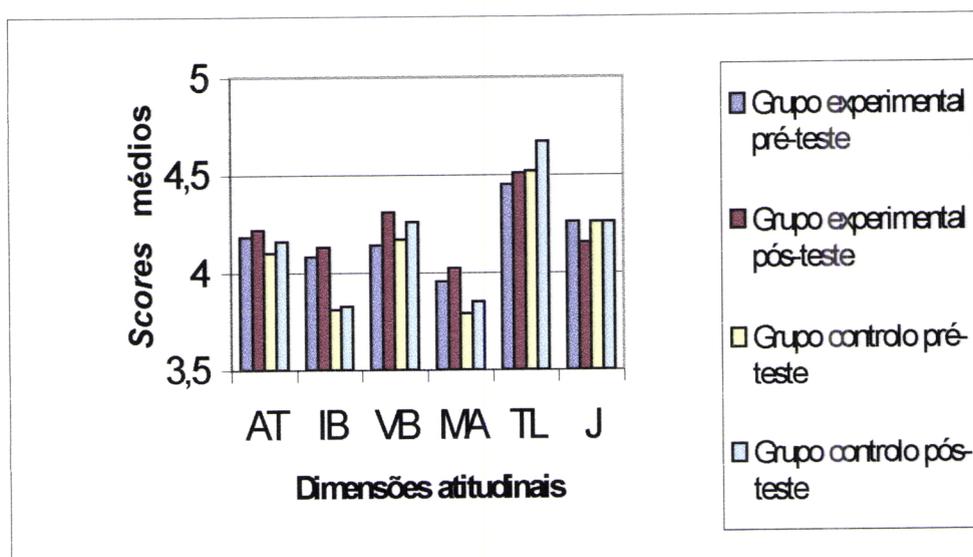


Figura 4.3 - Desempenho afectivo dos grupos no pré-teste e no pós-teste

Os ganhos brutos de cada grupo em cada uma das variáveis podem ser comparados com auxílio da Figura 4.4, onde é possível comparar mais facilmente as mudanças ocorridas em cada grupo. Assim, podemos verificar que o grupo experimental apresenta ganhos em quatro das variáveis medidas, que vão do valor mínimo 0,04 (AT) a 0,17 (VB), e uma descida (perda) de 0,11 pontos na variável J. O grupo de controlo apresenta ganhos em quatro das variáveis medidas, que vão do valor mínimo 0,02 (IB) a

0,09 (TL), e manteve a média na variável J. O grupo experimental apresenta ganhos brutos superiores nas variáveis IB (0,03 pontos superior), VB (0,09) e MA (0,02), enquanto o grupo de controlo apresenta ganhos superiores nas variáveis AT (0,02 de diferença), TL (0,03) e J (0,11).

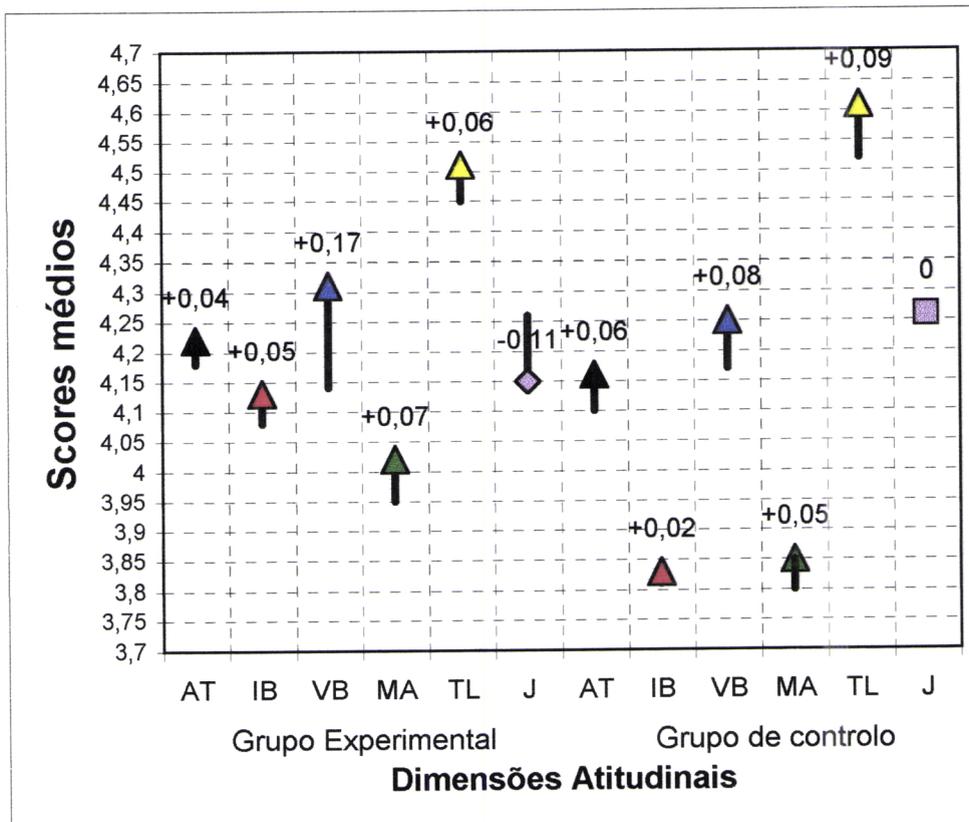


Figura 4.4 - Mudanças entre o pré-teste e o pós-teste em cada grupo nas variáveis atitudinais (a base das setas indica a posição no pré-teste; a ponta das setas marca a posição no pós-teste; o comprimento e sentido das setas correspondem respectivamente ao valor e sentido das mudanças ocorridas).

Os ganhos relativos em cada grupo são muito baixos dada a pequeníssima diferença do valor das mudanças em relação ao valor correspondente dos resultados do pré-teste.

Interessante parece ser o facto de as *atitudes em relação ao Trabalho Laboratorial* (TL), em qualquer dos grupos, apresentarem valores correspondentes ao pré-teste e pós-teste sempre mais elevados do que qualquer outra das variáveis medidas

nos dois momentos, o que pensamos vir confirmar a ideia de que os estudantes apresentam grande motivação e interesse em relação aos trabalhos de laboratório, tal como verificado e referido aquando da análise dos resultados da situação de pré-teste.

Outra diferença notada é o facto de os estudantes sujeitos à estratégia investigativa apresentarem uma descida (única descida verificada nos dois grupos) na variável que indica o que sentem (auto-conceito) em relação à sua capacidade na aprendizagem da Biologia (J), o que pode ser revelador, ainda que se pudesse esperar o contrário, de alguma eventual insegurança motivada pela utilização de uma estratégia a que não estão habituados.

B) Estudo inferencial das diferenças

Nos testes estatísticos à significância das diferenças (mudanças) entre o pré e o pós-teste em cada um dos grupos (teste t para médias relacionadas), foram obtidos, para todas as variáveis, valores de p que não permitem rejeitar a hipótese nula da inexistência de diferenças significativas entre o momento de partida (pré-teste) e o momento de chegada (pós-teste), como se pode verificar no QUADRO 4.10. Assim, podemos considerar que em qualquer dos grupos e para todas as variáveis medidas não ocorreram mudanças significativas entre o pré-teste e o pós-teste.

Julgamos poder pensar que nenhuma das estratégias se revelou significativamente sucedida na mudança de atitudes, tal como foram medidas, ainda que, apesar de não significativas, tenham ocorrido de facto, como já foi referido e se pode ver nas Figuras 4.3 e 4.4, ligeiras subidas em cinco das seis variáveis medidas, quer no grupo sujeito à estratégia investigativa quer no grupo sujeito à estratégia ilustrativa, que julgamos poder interpretar como resultado positivo do ensino. Não podemos, julgamos, dissociar as pequenas mudanças observadas do facto de os alunos,

em qualquer dos grupos, terem partido de uma situação em que as suas atitudes se revelaram já *positivas a bastante positivas* (situação a que não será alheio o facto de os alunos do estudo terem feito uma opção pela área das ciências na matrícula no 10º ano de escolaridade), pelo que nos questionamos se as mudanças, a ocorrerem, não teriam que ser necessariamente pequenas. Estes resultados apoiam a ideia de que a mudança de atitudes não ocorre facilmente, isto é, as características afectivas são estáveis uma vez adquiridas (Morissete & Gingras, 1994), tanto mais considerando o escasso tempo em que decorreu a intervenção.

QUADRO 4.10 - Testes univariados às diferenças, em cada grupo, no desempenho afectivo entre o pré-teste e o pós-teste (teste *t* para médias relacionadas)

Grupo	Variável	Pré-teste		Pós-teste		Diferença/ganho		Valor <i>t</i>	Graus liberd	Signif. (<i>p</i>)
		média	dp	média	dp	média	dp			
Experimental	AT	104,42	7,75	105,53	8,32	1,11	4,81	1	18	0,329
	IB	20,42	2,46	20,63	2,45	0,21	1,58	0,58	18	0,570
	VB	20,68	2,54	21,53	2,01	0,84	2,24	1,64	18	0,119
	MA	19,74	2,64	20,11	2,51	0,37	1,83	0,88	18	0,392
	TL	22,26	2,23	22,53	2,091	0,26	1,37	0,84	18	0,413
	J	21,32	1,83	20,74	2,13	-0,58	1,86	-1,38	18	0,186
Controlo	AT	102,41	7,42	104	6,87	1,59	4,88	1,53	21	0,141
	IB	19,05	2,28	19,14	1,98	0,09	1,9	0,22	21	0,825
	VB	20,86	1,64	21,27	1,93	0,41	2,13	0,9	21	0,378
	MA	18,77	2,25	19,23	2,58	0,46	1,71	1,25	21	0,226
	TL	22,41	2,22	23,05	1,53	0,64	1,56	1,91	21	0,069
	J	21,32	2,23	21,32	2,40	0,00	1,60	0,00	21	1

Interpretação / Decisão: não existem diferenças significativas nas mudanças ocorridas ($p > 0,05$)

Apesar dos resultados dos testes de significância para as mudanças em cada grupo terem revelado não existirem melhorias significativas em nenhum dos grupos, procurámos comparar estatisticamente os grupos por forma a verificar se entre os mesmos havia diferenças significativas nessas mudanças. Para o efeito, foi usada para cada variável a análise de covariância (ANCOVA univariada – teste F), sendo os

resultados correspondentes do pré-teste inseridos como covariável por forma a remover variações estranhas aos resultados dos pós-testes, isto é, por forma a controlar as diferenças iniciais entre os grupos na mesma variável considerada. Os resultados dessa análise (QUADRO 4.11) indicam que não existem diferenças significativas ($p > 0,05$) entre o grupo experimental e o de controlo em qualquer uma das variáveis consideradas ou, dito de outra maneira, não existem efeitos significativamente diferentes das estratégias.

QUADRO 4.11 - Testes univariados do efeito do tratamento em cada uma das variáveis afectivas

Variável	ETA square	Soma dos desvios quadráticos		Desvios Quadráticos médios		Valor de F	Significância (p)	Interpretação / Decisão
		tratamento / grupo	erro	tratamento / grupo	erro			
AT	0,00351	0,00384	1,08879	0,00384	0,03299	0,11632	0,735 (*)	E = C
IB	0,04830	0,16488	3,24890	0,16488	0,09845	1,67478	0,205(*)	E = C
VB	0,00236	0,01070	4,51428	0,01070	0,13680	0,07819	0,782(*)	E = C
MA	0,00412	0,01568	3,79421	0,01568	0,11498	0,16373	0,714(*)	E = C
TL	0,01031	0,02094	2,00949	0,02094	0,06089	0,34390	0,562(*)	E = C
J	0,00867	0,03248	3,71530	0,03248	0,11258	0,28853	0,595(*)	E = C

(*) diferença não significativa ($p > 0,05$); E - grupo Experimental; C - grupo de Controlo; E ≠ C – grupos Experimental e de Controlo estatisticamente equivalentes, não significativo o efeito da intervenção; ETA Square – proporção da variabilidade total na variável dependente explicável pela variação na variável independente

Para além das limitações mais gerais já referidas neste trabalho, há que referir, em relação ao questionário de atitudes, a relativa fraca consistência interna (ainda que algumas apresentem valores α de Cronbach próximos do mínimo aceitável) de cada uma das sub-escalas que hipoteticamente mediam as diversas dimensões. Por outro lado, depois de analisarmos os resultados, e tendo em conta a consistência interna de cada escala, questionámo-nos se existiriam de facto aquelas dimensões hipoteticamente consideradas no instrumento construído. Por curiosidade, ainda que depois de termos

efectuado o tratamento e análise dos dados, e com a intenção de confirmar se as respostas ao questionário de atitudes revelavam a existência estatística de dimensões ou categorias e se estas coincidem com aquelas que considerámos como hipótese aquando da elaboração do instrumento, procedemos a uma análise factorial confirmatória, utilizando o método dos componentes principais com rotação ortogonal dos factores. Esta análise permite contribuir para a determinação da validade do questionário, em termos de validade de constructo⁵⁹ (Ramos, 1997) e validade factorial⁶⁰ (Bryman & Cramer, 1993). De facto os resultados dessa análise factorial (Anexo 12) confirmaram a existência de factores (8) não totalmente coincidentes com as dimensões hipotéticas do instrumento construído. Esses resultados sugerem que seria conveniente reformular algumas das dimensões consideradas (retirando e/ou trocando alguns itens) e acrescentar outras.

Em resumo, os resultados destes estudo no que respeita às mudanças ocorridas nos dois grupos ao nível do desempenho afectivo, foram os seguintes:

- a) No grupo sujeito à estratégia investigativa ocorreram ganhos nas variáveis AT, IB, VB, MA e TL e perdas na variável J, não sendo estas mudanças estatisticamente significativas;
- b) No grupo sujeito à estratégia ilustrativa ocorreram ganhos nas variáveis AT, IB, VB, MA e TL e não ocorreram mudanças na variável J, não sendo qualquer das mudanças significativas;
- c) Os ganhos brutos do grupo experimental revelaram-se superiores aos do grupo de controlo nas variáveis IB, VB e MA, enquanto nas variáveis AT-escala global e TL os ganhos foram superiores no grupo de controlo;

⁵⁹ “(...) esta noção nasce da limitação do conceito de validade de conteúdo quando se procurou aplicar este à medição de traços, atributos, características, atitudes, etc., ou seja a conceitos abstractos e que resumem, ao menos como hipótese inicial, consistências condutuais e atitudinais” (Ramos, 1997)

⁶⁰ “A análise factorial permite-nos avaliar a *validade factorial* das questões que constituam as nossas escalas, informando-nos até que ponto elas estão a medir os mesmos conceitos ou variáveis” (Bryman & Cramer, 1993) p. 308.

- d) As diferenças entre os grupos em cada uma das variáveis atitudinais medidas no pós-teste, quando se controla as diferenças correspondentes no pré-teste, não se revelaram estatisticamente significativas.

Em conclusão, no que respeita às mudanças a nível afectivo, e tendo presentes as limitações já referidas, podemos dizer que a estratégia investigativa não se revelou significativamente ($p > 0,05$) mais eficaz que a estratégia ilustrativa no desenvolvimento de *Atitude favoráveis em relação à Biologia e à sua aprendizagem (AT)* ou em cada uma das dimensões atitudinais (IB, VB, MA, TL e J) supostamente medidas.

4.2. Resultados da Entrevista – Estudo Qualitativo

4.2.1. *Influência da Estratégia de Ensino nas Aprendizagens*

Com excepção de uma aluna do grupo de controlo (estratégia ilustrativa), todos os alunos, dos dois grupos em comparação, mostraram ser de algum modo capazes de, ao comparar dois relatórios de experiências laboratoriais, avaliar globalmente as metodologias seguidas e conclusões retiradas, detectando algumas falhas ao nível da validade dos resultados, apontando aspectos ligados às variáveis estudadas, ao controlo de variáveis e ao tamanho das amostras biológicas utilizadas. Assim, as respostas obtidas na entrevista não nos permitem pensar que uma das estratégias pareça ter sido mais ou menos eficiente do que a outra na compreensão dos *conceitos de evidência (Compreensão Processual)* associados à avaliação de toda uma tarefa experimental. Tendo em conta os resultados obtidos no estudo quantitativo, estes resultados da entrevista podem indicar, eventualmente, que, para os diferentes aspectos avaliados em CP, poderão haver efeitos diferenciados da estratégia de ensino.

No que respeita a possíveis influências das estratégias a nível afectivo (*Interesse, motivação em relação à aprendizagem da Biologia, Motivação em relação aos trabalhos práticos, Juízo do aluno sobre a sua própria capacidade na aprendizagem*), os alunos afirmaram não ter sentido qualquer alteração após as aulas correspondentes ao período da intervenção, tendo a maioria referido, de certo modo como justificação, que já antes gostavam de Biologia e de fazer actividades laboratoriais. No entanto, é de referir que os alunos que haviam experimentado a estratégia investigativa consideraram que foi mais motivante serem eles próprios a planificar a experiência, sugerindo também alguma influência na sua aprendizagem (*“com este trabalho os aspectos ligado*

ao tema foram entrando mais facilmente” ou “assim é mais fácil aprender, lembro-me do que fiz, é mais fácil a memorização”).

Questionámo-nos, na discussão dos resultados quantitativos, sobre a possibilidade de os resultados sobre a eficácia das estratégias a nível da *Compreensão Conceptual* poder ser diferente noutra unidade de ensino. Com base nas respostas dos alunos entrevistados, que indicaram que o tema tratado não lhes despertava um interesse particular, apesar de gostarem, e supondo que esse interesse se reflectiria nas aprendizagens cognitivas, mantemos a questão inicial – sendo outros os conceitos envolvidos e outra a motivação pelo tema obteríamos os mesmos resultados ?

4.2.2. Opiniões dos Alunos sobre as Estratégias seguidas e sobre as Aprendizagens

Apesar de nem sempre conseguirem explicar claramente porquê, os alunos dos dois grupos admitiram ser importante e ou interessante aprender quer os conteúdos (conhecimento substantivo) quer os processos (conhecimento processual). Em algumas das justificações parecem associar os processos exclusivamente a actividade experimental e esta à motivação: “ só os conteúdos tornava-se chato, assim podemos fazer experiências”. Outras justificações parecem indicar que os alunos sentem que o conhecimento dos processos ajuda a compreender o conteúdo conceptual ou a relacionar a prática com a teoria: “ajuda a interpretar os resultados e perceber a matéria” ou “é mais fácil relacionarmos as duas coisas”. Outras justificações ainda, parecem passar a ideia de que os alunos sentem que a aprendizagem das ciências é geralmente focada nos conceitos substantivos (conteúdo conceptual), mas que a aprendizagem dos processos

(conteúdo processual) é necessária “*para sabermos como havemos de investigar*” (aluno do grupo de controlo) ou para tornar possível “*perceber muito bem como utilizar os resultados duma experiência*”.

Três dos alunos do grupo de controlo afirmaram que preferiam realizar experiências a partir de protocolos que o professor fornecesse (como fizeram) em vez de as executar com base em planificações por eles elaboradas a partir de uma situação problemática colocada pelo professor ou por eles mesmo. As razões invocadas para justificar essa preferência foram: “*a nossa planificação não estaria muito correcta, ...nunca fizemos de outra maneira*”; “*perdíamos tempo se fossemos nós a planificar*”; “*é mais fácil, já sabemos mais ou menos qual a experiência que temos realizar, ...imaginar uma experiência é difícil*”. Quando foi explicado a estes alunos que o professor não seria um mero espectador, mas que daria guias de orientação e ajudaria nas dificuldades surgidas, orientaria os trabalho dos grupos, possibilitando o confronto das propostas, resultados e conclusões obtidas pelos alunos com os conhecimentos existentes sobre o problema a investigar, que o trabalho seria em grupo e que poderia não haver limite de tempo, os mesmos alunos disseram que talvez fosse mais interessante se fossem eles a planificar, tendo um deles dito que “*se calhar viamos melhor o que teríamos de controlar, como fazer*” e outro que “*éramos obrigados a pensar...*”. Um dos alunos sujeito à mesma estratégia ilustrativa, embora referindo que o protocolo apresentado pelo professor está mais organizado, reconheceu que se fossem os alunos a planificar “*aprendemos a ter ideias, desenvolvemos a nossa capacidade...de pensar nesses assuntos...qual o objectivo, o que precisamos de fazer, como planificar...*”.

Os alunos do grupo experimental justificaram a sua preferência pela estratégia utilizada (planificação da actividade pelos alunos, em grupo) fundamentalmente por

razões de motivação, interesse e curiosidade, embora referindo também que dessa forma são obrigados a pensar, apercebendo-se mais facilmente de aspectos (tipos de variáveis, controlo de variáveis, porque fazer de uma certa maneira) que da outra forma passariam mais despercebidos.

Os alunos que haviam experimentado a estratégia investigativa consideram que no geral não sentiram dificuldades insuperáveis nas várias fases do trabalho. Um dos alunos referiu a este propósito que *“os elementos do grupo complementavam-se”* dando assim a ideia de que as dificuldades surgidas puderam ser resolvidas através dum trabalho em equipa. Estes alunos foram unânimes em considerar que o *“guia de orientação”* fornecido ajudou, ou ajudou muito, na planificação e outras fases do trabalho experimental de natureza investigativa, pois permitiu orientar *“todo o seguimento,...era a primeira vez que fazíamos um trabalho deste género”, “...nunca tínhamos feito e sem esse guia não sabíamos como começar”*, tendo todos eles referido concretamente o facto de o guia e as tabelas de variáveis terem ajudado a definir com clareza quais as variáveis envolvidas nos respectivos planos de investigação (independentes, dependentes e controladas).

Os dados da entrevista sugerem que a reacção dos alunos à estratégia investigativa é positiva. A reacção de maior entusiasmo, que se poderá reflectir nas suas atitudes em relação à Biologia e directamente, ou através daquelas atitudes, nas aprendizagens cognitivas, podem ser associadas, como é sugerido pelas respostas dos alunos, à novidade que a estratégia constituiu e ao desafio cognitivo envolvido. Esta nossa interpretação baseia-se na opinião de Gardner & Gault (1990) que consideram que a variedade de trabalhos laboratoriais e o desafio cognitivo nelas envolvido constituem factores susceptíveis de influenciar as reacções dos alunos ao trabalho laboratorial.

Argumentámos, na discussão dos resultados quantitativos, que o maior envolvimento dos alunos e o facto de este maior envolvimento os obrigar a pensar nos aspectos processuais, poderia explicar a maior eficácia da estratégia investigativa na aprendizagem dos conteúdos processuais. Julgámos poder sugerir que outra razão poderia ser também o maior entusiasmo dos alunos envolvidos na estratégia investigativa.

4.2.3. Variáveis susceptíveis de Influenciar as Atitudes dos Alunos em Relação à Ciência

4.2.3.1. Ambiente familiar

Os resultados da entrevista parecem indicar que os pais esperam um esforço dos filhos no sentido de conseguirem bons resultados a nível escolar, pelo menos que façam o “melhor que puderem”. Das mesmas entrevistas parecem resultar indicações contraditórias sobre a influência do ambiente familiar nas atitudes dos alunos em relação às ciências. Por um lado parece haver pouco estímulo (explícito?) da família para que os filhos assistam ou participem em actividades ligadas à ciência, por outro parece, ainda que de forma menos clara, que as actividades profissionais dos pais e temas de conversa familiares podem ter funcionado, ou ainda funcionam, como um estímulo para os seus interesses ou gosto pela ciência ou, pelo menos, por temas de biologia em particular.

4.2.3.2. *Ambiente escolar /Ambiente aprendizagem*

As respostas dos entrevistados indicam que, apesar de na escolaridade anterior àquela em que se realizou o estudo, as actividades experimentais (associadas à motivação dos alunos), terem sido pouco frequentes, quase todos os alunos deram a indicação de sempre terem gostado da área de ciências e da biologia em particular. Parece assim que, para estes alunos, a pouca frequência das actividades experimentais na escolaridade básica não influenciou negativamente o seu gosto ou interesse em relação à ciência e Biologia (quer durante essa escolaridade quer durante o Ensino Secundário (ES)) e não foi determinante para a opção que fizeram pela área das ciências na matrícula no ES.

Todos os entrevistados foram unânimes em considerar todos os professores, ou a generalidade dos professores de ciências que tiveram (nos 2º e 3º ciclos do EB e no 10º e 11º ano do ES), como professores com conhecimentos da sua especialidade e como sendo capazes de os transmitirem de forma compreensível aos alunos.

Outras variáveis do ambiente de aprendizagem (“clima” social nas aulas de ciências, estratégias seguidas, ...) não foram exploradas na entrevista. Podemos apenas dizer, a aceitar a existência, nestes alunos, de interesse e motivação em ciência ou na Biologia em particular, que outros aspectos do ambiente de aprendizagem que não a frequência das actividades práticas terão influenciado essas atitudes positivas. Talvez um dos aspectos possa estar associado aos professores que tiveram, à segurança que transmitiam e demonstravam nos conhecimentos que possuíam e na capacidade de se fazerem compreender pelos alunos.

Outros aspectos envolvidos poderão no entanto, como se disse, ter contribuído para o interesse que os alunos assumem ter pela ciência e Biologia. A relação professor-aluno parece ter sido abordada por um dos alunos entrevistados quando mencionou

que, apesar de gostar da disciplina, o facto de não gostar do professor (*“era mau para a turma e muito exigente”*) poderia reflectir-se um pouco no interesse e aproveitamento pela disciplina.

4.2.3.3. Grupo de amigos

Julgamos poder utilizar a opção que os alunos fizeram pela área das ciências como indicador do seu interesse particular pelas ciências. Nenhum dos alunos admitiu a hipótese de o respectivo grupo de amigos ter tido influência na escolha da área de estudos do 10º ano ou na escolha das disciplinas de opção da mesma área. Três dos alunos explicaram que a sua escolha se devia ao facto de ser a área que mais gostavam.

As respostas dos entrevistados parecem indicar que não houve influência marcante do grupo de amigos no seu interesse pelas ciências ou que, a haver essa possível influência ela não foi muito sentida como tal. Apesar de não se poder excluir a possibilidade de haver alguma influência do grupo de amigos, é de realçar que nenhum dos alunos se referiu a episódios marcantes, a temas de conversa frequentes, ou a um envolvimento claro, interessado ou regular dos amigos em actividades extra-curriculares, ou fora da escola, ligadas à ciência. Tenha ou não havido alguma influência do grupo de amigos para o desenvolvimento do interesse pelas ciências, a influência dos amigos não foi sentida como determinante no momento em que cada um teve que fazer uma escolha clara, pela área das ciências, para o prosseguimento dos estudos.

4.2.3.4. Percepção pessoal sobre as suas capacidades na Aprendizagem

As respostas dos alunos entrevistados sugerem que fazem de si próprios uma

imagem positiva no que tem a ver com o controlo que sentem poder exercer sobre os acontecimentos da sua vida, nomeadamente o seu sucesso ou rendimento como estudantes de ciências ou de Biologia em particular. As respostas dos alunos às questões 8 (Que controlo julgas ter em relação ao que te acontece?) e 9 (Que sucesso julgas ter como estudante de ciências ou da biologia em particular ?) recaíram somente nas opções *Algum* (a maioria) e *Muito*. A maioria dos entrevistados considerou que poderia aumentar o seu rendimento em Biologia se fizessem um esforço para tal, enquanto uma aluna (de rendimento elevado) respondeu que “*mais do que eu me esforço é impossível*”. Os alunos explicaram que o poderiam fazer se estudassem mais ou com maior regularidade (a maioria das respostas), se houvesse mais tempo e/ou se desistissem de outros interesses que também os ocupa.

Capítulo 5

CONCLUSÕES

É principal propósito do presente estudo comparar os efeitos de duas estratégias de ensino no laboratório – Estratégia Investigativa e Estratégia Ilustrativa – no processo de aprendizagem dos alunos do 11º ano, na disciplina de Técnicas Laboratoriais de Biologia – bloco II, ao nível da (1) *Compreensão Conceptual* (Conhecimento substantivo da Biologia – Conteúdo Conceptual), (2) *Compreensão Processual* (Conhecimento sintáctico da Biologia – Conteúdo Processual) e (3) *Desenvolvimento de Atitudes em relação à Biologia e à sua aprendizagem*.

Tendo em conta as expectativas sugeridas por diversos autores (Tamir, 1991; Gott & Mashitter, 1991; Hodson, 1994, 1996b) em relação à Estratégia Investigativa no ensino das ciências e às sugestões para a sua utilização (presentes nas Orientações dos programas das disciplinas da área da Biologia do ensino Secundário), formulámos *quatro hipóteses* que procurámos testar neste estudo e que aqui de novo apresentamos resumidas:

Os alunos sujeitos à Estratégia Investigativa deverão apresentar, em relação aos alunos sujeitos à Estratégia Ilustrativa:

- 1 - melhores resultados na aquisição e compreensão de conceitos de Biologia -
- Compreensão Conceptual;*
- 2- melhores resultados na compreensão de conceitos associados aos processos
envolvidos no trabalho laboratorial - Compreensão Processual;*
- 3- desempenho cognitivo global mais elevado - Compreensão Conceptual e
Compreensão Processual;*

- 4- *atitudes mais favoráveis em relação à Biologia e à sua aprendizagem.*

Para perseguirmos aquele objectivo principal, teríamos necessariamente de utilizar, para além da Estratégia Ilustrativa (que associamos à prática lectiva mais comum), a Estratégia Investigativa, menos frequentemente utilizada ou ausente na prática lectiva. Neste sentido, a Estratégia Investigativa constituía então uma novidade prática, pelo que, a termos de a caracterizar, planificar e aplicar, o estudo poderia vir a permitir alcançar um outro objectivo mais geral - *Contribuir para a utilização e desenvolvimento de Estratégias Investigativas no ensino de disciplinas na área da Biologia.* Acreditávamos também, que a pesquisa bibliográfica sobre o tema (especificamente no que concerne a resultados de estudos sobre a eficácia de diferentes trabalhos laboratoriais) bem como os resultados do nosso estudo, nos forneceriam elementos que nos ajudariam a fundamentar as opções que temos de fazer, quotidianamente, em relação às estratégias ou tipos de trabalho laboratorial que utilizamos, com vista a alcançar determinados objectivos de ensino. Neste contexto definimos, também, como propósito do estudo, outro objectivo - *Contribuir para a tomada de decisões fundamentadas quanto ao(s) tipo(s) , ou estratégias, de trabalho laboratorial a utilizar numa determinada unidade de ensino, tendo em conta a sua adequação efectiva aos objectivos pretendidos.*

Apresentam-se seguidamente as conclusões do estudo, tendo em conta as hipóteses e objectivos previamente definidos.

Relativamente ao desempenho cognitivo, medido através da prova de avaliação de conhecimentos, verificámos que os alunos do grupo experimental, quando comparados com o de controlo, obtiveram ganhos (diferenças entre o pós-teste e pré-teste) absolutos

e relativos mais elevados nas duas variáveis dependentes medidas - *Compreensão Conceptual* (CC) e *Compreensão Processual* (CP). No entanto, o tratamento estatístico adequado revelou que as diferenças entre os grupos no pós-teste, quando se tem em conta as diferenças iniciais nas mesmas variáveis, são significativas apenas quando se considera o conjunto das duas variáveis medidas - CC+CP ($p = 0,001$) - ou quando se considera a variável CP isoladamente ($p < 0,001$), mas não são significativas quando se considera a variável CC isoladamente ($p > 0,05$).

Estes dados não nos permitiram confirmar, estatisticamente, a primeira hipótese inicialmente formulada, segundo a qual, os alunos sujeitos à Estratégia Investigativa obteriam, quando comparados com os alunos sujeitos à Estratégia Ilustrativa, melhores resultados na *aquisição e compreensão de conceitos substantivos da Biologia* (*Compreensão Conceptual* – CC).

Salvaguardando as diferenças ao nível das estratégias comparadas noutros estudos, esta conclusão parece-nos de acordo com os resultados do estudo de Coulter (1966, citado em Hofstein, 1991 e Clackson & Wright, 1992). Neste estudo o autor verificou, ao comparar três estratégias de ensino no laboratório (“prática dedutiva” - ilustrativa / “prática indutiva” / “demonstração indutiva”), que estas foram igualmente eficazes na aprendizagem dos conceitos substantivos envolvidos. No entanto, os resultados do nosso estudo não são concordantes com o estudos de: 1- Gangoli & Gurumurthy (1995), que verificaram, em alunos de 15-17 anos, em Física, que a estratégia de tipo investigativo se revelou mais eficaz, que a de cariz ilustrativo, na aquisição, compreensão e aplicação de conceitos substantivos; 2- Johnson & Lawson (1998), que verificaram um aumento significativo nos conhecimentos dos alunos sujeitos a uma estratégia de natureza investigativa (ciclo de aprendizagem) quando comparados com alunos sujeitos a uma estratégia ilustrativa. Outros estudos ainda (McDermott, 1982,

citado em Boud, Dunn & Hegarty-Hazel, 1986; Wesbrook & Rogers, 1996) permitiram concluir da eficácia de estratégias exploratórias, com recurso à actividade laboratorial de natureza investigativa, na aprendizagem dos conceitos substantivos. Os resultados destes estudos, as limitações do nosso (fundamentalmente as relacionadas com o instrumento utilizado), e os dados que obtivemos da entrevista, fizeram-nos pensar na possibilidade de os resultados deste estudo, ao nível da *Compreensão Conceptual*, puderem ser diferentes se outro fosse o contexto temático.

Em relação à *segunda e terceira hipóteses*, os dados obtidos na prova de avaliação de conhecimentos parecem confirmá-las, isto é, os dados apoiam a ideia de que a estratégia investigativa foi mais eficaz, do que a estratégia ilustrativa, na aprendizagem dos conceitos sintácticos – *compreensão (e aplicação) de conceitos associados aos processos envolvidos no trabalho laboratorial (Compreensão Processual – CP)* e também na aprendizagem cognitiva global (considerando em conjunto a aprendizagem ao nível de CC e CP).

Estes resultados, no que respeita ao conhecimento sintáctico, estão de acordo com os obtidos no já citado estudo de Coulter (1966), segundo o qual, a “estratégia indutiva”, que julgamos semelhante à investigativa, tende a transmitir uma melhor apreciação de aspectos de inquérito científico e, também, no estudo de Heaney (1971, citado em Garret & Roberts, 1982), que verificou que a “descoberta guiada” é mais sucedida, do que uma estratégia ilustrativa, no desenvolvimento de *skills* de resolução de problemas. Pensamos, ainda, que os nossos resultados corroboram a conclusão de Bates (1978, citado em Hofstein, 1991) segundo o qual, alguns tipos de trabalho laboratorial de orientação por inquérito parecem melhores, no ensino dos processos de inquérito, do que as actividades laboratoriais de verificação. Os resultados do nosso

estudo são ainda concordantes com o postulado por White (1996), segundo o qual, o trabalho investigativo seria eficiente na aprendizagem dos “*conceitos de evidência*”.

Sugerimos que a maior eficácia da estratégia investigativa pode estar relacionada com o maior envolvimento dos alunos durante as várias fases da actividade, maior envolvimento que os leva a ter reflectir sobre os aspectos processuais da actividade, e por outro lado com o maior entusiasmo dos alunos, este resultante da novidade e desafio cognitivo inerentes.

Relativamente ao *desenvolvimento de Atitudes*, medidas no questionário de Atitudes, verificou-se que apesar de haver, em cada um dos dois grupos de alunos, ganhos entre o pré-teste e pós-teste, nas várias variáveis medidas (com excepção da variável J - Juízo ou auto-conceito sobre a capacidade pessoal na aprendizagem – no grupo experimental), nem estas diferenças intra-grupo, nem as diferenças entre os grupos no pós-teste, controlando as diferenças no pré-teste, se revelaram estatisticamente significativas.

Assim sendo, os dados quantitativos obtidos não confirmam a *quarta hipótese* inicialmente formulada, segundo a qual, os alunos sujeitos à Estratégia Investigativa apresentariam, em relação aos alunos sujeitos à estratégia ilustrativa, *Atitudes mais favoráveis em relação à Biologia e à sua aprendizagem* no conjunto das dimensões atitudinais consideradas ou em cada uma dessas dimensões.

Contrariamente aos resultados do nosso estudo, Ajewole (1991), num trabalho realizado com alunos de Biologia do 10 °ano, durante um período que não é especificado, verificou que os alunos sujeitos a uma estratégia de natureza exploratória desenvolveram, em relação aos alunos sujeitos a uma estratégia de natureza ilustrativa (em que na verdade o trabalho laboratorial foi reduzido ou ausente), atitudes mais

favoráveis em relação à Biologia. Em concordância com o citado estudo, os dados da entrevista que realizámos indicam que os alunos se sentem motivados com a realização do trabalho laboratorial em geral, mas os que experimentaram a Estratégia Investigativa consideraram-na preferencial, por ser mais motivante, o que pode indiciar que esta estratégia se pode reflectir mais, ainda, na motivação e interesse dos alunos e, conseqüentemente, através destes aspectos afectivos, na aprendizagem cognitiva.

Os dados quantitativos relativos à dimensão *Interesse / Motivação em relação ao trabalho laboratorial* - TL, em que os dois grupos obtiveram, nos dois momentos, os valores médios mais elevados (atitude também verificada através das entrevistas), confirmam os vários estudos e opiniões (de alunos, professores e investigadores) que indicam que as actividades laboratoriais motivam os alunos, sendo a motivação sugerida como razão para a realização dessas mesmas actividades laboratoriais.

Os dados obtidos através da entrevista, referentes a variáveis susceptíveis de influenciar as atitudes dos alunos em relação à ciência e à Biologia em particular, indicam uma possível mas pequena influência do ambiente familiar (temas de conversa, profissões dos pais), reduzida ou nenhuma influência do grupo de amigos, alguma influência do ambiente escolar (ao nível da competência dos professores e relação professor-aluno, mas não ao nível da frequência de actividades práticas na escolaridade básica anterior) e, eventualmente, grande influência da percepção pessoal sobre as próprias capacidades na aprendizagem da ciência, percepção que coincide com a motivação e gosto que disseram ter em relação à Biologia.

Não foi possível detectar, através das entrevistas, diferenças entre os grupos no que respeita a estes factores / variáveis que poderiam também explicar eventuais diferenças, entre os grupos, ao nível das aprendizagens afectivas e também cognitivas (variáveis

dependentes do estudo). Se considerarmos os alunos entrevistados como representativos dos respectivos grupos, estas indicações qualitativas permitem-nos fazer crer que os resultados obtidos pelos alunos nos vários instrumentos do estudo quantitativo não foram, ou foram igualmente influenciados por aqueles factores, e realçam, portanto, a eventual influência da estratégia de ensino.

Julgamos ter conseguido implementar uma estratégia de natureza investigativa na realização do trabalho laboratorial. Os alunos, de acordo com as entrevistas, não sentiram grandes dificuldades e consideraram muito úteis, quer o guia de orientação, quer a tabela de especificação das variáveis envolvidas. Refira-se que a natureza dos problemas de investigação envolvidos era relativamente fácil, condição considerada necessária para evitar que as dificuldades e inexperiência dos alunos, neste tipo de actividades (inexperiência também confirmada através das entrevistas), os não impedisse ou inibisse de as realizar. A Estratégia Investigativa foi considerada muito motivadora pelos alunos que a experimentaram, quando a compararam com as actividades laboratoriais de tipo ilustrativo, em que os alunos executam um protocolo experimental previamente definido.

Como implicação, parece-nos ser de considerar que se o nosso objectivo de ensino, com recurso à actividade laboratorial realizada pelos alunos em pequeno grupo, é desenvolver o conhecimento sintáctico da ciência, devemos encarar a possibilidade de recorrer à Estratégia Investigativa como estratégia adequada. O estudo não foi conclusivo, quanto à maior ou menor eficácia de uma das estratégias comparadas, em relação à aprendizagem do conhecimento substantivo e ao desenvolvimento afectivo. Assim, o contributo deste estudo no que respeita à fundamentação das tomadas de decisão dos docentes, quanto ao(s) tipo(s) de trabalho laboratorial mais adequado(s) a

determinado(s) objectivo(s) de aprendizagem, fica limitado à indicação de que a Estratégia Investigativa parece ser mais eficaz na aprendizagem de determinados aspectos associados aos processos da ciência. Julgamos, no entanto, ter contribuído, de alguma forma, no sentido de verificar ou constatar, que diferentes estratégias com recurso ao trabalho laboratorial, ou diferentes tipos de trabalho laboratorial, conduzem a aprendizagens qualitativamente e quantitativamente diferentes. Por conseguinte, não devemos encarar a utilização do trabalho laboratorial em abstracto, como algo indiscriminado, como se existisse uma única maneira de o utilizar, ou supondo que consegue alcançar os mesmos objectivos pretendidos indiferentemente do modo como a ele recorreremos.

Em resumo, dos resultados deste estudo, concluímos que a Estratégia Investigativa se revelou, estatisticamente, mais eficaz que a Ilustrativa na aprendizagem de aspectos associados aos processos da ciência (conhecimento sintáctico) e igualmente eficaz ao nível do conteúdo (conhecimento substantivo) e ao nível afectivo.

O contexto particular em que foi realizado o nosso estudo, a amostra relativamente pequena, a utilização de grupos não equivalentes, o tipo de instrumentos utilizados para medir as aprendizagens, o período de tempo relativamente curto em que decorreu, são exemplos de alguns dos aspectos que constituem limitações do mesmo e nos impossibilitam de generalizar, sem reservas, os resultados deste estudo a outros contextos.

Ao longo do estudo foram, entretanto, surgindo outras questões, que poderão ser objecto de investigações futuras, no sentido de aprofundar a relação entre a utilização do trabalho laboratorial e a aprendizagem dos alunos em Biologia, ao nível dos conteúdos, processos e atitudes. Não podemos deixar de salientar que, no contexto do presente

estudo, nos questionámos sobre quais seriam os resultados de estudos de comparação da eficácia da Estratégia Investigativa e da Estratégia Ilustrativa, se utilizássemos outros conteúdos (conhecimento substantivo) e processos (conhecimento sintáctico), se alargássemos o estudo a amostras maiores e a outros níveis de ensino, se recorrêssemos a outros modos de avaliar as aprendizagens no laboratório (recorrendo a relatórios, registo de observações na aula, ...) ou, ainda, se a variável sexo se relaciona com as aprendizagens. No que respeita à Estratégia Investigativa, consideramos que seria também interessante explorar a sua utilização ao nível da relação entre o conhecimento substantivo e o conhecimento sintáctico, ao nível afectivo, e em actividades de maior grau de dificuldade.

BIBLIOGRAFIA

- Ajewole, G.A. (1991). Effects of Discovery and Expository Instructional Methods on the Attitude of Students to Biology. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(5), 401-409.
- Almeida, A.M. (1995). *Trabalho Experimental na Educação em Ciências: Epistemologia Representações e práticas dos Professores*. Tese de Mestrado não publicada. Universidade Nova de Lisboa, FCT - Ciências da Educação, Lisboa.
- Araújo, D.F. (1995). *Técnicas Laboratoriais de Física. Análise e consequências do primeiro ano do seu funcionamento*. Tese de Mestrado não publicada. Universidade do Minho, Departamento de Física, Braga.
- Atkinson, E.P. (1990). Learning Scientific Knowledge in the Student Laboratory. In E. Hegarty-Hazel (Ed.), *The Student Laboratory and the Science Curriculum*. (pp. 119-131). Londres: Routledge.
- Ausubel, D.P. (1968). *Educational Psychology: A Cognitive View*. New York: Holt, Rinehart e Winston.
- Baker, D.R., & Piburn, M. (1991). Process Skills Acquisition, Cognitive Growth, and Attitude Change of Ninth Grade Students in a Scientific Course. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(5), 423-436.
- Barberá, O., & Valdés, P. (1996). El trabajo práctico en la enseñanza de las ciencias: una revisión. *Enseñanza da las ciencias*, 14(3), 365-379.
- Bates, G.R. (1978). The role of the laboratory in secondary school science programs. In M.B. Rowe (Ed.), *What Research says to the Science Teacher*, 1, (pp. 55-82). Washington D.C.: National Science Teachers Association.
- Beatty, J.W. & Woolnough, B.E. (1982). Practical work in 11-13 Science: the context, type and aims of current practice. *British Educational Research Journal*, 8 (1), 23-30.
- Blosser, Patricia E. (1984). Attitude research in Science Education. *ERIC Clearing-house of Science, Mathematics and Environmental Education Information Bulletin*, Nº1. Columbus: Ohio State University.

- Boud, D., Dunn, J., & Hegarty-Hazel, E. (1986). *Teaching in Laboratories*. Milton Keynes: Open University Press.
- Brotherton, P.N., & Preece, P.F.W. (1996). Teaching science process skills. *International Journal of Science Education*, 18(1), 65-74.
- Bryman, A., & Cramer, D. (1993). *Análise de dados em Ciências Sociais - Introdução às técnicas utilizando o SPSS*. Oeiras: Celta Editora.
- Cain, S.E. & Evans, J.M. (1990). *Sciencing: An Involvement Approach to the Elementary Science Methods*. Columbus: Merrill.
- Caraça, J. (1997). *O que é Ciência*. Lisboa: Difusão Cultural
- Carter, G. & Lee, L.S. (1981). A sample survey of departments of electrical engineering to ascertain the aims, objectives and methods of assessing first year undergraduate laboratory work in electronic and electrical engineering. *International Journal of Electrical Engineering Education*, 18, 113-120.
- Castro, M.D. (1993). *Demonstrações experimentais: percepção de professores e de alunos*. Tese de Mestrado não publicada. Departamento de Educação da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Lisboa.
- Clackson, S.G., & Wright, D.K. (1992). An appraisal of practical work in science education. *School Science Review*, 74(266), 39-42.
- Coelho da Silva, J.L., & Leite, L. (1998). Actividades laboratoriais em manuais escolares: proposta de critérios de análise. *Boletín das Ciências*, X(32), 259-264.
- Cohen, L., & Manion, L. (1990). *Métodos de Investigación Educativa*. Madrid: Editorial La Muralla.
- Coulter, J.C. (1966). The effectiveness of inductive laboratory demonstration and deductive laboratory in biology. *Journal of Research in Science Teaching*, 4, 185-186.
- De Pro Bueno, A. (1998). Se podem ensinar conteúdos procedimentais em las classes de ciencias ? *Enseñanza de las Ciencias*, 16(1), 21-41.
- D'Hainaut, L. (1992). *Conceitos e Métodos da Estatística*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.
- Domingos, A.M., Neves, I.P., & Galhardo, L. (1981). *Uma forma de estruturar o ensino e a aprendizagem*. Lisboa: Livros Horizonte.

- Driver, R. & Bell, B. (1985). Students' thinking and the learning of science: a constructivist view. *School Science Review*, 67, 443-456.
- Driver, R. (1983). *The pupil as Scientist ?* Milton Keynes: Open University Press.
- Duggan, S., & Gott, R. (1995). The place of investigations in practical work in the UK National Curriculum for Science. *International Journal of Science Education*, 17(2), 137-147.
- Dumon, A. (1992). Formar a los estudiantes en el método experimental: utopía o problema superado? *Enseñanza de las Ciencias*, 10(1), 25-31.
- Eisenhardt, W.B. (1977). A search of predominant causal sequence in the interrelationship of interest in academic subjects and academic achievement. A cross-lagged panel correlation study. *Dissertation Abstracts International*, 37, 4225A.
- Fensham, P. (Ed.). (1991). *Development and Dilemmas in Science Education*. Londres: The Falmer Press.
- Fenstermacher, G.D. (1989). Tres aspectos de la filosofía de la investigación sobre la enseñanza. In M.C. Wittrock (Ed.), *La investigación de la enseñanza, I - Enfoques, teorías y métodos*. (pp. 150-179). Barcelona: Ediciones Paidós Ibérica.
- Fisher, D., Henderson, D., & Fraser, B. (1997). Laboratory Environments & Student Outcomes in Senior High School Biology. *The American Biology Teacher*, 59(4), 214-219.
- Fraser, B.J., Giddings, G.J., & McRobbie, C.J. (1993). Development and Cross-National Validation of a Laboratory Classroom Environment Instrument for Senior High School Science. *Science Education*, 77(1), 1-24.
- Fraser, B.J., Giddings, G.J., & McRobbie, C.J. (1995). Evolution and Validation of a Personal Form of an Instrument for Assessing Science Laboratory Classroom Environments. *Journal of Research in Science Teaching*, 32(4), 399-422.
- Freedman, M.P. (1997). Relationship among Laboratory Instruction, Attitude toward Science, and Achievement in Science Knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, 34(4), 343-357.
- Gagné, R.M. (1965). *The Psychological Bases of Science: A Process Approach*. Washington: American Association for the Advancement of Science.

- Gangoli, S.G., & Gurumurthy, C. (1995). A study of the effectiveness of a guided open-ended approach to physics experiments. *International Journal of Science Education*, 17(2), 233-241.
- García Barros, S., Martínez Losada, C., Mondelo, M., & Vega, P. (1997). Innovar el Trabajo Práctico desde la Formación Permanente. Presentación de una Intervención Concreta. *Enseñanza de las Ciencias*, (Extra V Congreso), 107-108.
- García Barros, S., Martínez Losada, M.C., & Mondelo Alonso, M. (1995). El Trabajo Práctico. Una Intervención para la Formación de Profesores. *Enseñanza de las Ciencias*, 13(2), 203-209.
- Gardner, P., & Gauld, C. (1990). Labwork and Students' Attitudes. In E. Hegarty-Hazel (Ed.), *The Student Laboratory and the Science Curriculum*. (pp. 132-156). Londres: Routledge.
- Gardner, P.L. (1975). Attitudes to science: a review. *Studies in Science Education*, 2, 1-41.
- Garnett, P.J., Garnett, P.J. & Hackling, R.W. (1995). Defocussing the chemistry lab: A case for laboratory-based investigations. *Australian Science Teachers Journal*, 41(2), 26-32.
- Garrett, R.M., & Roberts, I.F. (1982). Demonstration versus Small Group Practical Work in Science Education. A critical review of studies since 1900. *Studies in Science Education*, 9, 109-146.
- Germann, P.J. (1988). Development of the attitude toward science in school assessment and its use to investigate the relationship between science achievement and attitude toward science in school. *Journal of Research in Science Teaching*, 25(8), 689-703.
- Germann, P.J. (1991). Developing Science Process Skills Through Directed Inquiry. *The American Biology Teacher*, 53(4), 243-247.
- Giddings, G.J., Hofstein, A., & Lunetta, V. (1991). Assessment and evaluation in the science laboratory. In B. Woolnough (Ed.), *Practical Science. The role and reality of practical work in school science*. (pp. 167-177). Milton Keynes: Open University Press.

- Gil Pérez, D. (1993). Contribución da la historia y de la filosofía de las ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza/aprendizaje como investigación. *Enseñanza de las Ciencias*, 11(2), 197-209.
- Gil Pérez, D., & Carrascosa Alis, J. (1994). Bringing Pupils' Learning Closer to a Scientific Construction of Knowledge: A Permanent Feature in Innovations in Science Teaching. *Science Education*, 78(3), 301-315.
- Gil Pérez, D., & Valdés Castro, P. (1995). Un ejemplo de práctica de laboratorio como actividade investigadora: segundo principio de la dinámica. *Alambique - Didáctica de las Ciencias Experimentales*, (6), 93-102.
- Gil Pérez, D., Carrascosa Alis, J., Furió Más, C., & Martínez Torregrosa, J. (1991). *La Enseñanza de las Ciencias en la Educación Secundaria*. Barcelona: ICE / Editorial Horsori.
- Gogolin, L., & Swartz, F. (1992). A quantitative and qualitative Inquiry into the Attitudes toward Science of Nonscience College Students. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(5), 487-504.
- Gott, R., & Duggan, S. (1995). *Investigative work in the science curriculum*. Buckingham: Open University Press.
- Gott, R., & Duggan, S. (1996). Practical work: its role in the understanding of evidence in science. *International Journal of Science Education*, 18(7), 791-806.
- Gott, R., & Mashiter, J. (1991). Practical work in science - a task-based approach? In B.E. Wollnough (Ed.), *Practical Science - The role and reality of practical work in school science*. (pp. 53-65). Milton Keynes: Open University Press.
- Grau, R. (1994). Que és lo que hace difícil una investigación? *Alambique - Didáctica da las Ciencias Experimentales*, (2), 27-35.
- Guimarães, R.C., & Cabral, J.A.S. (1997). *Estatística*. Alfragide: Editora McGraw-Hill de Portugal.
- Hackling, M.W. & Fairbrother, R.W. (1996). Helping students to do open investigations in science. *Australian Science Teachers Journal*, 42(4), 26-33.

- Haladyna, Tom, Olsen, Robert & Shaughnessy, Joan (1982). Relation of Student, Teacher and learning environment variables to attitudes toward science. *Science Education*, 66(5), 671-687.
- Haladyna, Tom, Olsen, Robert & Shaughnessy, Joan (1983). Correlations of attitudes towards science. *Journal of research in Science Teaching*, 20(4), 311-324.
- Hayman, J.L. (1984). *Investigación y educación*. Barcelona: Ediciones Paidós Ibérica.
- Heaney, S. (1971). The effects of three teaching methods and the ability of young pupils to solve problems in biology: an experimental and quantitative investigation. *Journal of Biological Education*, 5, 219-228.
- Hegarty-Hazel, E. (1990a). Learning Technical Skills in the Student Laboratory. In E. Hegarty-Hazel (Ed.), *The Student Laboratory and the Science Curriculum*. (pp. 75-94). Londres: Routledge.
- Hegarty-Hazel, E. (1990b). The Student Laboratory and the Science Curriculum: An overview. In E. Hegarty-Hazel (Ed.), *The Student Laboratory and the Science Curriculum*. (pp. 3-26). Londres: Routledge.
- Hegarty-Hazel, E. (1990c). The Student Laboratory and the Science Curriculum: A model. In E. Hegarty-Hazel (Ed.), *The Student Laboratory and the Science Curriculum* (pp.27-33). Londres: Routledge.
- Hegarty-Hazel, E. (Ed.). (1990d). *The Student Laboratory and the Science Curriculum*. Londres: Routledge.
- Herron, M.D. (1971). The nature of scientific inquiry. *School Review*, 79, 171-212.
- Hodson, D. (1990). A critical look at practical work in school science. *School Science Review*, 70(256), 33-40.
- Hodson, D. (1992). Redefining and reorienting practical work in school science. *School Science Review*, 73(264), 65-78.
- Hodson, D. (1993). Re-thinking old ways: Towards a more critical approach to practical work in school science. *Studies in Science Education*, 22, 85-142.
- Hodson, D. (1994). Hacia un enfoque más crítico del trabajo del laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias*, 12(3), 299-313.
- Hodson, D. (1996a). Practical work in school science: exploring some directions for change. *International Journal of Science Education*, 18(7), 755-760.

- Hodson, D. (1996b). Laboratory work as scientific method: three decades of confusion and distortion. *Journal of Curriculum Studies*, 28(2), 115-135.
- Hofstein, A. (1991). Practical Work and Science Education II. In P. Fensham (Ed.), *Development and Dilemmas in Science Education*. (pp. 189-217). Londres: The Falmer Press.
- Hofstein, A., & Lunetta, V. (1982). The role of laboratory in science teaching: neglected aspects of research. *Review of Educational Research*, 52(2), 201-217.
- Jesuino, J.C. (1986). O método Experimental nas Ciências Sociais. In J.M. Pinto & A.S. Silva (Ed.), *Metodologia das Ciências Sociais*. Lisboa: Edições Afrontamento.
- Johnson, M.A., & Lawson, A.E. (1998). What are the Relative Effects of Reasoning Ability and Prior Knowledge on Biology Achievement in Expository and Inquiry Classes? *Journal of Research in Science Teaching*, 35(1), 89-103.
- Johnstone, A. H. & Wham, A. J. B. (1982). The demands of practical work. *Education in Chemistry*, 19, 71-73.
- Jorge, M.M. (1991). Educação em ciências: perspectivas actuais. In M.T. Oliveira (Ed.), *Didáctica das Ciências*. (pp. 29-41). Lisboa: Universidade Aberta.
- Keeves, J.P. (1975). The home, the school and achievement in mathematics and science. *Science Education*, 59(4), 439-460.
- Keightley, J.V. & Best, E.D. (1975). Students preferences for Year 11 biology classes in science South Australian schools. *Research in Science Education*, 5, 57-67.
- Kerr, J.F. (1963). *Practical work in School Science*. Leicester: Leicester University Press.
- Killermann, W. (1996). Biology education in Germany: research into effectiveness of different teaching methods. *International Journal of Science Education*, 18(3), 333-346.
- Kirschner, P.A. (1992). Epistemology, Practical Work and Academic Skills in Science Education. *Science & Education*, 1, 273-299.
- Klainin, S. (1991). Practical Work and Science Education I. In P. Fensham (Ed.), *Development and Dilemmas in Science Education*. (pp. 169-188). Londres: The Falmer Press.

- Klopfer, L.E. (1990). Learning Scientific Enquiry in the Student Laboratory. In E. Hegarty-Hazel (Ed.), *The Student Laboratory and the Science Curriculum*. (pp. 95-118). Londres: Routledge.
- Lapointe, A. E., Askew, J. M. & Mead, N. A. (1992). *Learning Science*. International Assessment of Educational Progress Report N° 22-CAEP-02.
- Lawson, A. E., Abraham, M. R. & Renner, J.W. (1989). *A Theory of Instruction*, NARST Monograph N°1.
- Leite, L. (1997). O trabalho laboratorial visto por professores e por futuros professores de Ciências Físico-Químicas. *Boletim das Ciências, X(29)*, 7-15.
- Lock, R. (1988). A history of practical work in school science and its assessment, 1860-1986. *School Science Review, 70(250)*, 115-119.
- Lock, R. (1990). Open-ended, problem-solving investigations. What do we mean and how can we use them? *School Science Review, 71(256)*, 63-72.
- McDermott. L. C. (1982). Problems in understanding Physics (Kinematics) among beginning college students – with implications for high school courses. In M.B. Rowe (Ed.), *Education in the 80's: Science* (pp.106-128, 167-168). Washington D.C.:National Education Association.
- Miguens, M., & Garrett, R.M. (1991). Prácticas en la enseñanza de las ciencias. Problemas e posibilidades. *Enseñanza de las Ciencias, 9(3)*, 229-236.
- Millar, R. & Driver, R. (1987). Beyond processes. *Studies in Science Education, 14*, 33-62.
- Millar, R. (1991). A means to an end: role of processes in science education. In B. Woolnough (Ed.), *Practical Science. The role and reality of practical work in school science*. Milton Keynes . Philadelphia: Open University Press.
- Millar, R., Le Maréchal, J-F., Tiberghien, A. (1998). *A map of the variety of labwork*. European Commission, Targeted Socio-Economic Research Programme, Project PL 95-2005 - Labwork in Science Education, York. Reino Unido.
- Ministério da Educação - DGEBS. (1991). *Ciências da Terra e da Vida, Biologia, Geologia - Organização Curricular e Programas - Ensino Secundário*. Lisboa: DGEBS.



- Ministério da Educação - GETAP. (1992). *Técnicas Laboratoriais de Biologia bloco 2 - Programa*. Porto: GETAP.
- Moreira, M.A. (1980). A non-traditional approach to the evaluation of the laboratory instruction in general physics courses. *European Journal of Science Education*, 2, 441-448.
- Morrisette, Dominique & Gingras, Maurice (1994). *Como ensinar Atitudes – Planificar, Intervir, Avaliar*. Porto: Edições ASA.
- Mouly, G.J. (1978). *Educational Research: the Art and Science of investigation*. Boston: Allyn and Bacon.
- Neto, A. (1995) *Contributos para uma nova Didáctica da Resolução de Problemas: um estudo de orientação metacognitiva em aulas de Física do Ensino Secundário*. Tese de Doutoramento não publicada. Universidade de Évora, Évora.
- Neto, A. (1996a). *Diversidade e cooperação metodológica: um imperativo na investigação educacional*. Lisboa: Projecto Dianóia - Departamento de Educação.
- Neto, A. (1996b). *Problemas, exercícios e algoritmos*. Texto não publicado, Mestrado em Educação: Biologia, Universidade de Évora, Departamento de Pedagogia e Educação, Évora.
- Nott, M., & Wellington, J. (1994). Science teachers, the nature of science, and the National Curriculum. In J. Wellington (Ed.), *Secondary science - Contemporary issues and practical approaches*. (pp. 32-43). Londres: Routledge.
- Novak, J.D. (1990). The Interplay of Theory and Methodology. In E. Hegarty-Hazel (Ed.), *The Student Laboratory and the Science Curriculum*. (pp. 60-71). Londres: Routledge.
- Oliveira, M.T. (Ed.). (1991). *Didáctica das Ciências*. Lisboa: Universidade Aberta.
- Oliver, J.S. & Simpson, R.D. (1988). Influences of attitude toward science, achievement motivation, and science self-concept on achievement in science: A longitudinal study. *Science Education*, 72(2), 143-155.
- Pinto, J.M. & Silva, A.S. (Ed.). (1986). *Metodologia das Ciências Sociais*. Lisboa: Edições Afrontamento.
- Pizzini, E.L. et al.. (1991). The inquiry level of junior high activitie: Implications to science teaching. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(2), 111-121.

- Praia, J., & Cachapuz, F. (1994). Un Análisis de las Concepciones acerca de la Naturaleza del Conocimiento Científico de los Profesores Portugueses de la Enseñanza Secundaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 12(3), 350-354.
- Punch, K.F. & Rennie, L.J. (1989). *Classification of the direction of the affect-achievement relationship in science*. Paper apresentado no Encontro anual da NARST. San Francisco: ERIC Document Reproduction Service N°ED 306119.
- Quintas, C. & Braz, N.R. (1997) *No Laboratório. Técnicas Laboratoriais de Biologia - bloco 2. Ensino Secundário*. Porto: Areal Editores.
- Ramos, J.L. (1997). *Utilização e criação de Micromundos de Aprendizagem - Uma Estratégia de Integração do Computador no Curriculum do Ensino Secundário*. Tese de Doutoramento não publicada. Universidade de Évora, Évora.
- Reid, D. & Hodson, D. (1987). *Science for all*. Lisboa: Cassell.
- Rowe, M.B. (Ed.). (1982). *Education in the 80's: Science*. Washington D.C.: National Education Association.
- Rowe, M.B. (Ed.). (1978). *What Research Says to the Science Teachers*. Washington D.C.: National Science Teachers Association.
- Santos, M.E. (1991). *Mudança Conceptual na Sala de Aula - um desafio pedagógico*. Lisboa: Livros Horizonte.
- Scaife, J. (1994). Learning and teaching science. In J. Wellington (Ed.), *Secondary science - Contemporary issues and practical approaches*. (pp. 47-71). Londres: Routledge.
- Schibecchi, R.A. & Riley, J.P. (1986). Influence of students' background and perceptions on science attitudes and achievement. *Journal of Research in Science Teaching*, 23, 177-187.
- Schibecchi, R.A. (1989). Home, school, and peer group influences on science attitudes and achievement in science. *Science Education*, 73(1), 13-24.
- Shayer, M. & Adey, P. (1981). *Towards a Science of Science Teaching*. London: Heinemann Education Books.
- Simpson, R.D. & Oliver, J.S. (1990). A summary of major influences on attitudes and achievement in science among adolescent students. *Science Education*, 74, 1-18.

- Simpson, R.D., & Anderson, N.D. (1981). *Science, Students and schools: a guide for the middle and secondary school teacher*. Nova York: John, Wiley & Sons.
- Soares, R., Almeida, C., & Serra, L. (1997). *Técnicas laboratoriais de Biologia - bloco II. Ensino Secundário*. Porto: Porto Editora.
- Sorenson, La Var L. (1966). Change in critical thinking between students in laboratory – demonstration – centered patterns of instruction in high school biology. *Dissertation Abstracts*, 26, 6567-6568.
- Sundberg, M.D., Dini, M.L., & Li, E. (1994). Decreasing Course Content Improves Comprehension of Science and Attitudes towards Science in Freshman Biology. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(6), 679-693.
- Talton, E.L. & Simpson, R.D. (1985). Relations between peer individual attitudes toward science among adolescent students. *Science Education*, 69(1), 19-24.
- Talton, E.L. & Simpson, R.D. (1986). Relationship of attitudes toward self, family, and school with attitude toward science among adolescent students. *Science Education*, 70(4), 365374.
- Talton, E.L. & Simpson, R.D. (1987). Relationship of attitudes toward classroom environment with attitude toward achievement in science among tenth grade biology students. *Journal of Research in Science Teaching*, 24(6), 507-525.
- Tamir, P & Lunetta, V.N. (1981). Inquiry related tasks in high school science laboratory handbooks. *Science Education*, 65, 477-484.
- Tamir, P. (1972). The practical mode: A distinct mode of performance. *Journal of Biological Education*, 6, 175-182.
- Tamir, P. (1976). *The role of the laboratory in Science Teaching*. Technical Report nº 10. University of Iowa.
- Tamir, P. (1977). How are the laboratory used. *Journal of Research in Science Teaching*, 14(4), 311-316.
- Tamir, P. (1989). Training teachers to teach effectively in the laboratory. *Science Education*, 73, 59-69.
- Tamir, P. (1991). Practical work in school science: an analysis of current practice. In B. Woolnough (Ed.), *Practical Science. The role and reality of practical work in school science*. (pp. 13-22). Milton Keynes - Philadelphia: Open University Press.

- Tamir, P., & García-Rovira, M.P. (1992). Características de los ejercicios de prácticas de laboratorio incluidas en los libros de texto de ciencias utilizados en Cataluña. *Enseñanza de las Ciencias*, 10(1), 3-12.
- Thompson, J.J.(Ed.).(1975). *Practical work in Sixthform Science*. Oxford: Science Centre, Department of Education Studies.
- Tobin, K. (1986). Secondary science laboratory activities. *European Journal of Science Education*, 8, 198-211.
- Tuckman, B.W. (1978). *Conducting Educational Research*. Nova York: Harcourt Brace Jovanovich, Inc.
- Watson, J.R. (1994). Diseño y realización de investigaciones en las clases de Ciencias. *Alambique - Didáctica de las Ciencias Experimentales*, (2), 57-65.
- Watson, J.R., & Fairbrother, R.W. (1993). Open-ended work in Science (OPENS) Project: managing investigations in the laboratory. *School Science Review*, 75(271), 31-38.
- Wellington, J. (1994a). Breadth and balance in the science curriculum. In J. Wellington (Ed.), *Secondary science - Contemporary issues and practical approaches*. (pp. 17-31). Londres: Routledge.
- Wellington, J. (1994b). Investigations in science. In J. Wellington (Ed.), *Secondary science - Contemporary issues and practical approaches*. (pp. 139-153). Londres: Routledge.
- Wellington, J. (1994c). Practical work in science education. In J. Wellington (Ed.), *Secondary Science - Contemporary issues and practical approaches*. (pp. 128-138). Londres: Routledge.
- Wellington, J. (Ed.). (1994d). *Secondary Science – Contemporary issues and practical approaches*. Londres: Routledge.
- Wellington, J. (Ed.). (1989). *Skills and Processes in Science Education: a Critical Analysis*. Londres: Routledge.
- Wesbrook, S.L., & Rogers, L.N. (1996). Doing is Believing: Do Laboratory Experiences Promote Conceptual Change ? *School Science and Mathematics*, 96(5), 263-271.

- White, R.T. (1991). Episodes, and the purpose and conduct of practical work. In B. Woolnough (Ed.), *Practical Science - The role and reality of practical work in school science*. (pp. 78-86). Milton Keynes: Open University Press.
- White, R.T. (1996). The link between the laboratory and learning. *International Journal of Science Education*, 18(7), 761-774.
- Wittrock, M.C. (Ed.). (1989). *La investigación de la enseñanza, I- Enfoques, teorías y métodos*. Barcelona: Ediciones Paidós Ibérica.
- Woolnough, B.E. (1989). Towards a holistic view of processes in Science Education. In Wellington (Ed.), *Skills and Processes in Science Education: a critical analysis*. London: Routledge.
- Woolnough, B.E. (1991a). Practical science as a holistic activity. In B.E. Woolnough (Ed.), *Practical Science - The role and reality of practical work in school science*. (pp. 181-188). Milton Keynes: Open University Press.
- Woolnough, B.E. (1991b). Setting the scene. In B.E. Woolnough (Ed.), *Practical Science - The role and reality of practical work in school science*. (pp. 3-9). Milton Keynes: Open University Press.
- Woolnough, B.E. (Ed.) (1991c). *Practical Science - The role and reality of practical work in school science*. Milton Keynes: Open University Press.
- Woolnough, B.E. (1994). *Effective Science Teaching*. Buckingham: Open University Press.
- Woolnough, B.E., & Allsop, T. (1985). *Practical Work in Science*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Woolnough, B.E., & Toh, K.A. (1990). Alternative approaches to assessment of practical work in science. *School Science Review*, 71(256), 127-131.
- Yager, R.E. (1969). Effects of the laboratory and demonstration method upon the outcomes of instruction in secondary biology. *Journal of Research in Science Teaching*, 5, 76-86.

ANEXO 1

Prova de Avaliação de Conhecimentos – Pré-teste

TESTE 1

Código

Escola Secundária Nuno Álvares. Castelo Branco
Técnicas Laboratoriais de Biologia - bloco II. 1997/98

Este teste não conta para a tua avaliação. Serve apenas para obter dados para um trabalho, onde importa verificar o que aprendeste sobre determinado tema. Lê com atenção e responde o melhor que souberes.

I

1. Na figura 1 estão representados: **A** e **B** – cortes esquemáticos de sementes de duas plantas diferentes; **A₁** e **B₁** – estádios do desenvolvimento do corpo dessas plantas.

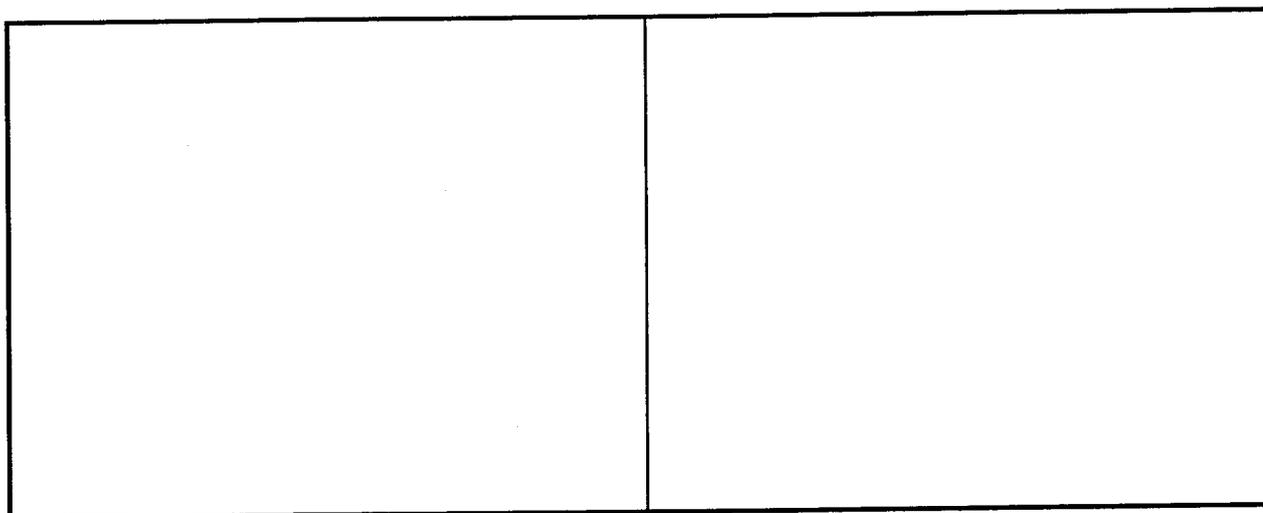


Figura 1

1.1. Faz a legenda da figura 1 colocando um número da figura atrás de cada uma das expressões:

<input type="checkbox"/> - radícula	<input type="checkbox"/> - pericarpo + tegumento
<input type="checkbox"/> - epicótilo	<input type="checkbox"/> - coleótilo
<input type="checkbox"/> - hipocótilo	<input type="checkbox"/> - radícula
<input type="checkbox"/> - cotilédones	<input type="checkbox"/> - embrião
<input type="checkbox"/> - tegumento	<input type="checkbox"/> - cotilédone
<input type="checkbox"/> - plúmula	<input type="checkbox"/> - endosperma
<input type="checkbox"/> - embrião	<input type="checkbox"/> - plúmula
A e A₁	B e B₁

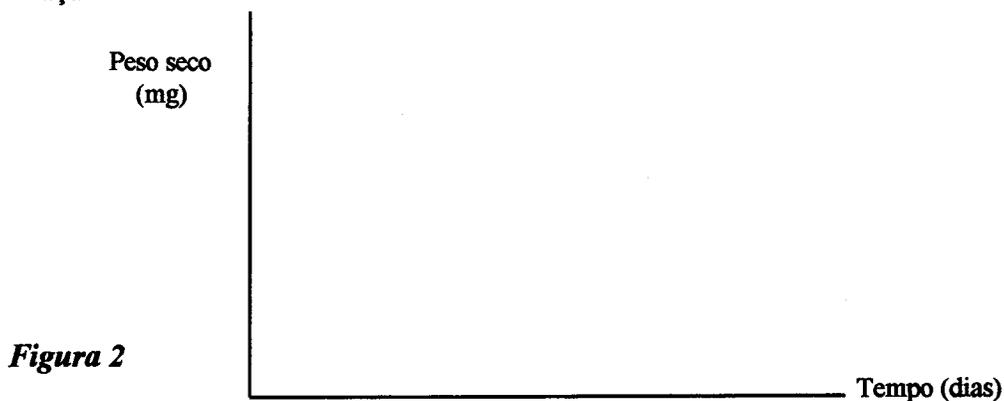
1.2. Indica, para cada semente, qual ou quais as estruturas que (utiliza nas respostas os números da figura 1 ou as expressões da questão 1.1.):

- 1.2.1.-contêm substâncias de reserva; _____

- 1.2.2.-originam a nova planta; _____

-1.2.3.-protegem a semente. _____

2. O gráfico da figura 2 representa a variação do peso seco de várias partes da semente do milho durante a germinação.



Qual a curva (1, 2 ou 3) que representa:

2.1. -a variação do peso dos tecidos de reserva ? _____

2.2. -a variação do peso da plântula ? _____

2.3. -a variação do peso total da semente ? _____

3. Traça no gráfico da questão anterior uma linha que represente a variação do consumo de oxigénio durante a germinação.

II

4. Indica 6 factores que condicionam/que influenciam a germinação das sementes.

1	2	3
4	5	6

5. Cada coluna do quadro refere-se a um tipo/grupo de factores que podem condicionar a germinação das sementes. **Completa o quadro** indicando em cada coluna dois (2) factores correspondentes.

<i>Factores internos</i>	<i>Factores externos</i>	
	<i>bióticos</i>	<i>abióticos</i>

6. Qual dos gráficos da figura 3 (curvas a a f) melhor representa, para a maioria dos factores, os efeitos, sobre a germinação das sementes, causados pela variação de cada um dos diferentes factores externos abióticos.

Germinação
(velocidade de germinação /
/ nº de sementes germinadas
por unidade de tempo)

Figura 3

intensidade do factor

Assinala com um X a opção correcta:

b

a

a e b

e e f

c

c e d

7. O número de sementes (das espécies a, b e c) germinadas num determinado período de tempo está representado no gráfico da figura 4:

Nº de sementes germinadas
(num total de 20 semeadas)

Figura 4

com luz / sem luz com luz / sem luz com luz / sem luz
espécies a b c

Classifica as espécies assinalando com um X a opção correcta:

a e b são indiferentes à luz

a é fotoblástica positiva e c é indiferente

a é fotoblástica negativa e c é fotoblástica positiva

b é fotoblástica positiva e c é indiferente

b é fotoblástica negativa e c é fotoblástica positiva

b e c são indiferentes à luz

8. Assinala cada uma das afirmações com um V (verdadeira) ou com um F (falsa):

- Na germinação, a ruptura do tegumento da semente é causada pela temperatura.
- Na germinação, a ruptura do tegumento da semente é causada pela embebição.
- Na germinação a activação de enzimas que hidrolizam as substâncias de reserva é causada pela absorção de água.
- Na germinação a actividade das enzimas que hidrolizam as substâncias de reserva é indiferente à temperatura.
- A necessidade de oxigénio na germinação está relacionada com o aumento de volume da semente e ruptura do tegumento.
- A necessidade de oxigénio na germinação está relacionada com a produção de energia necessária ao crescimento dos tecidos.
- O número de sementes germinadas e as condições das plantas em crescimento é indiferente à densidade dessas sementes (número de sementes por unidade de superfície) no meio de cultivo .
- Algumas plantas produzem substâncias que inibem a germinação de sementes de outras espécies.
- As sementes germinam dentro de um certo limite de valores de temperatura, que correspondem às temperaturas de actividade das enzimas hidrolíticas.

III**9. Faz corresponder a cada tipo de variável da coluna I a(s) frase(s) da coluna II que a descreve(m).
Escreve ao lado de cada nº da coluna I uma ou mais letra(s) da coluna II.**

Coluna I	Coluna II
___ 1. Variável independente é...	a) a variável que se altera, e é medida ou observada, de cada vez que a variável dependente é modificada pelo experimentador;
___ 2. Variável dependente é...	b) a variável que é escolhida e manipulada pelo experimentador;
___ 3. Variável controlada é...	c) a variável que é mantida constante pelo experimentador;
___ 4. Variável categórica é...	d) a variável que é definida numericamente e que pode ter qualquer valor;
___ 5. Variável contínua é...	e) a variável que é definida de forma descritiva;
	f) a variável que se altera, e é medida ou observada, de cada vez que a variável independente é modificada pelo experimentador;
	g) a variável derivada da medição de mais que uma grandeza, como acontece com a velocidade ou aceleração;
	h) a variável que é o “efeito” resultante das alterações da variável manipulada.

10. Um grupo de alunos realizou uma experiência usando 50 plantas de milho da mesma variedade e em idêntico estado de desenvolvimento. As 50 plantas foram distribuídas da mesma maneira, em igual número (10), por 5 recipientes iguais. A cada um dos recipientes adicionou-se igual volume de uma solução como indicado no quadro, de tal modo que as raízes das plantas ficaram mergulhadas no líquido. Todos os recipientes foram colocados nas mesmas condições de luz e temperatura.

Os resultados obtidos ao fim de 15 dias estão representados no Quadro:

<i>Recipiente</i>	<i>Tipo de solução</i>	<i>Crescimento médio da parte aérea das plantas (cm)</i>
1	Solução contendo azoto, fósforo, potássio, cálcio, enxofre, magnésio, cloro e ferro em proporções adequadas	6
2	O mesmo que 1 sem azoto	2
3	O mesmo que 1 sem fósforo	2
4	O mesmo que 1 sem potássio	3
5	Água destilada	1

10.1. Qual (quais) a(s) variável (eis) independente(s)? _____

10.2. Qual (quais) a(s) variável (eis) dependente(s) ? _____

10.3. Qual (quais) a(s) variável (eis) que, segundo o texto, foi (foram) controladas ? _____

10.4. Há algum(uns) recipiente(s) que represente(m) modificação (ões) da variável independente ?
Se há, indica qual ou quais são esses recipientes. _____

10.5. Que recipiente(s) foi (foram) usado(s) como “controlo experimental” ? _____

10.6. Para representar os resultados escolherias um gráfico de barras ou linear? _____

10.7. Escolheria o tipo de gráfico indicado em 10.6. porque (assinala com um X a opção correcta):

- usa-se sempre esse tipo de gráfico nestas experiências;
- é o mais indicado para o tipo de variáveis envolvidas;
- é o mais indicado quando a variável independente é categórica;
- é o mais indicado quando a variável independente é contínua;
- é o mais indicado quando há mais que uma variável envolvida;
- é o mais indicado quando há só uma variável independente.

11. Procurando estudar a relação entre alguns factores do meio e a transpiração nas plantas, um grupo de alunos realizou uma experiência utilizando plantas de trevo:

- Diversas plantas da mesma variedade de trevo, em estado idêntico de desenvolvimento, foram plantadas em vasos iguais contendo igual quantidade do mesmo tipo de terra (as propriedades físicas e químicas da terra/solo eram as mesmas). Em cada vaso foi plantada uma planta.
- Os vasos foram divididos em dois grupos: os vasos do grupo A foram regados com uma quantidade de água maior que os vasos do grupo B. Os vasos do mesmo grupo receberam a mesma quantidade de água.
- Os vasos do grupo A foram divididos em conjuntos de 5 vasos tendo-se submetido cada um desses conjuntos a uma temperatura diferente (5 vasos submetidos a 10°C, 5 vasos a 15°C, 5 vasos a 20°C,...).
- Também os vasos do grupo B foram divididos da mesma maneira (5 vasos submetidos a 10°C, 5 vasos a 15°C, 5 vasos a 20°C, ...).
- Todos os vasos dos dois grupos foram colocados nas mesmas condições de iluminação.
- Ao fim de uma hora foi medida em cada vaso a taxa de transpiração da respectiva planta, tendo-se obtido os resultados médios que se apresentam no quadro abaixo (em gramas de água por decímetro quadrado de superfície foliar e por hora - $g / dm^2 / hora$).

		Transpiração média das plantas de trevo ($g / dm^2 / hora$)	
		Grupo A (quantidade relativa de água maior que grupo B)	Grupo B (quantidade relativa de água menor que grupo A)
Quantidade de água Temperatura (°C)	10	0,90	0,60
	15	1,20	1,00
	20	1,35	1,20
	25	1,40	1,25
	30	1,41	1,30
	35	1,43	1,33
	40	1,44	1,35

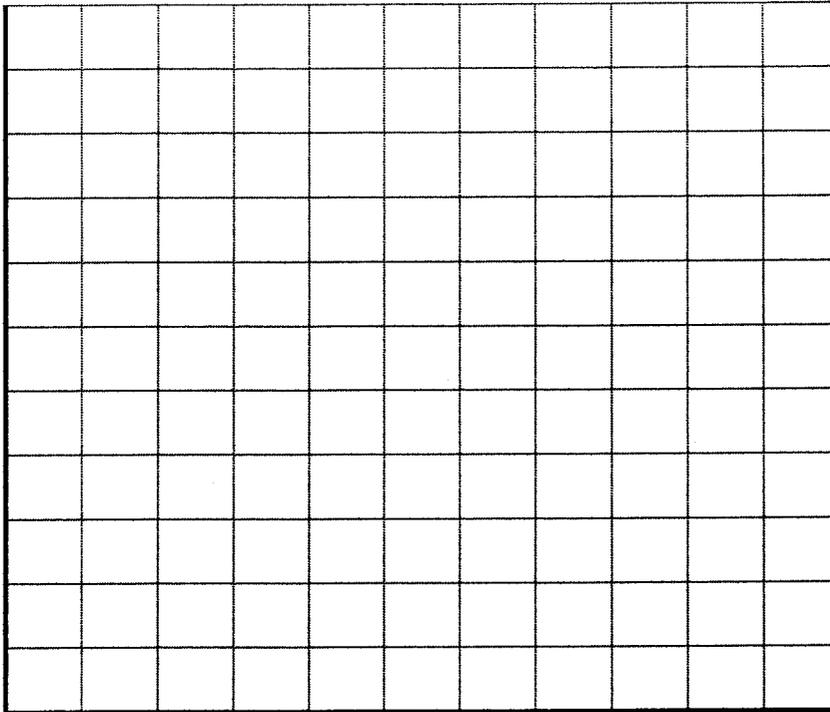
11.1. Que hipótese(s) terão aqueles alunos pretendido testar ao realizar a experiência? _____

11.2. Qual (quais) a(s) variável (eis) independente(s) ? _____

11.3. Qual (quais) a(s) variável (eis) dependente(s) ? _____

11.4. Qual (quais) a(s) variável (eis) que, segundo o texto, foi (foram) controlada(s) ? _____

11.5. Constrói um gráfico que represente os resultados obtidos.



11.6. Os resultados obtidos permitem concluir que a transpiração é (Assinala com um X a opção correcta):

- independente da temperatura e dependente da quantidade de água;
- independente da quantidade de água e dependente da temperatura;
- aumenta com o aumento da temperatura e diminui com o aumento da quantidade de água;
- aumenta com o aumento da temperatura e da quantidade de água;
- aumenta com o aumento da quantidade de água e diminui com o aumento da temperatura;
- dependente da quantidade de água e da temperatura.

11.7. Que garantias existem de que os resultados obtidos se devem às variáveis estudadas? _____

11.8. Na experiência descrita utilizaram-se 5 plantas (uma planta em cada vaso) para cada valor de temperatura. Imagina que outro grupo de alunos realizou uma experiência idêntica usando uma planta (um vaso) para cada temperatura e obteve resultados diferentes. **Em que experiência os resultados são mais credíveis? Explica a tua resposta.**

ANEXO 2

Prova de Avaliação de Conhecimentos – Pós-teste

TESTE 2

Código

Escola Secundária Nuno Álvares. Castelo Branco
Técnicas Laboratoriais de Biologia - bloco II. 1997/98

Este teste não conta para a tua avaliação. Serve apenas para obter dados para um trabalho, onde importa verificar o que aprendeste sobre determinado tema. Lê com atenção e responde o melhor que souberes.

II

4. Indica 6 factores que condicionam/que influenciam a germinação das sementes.

1	2	3
4	5	6

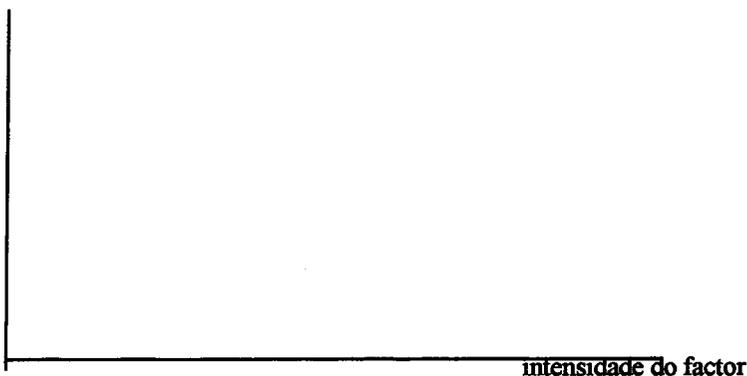
5. Cada coluna do quadro refere-se a um tipo/grupo de factores que podem condicionar a germinação das sementes. **Completa o quadro** indicando em cada coluna dois (2) factores correspondentes.

<i>Factores internos</i>	<i>Factores externos</i>	
	<i>bióticos</i>	<i>abióticos</i>

6. Qual dos gráficos da figura 3 (curvas a a f) melhor representa, para a maioria dos factores, os efeitos, sobre a germinação das sementes, causados pela variação de cada um dos diferentes factores externos abióticos.

Germinação
(velocidade de germinação /
/ nº de sementes germinadas
por unidade de tempo)

Figura 3



Assinala com um X a opção correcta: b

a

a e b

e e f

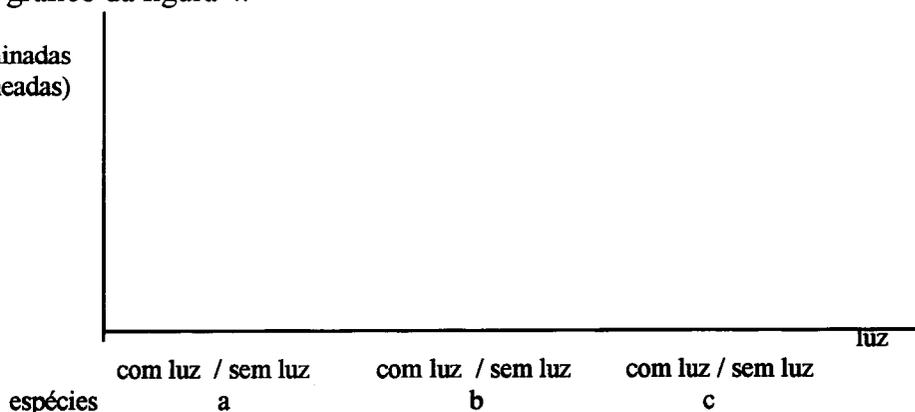
c

c e d

7. O número de sementes (das espécies a, b e c) germinadas num determinado período de tempo está representado no gráfico da figura 4:

Nº de sementes germinadas
(num total de 20 semeadas)

Figura 4



Classifica as espécies assinalando com um X a opção correcta:

- a e b são indiferentes à luz
- a é fotoblástica positiva e c é indiferente
- a é fotoblástica negativa e c é fotoblástica positiva
- b é fotoblástica positiva e c é indiferente
- b é fotoblástica negativa e c é fotoblástica positiva
- b e c são indiferentes à luz

8. Assinala cada uma das afirmações com um V (verdadeira) ou com um F (falsa):

- Na germinação, a ruptura do tegumento da semente é causada pela temperatura.
- Na germinação, a ruptura do tegumento da semente é causada pela embebição.
- Na germinação a activação de enzimas que hidrolizam as substâncias de reserva é causada pela absorção de água.
- Na germinação a actividade das enzimas que hidrolizam as substâncias de reserva é indiferente à temperatura.
- A necessidade de oxigénio na germinação está relacionada com o aumento de volume da semente e ruptura do tegumento.
- A necessidade de oxigénio na germinação está relacionada com a produção de energia necessária ao crescimento dos tecidos.
- O número de sementes germinadas e as condições das plantas em crescimento é indiferente à densidade dessas sementes (número de sementes por unidade de superfície) no meio de cultivo .
- Algumas plantas produzem substâncias que inibem a germinação de sementes de outras espécies.
- As sementes germinam dentro de um certo limite de valores de temperatura, que correspondem às temperaturas de actividade das enzimas hidrolíticas.

III

9. Faz corresponder a cada tipo de variável da coluna I a(s) frase(s) da coluna II que a descreve(m).
Escreve ao lado de cada nº da coluna I uma ou mais letra(s) da coluna II.

Coluna I	Coluna II
___ 1. Variável independente é...	a) a variável que se altera, e é medida ou observada, de cada vez que a variável dependente é modificada pelo experimentador;
___ 2. Variável dependente é...	b) a variável que é escolhida e manipulada pelo experimentador;
___ 3. Variável controlada é...	c) a variável que é mantida constante pelo experimentador;
___ 4. Variável categórica é...	d) a variável que é definida numericamente e que pode ter qualquer valor;
___ 5. Variável contínua é...	e) a variável que é definida de forma descritiva;
	f) a variável que se altera, e é medida ou observada, de cada vez que a variável independente é modificada pelo experimentador;
	g) a variável derivada da medição de mais que uma grandeza, como acontece com a velocidade ou aceleração;
	h) a variável que é o “efeito” resultante das alterações da variável manipulada.

10. Um grupo de alunos realizou uma experiência usando 100 sementes de milho da mesma variedade. Colocaram em 10 recipientes iguais, numerados de 1 a 10, uma camada de algodão com um cm de espessura. Adicionaram a cada recipiente uma quantidade igual de água, de forma a que o algodão ficasse uniformemente humedecido, sem encharcar. Em cada um dos 10 recipientes colocaram 10 sementes. Os recipientes foram colocados nas mesmas condições de luminosidade e arejamento. Os recipientes 1 a 10 foram colocados, respectivamente, à temperatura de 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45 e 50 °C. Os vários recipientes foram observados periodicamente e regados com água de forma a manter o algodão uniformemente humedecido, sem encharcar.

Os resultados obtidos ao fim de 8 dias estão representados no Quadro:

Recipiente	Crescimento médio do coleóptilo (mm)
1	0
2	10
3	13
4	25
5	40
6	50
7	50
8	20
9	10
10	0

10.1. Qual (quais) a(s) variável (eis) independente(s)? _____

10.2. Qual (quais) a(s) variável (eis) dependente(s) ? _____

10.3. Qual (quais) a(s) variável (eis) que, segundo o texto, foi (foram) controladas ? _____

10.6. Para representar os resultados escolherias um gráfico de barras ou linear? _____

10.7. Escolheria o tipo de gráfico indicado em 10.6. porque (assinala com um X a opção correcta):

- usa-se sempre esse tipo de gráfico nestas experiências;
- é o mais indicado para o tipo de variáveis envolvidas;
- é o mais indicado quando a variável independente é categórica;
- é o mais indicado quando a variável independente é contínua;
- é o mais indicado quando há mais que uma variável envolvida;
- é o mais indicado quando há só uma variável independente.

10.8. Justifica a opção anterior. _____

11. Procurando estudar a relação entre alguns factores do meio e a transpiração nas plantas, um grupo de alunos realizou uma experiência utilizando plantas de trevo:

- Diversas plantas da mesma variedade de trevo, em estado idêntico de desenvolvimento, foram plantadas em vasos iguais contendo igual quantidade do mesmo tipo de terra (as propriedades físicas e químicas da terra/solo eram as mesmas). Em cada vaso foi plantada uma planta.
- Os vasos foram divididos em dois grupos: os vasos do grupo A foram regados com uma quantidade de água maior que os vasos do grupo B. Os vasos do mesmo grupo receberam a mesma quantidade de água.
- Os vasos do grupo A foram divididos em conjuntos de 5 vasos tendo-se submetido cada um desses conjuntos a uma temperatura diferente (5 vasos submetidos a 10°C, 5 vasos a 15°C, 5 vasos a 20°C,...).
- Também os vasos do grupo B foram divididos da mesma maneira (5 vasos submetidos a 10°C, 5 vasos a 15°C, 5 vasos a 20°C, ...).
- Todos os vasos dos dois grupos foram colocados nas mesmas condições de iluminação.
- Ao fim de uma hora foi medida em cada vaso a taxa de transpiração da respectiva planta, tendo-se obtido os resultados médios que se apresentam no quadro abaixo (em gramas de água por decímetro quadrado de superfície foliar e por hora - g / dm² / hora).

		Transpiração média das plantas de trevo (g / dm ² / hora)	
Quantidade de água		Grupo A (quantidade relativa de água maior que grupo B)	Grupo B (quantidade relativa de água menor que grupo A)
Temperatura (°C)			
10		0,90	0,60
15		1,20	1,00
20		1,35	1,20
25		1,40	1,25
30		1,41	1,30
35		1,43	1,33
40		1,44	1,35

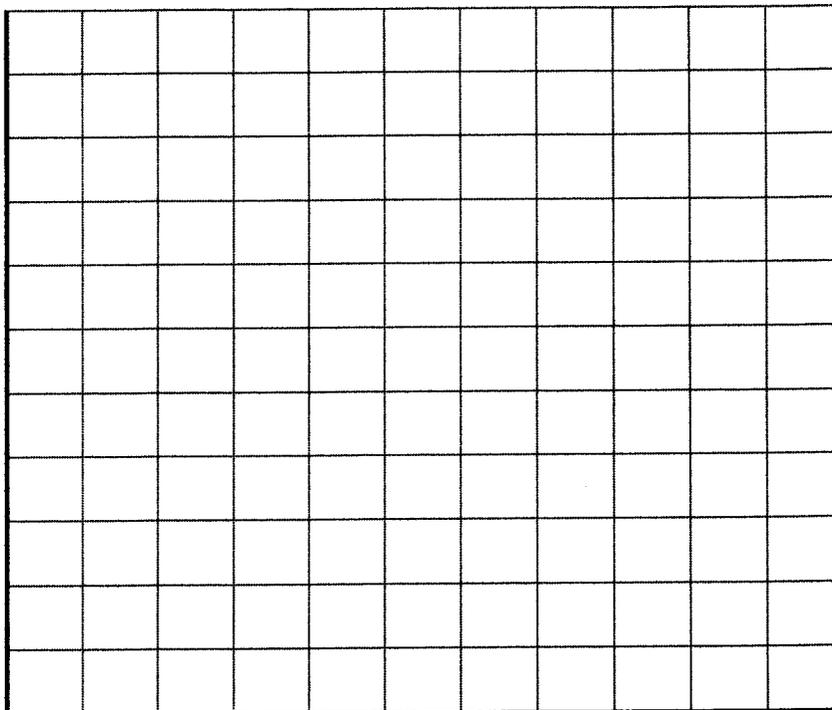
11.1. Que hipótese(s) terão aqueles alunos pretendido testar ao realizar a experiência? _____

11.2. Qual (quais) a(s) variável (eis) independente(s) ? _____

11.3. Qual (quais) a(s) variável (eis) dependente(s) ? _____

11.4. Qual (quais) a(s) variável (eis) que, segundo o texto, foi (foram) controlada(s) ? _____

11.5. Constrói um gráfico que represente os resultados obtidos.



11.6. Os resultados obtidos permitem concluir que a transpiração é (Assinala com um X a opção correcta):

- independente da temperatura e dependente da quantidade de água;
- independente da quantidade de água e dependente da temperatura;
- aumenta com o aumento da temperatura e diminui com o aumento da quantidade de água;
- aumenta com o aumento da temperatura e da quantidade de água;
- aumenta com o aumento da quantidade de água e diminui com o aumento da temperatura;
- dependente da quantidade de água e da temperatura.

11.7. Que garantias existem de que os resultados obtidos se devem às variáveis estudadas? _____

11.8. Na experiência descrita utilizaram-se 5 plantas (uma planta em cada vaso) para cada valor de temperatura. Imagina que outro grupo de alunos realizou uma experiência idêntica usando uma planta (um vaso) para cada temperatura e obteve resultados diferentes. **Em que experiência os resultados são mais credíveis? Explica a tua resposta.**

ANEXO 3

Questionário de Atitudes

QUESTIONÁRIO DE ATITUDES

O que eu penso em relação à Biologia, como ciência, e em relação à aprendizagem de Biologia ?

INSTRUÇÕES:

1. Este questionário destina-se a recolher informações sobre o que tu pensas em relação à Biologia, como ciência, e em relação ao ensino e aprendizagem de Biologia na escola.
2. O questionário contém 25 frases acerca da Biologia, dos biólogos e sobre o ensino e aprendizagem de Biologia. Para cada frase deves expressar a tua opinião escolhendo uma opção entre cinco possíveis
3. Não há respostas “certas” nem respostas “erradas”. Pretende-se, apenas, saber a tua opinião.
4. As respostas que deres devem estar de acordo com aquilo que pensas acerca da Biologia, como ciência, ou dos biólogos e com o teu verdadeiro sentimento em relação ao ensino e aprendizagem dos temas de Biologia (tratados nas disciplinas de CTV e TLB).
5. Lê com atenção cada frase e responde com a máxima sinceridade. Não respondas ao acaso. As respostas que deres não irão influenciar a tua classificação em qualquer disciplina.
6. Para cada frase desenha um círculo em torno da opção que fizeres, de acordo com a seguinte chave:

DT	-	<u>D</u>ISCORDO <u>T</u>OTALMENTE
D	-	<u>D</u>ISCORDO
N	-	<u>N</u>ÃO CONCORDO NEM DISCORDO
C	-	<u>C</u>ONCORDO
CT	-	<u>C</u>ONCORDO <u>T</u>OTALMENTE
7. Algumas frases neste questionário são muito semelhantes. Não te preocupes com isso. Dá simplesmente a tua opinião em relação a cada frase.
8. Se mudares de opinião sobre uma resposta, risca-a e assinala outra.
9. Certifica-te que dás uma resposta a todas as questões.

MUITO OBRIGADO PELA TUA COLABORAÇÃO

QUESTIONÁRIO DE ATITUDES

Código

Para cada frase desenha um círculo em torno da opção que fizeres.

CHAVE:

DT	-	<u>D</u>ISCORDO <u>T</u>TOTALMENTE
D	-	<u>D</u>ISCORDO
N	-	<u>N</u>ÃO CONCORDO NEM <u>D</u>ISCORDO
C	-	<u>C</u>ONCORDO
CT	-	<u>C</u>ONCORDO <u>T</u>TOTALMENTE

- 1 - A Biologia, como ciência, é fascinante e agradável. DT D N C CT
- 2 - A Biologia é uma ciência que ajuda bastante a compreender o mundo. DT D N C CT
- 3 - Gostava de ter mais aulas de Biologia durante a semana. DT D N C CT
- 4 - As aulas de Biologia têm mais interesse quando realizamos actividades laboratoriais. DT D N C CT
- 5 - Eu geralmente não tenho dificuldades em compreender os temas tratados nas aulas de Biologia. DT D N C CT
- 6 - Tenho pouco interesse pelos programas de Biologia que passam na televisão. DT D N C CT
- 7 - A Biologia é útil por contribuir para a melhoria do dia-a-dia das pessoas. DT D N C CT
- 8 - As aulas de Biologia são cansativas e aborrecidas. DT D N C CT
- 9 - O trabalho laboratorial em Biologia é aborrecido e rotineiro. DT D N C CT
- 10- Por mais que me esforce, não consigo compreender os temas tratados nas aulas de Biologia. DT D N C CT
- 11- Fico aborrecido quando temas de Biologia aparecem ocasionalmente numa conversa com amigos ou outras pessoas. DT D N C CT
- 12- Os conhecimentos em Biologia contribuem para o progresso humano, nomeadamente nas áreas da saúde e da alimentação. DT D N C CT
- 13- As aulas de Biologia despertam a curiosidade. DT D N C CT
- 14- Os programas das disciplinas com Biologia (CTV, TLB) deveriam permitir a realização de um maior número de actividades laboratoriais. DT D N C CT
- 15- Se não consigo compreender logo, na aula, um determinado assunto de Biologia, dificilmente o conseguirei compreender depois. DT D N C CT

(continua) ⇨

Para cada frase desenha um círculo em torno da opção que fizeres.

CHAVE:

DT	-	<u>D</u>ISCORDO <u>T</u>TOTALMENTE
D	-	<u>D</u>ISCORDO
N	-	<u>N</u>ÃO CONCORDO NEM DISCORDO
C	-	<u>C</u>ONCORDO
CT	-	<u>C</u>ONCORDO <u>T</u>TOTALMENTE

- 16- Gosto ou gostaria de participar em actividades extra-curriculares (clubes ou associações) ligadas à Biologia. DT D N C CT
- 17- A maioria dos conhecimentos relacionados com Biologia são de pouca utilidade. DT D N C CT
- 18- Estudar os temas tratados nas aulas de Biologia é uma tarefa agradável. DT D N C CT
- 19- Os trabalhos laboratoriais em Biologia permitem compreender melhor os conceitos teóricos. DT D N C CT
- 20- Não tenho a capacidade de aplicar os meus conhecimentos para resolver ou compreender uma situação nova, sobre Biologia, que me é apresentada. DT D N C CT
- 21- Gostaria de seguir uma profissão relacionada com a investigação biológica. DT D N C CT
- 22- Num grupo formado por um astrólogo, um biólogo e um padre, seria mais provável que fosse o biólogo a apresentar a explicação mais aceitável sobre a origem da vida no planeta Terra. DT D N C CT
- 23- Estudo Biologia porque gosto e não porque sou obrigado. DT D N C CT
- 24- Para a aprendizagem da Biologia, não vejo qualquer utilidade na realização de trabalhos práticos. DT D N C CT
- 25- Se me esforçar, a compreensão dos temas tratados nas aulas de Biologia está dentro das minhas capacidades. DT D N C CT

ANEXO 4

Tabela de especificação de conteúdos, objectivos e aprendizagens prévias

**PLANEAMENTO DA RÚBRICA DE ENSINO:
I - Tabela de especificação dos CONTEÚDOS, OBJECTIVOS E APRENDIZAGENS PRÉVIAS**

CONTEÚDOS	OBJECTIVOS	APRENDIZAGENS PRÉVIAS	OBS
<p>Unidade de ensino aprendizagem 2 - - ESTRUTURA E CRESCIMENTO NAS PLANTAS SUPERIORES</p> <p>•GERMINAÇÃO DA SEMENTE:</p> <p>→FACTORES CONDICIONANTES:</p> <p>-Factores biológicos intrínsecos à semente (maturação, conservação do tegumento, inalteração das reservas);</p> <p>-Factores extrínsecos à semente (abióticos - temperatura, luz, água, ar e bióticos - competição, alelopatia)</p>	<p>A. <u>Domínio cognitivo</u></p> <p>A1. <u>Aquisição e compreensão conceptual:</u></p> <p>• Conhece diferentes factores que condicionam a germinação das sementes:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Distingue factores internos (biológicos intrínsecos) de externos (ambientais); ■ Distingue factores externos abióticos de factores externos bióticos; ■ Conhece como factores internos – maturação, inalteração das reservas, conservação do tegumento e do embrião; ■ Conhece como factores externos abióticos - temperatura, água, oxigénio e luz; ■ Conhece como factores externos bióticos – competição e alelopatia. 	<p>A. <u>Domínio cognitivo</u></p> <p>A1. <u>Aquisição e compreensão conceptual:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Características morfológicas da semente - Constituição das sementes de Mono e Dicotiledóneas. ■ Germinação das sementes de Mono e Dicotiledóneas- aspectos morfológicos e fisiológicos. ■ Metabolismo celular e Fotossíntese. <p>A2. <u>Compreensão processual:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Identificação de variáveis. ■ “Skills” práticos: <ul style="list-style-type: none"> ■ Regras básicas de segurança no laboratório. ■ Utilização de equipamento básico do laboratório. ■ Construção de tabelas e gráficos. 	<p>Estratégias: uma das duas em comparação e “investigativa” e “ilustrativa”</p> <p>Nº de aulas previstas: <ul style="list-style-type: none"> ■ Estratégia investigativa = 14/16 ■ Estratégia ilustrativa = 11/12 </p> <p>Avaliação das aprendizagens (para efeitos do estudo):</p> <ul style="list-style-type: none"> - Domínio cognitivo: teste de conhecimentos (pré e pós-teste); - Domínio afectivo: questionário de atitudes (pré e pós-teste). - OBS: não estão incluídos nestes

	<p>• Compreende a influência de diferentes factores ambientais na germinação das sementes:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Relaciona efeitos na velocidade de germinação, nº de sementes germinadas e crescimento de alguns órgãos, com a variação de determinados factores; ■ Compreende o significado de sementes fotoblásticas positivas e negativas; ■ Compreende como actuam os diversos factores a nível biológico: <ul style="list-style-type: none"> - relaciona o factor água com a absorção (embebição) pela semente e consequente ruptura do tegumento, activação das enzimas que hidrolizam as substâncias de reserva e mobilização dessas substâncias para o embrião; - relaciona o factor temperatura com a sua influência na actividade das enzimas envolvidas na germinação; - relaciona o factor O₂ com a produção de energia, pela respiração celular (aeróbia), necessária à intensa actividade construtiva durante a germinação; - relaciona efeitos na germinação com fenómenos de competição interespecifica para obtenção de recursos ambientais; - relaciona a limitação na germinação de sementes com a produção de substâncias químicas por plantas de outras espécies (alelopatia). 	<p><u>B. Domínio afectivo:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Cooperação no trabalho em grupo. 	<p>instrumentos de avaliação objectivos apresentados em itálico.</p>
--	---	---	--

	<p>A2. <u>Compreensão processual:</u></p> <p>. Investiga a influência de diferentes factores na germinação da semente :</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Planifica e leva a cabo investigações apropriadas ; ■ Usa conceitos, processos cognitivos e “skills” para resolver uma questão ou problema de investigação: - define variável independente, variável dependente e variáveis controladas; - define variável categórica e contínua; - identifica numa situação conhecida, a(s) variáveis independente(s), dependente(s) e controladas; - relaciona a montagem “controlo biológico” com um valor da variável independente; - identifica numa situação nova a(s) hipótese(s) que estarão a ser testadas; - identifica numa situação nova, a(s) variáveis independente(s), dependente(s) e controladas; - selecciona gráficos adequados ao tipo (categórica ou contínua) de variável independente utilizada; - <i>formula hipóteses de trabalho;</i> - <i>escolhe variáveis de acordo com a hipótese formulada;</i> 		
--	---	--	--

	<ul style="list-style-type: none"> - <i>controla variáveis adequadamente;</i> - <i>constrói quadros para registo de resultados ou observações;</i> - <i>constrói gráficos adequados ao tipo de variável independente utilizada;</i> - <i>interpreta resultados em termos de relação de causa e efeito entre as variáveis;</i> - <i>relaciona o controlo de variáveis com a validade dos resultados;</i> - <i>compreende o significado do uso de um tamanho de amostra apropriado, em termos de probabilidade ou variação biológica, para a fidelidade e validade dos resultados;</i> - <i>avalia toda a estratégia/plano e sua execução em termos de fidelidade e validade dos resultados obtidos.</i> <p><i>Desenvolve a capacidade de comunicação e discussão crítica.</i></p> <p style="text-align: center;">B. <u>Domínio afectivo:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <i>Coopera em trabalho de grupo revelando curiosidade e espírito de abertura.</i> <i>Desenvolve atitudes positivas em relação à Biologia e sua aprendizagem.</i> 	
--	---	--

(*) in Técnicas Laboratoriais de Biologia - Bloco 2. Programa. Ensino Secundário (SET/1992). Porto: GETAP-Ministério da Educação

ANEXO 5

Estratégia Investigativa - descrição

ESTRATÉGIAS

A - INVESTIGATIVA

Rubrica do programa: FACTORES CONDICIONANTES DA GERMINAÇÃO / FACTORES ABIÓTICOS

1● Previamente, o professor coloca, no mesmo momento, diversas sementes(milho, feijão, ervilha, fava, alface,...) a germinar em diferentes condições de luz, temperatura, quantidade de água,

O professor começa a aula mostrando a todos os alunos da turma/turno as diversas sementes e plantas, informando-os que as havia semeado no mesmo dia e hora mas sem lhes dar conhecimento das diferentes condições em que cada amostra havia sido colocada.

2● O professor organiza a turma/turno em grupos de trabalho (4 ou 3 alunos), tanto quanto possível com a concordância dos diferentes elementos¹, e pede aos alunos que, dentro de cada grupo, observem as diversas amostras, encontrem diferenças e especulem sobre a(s) causa(s) dessas diferenças.

3● O professor propõe e orienta uma discussão, entre todos os grupos/alunos, sobre as ideias avançadas em cada grupo. Utiliza o quadro para registrar as ideias/causas sugeridas pelos grupos/alunos para explicar as diferenças entre as diversas amostras de sementes/plantas.

Algumas das ideias avançadas pelos grupos poderão ser: (adaptado de Watson, 1994)	Factores / Variáveis /causas implícita ou explicitamente associados a essas ideias (Esta coluna poderá também ser escrita no quadro, com a ajuda dos diversos grupos/alunos)
<ul style="list-style-type: none"> -As sementes são diferentes; -Umhas sementes foram colocadas à luz, outras na obscuridade; -Umhas sementes tiveram mais água; -Em algumas das montagens foram colocadas mais sementes; -As sementes foram colocadas em locais com temperaturas diferentes; -Em algumas montagens há mais algodão; -A algumas montagens adicionou-se fertilizantes; -(...) 	<ul style="list-style-type: none"> -Características intrínsecas (genéticas,viabilidade, maturação...) -Luminosidade -Humidade -Densidade; Características intrínsecas (viabilidade de cada semente utilizada,...) -Temperatura -Meio de suporte/germinação/cultivo(quantidade) -Nutrientes no meio de suporte/germinação/cultivo -(...)

¹ Se existirem grupos, de 3 ou 4 elementos, já formados em anteriores tarefas, devem manter-se esses grupos

4● O professor situa a discussão na unidade programática que tem vindo a ser estudada: “Tendo em conta a rubrica programática em estudo (*Germinação das sementes*), e tendo presentes os conhecimentos já nela adquiridos, sobre a constituição das sementes e sobre as modificações morfológicas (*germinação epigea e hipógea*) e fisiológicas (*consumo das reservas/taxa respiratória*) durante a germinação...” e coloca a todos os alunos a seguinte questão:

- *Que factores abióticos, e de que forma, afectam a germinação das sementes?* ou
 ➤ *De que forma, determinado factor abiótico afecta a germinação das sementes?*

É possível que os alunos refiram, como factores abióticos :
 Luminosidade, Humidade, Temperatura, Nutrientes, Acidez(pH), Ar

5● O professor orienta uma breve discussão sobre a importância prática, na agricultura e áreas afins, desta questão.

6● O professor solicita que, em cada grupo, os alunos planeiem um teste adequado, uma “experiência”, para investigar se, e de que forma, determinado(s) factor ou factores afecta(m) a germinação das sementes. (Nesta planificação os grupos deverão ter em conta as condições materiais dos laboratórios da escola).

NOTA 1: Colocado assim o problema, e ainda que estejam já delimitadas as variáveis a investigar (também essa escolha foi o resultado da discussão entre os alunos e não meramente definida pelo professor) mantém-se um elevado grau de abertura nesta tarefa de investigação, pois aos alunos/grupos caberá decidir/realizar o seguinte:

- 1) Definição do problema: definição mais específica do problema a investigar, escolhendo:
 - a variável / as variáveis a investigar (variável independente);
 - a variável / as variáveis a observar e/ou medir (variável dependente), que traduzem a interpretação dos alunos sobre possíveis efeitos na germinação.
- 2) Escolha do método: apenas limitado pelos materiais, aparelhos e condições existentes no laboratório. Ao planificar os alunos terão de especificar / decidir:
 - a)- Como operacionalizar as variáveis, isto é, que tipo utilizar e como as fazer variar, como observá-las e/ou medi-las, como exemplificado no quadro:

Tipo de variável	Exemplo			
	Variável independente		Variável dependente	
	Temperatura	Luminosidade	Nº sementes germinadas	Comprimento do coleóptilo
Catórica (descritiva/ qualitativa)	*Frio/Temperatura ambiente/Quente (1)	*Com luz/Sem luz (Dicotómica) (1)		
Discreta (quantitativa/ numérica inteira)	5º / 20º / 35ºC (1)		X	
Contínua (quantitativa/ numérica)	X	X		X

- (1) apesar das variáveis temperatura e luminosidade serem de tipo contínuo podem ser escolhidos valores que as fazem comportar-se como catóricas ou discretas.

- b) - Quais as variáveis a controlar e como controlar ;
 - c) - Escolher os materiais e aparelhos necessários dentro dos disponíveis;
 - d) - Definir a sequência de procedimentos;
 - e) - Definir como e quando registar os resultados / Idealizar uma forma de os registar.
- 3) Realizar a investigação planificada.
 - 4) Interpretar os resultados, obter conclusões e soluções para o problema inicial.
 - 5) Fazer um registo da investigação e analisar criticamente a estratégia seguida.

7● O professor pedirá, após algum tempo, que cada grupo apresente à turma a estratégia que idealizou. Após a apresentação de cada grupo, o professor pedirá aos outros grupos que critiquem a estratégia apresentada.

(Na apresentação o professor registará as dificuldades sentidas pelos vários grupos. Este registo poderá mais tarde ser utilizado para comparar as estratégias idealizadas com o auxílio das questões do guia de orientação da investigação a utilizar posteriormente (no ponto 8) -

8● Para facilitar a planificação e execução do trabalho, o professor fornece a cada grupo :

1) - Um guia com perguntas que orientam os grupos/alunos ajudando-os a progredir na planificação, bem como na execução e restantes tarefas da investigação. Essas perguntas não dizem ao aluno o que deve fazer, mas tenta que os alunos tornem as suas ideias explícitas

- Um quadro, para preencher, para ajudar a identificar as várias variáveis.

Cada grupo deverá nesta fase responder, por escrito, a cada uma das questões 1 a 9 do guia e simultaneamente preencher os quadros das variáveis.

Quando solicitado por determinado grupo, o professor intervém para auxiliar no esclarecimento de alguma questão, sem responder directamente às questões do guia.

9● Tendo em conta as orientações do guia, cada grupo reformula, se necessário, a sua planificação escrita (tarefa correspondente à resposta ao item/questão 9 do guia).

Em cada grupo, separadamente, o professor regista em grelha de observação diversos aspectos da planificação agora elaborada por esse grupo.

10● Cada grupo, separadamente, discute com o professor as modificações necessárias de estrutura (*) e de ajuste às condições materiais do laboratório.

(*) A intervenção do professor deve limitar-se a:

a) verificar até que ponto a planificação (sequência de procedimentos) está de acordo com as respostas às questões do guia, nomeadamente:

- hipótese de trabalho: permite testá-la ?

- variável independente: especificam as condições ou valores ?
- variável dependente: como e quando a vão medir?
- variáveis controladas: quais? Especificam as condições ou valores e como os vão manter ?
- *que amostras vão utilizar?*
- Construção de quadro para registo dos resultados?

b) caso não haja concordância auxiliar nesse sentido.

11● O professor e os grupos organizam o material necessário para cada grupo.

12● Os grupos executam a actividade investigativa e seguem as restantes questões guia (10 a 17). O professor intervém quando solicitado ou verifica algum problema (**).

NOTA 2: Enquanto decorre o tempo necessário para a obtenção dos resultados, poderá iniciar-se o estudo “Factores condicionantes da germinação – factores bióticos” .

13● Cada grupo apresenta à turma, para discussão orientada pelo professor(**):

- a) os resultados obtidos e seu tratamento (tabelas e gráficos);
- b) sua interpretação e conclusões,
- c) análise crítica da estratégia que planificaram e seguiram.

(**) A intervenção do professor poderá ser feita na fase 12 a nível de cada grupo, quando por ele solicitado, ou para toda a turma na fase 13, devendo numa e/ou outra fase ser referido:

■ a) Na apresentação dos resultados o professor introduz os **conceitos de variável categórica e contínua**. É discutido o gráfico mais adequado a cada tipo de variável independente utilizada: se categórica – gráfico de barras; se contínua – gráfico linear;

■ b) Na interpretação devem ser relacionadas as variáveis:

- deve ser aproveitada esta fase para discutir também a extensão e intervalos usados entre os valores da variável independente, se contínua: se a extensão é curta (poucos valores) e/ou os intervalos longos (ou se a variável independente é contínua mas tratada como categórica) não se obtém um **padrão completo da relação daquela variável com a dependente**;

- atendendo aos gráficos apresentados deve discutir-se se permitem fazer interpolações e extrapolações, reconhecendo para tal as vantagens dos gráficos lineares;

Nas conclusões devem ser usados os resultados para verificar são consistentes com a hipótese de trabalho. Eventualmente discutir se é possível fazer generalizações para outras plantas e sugerir novas actividades investigativas para o verificar.

■ c) Na análise crítica devem ser discutidos os seguintes aspectos:

- **Confiança nos resultados** - com que cuidado/correção/precisão foram medidos os valores da variável dependente ? Qual a **sensibilidade usada** (cm / mm)? Foram feitas repetições para garantir essa correção?

- **Validade** dos resultados – (questões 15 e 16 do guia). As variáveis foram correctamente identificadas para responder ao problema? Foram controladas as necessárias variáveis ? A amostra será adequada?

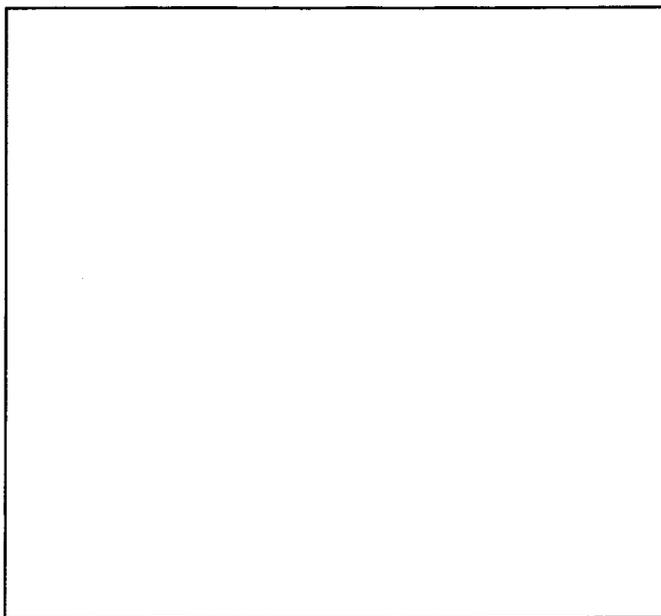
14● Com as ideias discutidas, são sintetizadas no quadro as conclusões gerais sobre os factores abióticos condicionantes da germinação das sementes:

- quais os factores;
- que efeitos têm na germinação de várias espécies;
- como se explicam esses efeitos, como actuam a nível biológico.

**Rubrica do programa:
FACTORES CONDICIONANTES DA GERMINAÇÃO - FACTORES
BIÓTICOS**

1b● O Professor apresenta à turma/turno a seguinte situação (com auxílio de transparência, por exemplo).

“É possível que já tenham reparado na situação que a fotografia ilustra:



Podemos distinguir nesta porção duma mata três zonas:

- 1-Zona coberta por arbustos da espécie Cistus ladanifer (esteva);*
- 2-Zona contígua à primeira sem vegetação;*
- 3- Zona coberta com espécies herbáceas características da região.*

(Quintas, C. & Braz, N.R.,1997)

2b● O professor pede que cada grupo procure encontrar *razões para explicar a ausência de vegetação na zona contígua às estevas.*

3b● O professor propõe e orienta uma discussão, entre todos os grupos/alunos, sobre as ideias avançadas em cada grupo. Utiliza o quadro para registar as ideias/causas sugeridas pelos grupos/alunos.

Algumas das ideias avançadas pelos alunos poderão ser:	Factores / Variáveis /causas implícita ou explicitamente associados a essas ideias (Esta coluna poderá também ser escrita no quadro, com a ajuda dos diversos grupos/alunos)
- Zona utilizada como caminho;	- Factor não associado à presença da esteva
- Luz insuficiente;	- Factor abiótico associado à presença da esteva / Competição interespecífica indirecta
- A proximidade das estevas impede o desenvolvimento de outras espécies;	- Competição interespecífica indirecta ou directa
- As estevas alteram as condições do solo;	- Competição interespecífica indirecta ou directa
- As estevas produzem substâncias que impedem o crescimento de outras plantas na proximidade.	-Competição interespecífica directa (Alelopatia)

4b● O professor situa a discussão na unidade programática que tem vindo a ser estudada – “Tendo em conta a rubrica programática em estudo (*Germinação das sementes*), e uma vez já estudados os factores abióticos condicionantes da germinação das sementes ...” apresenta a questão:

➤ ***Que factores bióticos, e de que forma, afectam a germinação das sementes?***

É possível que os alunos refiram como factores bióticos:
Competição intra e interespecífica, densidade, alelopatia

6b● O professor solicita que, em cada grupo, os alunos planeiem um teste adequado, uma “experiência”, para investigar se, e de que forma, esses factores afectam a germinação das sementes. Os grupos terão disponíveis, e utilizarão se necessitarem, o guia de orientação para uma investigação e o quadro de ajuda na identificação das variáveis envolvidas.

7b● O professor pedirá, após algum tempo, que cada grupo apresente a estratégia que idealizou e analise/discuta criticamente cada uma das planificações apresentadas, incluindo a própria (o que está bem ou mal e porquê, sugestões).

O professor regista em grelha de observação diversos aspectos da planificação elaborada por cada.

9b/10b● Cada grupo reformula, se necessário, e discute com o professor a planificação escrita da sua investigação. São discutidas as modificações necessárias de estrutura e de ajuste às condições materiais do laboratório.

NOTA 3: O professor poderá usar como orientação actividades práticas sugeridas em manuais escolares (Quintas, C. & Braz, N.R., 1997; Soares, R., Almeida, C. & Serra, L. 1997):

-“Influência da densidade populacional na germinação das sementes” / “Estudo da germinação e crescimento de culturas mistas de feijoeiro e grão-de.bico”.

-“Influência de factores bióticos na germinação” - estudos dos efeitos alelopáticos da esteva e salva na germinação de sementes de pepino.

11b● O professor e os grupos organizam o material necessário para cada grupo.

12b● Os grupos executam a actividade investigativa e seguem as restantes questões guia (10 a 17). O professor intervém quando solicitado ou verifica algum problema.

NOTA 4: Enquanto decorre o tempo necessário para a obtenção dos resultados, são concluídas as tarefas (pontos 13 e 14) do anterior trabalho e, eventualmente, iniciados e concluído o respectivo relatório escrito.

- 13b● Cada grupo apresenta à turma, para discussão orientada pelo professor:
- os resultados obtidos e forma como os apresentarão por escrito;
 - sua interpretação e conclusões,
 - análise crítica da estratégia que planificaram e seguiram.

- 14b● Com as ideias discutidas, são sintetizadas no quadro as conclusões gerais sobre os factores bióticos condicionantes da germinação das sementes:
- quais os factores;
 - que efeitos têm na germinação de várias espécies;
 - como se explicam esses efeitos, como actuam a nível biológico.

ANEXO 6

Estratégia Investigativa – fichas guia usadas pelos alunos

Guia de orientação para a realização de uma investigação

I. PENSA

1. Qual o problema a investigar? / O que vamos tentar investigar?
2. Podemos formular alguma hipótese? / É possível avançar alguma resposta ao problema? / O que prevemos que vai acontecer ?
3. Porque pensamos que isso vai acontecer ?

II. PLANEIA

4. Que factor ou factores modificaremos e como ? Qual(is) a(s) variável(is) independente(s)
5. Que resultado observaremos? Qual é a variável dependente? Como a observamos ou medimos ?
6. Como nos asseguramos que os resultados dependem das modificações que introduzimos na(s) variável(is) independente(s) ? Qual será o controlo da experiência ?
7. Como vamos registar os resultados?
8. Que materiais e instrumentos necessitamos?
9. Elaborem por escrito uma planificação da investigação. Uma vez elaborada discutam-na com o professor, pode ser necessário introduzir alguma modificação.

III. EXECUTA

10. Sigam / executem o vosso plano.
11. Tenham as precauções de segurança necessárias.

IV. CONCLUI

12. Que resultados obtiveram ?
13. Como explicam ou interpretam esses resultados?
14. São diferentes do que esperavam ? Se são, porquê ?

V. AVALIA

15. Podem explicar os resultados de outra maneira ?
16. Quais as possíveis fontes de erro ?
17. Que modificações introduziriam no vosso plano ? Porquê ?

QUADROS DE VARIÁVEIS:

Para ajuda na planificação da experiência podem usar os quadros de variáveis que se apresentam a seguir. O preenchimento dos quadros vão ajudar-vos a explicitar as variáveis relevantes para a vossa investigação.

Quadro I:

<i>O que vamos manter constante ou igual</i>	<i>O que vamos variar, modificar, manipular</i>	<i>O que vamos observar e/ou medir</i>
<i>Variáveis controladas</i>	<i>Variável (eis) independente(s)</i>	<i>Variável dependente</i>

Instruções para o preenchimento do quadro I

1. Listem numa folha de papel todas as variáveis (factores ou “coisas”) que pensam poder ter relação ou influência na investigação.
2. Identifiquem a variável que pretendem observar ou medir (variável dependente - o que vão observar ou medir para cada valor da variável independente) e coloquem-na na última coluna.
3. Das restantes escolham uma, ou mais, que modificarão (variável independente - o que vão modificar, investigar, manipular, tratar). Coloca-a(s) na coluna do meio.
4. As restantes são mantidas iguais ou constantes (variáveis controladas). Escreve-as na primeira coluna, uma em cada linha.

Quadro II:

<i>Variáveis</i>						
<i>Controlada</i>	<i>Controlada</i>	<i>Controlada</i>	<i>Controlada</i>		<i>Independente</i>	<i>Dependente</i>
A						

Instruções para o preenchimento do quadro II

1. Preencham a linha A usando as variáveis correspondentes do quadro I. Em cada coluna devem escrever apenas uma variável. Se for necessário acrescentem colunas ao quadro II.
2. Para cada variável controlada indiquem as condições ou valores que são mantidos constantes.
3. Escolham as diferentes condições ou valores que vão utilizar na(s) variável(eis) independente(s) e indiquem-nas na(s) coluna(s) respectiva(s). Utilizem uma linha para cada condição ou valor.
4. Quando tiverem os resultados poderão preencher a coluna da variável dependente.

ANEXO 7

Estratégia Ilustrativa - descrição

B - ILUSTRATIVA

Rubrica do programa: FACTORES CONDICIONANTES DA GERMINAÇÃO / FACTORES ABIÓTICOS E BIÓTICOS

1● Exposição pelo professor, com intervenção dos alunos quando por eles solicitada, sobre os factores condicionantes da germinação, com recurso à análise de figuras, tabelas, gráficos e exemplos:

- quais os factores - internos (biológicos) e externos (ambientais) - bióticos e abióticos;
- que efeitos têm os factores abióticos na germinação de várias espécies;
- como se explicam esses efeitos, como actuam a nível biológico.

2● O professor organiza a turma/turno em grupos de trabalho (4 ou 3 alunos), tanto quanto possível com a concordância dos diferentes elementos¹. Cada grupo segue um protocolo experimental fornecido pelo professor (adaptado de manuais escolares) :

- 1- Efeito da temperatura na germinação;
- 2- Efeito da disponibilidade de água na germinação ;
- 3- Efeito da luz e arejamento na germinação.

No início das actividades práticas (após a montagem das experiências) o professor refere a necessidade de:

- haver cuidado/correção/precisão nas medições da variável dependente e repetições para garantir essa correção;
- garantir o controlo das variáveis adequadas para assegurar a validade dos resultados.

NOTA 1: Enquanto decorre o tempo necessário até à obtenção de resultados finais, pode iniciar-se a exposição referente aos factores bióticos e as respectivas actividades experimentais – pontos 4 e 5 desta sequência.

3● Após a realização das actividades experimentais:

3.1● Cada grupo apresenta oralmente, com eventual auxílio do quadro para mostrar os resultados, os resultados obtidos e sua interpretação (tendo por base, na interpretação, as respostas às questões que são colocadas para discussão em cada protocolo/ficha de trabalho).

¹ Se existirem grupos, de 3 ou 4 elementos, já formados em anteriores tarefas, devem manter-se esses grupos

O professor tem uma intervenção maior :

- nessa interpretação (corrigindo as respostas às questões);
- sugere as conclusões obtidas (em referência à hipótese) ;
- analisa criticamente as tarefas levadas a cabo em termos de apresentação dos resultados e confiança e validade dos resultados obtidos (*).

(*)

■ O professor introduz os **conceitos de variável categórica e contínua**. Explica qual o gráfico mais adequado a cada tipo de variável independente utilizada: se categórica – gráfico de barras; se contínua – gráfico linear;

■ Refere a extensão e intervalos usados entre os valores da variável independente, se contínua: se a extensão é curta (poucos valores) e/ou os intervalos longos (ou se a variável independente é contínua mas tratada como categórica) não se obtém um **padrão completo da relação daquela variável com a dependente**;

■ Refere as vantagens dos gráficos lineares por permitem fazer interpolações e extrapolações;

■ Identifica alguns erros que possam obstar à confiança e validade dos resultados.

3.2● Os grupos/alunos elaboram um relatório escrito da actividade.

4● Exposição pelo professor, com intervenção dos alunos quando por eles solicitada, sobre os factores bióticos condicionantes da germinação, com recurso à análise de figuras, tabelas, gráficos e exemplos.

- que efeitos têm os factores bióticos na germinação de várias espécies;
- como se explicam esses efeitos.

5● Cada grupo segue um protocolo experimental fornecido pelo professor (adaptado de manuais escolares).

- 1- **Influência dos factores bióticos na germinação das sementes.** (actividade sugerida no manual escolar);
- 2- **Influência da densidade populacional na germinação de sementes;**
- 3- **Estudo da germinação e crescimento de culturas mistas de feijoeiro e grão-de-bico.**

No início das actividades práticas (após a montagem das experiências) o professor refere a necessidade de:

- haver cuidado/correção/precisão nas medições da variável dependente e repetições para garantir essa correção;
- garantir o controlo das variáveis adequadas para assegurar a validade dos resultados.

6●(Repetir passos do ponto 3)

NOTA 2: A actividade prática sugerida tem assim um grau de abertura muito reduzido, pois são fornecidos aos alunos os seguintes elementos:

- 1) Definição do Problema e Hipótese é indicada qual a variável independente a investigar e qual a variável dependente e como medi-la.
- 2) Procedimentos a seguir: Materiais a utilizar, Métodos a seguir e como e quando registar os resultados.

O professor explicita melhor: qual a variável independente, qual a dependente e quais as que estão a ser controladas.

- 3) Interpretação dos resultados e Conclusão: o professor tem uma participação maior.

Aos grupos/alunos caberá:

- 1) Realizar o trabalho prático proposto;
- 2) Registar os resultados;
- 3) Participar na interpretação dos resultados;
- 4) Fazer um registo escrito (relatório) do trabalho.

ANEXO 8

Guião da Entrevista

Cuidados a ter pelo entrevistador:

- Escolher um local na escola calmo e agradável.
- Marcar a entrevista para uma hora que entrevistado e entrevistador estejam completamente disponíveis e sem restrições de tempo.
- Durante a entrevista desenvolver uma atitude de ouvinte atento.
- Apresentar uma atitude não crítica e de não avaliação.

Informação a dar ao entrevistado antes de começar a entrevista:

- A recolha de informação através da entrevista destina-se a um estudo sobre ensino e aprendizagem de Biologia, sendo o contributo do aluno imprescindível para o êxito do trabalho.
- As informações recolhidas não contam para a avaliação do aluno.
- A entrevista é anónima e está assegurada a confidencialidade das opiniões manifestadas.

GUIÃO DA ENTREVISTA

1. A tua família costumava ou costuma levar-te a museus de ciência ou incentivava que tu assistisses a programas ou participasses noutras actividades ligadas à ciência?
- Muitas vezes -Ocasionalmente - Raramente -Nunca

2. O que esperam os teus pais dos teus resultados na escola?
- Que sejas excelente?
- Que faças o melhor que possas?
- Nunca dizem nada ?

3. Consegues lembra-te de alguma coisa do teu ambiente familiar que possa ter influenciado o que sentes em relação à ciência ou à Biologia em particular?

4. Fazias experiências durante o ciclo preparatório (2º ciclo do E.B) ou no 7º, 8º e 9º ano de escolaridade ?

5. Achas que os professores de ciências (Matemática, C. Natureza, Física e Química, CTV, TLB, TLQ...) que tiveste eram professores com conhecimentos, bem informados ? Conseguias compreender os conhecimentos que procuravam transmitir-te?

6. Os teus amigos mais próximos, do ciclo ou do 7º, 8º ou 9º ano, gostavam de ciências?

7. Achas que os teus amigos tiveram alguma influência na escolha da área de estudos do 10º ano ou na escolha das disciplinas de opção ligadas à ciência?

8. Que controlo julgas ter em relação ao que te acontece?
- Muito - Algum - Muito pouco - Nenhum

9. Que sucesso julgas ter como estudante de ciências ou de Biologia em particular?
- Muito - Algum - Muito pouco - Nenhum

10. Achas que terias mais rendimento em Biologia se te esforçasses para isso? Porquê ?

Durante cerca de um mês realizaste actividades laboratoriais em que se pretendia estudar a influência de diversos factores na germinação de sementes de Angiospérmicas.

Para além de teres tido oportunidade de conhecer diferentes factores (abióticos e bióticos), de que formam condicionam a germinação e como actuam a nível biológico, tiveste a oportunidade de conhecer e aplicar alguns conceitos associados às formas como se realiza/trabalha num laboratório de investigação (problema e hipótese a investigar; procedimento/planificação a seguir; variáveis a investigar e controlar; tipos de variáveis; tamanho da amostra; registo e tratamento dos resultados; interpretação e conclusões a retirar dos resultados; avaliação da estratégia realizada em termos de validade e fidelidade/correção dos resultados).

11. Achas que é, ou foi, importante ou útil aprenderes as duas coisas, isto é, os conteúdos (tema) e os processos associados à ciência? Porquê ?

12. Qual o teu grau de interesse em relação (*sentiste curiosidade, gostaste, empenhaste-te ... muito, pouco*):

- ao tema (factores que influenciam a germinação) ?
- aos conceitos/aspectos ligados aos processos ?
- às actividades práticas realizadas?

13. Sentiste alguma dificuldade particular durante a aprendizagem desta unidade/rubrica ? Qual(ais) ?

➤ Para entrevistados sujeitos à estratégia
ILUSTRATIVA:

14. Foram-te dados protocolos experimentais para executares seguindo os passos escritos.

14.1. Preferirias ser tu, ou o teu grupo, a planificar a actividade (isto é, tendo em conta um determinado problema serias tu ou o teu grupo a pensar e executar uma experiência que procurasse encontrar alguma resposta a esse problema) ? Porquê ?

14.2. Achas que essa maneira diferente de realizar a actividade influenciaria ou alteraria a tua atitude (*curiosidade, interesse, gosto, empenho,...*) ou a tua aprendizagem da mesma unidade/rubrica?

➤ Para entrevistados sujeitos à estratégia
INVESTIGATIVA:

14. Foi-te apresentado um problema geral e pediram-te que planificasses, em grupo, uma experiência com vista a testar hipóteses mais específicas que entretanto formularam no grupo. Depois executaste a experiência planificada.

14.1. Preferirias seguir um protocolo experimental já elaborado, seguindo os passos escritos? Porquê?

14.2. Que dificuldades sentiste em cada uma das seguintes fases:

- elaboração da hipóteses de trabalho?
- planificação da experiência ?
- execução?
- recolha e tratamento dos resultados ?
- interpretação, conclusões e avaliação?

➤ Para entrevistados sujeitos estratégia
INVESTIGATIVA:

14.3. O “guia de orientação” e a “tabela de variáveis” que utilizaste ajudou na planificação? Concretamente, ajudou como?

- na definição mais clara das variáveis a envolver ?

- na definição mais clara das variáveis a controlar?

- nos aspectos a ter em conta na avaliação global da actividade ? Que aspectos?

14.4. O que te agradou mais fazer (que assunto ou actividade)?

15. Durante, ou após, estas aulas, sentiste, ou sentes agora, que de alguma forma ocorreu qualquer alteração ou influência nas tuas atitudes em relação:

- interesse pela Biologia como ciência ?
- interesse/motivação na aprendizagem das disciplinas com Biologia (TLB, CTV...)?
- interesse/motivação/curiosidade em relação aos trabalhos práticos ?
- juízo sobre a tua capacidade pessoal na aprendizagem da Biologia (a tua autoconfiança no estudo e compreensão dos aspectos estudados ou a estudar)?

16. Dois grupos de alunos elaboraram relatórios, do trabalho laboratorial que haviam realizado, que abaixo se apresentam:

Analisa os relatórios.

16.1. Em que resultados tu acreditas mais? Porquê?

16.2. Comenta as interpretações / conclusões dos dois relatórios.

ANEXO 9

Questionário de Avaliação da Estratégia pelos alunos

QUESTIONÁRIO

Código

Este questionário não conta para a tua avaliação. Destina-se apenas a recolher dados para um trabalho onde importa conhecer a tua opinião sobre a forma como podes ter aprendido determinado tema.

INSTRUÇÕES:

- Para responderes às questões deste questionário deves procurar ter em conta apenas as aulas de TLB em que se estudaram os factores (abióticos e bióticos) condicionantes da germinação das sementes.
- Recorda que nessas aulas foi feito o estudo dos seguintes factores:
 - abióticos - temperatura, luminosidade, quantidade de água, arejamento, acidez;
 - bióticos – competição intra e interespecífica e sua relação com a densidade, alelopatia.
- Responde calmamente e com sinceridade.

1. Na tabela que se apresenta abaixo as aulas dadas são classificadas nos graus I a V conforme cada um dos elementos envolvidos (definição do problema, colocação da hipótese, ...) foi realizado pelo aluno (A) ou pelo professor (P).

Utilizando a tabela, em que grau classificarias as aulas dadas sobre os factores que influenciam a germinação (Assinala na tabela o grau que escolheste – desenha um círculo à volta de um dos graus I, II, III, IV ou V ou , no caso de considerares que nenhum dos graus corresponde ao ocorrido nas aulas, preenche a coluna assinalada com VI com as letras A ou P).

Elementos envolvidos no trabalho laboratorial :	GRAU					
	<i>Conforme a realização dos elementos é feita pelo Professor (P) ou pelo Aluno(A)</i>					
	I	II	III	IV	V	VI
1. Definição do problema	P	P	P	P	A	
2. Hipótese	P	P	P	A	A	
3. Planificação	P	P	A	A	A	
4. Realização do trabalho	A	A	A	A	A	
5. Recolha e registo dos resultados	A	A	A	A	A	
6. Interpretação/Conclusão	P	A	A	A	A	

➤ Em cada uma das questões 2 a 6 sublinha a opção (*Quase nunca, Poucas vezes, Algumas vezes, Muitas vezes, Quase sempre*) que melhor traduz a tua opinião sobre o ocorrido nas aulas:

2. Nessas aulas foi dada oportunidade aos alunos para executarem trabalhos de acordo com os seus próprios interesses?

-Quase nunca; -Poucas vezes; -Algumas vezes; -Muitas vezes; -Quase sempre

3. Foi pedido aos alunos que fossem eles a planificar as experiências que realizaram?

-Quase nunca; -Poucas vezes; -Algumas vezes; -Muitas vezes; -Quase sempre

4. Foi o professor que decidiu qual a melhor maneira para os alunos realizarem as suas experiências?

-Quase nunca; -Poucas vezes; -Algumas vezes; -Muitas vezes; -Quase sempre

5. Foram os alunos que decidiram a melhor forma de proceder na realização das experiências?

-Quase nunca; -Poucas vezes; -Algumas vezes; -Muitas vezes; -Quase sempre

6. O professor é que fez as experiências, enquanto os alunos assistiram e/ou ajudaram consoante eram solicitados e informados pelo professor.

-Quase nunca; -Poucas vezes; -Algumas vezes; -Muitas vezes; -Quase sempre

ANEXO 10

**Quadro de explicitação de objectivos da
Prova de Avaliação de Conhecimentos**

TESTE 1 - PROVA DE AVALIAÇÃO DE CONHECIMENTOS
Quadro de explicitação dos objectivos

OBJECTIVOS (Domínio: cognitivo / Níveis de desenvolvimento: aquisição; compreensão; aplicação; ...)		Conhece termos e conceitos; compreende e aplica “conceitos” / associados aos processos da ciência		item de avaliação
Conhece termos, factos e conceitos; compreende e aplica conceitos / associados aos conteúdos científicos		Objectivos relacionados com o processo - (Compreensão Processual)		
CONTEÚDOS	Objectivos relacionados com os conteúdos (Compreensão Conceptual)		item de avaliação	objectivo
	objectivo	objectivo	objectivo	
Unidade de ensino aprendizagem 2 - - ESTRUTURA E CRESCIMENTO NAS PLANTAS SUPERIORES • GERMINAÇÃO DA SEMENTE:	<ul style="list-style-type: none"> ➔ Constituição das sementes de Mono e Dicotiledóneas ➔ Alterações morfológicas durante a germinação - germinação epigea e hipógea ➔ Alterações fisiológicas durante a germinação (consumo de reservas e actividade metabólica 	<ul style="list-style-type: none"> • Identifica os diferentes órgãos / estruturas constituintes das sementes • <i>Distingue germinação epigea de hipógea.</i> • Conhece a função de cada estrutura constituinte. • Compreende as alterações fisiológicas durante a germinação. 	1.1. (resp. curta) <i>(não testado)</i> 1.2. (resp. curta) 2 e 3 (associação / resp. curta)	

CONTEÚDOS	(Compreensão conceptual) Objectivo	item	(Compreensão processual) Objectivo	item
<p>• GERMINAÇÃO DA SEMENTE:</p> <p>→ FACTORES CONDICIONANTES:</p> <p>Factores biológicos intrínsecos à semente (maturação, conservação do tegumento, inalteração das reservas);</p> <p>Factores extrínsecos à semente (abióticos - temperatura, luz, água, ar ; bióticos competição, alelopatia)</p>	<p>• Conhece diferentes factores que condicionam a germinação das sementes:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ <i>distingue factores internos (biológicos intrínsecos) de externos (ambientais);</i> ■ <i>distingue factores externos abióticos de factores externos bióticos;</i> ■ <i>conhece como factores internos - maturação, inalteração das reservas, conservação do tegumento e do embrião;</i> ■ <i>conhece como factores externos abióticos - temperatura, água, oxigénio e luz;</i> ■ <i>conhece como factores externos bióticos - competição e alelopatia.</i> <p>• Compreende a influência de diferentes factores ambientais na germinação das sementes.</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ <i>relaciona efeitos na velocidade de germinação, nº de sementes germinadas e crescimento de alguns órgãos, com a variação de determinados factores;</i> ■ <i>compreende o significado de sementes fotoblásticas positivas e negativas.</i> <p>• Compreende a influência de diversos factores na germinação das sementes.</p> <p>-Compreende como actuam esses factores a nível biológico:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ <i>relaciona o factor água com a absorção (embebição) pela semente e consequente ruptura do tegumento, activação das</i> 	<p>4 (resp. curta)</p> <p>(<i>não testado</i>)</p> <p>5 (resp. curta)</p> <p>6 (escolha múltipla)</p> <p>7 (escolha múltipla)</p>	<p>• Define variável independente, variável dependente e variáveis controladas.</p> <p>• Define variável categórica e contínua.</p> <p>• <i>Define amostra.</i></p> <p>• Identifica numa situação conhecida, a(s) variáveis independente(s), dependente(s) e controladas.</p> <p>• Relaciona a montagem “controlo biológico” com um valor da variável independente.</p> <p>• Identifica numa situação nova a(s) hipótese(s) que estarão a ser testadas.</p> <p>• Identifica numa situação nova, a(s) variáveis independente(s), dependente(s) e controladas.</p> <p>• Selecciona gráficos adequados ao tipo de variável independente utilizada.</p>	<p>9 (associação)</p> <p>(<i>não testado</i>)</p> <p>10.1 a 10.3. (resp. curta)</p> <p>10.4.e 10.5 (resp. curta)</p> <p>11.1. (resp. curta)</p> <p>11.2 e 11.3 (resp. curta)</p> <p>10.6 e 10.7 (resp. curta / escolha múltipla)</p>

CONTEÚDOS	(Compreensão Conceptual) Objectivos	Item	(Compreensão Processual) Objectivos	
	<p>enzimas que hidrolizam as substâncias de reserva e mobilização dessas substâncias para o embrião.</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ relaciona o factor temperatura com a sua influência na actividade das enzimas envolvidas na germinação. ■ relaciona o factor O₂ com a produção de energia, pela respiração celular (aeróbia), necessária à intensa actividade construtiva durante a germinação. ■ relaciona efeitos na germinação com fenómenos de competição interespecífica para obtenção de recursos ambientais. ■ relaciona a limitação na germinação de sementes com a produção de substâncias químicas por plantas de outras espécies (alelopatia). 	<p>8 (<i>escolha múltipla</i>)</p>	<p>Constrói gráficos adequados ao tipo de variável independente utilizada.</p> <p>11.5 (resp. curta)</p> <p>Interpreta resultados em termos de relação de causa e efeito entre as variáveis.</p> <p>11.6. (<i>escolha múltipla</i>)</p> <p>11.7 (<i>composição</i>)</p> <p>11.8 (<i>composição</i>)</p>	

ANEXO 11

**Relação entre os itens e dimensões
do Questionário de Atitudes elaborado
e os itens e dimensões
dos questionários usados como referência**

Relação entre os itens e dimensões do Questionário de Atitudes elaborado e os itens e dimensões dos instrumentos usados como referência.

Itens do Questionário elaborado para o estudo	(Sub-escala) / Dimensão que se pretende medir	Dimensões a medir segundo o instrumento de referência (dimensão implícita / dimensão explícita)	Instrumento de referência
3, 8, 13, 18	(C) MA	Atitudes gerais em relação à Física (incluídos numa 1ª sub-escala do instrumento de referência)	Questionário de atitudes face à Física (Araújo, 1995)
4	(D) TL	Idem (incluído numa 2ª sub-escala)	
9	(D) TL	<i>Atitudes (expectativa / satisfação dessa expectativa) face à aprendizagem numa certa disciplina - Téc.Lab.Física</i>	Questionários de expectativas e satisfação de expectativas face a TLF (Araújo, 1995)
1	(A) IB	<i>Atitudes gerais em relação à ciência na escola (incluído no conjunto de itens do ATSSA que medem aquelas atitudes gerais)</i>	ATSSA- Attitude Toward Science in School Assessment (Unidimensional) (Germann, 1988)
6	(A) IB	<i>Atitudes em relação à ciência no dia-a-dia</i>	
11, 21,	(A) IB	<i>Conforto pessoal com a ciência</i>	
12	(B) VB	<i>Atitudes em relação à ciência no dia-a-dia</i>	AATB-Assessing Attitudes Toward Biology (com 5 dimensões) (Sundberg, Dini, & Li, 1994)
22	(B) VB	<i>Ciência e Religião</i>	
20	(E) J	<i>Conforto pessoal com a ciência</i>	
2,7,17	(B) VB	<i>Valor da ciência na sociedade e</i> Atitudes gerais em relação à Física (incluído numa 3ª sub-escala do instrumento de referência)	ATSI-Attitudes Toward Science Inventory (com 6 dimensões) (Gogolin & Swartz, 1996) e Atitudes gerais em relação à Física (Araújo, 1995)
23,	(C) MA	<i>Motivação em ciência</i>	
5, 10, 15	(E) J	<i>“Self-concept in science”</i>	ATSI-Attitudes Toward Science Inventory (com 6 dimensões) (Gogolin & Swartz, 1996)
25	(E) J	<i>“Self-concept in science”</i>	Guião de entrevista (Gogolin & Swartz, 1996)

(Todos os questionários de referência são de resposta tipo Likert)

ANEXO 12

Questionário de Atitudes – - Análise factorial

Questionário de Atitudes - Análise factorial

Para esse estudo foram utilizados os dados recolhidos no estudo piloto (21 alunos), os dados do pré-teste aplicado à amostra em estudo (41 alunos) e os dados resultantes da aplicação do mesmo instrumento a mais três turmas (61 alunos), perfazendo um total de 123 alunos. Todos os alunos destas turmas eram alunos do 11º ano de escolaridade do 1º agrupamento (Científico-Natural) dos CSPOPE., a frequentar (com excepção de dois alunos da turma do estudo piloto) a disciplina de TLB-II, sendo apenas a turma do estudo piloto pertencente a outra escola da mesma cidade.

O QUADRO 1 resume os factores extraídos da análise factorial, sendo que dos 25 itens do instrumento, a análise factorial reduziu-os a 8 factores principais. O QUADRO 2 resume a saturação dos itens nos 8 factores principais após uma rotação ortogonal. Estes resultados confirmam a existência de factores, mas estes não são totalmente coincidentes com os as dimensões hipotéticas do instrumento construído.

Quadro 1 - Extracção de factores do questionário de atitudes

Comunalidade (variância explicada pelos factores)	Factor	Valores próprios (variância explicada por cada factor)	% Variação (proporção da variância total devida a cada factor)	% Variação acumulada
1,0000	1	4,90121	19,6	19,6
1,0000	2	2,08292	8,3	27,9
1,0000	3	1,80391	7,2	35,2
1,0000	4	1,53412	6,1	41,3
1,0000	5	1,41131	5,6	46,9
1,0000	6	1,29955	5,2	52,1
1,0000	7	1,18430	4,7	56,9
1,0000	8	1,08576	4,3	61,2

a) Análise factorial pelo método dos componentes principais; b) N= 123; c) Teste de Kaiser-Meyer-Olkin = 0,73363 (correlação média entre as variáveis); d) Teste de esfericidade de Bartlett = 716,03761, significância =,00000 (apropriado o modelo de factor utilizado)

QUADRO 2 - Saturação dos itens nos 8 principais componentes após rotação ortogonal e comparação com as dimensões hipotéticas do instrumento utilizado

Factor	Itens	Dimensão (designação do factor)	(Sub-escala) Dimensão utilizada
1	3,18,23 1,11,16,21	Interesse pela Biologia como ciência	(C) MA (A) IB
2	10,15,20	Juízo do aluno (auto-conceito) sobre a sua capacidade na aprendizagem da Biologia	(E) J
3	4,14,19,24	Interesse/Motivação em relação ao Trabalho Laboratorial	(D) TL
4	2,12,17	Apreciação do valor da Biologia na sociedade	(B) VB
5	5,25	?	(E) J
6	22	Relação ciência / religião	(B) VB
7	6 7	?	(A) IB (B) VB
8	8,13 9	Interesse/Motivação em relação às aulas de Biologia	(C) MA (D) TL

