



**UNIVERSIDADE DE ÉVORA**  
**DEPARTAMENTO DE QUÍMICA**

**O ENSINO DA QUÍMICA NA UNIVERSIDADE:  
UMA ABORDAGEM AO TRABALHO EXPERIMENTAL ENQUANTO  
ACTIVIDADE INVESTIGATIVA DE RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS**

**MARGARIDA DO ROSÁRIO DOMINGOS TERRAÇO FIGUEIREDO**

**Dissertação apresentada à Universidade de Évora para obtenção do  
Grau de Doutor em Química**

**ORIENTAÇÃO DO PROFESSOR DOUTOR CÉSAR AUGUSTO NUNES VIANA  
E CO-ORIENTAÇÃO DA PROFESSORA DOUTORA MARIA ELISA VIRIATO DE MATOS MAIA**

**(Esta tese não inclui as críticas e sugestões feitas pelo júri)**

**Évora**

**2003**



**UNIVERSIDADE DE ÉVORA**  
**DEPARTAMENTO DE QUÍMICA**

**O ENSINO DA QUÍMICA NA UNIVERSIDADE:  
UMA ABORDAGEM AO TRABALHO EXPERIMENTAL ENQUANTO  
ACTIVIDADE INVESTIGATIVA DE RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS**

**MARGARIDA DO ROSÁRIO DOMINGOS TERRAÇO FIGUEIREDO**

**Dissertação apresentada à Universidade de Évora para obtenção do  
Grau de Doutor em Química**



169048

**ORIENTAÇÃO DO PROFESSOR DOUTOR CÉSAR AUGUSTO NUNES VIANA  
E CO-ORIENTAÇÃO DA PROFESSORA DOUTORA MARIA ELISA VIRIATO DE MATOS MAIA**

**(Esta tese não inclui as críticas e sugestões feitas pelo júri)**

**Évora**

**2003**



## AGRADECIMENTOS

Ao terminar o trabalho que agora apresentamos, resta-me a convicção, que quero aqui afirmar, que embora ele corresponda à concretização de um projecto pessoal importante, fica a dever-se em grande parte, à confluência de inúmeros e valiosos contributos, sem os quais não teria sido possível levá-lo a bom termo. Por isso, embora assumindo o risco de incorrer em esquecimentos injustos, não posso deixar de manifestar os mais sinceros agradecimentos:

Aos Professores Doutores César Augusto Nunes Viana e Maria Elisa de Matos Maia, pelo entusiasmo sempre manifestado na orientação desta dissertação, pelo apoio que a todos os níveis sempre me prestaram, pelas muitas, interessantes e frutuosas conversas, durante as quais, generosamente, comigo partilharam muito dos seus saberes e do gosto pelo ensino da Química;

Ao Professor Doutor António Manuel Neto Vaz, enquanto Presidente do Conselho do Departamento de Química e responsável pela disciplina de Química I, pelo apoio decisivo na resolução de alguns entraves burocráticos e pelo entusiasmo que desde a primeira hora manifestou relativamente a este projecto de investigação; pela amizade sempre demonstrada e pelo incentivo que ao longo de todo o trabalho me foi dando;

Ao Professor Doutor Júlio Manuel da Cruz Morais, por todo o apoio manifestado, enquanto Presidente do Conselho do Departamento de Química, e pelo interesse e disponibilidade com que me ajudou a ultrapassar algumas dificuldades de natureza burocrática;

Aos meus colegas do Departamento, que nos anos lectivos de 1998/1999 e 1999/2000, integravam a equipa docente da disciplina de Química I, pela preciosa ajuda na aplicação dos questionários;

Ao Professor Doutor José Carlos Bravo Nico, por ter partilhado connosco esta caminhada e pela troca de experiências que isso me proporcionou;

Ao Dr. Manuel Borrões, pela disponibilidade manifestada no esclarecimento de algumas dúvidas relacionadas com a análise estatística dos resultados;

Aos alunos do 1º ano do curso de ERG que nos anos lectivos de 1998/1999 e 1999/2000 tornaram possível, através da sua participação, a nossa intervenção experimental.

Aos alunos do 1º ano dos cursos de ERG, ERH, EBG, CA, BIO, EB, EZ e EA e AP, que nos anos lectivos de 1998/1999 e 1999/2000 colaboraram nesta investigação, respondendo aos questionários;

A todos os colegas e amigos, em especial ao Dr. Henrique Vicente, à Drª Rosário Martins, ao Dr. Henrique Chaveiro, ao Prof. Doutor Santos Arteiro, à Drª Dora Teixeira, à Drª Ana Teresa Palma, e ao Dr. Jorge Teixeira, pelas muitas palavras de apoio e incentivo, que sempre manifestaram;

A todos(as) funcionários(as) do Departamento de Química da Universidade de Évora, por todo o apoio que sempre nos disponibilizaram;

Ao Departamento de Química pelas facilidades e recursos que pôs à nossa disposição;

À Universidade de Évora por nos ter facultado as condições para a realização deste trabalho;

Ao Joel, meu marido, e aos meus filhos Inês e Gonçalo, pelo apoio e pelo amor que sempre me demonstraram e pelas muitas horas que roubei à vida que vivemos em comum;

Aos meus pais por estarem presentes, pela Vida.

Por último, presto aqui, a título póstumo, uma sentida homenagem à Professora Doutora Mariana Pereira, que nos deu uma ajuda inestimável na fase de elaboração e aferição dos questionários.

*Ao Joel, meu marido,  
e aos meus filhos Inês e Gonçalo*



## RESUMO

O presente estudo aborda a questão da importância do Trabalho Experimental (TE) no ensino e na aprendizagem das ciências naturais. Nesse contexto, deu-se particular relevo ao ensino da Química a alunos do 1º ano do ensino superior universitário, em cursos que não sendo especificamente da especialidade, incluem a Química nos seus planos de estudo como disciplina subsidiária.

Alguns trabalhos de investigação nesse campo têm levantado algumas dúvidas sobre a eficácia do TE enquanto estratégia de ensino e de aprendizagem. Questiona-se a adequabilidade do TE, tradicionalmente realizado pelos alunos, alegando que os benefícios dele resultantes não têm sido capazes de corresponder aos objectivos em que se fundamenta a sua utilização.

Num momento em que se vivem profundas alterações ao nível dos objectivos educacionais do Ensino Superior, interessa, mais do que nunca, reflectir sobre as potencialidades de um recurso educativo tão rico como é o TE. Interessa, sobretudo, pensar sobre que tipo de TE pode contribuir para uma aprendizagem significativa da Química, mas também para o desenvolvimento de competências fundamentais na formação do estudante universitário e de atitudes positivas face à aprendizagem das ciências em geral.

O desenho da investigação incluiu uma caracterização inicial dos alunos, dos vários cursos, a frequentar a disciplina de Química I na Universidade de Évora, feita através da aplicação de um questionário, que incluía também um teste diagnóstico. A informação obtida serviu de base à escolha do curso onde seria implementada a intervenção experimental

(Engenharia de Recursos Geológicos – ERG) bem como, de outro curso como grupo de controlo (Engenharia de Recursos Hídricos – ERH).

A intervenção experimental consistiu na substituição dos trabalhos práticos, habitualmente realizados mediante o fornecimento de um protocolo experimental do tipo “receita”, por outros apresentados aos alunos como problemas relacionados com a sua área de interesses. A resolução desses problemas deveria ser feita através da pesquisa de informação, elaboração de um plano experimental e respectiva execução. Esta intervenção decorreu em dois semestres nos anos lectivos 1998/1999 e 1999/2000 e foi seguida através da gravação em suporte áudio.

A avaliação do tipo de abordagem proposta para o TE foi feita através da aplicação de um Questionário aos alunos dos cursos de ERG e ERH. A análise e comparação das respostas dos dois grupos de alunos permitiu concluir que as opiniões dos de ERG, em relação ao tipo de TE realizado nas aulas, era claramente mais favorável do que a dos alunos de ERH que seguiram uma metodologia tradicional. Para além disso, parece ter havido uma influência positiva na motivação, na forma de encarar a aprendizagem da disciplina e na interligação com outras disciplinas do curso, factos que terão contribuído para uma melhoria do aproveitamento dos alunos de ERG, claramente superior à dos outros cursos.

## **PALAVRAS-CHAVE**

Química, Ensino da Química, Trabalho Experimental, Resolução de problemas, Actividade investigativa

## ABSTRACT

The present research deals with the Experimental Work (TE) concerning the teaching and learning of natural sciences. Having it in view, a special attention was given to the Chemistry Teaching of first year University students to whom this discipline is included in the programme of their course as a subsidiary discipline.

Different authors have raised some questions related to the benefits possibly obtained by the use of TE as a teaching-learning strategy. They say that the kind of TE, traditionally carried out by students in their classes, does not correspond to the objectives that support its use.

In a moment in which deep alterations have been announced related to the educational objectives of Universities and other tertiary level Schools in our country, it seems important to reason about the role of Experimental Chemistry and its teaching concerning students of different specializations to whom chemistry is, as it was already referred, a subsidiary discipline.

An initial characterization of students of different courses concerning their formal preparation was done through a questionnaire, which also included a diagnostic test, which gave the basis for an appropriate choice of the course in which the experimental intervention should be implemented (Geological Resources Engineering – ERG), as well as to the course used as the control group (Hydrologic Resources Engineering – ERH).

The experimental intervention consisted on the substitution of the traditional practical work done according to a recipe formerly supplied, by practical problems presented to students, related to their areas of interest. The solution of the problem had to be done through an information research that should be used as a basis of implementing the experimental plan

they had to design. Such experiment was done on two semesters, of 1998/1999 and 1999/2000 and an audio recording was simultaneously done.

The evaluation of this type of approach was done through a new questionnaire to the students of both ERG and ERH two years later. The analysis and comparison of answers have shown that the opinions of ERG students about TE is clearly favourable to the new Experimental Teaching, that also contributed to a greater success in their final examinations.

## **KEYWORDS**

Chemistry, Chemistry Education, Experimental Work, Problem solving, Investigation activity

## **GLOSSÁRIO**

- ABP** – Aprendizagem Baseada em Problemas
- AMC** – Aprendizagem por Mudança Conceptual
- AP** – Licenciatura em Arquitectura Paisagista
- APD** – Aprendizagem por Descoberta
- APT** – Aprendizagem por Transmissão
- BIO** – Licenciatura em Biologia
- CA** – Licenciatura em Ciências do Ambiente
- CTS** – Ciência – Tecnologia – Sociedade
- EA** – Licenciatura em Engenharia Agrícola
- EB** – Licenciatura em Engenharia Biofísica
- EBG** – Licenciatura em Ensino de Biologia e Geologia
- ERG** – Licenciatura em Engenharia de Recursos Geológicos
- ERH** – Licenciatura em Engenharia de Recursos Hídricos
- EZ** – Licenciatura em Engenharia Zootécnica
- TC** – Trabalho de Campo
- TE** – Trabalho Experimental
- TL** – Trabalho Laboratorial
- TP** – Trabalho Prático
- TPL** – Trabalho Prático Laboratorial



## ÍNDICE GERAL

Agradecimentos .....	iii
Resumo .....	vii
Abstract .....	vix
Glossário .....	xi
Índice de Quadros.....	xix
Índice de Figuras.....	xxiii
<b>Capítulo 1 – INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
1.1 – Definição de uma problemática .....	3
1.2 – Objectivos e características do estudo .....	9
1.3 – Estrutura da dissertação .....	12
<b>Capítulo 2 – O ENSINO DAS CIÊNCIAS; O ENSINO DA QUÍMICA .....</b>	<b>15</b>
2.1 – A abordagem tradicional centrada nos conteúdos .....	18
2.2 – Algumas abordagens alternativas .....	21
2.2.1 – O modelo de aprendizagem por descoberta .....	25
2.2.1.1 – Características do modelo .....	26
2.2.1.2 – Limitações do modelo .....	27
2.2.2 – A aprendizagem por mudança conceptual.....	29

2.2.2.1 – Características do modelo .....	30
2.2.2.2 – Limitações do modelo .....	34
2.2.3 – O ensino das ciências e o desenvolvimento de capacidades metacognitivas....	38
2.2.4 – O ensino das ciências baseado na resolução de problemas .....	41
2.2.4.1 – O que são problemas .....	42
2.2.4.2 – Características do modelo .....	46
2.2.4.3 – Limitações do modelo .....	49
2.2.5 – A aprendizagem das ciências como um processo investigativo .....	50
2.2.5.1 – Características do modelo .....	51
2.2.5.2 – Limitações do modelo .....	54
2.2.6 – Algumas notas finais .....	55

### **Capítulo 3 – O TRABALHO EXPERIMENTAL NO ENSINO DA QUÍMICA .....**

**57**

3.1 – Trabalho prático, trabalho laboratorial, trabalho de campo e trabalho experimental .....	62
3.2 – O que se espera obter do trabalho experimental .....	66
3.3 – O que se obtém do trabalho experimental .....	74
3.4 – O que se pode obter do trabalho experimental .....	81
3.4.1 – O trabalho experimental enquanto actividade investigativa de resolução de problemas.....	83
3.4.2 – Importância das sessões pré e pós-laboratoriais .....	97

<b>Capítulo 4 – METODOLOGIA</b> .....	99
4.1 – Fundamentos metodológicos .....	102
4.2 – O plano geral da investigação .....	106
4.3 – O contexto da investigação .....	111
4.3.1 – A Instituição .....	111
4.3.2 – A disciplina .....	112
4.3.3 – Os professores envolvidos .....	115
4.3.4 – A população de alunos .....	115
4.4 – A recolha de informação .....	117
4.4.1 – A estratégia seguida .....	117
4.4.2 – Os instrumentos utilizados .....	119
4.4.2.1 – Questionário/Teste diagnóstico (Q/T) .....	119
4.4.2.2 – Registo em gravação áudio das sessões laboratoriais .....	120
4.4.2.3 – Questionário de avaliação final da metodologia seguida nas aulas laboratoriais (QF).....	123
i) Tipo de abordagem ao trabalho experimental .....	125
ii) Motivação .....	127
iii) Aprendizagem .....	128
iv) Utilidade das aprendizagens efectuadas noutros contextos .....	128
v) Formação científica .....	129
4.4.3 – Avaliação final da componente laboratorial .....	130
4.4.4 – Avaliação final da disciplina .....	130
4.5 – A escolha do grupo experimental .....	131
4.5.1 – O sucesso na disciplina .....	132
4.5.2 – O conhecimento inicial em Química .....	133

4.6 – A caracterização dos grupos de alunos .....	135
4.6.1 – Caracterização sócio–demográfica .....	135
4.6.2 – Caracterização do percurso escolar .....	138
4.7 – Os métodos de tratamento dos dados .....	145
4.7.1 – Vertente quantitativa .....	145
4.7.2 – Vertente qualitativa .....	146
<b>Capítulo 5 – INTERVENÇÃO EXPERIMENTAL .....</b>	<b>149</b>
5.1 – Motivação inicial .....	151
5.2 – Metodologia seguida nas aulas .....	156
5.2.1 – Elaboração dos projectos .....	157
5.2.2 – Execução experimental .....	158
5.2.3 – Apresentação e discussão dos resultados .....	158
5.3 – Os Problemas propostos .....	159
5.3.1 – Determinação do calor envolvido na reacção da cal viva com a água .....	161
5.3.1.1 – Enquadramento teórico .....	161
5.3.1.2 – Desenvolvimento do projecto .....	165
5.3.2 – Formação de uma placa de calcário .....	171
5.3.2.1 – Enquadramento teórico .....	171
5.3.2.2 – Desenvolvimento do projecto .....	175
5.3.3 – Correção da acidez de um solo por calagem .....	182
5.3.3.1 – Enquadramento teórico .....	182
5.3.3.2 – Desenvolvimento do projecto .....	186
5.3.4 – Determinação do teor em ferro existente num minério .....	191

5.3.4.1 – Enquadramento teórico .....	191
5.3.4.2 – Desenvolvimento do projecto .....	194
5.4 – Algumas notas finais .....	202

**Capítulo 6 – RESULTADOS: APRESENTAÇÃO, ANÁLISE E DISCUSSÃO .....**

<b>DISCUSSÃO .....</b>	<b>203</b>
6.1 – O conhecimento em Química: Situação no início .....	206
6.1.1 – Auto avaliação .....	206
6.1.2 – Resultados do teste diagnóstico .....	209
6.2 – Avaliação final da metodologia seguida nas aulas laboratoriais .....	217
6.2.1 – Resultados do questionário .....	217
6.2.1.1 – Resultados quantitativos .....	218
6.2.1.2 – Resultados qualitativos .....	254
6.3 – O conhecimento em Química: Situação no final .....	284
6.3.1 – A avaliação da componente laboratorial .....	285
6.3.2 – A avaliação final da disciplina .....	287

**Capítulo 7 – CONCLUSÃO .....**

<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>291</b>
7.1 – Considerações preliminares .....	293
7.2 – Análise crítica da investigação .....	294
7.3 – Conclusões .....	296
7.4 – Implicações pedagógicas .....	299
7.5 – Perspectivas para futuras investigações .....	301

<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>303</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>333</b>
Anexo I – Programa da disciplina de Química I .....	335
Anexo II – Q/T – Questionário/Teste diagnóstico.....	351
Anexo III – QF – Questionário de avaliação final da metodologia seguida nas aulas laboratoriais .....	357
Anexo IV – Estrutura do Questionário QF. Focos de investigação, categorias e subcategorias de análise.....	363
Anexo V – Grelha de análise de resultados qualitativos do Questionário QF.....	369
Anexo VI – Notas de apoio aos trabalhos .....	385

## ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 2.1 -	Classificação dos problemas (Johnstone, 2001) .....	45
Quadro 3.1 -	Categorias de Trabalho Experimental baseado na resolução de problemas .....	94
Quadro 4.1 -	Características dos Paradigmas Qualitativo e Quantitativo (Richardt & Cook, 1986) .....	103
Quadro 4.2 -	Número de alunos a frequentar os diferentes cursos em cada ano lectivo .....	116
Quadro 4.3 -	Focos de investigação, categorias e número das questões .....	125
Quadro 4.4 -	Resultados da avaliação na disciplina entre 95/96 e 97/98 .....	132
Quadro 4.5 -	Percentagem de respostas certas no teste diagnóstico em 98/99 e 99/00 .....	134
Quadro 4.6 -	Caracterização dos grupos : sexo .....	136
Quadro 4.7 -	Caracterização dos grupos : idade .....	137
Quadro 4.8 -	Caracterização dos grupos : estado civil .....	137
Quadro 4.9 -	Caracterização dos grupos : situação profissional .....	138
Quadro 4.10 -	Caracterização dos grupos : Frequência da disciplina nos Ensino Básico e Secundário .....	140
Quadro 4.11 -	Caracterização dos grupos : Aprovações na disciplina nos Ensinos Básico e Secundário .....	140
Quadro 4.12 -	Caracterização dos grupos : Frequência na disciplina de Química no 12º ano .....	141
Quadro 4.13 -	Caracterização dos grupos : Classificação de entrada .....	142
Quadro 4.14 -	Caracterização dos grupos : A opção do curso frequentado .....	143
Quadro 4.15 -	Caracterização dos grupos : A opção da Universidade frequentada .....	144
Quadro 4.16 -	Caracterização dos grupos : Frequência de outra Universidade .....	144

Quadro 5.1 -	Quantidade de calcário ( $t\cdot ha^{-1}$ ) necessária para corrigir a acidez do solo até pH ( $H_2O$ ) cerca de 6,5 ou pH (KCl) cerca de 5,5 (Santos, 1995) .....	185
Quadro 6.1 -	Valores da média obtidos na Auto-avaliação feita no início de 98/99 .....	207
Quadro 6.2 -	Valores da média obtidos na Auto-avaliação feita no início de 99/00 .....	208
Quadro 6.3 -	Frequências relativas de respostas ao item: “Nos trabalhos práticos é importante incluir problemas abertos” .....	219
Quadro 6.4 -	Frequências relativas de respostas ao item: “Nos problemas abertos a participação dos alunos é importante” .....	221
Quadro 6.5 -	Frequências relativas de respostas ao item: “O número de trabalhos realizados foi demasiadamente reduzido” .....	222
Quadro 6.6 -	Frequências relativas de respostas ao item: “Nas sessões destinadas à elaboração dos projectos experimentais fiz aprendizagens importantes” .....	224
Quadro 6.7 -	Frequências relativas de respostas ao item: “As aulas laboratoriais não têm grande interesse quando apenas tenho que seguir instruções” .....	226
Quadro 6.8 -	Frequências relativas de respostas ao item: “O fornecimento de uma técnica experimental tipo receita impede o aluno de fazer algumas aprendizagens” .....	227
Quadro 6.9 -	Frequências relativas de respostas ao item: “Os trabalhos práticos devem servir apenas para os alunos para aprenderem alguns procedimentos usados no laboratório” .....	229
Quadro 6.10 -	Frequências relativas de respostas ao item: “O aluno deve limitar-se a seguir as instruções fornecidas e a obter bons resultados” .....	230
Quadro 6.11 -	Tipo de abordagem ao trabalho experimental - Teste- $t$ .....	232
Quadro 6.12 -	Frequências relativas de respostas ao item: “A realização de trabalhos ligados à área do curso motivou-me para o estudo da Química” .....	234
Quadro 6.13 -	Frequências relativas de respostas ao item: “Sem as aulas laboratoriais teria sido mais difícil sentir-me motivado para estudar Química” .....	236
Quadro 6.14 -	Motivação – Teste- $t$ .....	237

Quadro 6.15 -	Frequências relativas de respostas ao item: “As aulas laboratoriais foram essenciais para a aprendizagem de algumas matérias de Química” .....	238
Quadro 6.16 -	Frequências relativas de respostas ao item: “Sem a componente laboratorial ter-me-ia sido mais difícil aprender Química” .....	239
Quadro 6.17 -	Frequências relativas de respostas ao item: “Nas aulas laboratoriais não consegui aprender nada” .....	240
Quadro 6.18 -	Frequências relativas de respostas ao item: “A componente laboratorial foi uma perda de tempo” .....	241
Quadro 6.19 -	Aprendizagem – Teste- <i>t</i> .....	243
Quadro 6.20 -	Frequências relativas de respostas ao item: “As aprendizagens que eu fiz nesta disciplina foram-me úteis para outras disciplinas do curso” .....	245
Quadro 6.21 -	Frequências relativas de respostas ao item: “Consegui adquirir conhecimentos de outras disciplinas usando as aprendizagens feitas na Química I” .....	247
Quadro 6.22 -	Frequências relativas de respostas ao item: “Nada do que aprendi nesta disciplina me foi útil em disciplinas mais avançadas” .....	248
Quadro 6.23 -	Utilidade das aprendizagens efectuadas noutros contextos – Teste- <i>t</i> .....	249
Quadro 6.24 -	Frequências relativas de respostas ao item: “A possibilidade de participar na elaboração dos projectos experimentais facilitou-me algumas aprendizagens sobre a construção da Ciência” .....	250
Quadro 6.25 -	Frequências relativas de respostas ao item: “As aulas laboratoriais foram um contributo importante para a minha formação científica” .....	252
Quadro 6.26 -	Frequências relativas de respostas ao item: “Eu adquiri a minha formação científica nas aulas teóricas e não nas aulas laboratoriais” .....	253
Quadro 6.27 -	Formação Científica – Teste- <i>t</i> .....	254
Quadro 6.28 -	Frequência da categoria A – Trabalhos Realizados .....	256
Quadro 6.29 -	Frequência da categoria B – Metodologia seguida na elaboração	

	dos projectos .....	259
Quadro 6.30 -	Frequência na categoria C – Metodologia seguida na execução experimental .....	262
Quadro 6.31 -	Frequência na categoria D – Motivação para o estudo da Química .....	264
Quadro 6.32 -	Frequência na categoria E – Motivação para o curso .....	269
Quadro 6.33 -	Frequência na categoria F – Aprendizagem da Química .....	272
Quadro 6.34 -	Frequência na categoria G – Outras aprendizagens .....	275
Quadro 6.35 -	Frequência na categoria H – Utilidade, no curso, das aprendizagens efectuadas .....	278
Quadro 6.36 -	Frequência na categoria I – Utilidade, na profissão, das aprendizagens efectuadas .....	280
Quadro 6.37 -	Frequência na categoria J – Compreensão do processo de construção da Ciência .....	281
Quadro 6.38 -	Percentagem de estudantes que expressaram a sua opinião em cada categoria .....	283
Quadro 6.39 -	Avaliação final da componente laboratorial no ano lectivo 98/99 .	286
Quadro 6.40 -	Avaliação final da componente laboratorial no ano lectivo 99/00 .	286
Quadro 6.41 -	Resultados da avaliação na disciplina entre 98/99 e 99/01 .....	288

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.1 -	Actividades e objectivos das práticas (Gott & Duggan, 1995) ....	90
Figura 3.2 -	Um modelo para a Ciência (Gott & Duggan, 1995) .....	91
Figura 3.3 -	Modelo de resolução de problemas em actividades de natureza investigativa (Kempa, 1986a) .....	93
Figura 4.1 -	Percentagem de Alunos Aprovados na Disciplina de Química I entre 95/96 e 97/98 .....	133
Figura 5.1 -	Amostra de mármore .....	152
Figura 5.2 -	Amostra de cal viva .....	153
Figura 5.3 -	Amostra de minério de ferro .....	153
Figura 5.4 -	Aparelho de Kipp .....	178
Figura 6.1 -	Representação gráfica da percentagem de respostas certas no teste diagnóstico: Ligação Química .....	210
Figura 6.2 -	Representação gráfica da percentagem de respostas certas no teste diagnóstico: Soluções .....	211
Figura 6.3 -	Representação gráfica da percentagem de respostas certas no teste diagnóstico: Termodinâmica e Equilíbrio .....	212
Figura 6.4 -	Representação gráfica da percentagem de respostas certas no teste diagnóstico: Termodinâmica e Equilíbrio .....	213
Figura 6.5 -	Representação gráfica da percentagem de respostas certas no teste diagnóstico: Ácido-Base .....	214
Figura 6.6 -	Representação gráfica da percentagem de respostas certas no teste diagnóstico: Equilíbrio de precipitação .....	215
Figura 6.7 -	Representação gráfica da percentagem de respostas certas no teste diagnóstico: Oxidação-Redução .....	216
Figura 6.8 -	Representação gráfica das frequências relativas de respostas ao item: “Nos trabalhos importantes práticos é importante incluir problemas abertos” .....	220

Figura 6.9 -	Representação gráfica das frequências relativas de respostas ao item: “Nos problemas abertos a participação dos alunos é importante” .....	221
Figura 6.10 -	Representação gráfica das frequências relativas de respostas ao item: “O número de trabalhos realizados foi demasiadamente reduzido” .....	223
Figura 6.11 -	Representação gráfica das frequências relativas de respostas ao item: “Nas sessões destinadas à elaboração dos projectos experimentais fiz aprendizagens importantes” .....	225
Figura 6.12 -	Representação gráfica das frequências relativas de respostas ao item: “As aulas laboratoriais não têm grande interesse quando apenas tenho que seguir instruções” .....	226
Figura 6.13 -	Representação gráfica das frequências relativas de respostas ao item: “O fornecimento de uma técnica experimental tipo receita impede o aluno de fazer algumas aprendizagens” .....	228
Figura 6.14 -	Representação gráfica das frequências relativas de respostas ao item: “Os trabalhos práticos devem servir apenas para os alunos aprenderem alguns procedimentos usados no laboratório” .....	229
Figura 6.15 -	Representação gráfica das frequências relativas de respostas ao item: “O aluno deve limitar-se a seguir as instruções fornecidas e a obter bons resultados” .....	231
Figura 6.16 -	Representação gráfica das frequências relativas de respostas ao item: “A realização de trabalho ligados à área do curso motivou-me para o estudo da Química” .....	235
Figura 6.17 -	Representação gráfica das frequências relativas de respostas ao item: “Sem as aulas laboratoriais teria sido mais difícil sentir-me motivado para estudar Química” .....	236
Figura 6.18 -	Representação gráfica das frequências relativas de respostas ao item: “As aulas laboratoriais foram essenciais para a aprendizagem de algumas matérias de Química” .....	239
Figura 6.19 -	Representação gráfica das frequências relativas de respostas ao item: “Sem a componente laboratorial ter-me-ia sido mais difícil aprender Química” .....	240
Figura 6.20 -	Representação gráfica das frequências relativas de respostas ao item: “Nas aulas laboratoriais não consegui aprender nada” .....	241
Figura 6.21 -	Representação gráfica das frequências relativas de respostas ao item: “A componente laboratorial foi uma perda de tempo” .....	242

Figura 6.22 -	Representação gráfica das frequências relativas de respostas ao item: “As aprendizagens que eu fiz nesta disciplina foram-me úteis para outras disciplinas do curso” .....	246
Figura 6.23 -	Representação gráfica das frequências relativas de respostas ao item: “Consegui adquirir conhecimentos de outras disciplinas usando as aprendizagens feitas na Química I” .....	247
Figura 6.24 -	Representação gráfica das frequências relativas de respostas ao item: “Nada do que aprendi nesta disciplina me foi útil em disciplinas mais avançadas” .....	248
Figura 6.25 -	Representação gráfica das frequências relativas de respostas ao item: “A possibilidade de participar na elaboração dos projectos experimentais facilitou-me algumas aprendizagens sobre a construção da Ciência” .....	251
Figura 6.26 -	Representação gráfica das frequências relativas de respostas ao item: “As aulas laboratoriais foram um contributo importante na minha formação científica” .....	252
Figura 6.27 -	Representação gráfica das frequências relativas de respostas ao item: “Eu adquiri a minha formação científica nas aulas teóricas e não nas aulas laboratoriais” .....	253
Figura 6.28 -	Percentagem de Alunos Aprovados na Disciplina de Química I entre 95/96 e 00/01 .....	289



*“Temos talvez o instrumento adequado  
mas não o estamos usando adequadamente”*

A. Johnstone

## Capítulo 1

# INTRODUÇÃO





## 1 – INTRODUÇÃO

### 1.1 – Definição de uma problemática

Em todas as licenciaturas relacionadas com as Ciências Naturais, ou com os cursos de Engenharia, a Química tem, em geral, um papel preponderante. Poderíamos acrescentar os cursos de Arquitectura, Pintura ou Escultura onde a realização das cores ou o tratamento de materiais têm uma base química incontestável. Nas ciências da saúde todos os fenómenos físicos e psíquicos estão dependentes de uma modificação estrutural molecular e/ou duma reacção química. Não esqueçamos a enzimologia associada a diferentes processos metabólicos, sempre dependentes das condições catalíticas, portanto cinéticas, e das termodinâmicas (Viana, C. A. N., 1968).

Estas considerações integram-se no contexto da universalidade da Química quanto a fenómenos físicos e psíquicos. Em simultâneo, integram-se no sentido da sua autonomia resultante do facto de esta ser a Ciência das Moléculas.

Ensinar Química, particularmente no Ensino Superior é, portanto, contribuir para a formação de muitos e variados tipos de profissionais em importantes e diversificadas áreas.

Contudo, o Ensino Superior vive, hoje, uma época de rápidas e profundas mudanças, concretizadas no espírito da Declaração de Bolonha<sup>1</sup>. Entre elas salientamos a dos grandes

---

<sup>1</sup> A Declaração de Bolonha foi assinada em Junho de 1999 por 29 países europeus, entre os quais Portugal.

objectivos educacionais que o sustentam e das motivações de quem o frequenta, que, sendo necessariamente diferentes, exigirão que o papel a assumir pelo professor se adapte às novas necessidades do ensino e aos grupos de alunos a que ele se dirige.

No que se refere ao ensino das Ciências em geral, e da Química em particular, o objectivo central é hoje a aquisição, por parte dos estudantes, de uma atitude científica e de rigor, o desenvolvimento de capacidades de raciocínio e de análise, de espírito crítico e inventivo, descobrindo o sentido e a posição da sua ciência na Sociedade em que se insere e as formas práticas e teóricas de melhor os encontrar. Conseguir alcançar estes objectivos depende mais de uma formação científica de base do que de um ensino demasiadamente especializado ou da aquisição de conhecimentos técnicos rapidamente desactualizados. Caminhamos, portanto, para um ensino onde, porventura, será mais importante o desenvolvimento de aptidões do que o simples fornecimento de informações, embora não se possa deixar de ter em conta uma certa formação profissional, e, ainda, considerar que o estudante universitário deverá vir a ser, também, uma referência cultural. Para o conseguir, ele deverá ser cada vez menos um elemento passivo do ensino para passar a ser um elemento activo e interveniente na sua formação. Ao professor caberá, sobretudo, saber esclarecer e facilitar essa formação.

O ensino tradicional das ciências, como o de tantas outras áreas do conhecimento, baseia-se, quase exclusivamente, na transmissão de conhecimentos e informação do professor para o estudante, que, muitas vezes, é essencialmente um receptor, mais memorizador do que compreensor. Numa perspectiva mais actual, a este ensino, deverá, cada vez mais, juntar-se o facultar de processos e ferramentas, facilitando aos que aprendem a assunção desse papel mais activo na sua própria formação.

É num contexto como o que acabámos de expor, que se insere o estudo que desenvolvemos nos últimos anos e que constitui o objecto principal desta tese. Tal pode enquadrar-se numa área que, segundo a nossa perspectiva é transversal a toda a Química, uma “Chemical Education” que felizmente começa a desenvolver-se, também, em Portugal, embora seja uma realidade estabelecida em países como o Reino Unido ou os Estados Unidos da América. Tal vai constituindo os fundamentos da *Química para o Ensino* ou *Ensino da Química*. Recorremos, contudo, a técnicas de recolha e de análise de resultados próprios das investigações em Ciências da Educação, o que, aliás, é natural dado ser este um trabalho com uma orientação marcadamente didáctica e desde logo necessariamente multidisciplinar. De facto, tendo por objectivo contribuir para que os alunos pudessem desenvolver competências que não são exclusivamente avaliáveis através de testes dirigidos ao conhecimento, tivemos necessidade de recolher esse tipo de informações através da aplicação de questionários de opinião baseados em escalas de atitudes, e que são instrumentos de medida tradicionalmente usados nas investigações em Educação.

Poderemos dizer que este trabalho nasceu e decorreu de mãos dadas com as Ciências da Educação. Foi desde o início um projecto que decorreu paralelamente à preparação do doutoramento de J. Bravo Nico, no domínio das Ciências da Educação (Nico, J. B., 2000).

A propósito da natureza multidisciplinar deste trabalho partilhamos da opinião de Bunce (1997) que defende que no fundo um Professor de Química pode desenvolver a sua actividade em três ramos interligados e complementares: instrução, prática e investigação que se podem enquadrar em três domínios: “*Research in Chemistry*”, “*Chemistry Education*” e “*Research in Chemistry Education*”. Neste sentido, vale ainda a pena reflectir sobre as razões que levaram a que um doutoramento em Química se situasse no domínio das questões ligadas

à aprendizagem da mesma. Falamos de aprendizagem da Química porque, como já referimos, só ensiná-la não faz sentido se não houver bases seguras que sustentem esse ensino. Como professora de Química, preocupou-me, desde sempre, o facto de sentir que, muitas vezes, muitas mais do que seria desejável, se faz um ensino sem que haja aprendizagem, principalmente quando aqueles a quem se dirige esse ensino não estão motivados para aprender. Vale a pena recordarmos o pensamento de Jean Berbaum que nos mostra que *só se aprende aquilo que se quer aprender, aquilo que o sujeito entende que lhe será útil na sua vida* (Berbaum, J.,1992). Tendo presente este pensamento será fácil entender, que essa seja a primeira questão que qualquer estudante coloca antes de decidir aprender Química: *Porque preciso aprender Química?* A resposta que, porventura, encontrar relaciona-se com a motivação e as ligações que conseguir estabelecer entre a Química e a(s) sua(s) área(s) de interesses, podendo, assim encontrar melhor predisposição para aprender.

Reflectir sobre “o aprender” e “o ensinar” Química, constitui, também, uma vertente deste trabalho. Ao fazê-lo, temos consciência de que nem tudo está bem no que diz respeito ao ensino da Química, e é por isso que um dos nossos objectivos é dar um contributo, ainda que modesto, para devolver aos alunos o gosto pela aprendizagem da Química. É no contexto desta reflexão que transcrevemos a seguir excertos de um artigo de opinião publicado no Diário de Notícias:

*“Sobre os exames de Química*

*Toda a vida fui professor de Física e de Matemática. Só estudei Química até aos dezoito anos, há mais de meio século, mas recordo ainda o prazer com que aprendi esta disciplina.*

*A Química era, então, muito bem ensinada em Portugal (...). Aprender Química, contribuía para uma abertura de espírito, dava cultura e aparecia-nos como algo extremamente útil.*

*Tudo isto me parece inteiramente desaparecido do actual ensino português. É com horror que vejo nos jornais as correcções de um ponto do 12º ano, saído há dias, com as respostas a 60 perguntas, entre elas 25 pequeninos cálculos relacionados com fórmulas que podem ser memorizadas sem se perceber nada de Química. Um ensino que obriga os estudantes a prepararem-se para este tipo de exames é um ensino profundamente doente. Os bons estudantes para se prepararem para este tipo de exames têm de desligar a inteligência. Para terem uma nota alta, o essencial é terem um professor, ou um explicador, que lhes indique o tipo de perguntas que saem nos exames, os treine quase na base dos reflexos condicionados para responderem a contra-relógio, e que lhes diga o que não devem estudar. Deste tipo de estudo, como é óbvio, nada fica, salvo uma crença na inutilidade da matéria e um horror à Química” (António Brotas in Diário de Notícias, 14 de Julho de 2003).*

Este “*horror à Química*” estará certamente relacionado, entre outras coisas, com o tipo de ensino que se faz. Existe, na verdade, uma tendência crescente para que o ensino da Química comece a ficar circunscrito aos seus aspectos formais, tendência essa que pode ser responsável pelo rótulo de disciplina difícil que os alunos lhe atribuem e pela consequente diminuição do número de alunos a frequentar cursos de Química que começa a verificar-se em alguns países (Breuer, 2002).

A propósito do ensino da Química diz-nos Jean Michel Lefour: “esquece-se muitas vezes que, tratando-se de uma ciência experimental, um dos objectivos primordiais do seu ensino deve ser o de fazer adquirir alguns métodos próprios do pensamento científico:

observação, análise, medida, construção e validação de hipóteses, experimentação, modelização, teorização”. Por outro lado, acrescenta o mesmo autor, “é preciso que o aluno compreenda para que podem servir as noções e os modelos teóricos dentro dos respectivos contextos. É preciso, pois, que os modelos teóricos estejam ligados às questões que os fizeram surgir e às situações que continuam hoje a torná-los pertinentes e fecundos” (Lefour, 1992, p. 90-92).

A Química, como outras Ciências, dispõe de um meio poderosíssimo para desencadear a motivação necessária e promover essas aprendizagens: o Trabalho Experimental (TE). Já John Locke, há quase trezentos anos, propunha *a necessidade de que os estudantes realizassem trabalho prático na sua educação* (Gee & Clackson, 1992; Lock, 1988), e desde os finais do século XIX que este tem sido, com essa ou outra designação, incluído oficialmente nos *currícula* de Ciências com muitos e diversificados objectivos.

De entre os objectivos que costumam enumerar-se, em defesa da importância do trabalho experimental no ensino das ciências, referem-se os seguintes:

- facilitar a compreensão de conceitos e teorias;
- aumentar a motivação dos alunos;
- desenvolver capacidades e técnicas experimentais;
- desenvolver uma atitude científica.

Contudo, apesar da importância que sempre se tem atribuído ao trabalho experimental no ensino das Ciências, em particular da Química, têm surgido evidências, decorrentes de trabalhos de investigação neste campo, de que o trabalho experimental que é realizado nas

aulas nem sempre contribui para que sejam alcançados os objectivos que se pretendem (Clackson & Wright, 1992). Muitas vezes, revela-se até de uma completa ineficácia, mesmo ao nível das aprendizagens que se propõe promover, não assumindo, portanto, o papel que poderá desempenhar. As razões para que tal aconteça são várias e começam exactamente na falta de objectividade ao definir o que se entende por T.E. e o que se pretende obter com a sua utilização.

De facto, muitas vezes, para não dizer na grande maioria das vezes, o recurso ao TE. faz-se, apenas, para verificar leis, confirmar teorias, ilustrar procedimentos, reduzindo o papel do estudante ao de mero executor de ordens precisas, que não deverá errar, sob pena de não obter o resultado esperado. E esta cultura do resultado certo está tão enraizada que há até quem penalize o estudante se este não for atingido. E perde-se assim todo um enriquecimento, que seria possível ao próprio estudante fazer, se ele pudesse de facto participar na elaboração do TE., se pudesse planeá-lo, discutir os assuntos que lhe estão ligados, descobrir em si a vontade de o fazer e a capacidade de criticar o resultado obtido. Perde-se assim a possibilidade de fazer um conjunto de outras aprendizagens, porventura, bem mais importantes do que as dos procedimentos ou dos conteúdos.

## **1.2 – Objectivos e características do estudo**

O estudo, que agora apresentamos, incidiu precisamente sobre o ensino da Química na sua vertente experimental, e assumiu como principais objectivos:

- contribuir para melhorar o sucesso na formação em Química dos alunos de cursos que, não sendo de Química, necessitam de fazer aprendizagens nesse domínio;
- contribuir para uma revalorização do Trabalho Experimental enquanto estratégia privilegiada para o ensino da Química.

Procurámos com este estudo dar resposta a uma grande questão:

*“Poderá o trabalho experimental de Química, enquanto actividade investigativa de resolução de problemas, contribuir para melhorar a motivação, a aprendizagem, a atitude face à aprendizagem da Química e a formação científica dos alunos do 1º ano de cursos superiores Universitários?”*

O estudo foi organizado em duas fases, distintas mas complementares, e que estão directamente relacionadas com os grandes objectivos que pretendemos atingir: numa primeira fase, que designaremos por Intervenção Experimental, procedemos à modificação das aulas laboratoriais. Os trabalhos experimentais, que procurámos interligar entre si e relacionar com a área de interesses dos alunos, foram apresentados como situações problemáticas a serem resolvidas por estes, segundo uma metodologia diferente, adiante tratada, da que era habitualmente seguida, nas designadas aulas laboratoriais, para alunos do primeiro ano. Numa segunda fase procurámos, junto dos alunos, recolher opiniões que nos permitissem fazer uma avaliação da nossa intervenção experimental e avançar algumas conclusões relativas à questão que tínhamos formulado à partida e que se desdobra em múltiplas outras pequenas (grandes) questões:

Poderá o trabalho experimental, encarado como um problema prático a resolver no laboratório, contribuir para uma melhor aprendizagem da Química?

Poderá a resolução de problemas práticos no laboratório contribuir para a formação multifacetada do aluno de Química, como se pretende cada vez mais, no quadro de mudanças que vivemos no Ensino Universitário?

Como poderá a Química, enquanto Ciência básica em que se alicerçam múltiplos ramos do conhecimento, acompanhar e contribuir para essa mudança?

Poderá continuar a fazer-se um ensino experimental da Química em que os objectivos da realização do trabalho experimental se resumem ao conhecimento de matérias e técnicas, ou teremos que incluir nessa lista de objectivos os que se referem ao desenvolvimento de uma atitude científica por parte dos alunos?

Poderemos continuar a ser meros transmissores de conhecimentos no domínio dos conteúdos da Química ou deverão os alunos recorrer à Química de forma natural para resolver situações práticas, próprias de cada uma das áreas em que fazem a sua formação?

Foi neste conjunto de questões que encontrámos o Universo em que se desenvolveu esta investigação: **Química, Ensino, Resolução de Problemas e Trabalho Experimental**.

Toda a pesquisa que ao longo dos últimos cinco anos desenvolvemos centrou-se em cada um destes grandes temas, não de forma individual mas antes como um todo, no sentido que pretendemos transmitir no título que demos a esta tese.

Tivemos a felicidade de percorrer lado a lado com os alunos, os dois primeiros anos deste trabalho, em que decorreu a parte experimental. Na fase que se seguiu pretendemos equacionar e reflectir sobre os resultados obtidos, e agora transmiti-los de forma tão completa quanto possível.

Após explicitadas as razões que nos levaram à escolha do tema e as grandes questões subjacentes a esta investigação, passamos agora à apresentação da estrutura da presente dissertação.

### **1.3 – Estrutura da dissertação**

A dissertação encontra-se organizada em sete capítulos, para além dos módulos de Bibliografia e Anexos. O primeiro é o da introdução e razão de ordem do trabalho; nos dois seguintes aprofundam-se os fundamentos da forma como se desenvolveu o tema e os pontos de vista teóricos. Assim, no segundo capítulo faz-se uma abordagem muito genérica sobre o ensino das Ciências, particularizando para o caso do ensino da Química, e no terceiro analisa-se a importância do trabalho experimental no ensino da Química.

No quarto capítulo apresenta-se a metodologia e planificação geral da investigação e o contexto em que a mesma decorreu. Neste capítulo, explicitam-se as opções metodológicas tomadas ao nível da recolha e tratamento dos resultados. São apresentados ainda os instrumentos utilizados na recolha dos mesmos e a estratégia seguida na sua aplicação.

No quinto capítulo, dedicado à intervenção experimental, começa por fazer-se uma descrição da metodologia seguida nas aulas. Faz-se uma apresentação dos problemas

propostos e descreve-se o modo como foram desenvolvidos, pelos alunos, cada um dos projectos, com recurso, sempre que se julgou pertinente, a excertos das gravações efectuadas durante as aulas.

No sexto capítulo, apresentam-se e analisam-se os resultados obtidos, bem como algumas conclusões decorrentes da análise e discussão dos mesmos.

Por fim, no sétimo e último capítulo são apresentadas as conclusões mais importantes que obtivemos a partir do estudo realizado, bem como as implicações pedagógicas e as reflexões que nos pareceram oportunas e pertinentes. São ainda explicitadas as principais limitações e potencialidades do estudo realizado e avançadas algumas pistas para futuras investigações.

As referências bibliográficas, são apresentadas perto do fim, antes dos anexos, que se entendeu útil incluir.

Os anexos incluem todos os instrumentos construídos para recolher os dados bem como outros documentos que, por considerarmos excessivos, não incluímos no corpo do texto. Esses documentos incluem, nomeadamente, o Programa da disciplina em que ocorreu a intervenção experimental e as grelhas de análise de resultados qualitativos obtidos através do questionário final.



## Capítulo 2

# **O ENSINO DAS CIÊNCIAS; O ENSINO DA QUÍMICA**





## **2 – O ENSINO DAS CIÊNCIAS; O ENSINO DA QUÍMICA**

O ensino da Química, tal como o de outras Ciências, tem, ao longo dos tempos, evoluído de acordo com os objectivos que se pretendem atingir. É, em geral, condicionado pelo avanço da própria ciência bem como pelos desenvolvimentos da investigação em Didáctica das Ciências. Também as correntes de natureza psico-pedagógica influenciam o modo como se faz esse ensino, ao interferir, de forma determinante, na definição daquilo que, em cada momento, se entende por ensino e por aprendizagem das Ciências.

Também as grandes finalidades do ensino das Ciências têm vindo a sofrer alterações. Se numa perspectiva tradicional a educação em Ciências não era mais do que um meio de proporcionar ao aluno uma acumulação de conhecimentos, hoje em dia essas finalidades apontam para a formação integral do indivíduo, integrando-o na sociedade em que vive, levando-o a intervir, nessa mesma sociedade, de forma consciente, activa e transformante.

Para alcançar estes objectivos, o papel da escola, independentemente do grau de ensino, é cada vez mais o de desenvolver um conjunto de capacidades, competências e atitudes que levem os estudantes a adquirirem, autonomia e capacidade de resposta às novas situações com que no futuro serão confrontados. Com efeito, numa época em que o conhecimento científico evolui a um ritmo bastante acelerado, ganham nova importância competências como a capacidade de pesquisar, de planificar e de organizar a sua própria aprendizagem. O desenvolvimento de atitudes positivas face à aprendizagem das Ciências é um aspecto que assume também particular importância num quadro como o que acabámos de descrever.

Um ensino orientado para tais finalidades não é compatível, de forma alguma, com a transmissão pura e simples dos conhecimentos, em que assenta o ensino tradicional e, sem dúvida, a evolução profunda que os conceitos de ensino e de aprendizagem têm sofrido, nos últimos anos, são o reflexo de que é necessário adequar estratégias e práticas de ensino às exigências de uma tal formação.

Embora não seja nosso objectivo fazer uma abordagem exaustiva das várias correntes de natureza epistemológica e psico-pedagógica em que se fundamentam as várias propostas para o ensino das Ciências, pareceu-nos útil, no entanto, dada a natureza da presente investigação, fazer uma breve referência às diferentes abordagens possíveis para esse ensino, que fundamentarão, de um ponto de vista teórico, aquela que aqui é proposta, de modo particular, para a utilização do trabalho experimental no ensino da Química a alunos do primeiro ano do Ensino Superior.

## **2.1 – A abordagem tradicional centrada nos conteúdos**

O modelo de ensino das Ciências conhecido como modelo tradicional, baseia-se na *aprendizagem por transmissão* (APT) e assenta quase exclusivamente na exposição oral dos conteúdos científicos pelo professor.

De um ponto de vista psico-pedagógico o modelo de APT assenta numa teoria da aprendizagem, segundo a qual o conhecimento cresce por acumulação de informação recebida, sendo esta da mesma natureza da informação transmitida, isto é, sem que aquele que a recebe tenha qualquer interferência no processamento dessa informação. Nessa perspectiva, a aprendizagem traduz-se, na mera transferência de informação de “quem sabe” para “quem

não sabe”, sendo os conceitos adicionados através de uma progressiva justaposição de informação e de aquisições sucessivas de conhecimentos ( Santos, 1991).

Nas aulas, o professor transmite aos alunos os conteúdos científicos, baseando-se, essencialmente, nos livros de texto, que apresentam a ciência como um corpo acabado de conhecimentos. Esta forma de ensino expositivo/receptivo não tem em conta as ideias e esquemas prévios dos alunos (Solbes & Vilches, 1992), nem apela à sua participação no processo de aprendizagem, reservando-lhe o papel de mero receptor de conhecimentos relativos a factos e conceitos, que deverá armazenar, de forma rigorosa e sequencial, para posteriormente recordar e reproduzir. De acordo com Sequeira (1995), o ensino das Ciências, assim conduzido, limita-se a produzir assimilação não significativa de factos e conceitos pelo aluno, tornando pouco provável o desenvolvimento da sua compreensão conceptual e das suas competências superiores de pensamento.

Subjacente a este modelo de ensino-aprendizagem está, como refere Almeida (2001), uma epistemologia empirista-indutivista que se articula à volta, por um lado, dos conceitos de verdade, de objectividade e de evidência como atributos específicos do conhecimento científico, e, por outro, da passividade cognitiva do sujeito face a esses conhecimentos.

Segundo Calatayud, Gil & Gimeno (1992), este modelo fundamenta-se em algumas suposições erradas:

- ensinar é uma tarefa fácil e não requer nenhuma preparação especial;
- o processo de ensino-aprendizagem reduz-se a uma simples transmissão e recepção de conhecimentos elaborados;

- o fracasso de muitos alunos deve-se às suas próprias deficiências: falta de nível, falta de capacidade, etc..

Esta forma de encarar o ensino e a aprendizagem tem vindo a ser refutada nas últimas décadas, mercê, por um lado, do desenvolvimento científico, tecnológico e social que, por volta da década de cinquenta, se começou a verificar, e, por outro, de um sentimento generalizado, por parte dos professores, relativamente à ineficácia dos métodos e ao carácter obsoleto dos *currícula* de Ciências.

Segundo Duschl & Gitomer (1991), as modificações do currículo de Ciências, levadas a cabo nos anos cinquenta, pretendiam atingir dois grandes objectivos:

- actualizar o conhecimento de professores e de alunos;
- inculcar nos alunos um vivo interesse pela ciência.

Os últimos anos da década de cinquenta assinalaram desse modo o fim de um longo período de estabilidade nos *currícula* de Ciências e o início de um amplo Movimento de Reforma no ensino das mesmas.

Segundo Tamir, citado por Oliveira (1993 p.75), a implementação de profundas reformas no ensino das Ciências teve como causa três razões fundamentais:

- 1- a constatação de que os programas, no início dos anos sessenta não estavam adaptados à maior parte dos alunos, conduzindo até a uma desmotivação relativamente à aprendizagem das Ciências;

- 2- o reconhecimento de que aqueles programas não teriam dado qualquer atenção à utilização e à aplicação do conhecimento científico na vida quotidiana, nem fornecido oportunidades para se poderem tomar decisões socialmente relevantes e para se formarem juízos éticos;
- 3- o aparecimento de uma nova linha de investigação, incidindo nas concepções alternativas dos alunos, que emergiu e se desenvolveu desde o princípio dos anos sessenta.

As razões referidas em 1 e 2 enquadram-se, segundo Bybee (1986), numa perspectiva do tipo CTS (Ciência-Tecnologia-Sociedade) para a educação em Ciências. Já a razão referida em 3, de acordo com Driver & Erickson (1983), chama a atenção para a necessidade da implementação de um desenvolvimento curricular que tenha em conta as concepções alternativas dos alunos e que estruture as tarefas de aprendizagem de modo a provocar a mudança conceptual e a facilitar uma aprendizagem significativa. Estas são apenas algumas das abordagens que surgiram como alternativa a partir deste movimento de renovação e que abordaremos de seguida, conjuntamente com outras igualmente importantes.

## **2.2 – Algumas abordagens alternativas**

O amplo movimento de reforma no ensino das Ciências, que se iniciou na década de cinquenta, trouxe muitas e profundas alterações quer ao nível dos *currícula* quer ao nível dos métodos de ensino.

À medida que a educação se ia fundamentando cada vez mais, na actividade do aluno, foram aparecendo realizações pedagógicas cujo objectivo era adaptar a instrução aos

diferentes tipos de alunos. *“Mais do que debitar a matéria, muitas vezes sem dar ao aluno as condições de a apreender, o professor passou a promover a actividade e a participação dos seus alunos, de modo a que cada um deles pudesse aprender por si, ao seu ritmo próprio, de um modo empreendedor e criativo”* (Valadares & Costa Pereira, 1991, p.32).

O professor deveria, portanto, empenhar-se em proporcionar centros de interesse que motivassem os alunos e os conduzissem à procura do saber e da realização pessoal.

A doutrina construtivista condena *“a perspectiva da escola como transmissora passiva do saber”* (Valadares & Costa Pereira, 1991, p.49), valorizando a ideia de uma acção educativa, apoiada em tecnologias adequadas, para promover o desenvolvimento da actividade mental do sujeito nos âmbitos cognitivo, afectivo e comportamental e, através de decisões pedagógicas adequadas, criar todo um conjunto de condições e situações que facilitem, a uma determinada pessoa, a construção do seu próprio conhecimento.

A partir desta perspectiva construtivista, a *“finalidade última da intervenção pedagógica é contribuir para que o aluno desenvolva as capacidades de realizar aprendizagens significativas por si mesmo (...) e que aprenda a aprender”* (Coll, 1990, p.179). A instrução não se deve centrar, portanto, na transmissão de conhecimentos ou mesmo de planos ao estudante, mas sim em desenvolver as capacidades deste para construir e reconstruir os seus planos em resposta a situações e oportunidades (Valadares & Costa Pereira, 1991). Para esta corrente *“a mente não se reduz a uma caixa negra que recebendo informação e estímulos do exterior, reage fornecendo comportamentos observáveis. (...) O que interessa é o que se passa no interior dessa caixa negra: as suas estruturas internas, os seus mecanismos de funcionamento”* (Cachapuz, 1992, p.24). Com efeito as representações

não estão armazenadas na cabeça, prontas a serem usadas directamente nas situações, mas são construídas “*in situ*” a partir de modelos mentais flexíveis evocados pelo contexto (Valadares & Costa Pereira, 1991).

A investigação em Didáctica das Ciências tem identificado diversas dificuldades nos processos de aprendizagem das Ciências. Entre elas, podemos citar o estabelecimento de uma estrutura lógica dos conteúdos conceptuais, o nível de exigência formal dos mesmos e a existência de conhecimentos prévios e de concepções alternativas dos alunos. Revelam-se ainda bastante interessantes outras questões como, por exemplo, as concepções epistemológicas dos alunos, as suas estratégias de raciocínio e a metacognição. Tem sido a tentativa de encontrar respostas para estas questões e a busca de novas abordagens que possibilitem a eliminação destas dificuldades, que levou ao surgimento de algumas tentativas de renovação no campo da Didáctica das Ciências.

As concepções epistemológicas referem-se às ideias acerca do conhecimento em geral, ou, em particular, do conhecimento científico: como se estrutura, como evolui e como se produz (Hammer, 1994). As concepções epistemológicas sobre a Ciência estão relacionadas com o modo como se aprende ciência. Por exemplo, muitos alunos pensam que o conhecimento científico se articula, necessariamente, em forma de equações e definições que têm que ser memorizadas mais que compreendidas, e isso constitui um enorme obstáculo à aprendizagem das Ciências, sendo responsável por muitos dos fracassos das várias abordagens propostas para o ensino das mesmas (Linder, 1993).

Por outro lado, existem evidências de que quando os alunos fazem a análise de problemas científicos, utilizam estratégias de raciocínio e metodologias superficiais (Carrascosa & Gil, 1985) ou aplicam esquemas directamente importados do quotidiano, de

duvidosa utilidade quando se trabalha com conteúdos científicos (Pozo, Sanz, Gómez & Limón, 1991). Como indica Baker, se os alunos não estão conscientes das suas concepções erradas sobre os conteúdos, dificilmente tomarão alguma atitude para clarificar a sua compreensão (Baker, 1991). Perante esta realidade, parece ser evidente que as estratégias tradicionais de ensino das Ciências são pouco eficazes quando se trata de produzir aprendizagens significativas.

Apesar de tudo é inegável que, em muitas das aulas hoje em dia, predomina ainda um modelo de ensino por transmissão. Factores, como a gestão do tempo e dos recursos humanos, bem como de materiais nas escolas, além da natural resistência à mudança por parte de professores e alunos levam a que, passados tantos anos, ainda se continue a investir num ensino muito tradicional.

Perante a constatação de que este tipo de ensino persiste ainda hoje nas nossas escolas, é evidente, tal como refere Freire (1993), a necessidade de uma profunda mudança pedagógica que leve a “*substituir o ensino tradicional, baseado no uso exclusivo de livros de texto e na palavra do professor, cujo papel primordial se centra na transmissão de conhecimentos que deverão ser memorizados e repetidos, por um ensino mais activo*” (Freire, 1993, p.38-39). Isto porque, acrescenta no mesmo sentido Alvarez Méndez (1985), “*nós (os professores) não lidamos com coisas (os alunos) mas sim com sujeitos que aprendem de uma forma dinâmica, criativa e divergente (se os deixarmos), pois cada um segue caminhos diferentes e distintos na procura da verdade*” (Alvarez Méndez, 1985, p.36). Por conseguinte, atendendo a que os alunos já trazem para as aulas de Ciências, em geral, conhecimentos do mundo e ideias formadas sobre os fenómenos naturais, os quais influenciam as observações e interpretações que fazem, devem ser tomadas em consideração as suas ideias acerca do

mundo que os rodeia (Driver & Oldham, 1986), levando-os a fazer generalizações, com base num determinado número de observações.

Como ensinar de forma eficaz é, portanto, um problema que continua em aberto, cuja solução não é nem óbvia nem única. Tendo em vista a promoção de aprendizagens significativas, as estratégias de ensino concretizam-se através de diferentes propostas que interessa agora concretizar e que têm sido o objecto central de bastantes trabalhos de investigação.

Como ponto de partida, todas as abordagens alternativas ao ensino tradicional das Ciências descartam o modelo de APT, hoje unanimemente combatido por especialistas e investigadores. Uma vez descartadas abordagens de ensino baseadas unicamente na transmissão de informação, a organização das actividades de ensino poderá fazer-se de forma diversificada ( Driver, 1988).

Neste ponto faremos, sem querer ser exaustivos, uma apresentação de várias abordagens que têm sido propostas para tentar ultrapassar as dificuldades que tem surgido no processo de ensino-aprendizagem das Ciências Experimentais.

### **2.2.1 – O modelo de aprendizagem por descoberta**

Tradicionalmente associado aos níveis de ensino Básico e Secundário, o *modelo de aprendizagem por descoberta* (APD) constituiu uma das primeiras alternativas ao ensino tradicional, e, conseqüentemente à utilização exclusiva do modelo de APT. Os defensores da APD fundamentaram a sua proposta na teoria de Piaget. Esta teoria alcançou grande difusão num momento em que muitos professores, especialmente de Ciências, procuravam



alternativas à aprendizagem memorística e repetitiva e ao fracasso generalizado do ensino tradicional. Após muitos anos de domínio da abordagem tradicional baseada na aprendizagem receptiva de conteúdos, as concepções piagetianas conduziram à *aprendizagem por descoberta*. A predileção de Piaget pela *aprendizagem por descoberta* torna-se evidente na sua conhecida afirmação segundo a qual, “ *cada vez que se ensina prematuramente a uma criança algo que esta podia descobrir sozinha, impedimo-la de o inventar e, portanto, de o entender completamente*” (Novak, 1982 citado por Pozo & Carretero, 1987, p.38).

### 2.2.1.1 – Características e fundamentação do modelo

A APD, com a sua ênfase na participação activa dos alunos e a aplicação dos processos da ciência, posicionou-se como uma alternativa aos métodos passivos baseados na memorização e na rotina.

O modelo de APD conheceu um grande desenvolvimento nos anos sessenta e parte dos anos setenta. Diversos projectos de renovação educativa seguiram esta abordagem na qual se fomenta, a todo o custo, a actividade autónoma dos alunos, chegando inclusivamente, a rejeitar, como assinala Ausubel, Novak & Hanesian, qualquer tipo de guia ou orientação da aprendizagem (Ausubel, Novak & Hanesian, 1983). Em consonância com os postulados piagetianos, na APD presta-se escassa atenção aos conteúdos concretos que os alunos devem aprender face aos métodos (Gil, 1994). O importante é aplicar as estratégias de pensamento formal.

De acordo com esta abordagem, o ensino deveria basear-se na formulação e resolução de situações abertas nas quais o aluno pudesse construir os princípios e leis científicas. Este

seria o método ideal para fomentar a aquisição de destrezas de pensamento formal que, por sua vez, permitiriam ao aluno resolver, praticamente, quase todo o tipo de problemas em qualquer domínio do conhecimento. Para além disso, os alunos, procurando as suas próprias soluções para os problemas, seriam capazes de aprender as coisas fazendo-as, o que tornaria mais provável que as recordassem (Pozo & Carretero, 1987). Por outro lado, argumentava-se que a implicação activa na aprendizagem e o contacto directo com a realidade proporcionaria uma maior motivação aos alunos.

### **2.2.1.2 – Limitações do modelo**

Têm surgido, no entanto, algumas evidências experimentais e algumas análises críticas que puseram em evidência inconsistências e deficiências neste modelo (Gil, 1994; Pozo & Carretero, 1987; Driver, 1988). Como assinala Gil (1983, p.30), é muito provável que uma busca por tentativas por parte dos alunos “*dê como resultado a aprendizagem de um conjunto de aquisições dispersas*”. Outros críticos assinalam que muitas vezes a participação activa se confunde com mera manipulação. Acontece, por vezes, que os alunos do ensino secundário e mesmo do ensino superior aplicam estratégias de pensamento pouco formais acabando por “*descobrir*” coisas distintas das que se pretendiam (Rowell & Dawson, 1983). Para além disso, é frequente que a experiência empírica reforce ideias prévias erradas sobre os fenómenos científicos (Gunstone & White, 1981; Driver, 1988).

Há também evidências de que os alunos parecem ter dificuldades numa das tarefas consideradas básicas na APD: a discussão de hipóteses. Diversas investigações assinalam que a capacidade para eliminar hipóteses, mediante a verificação da sua validade, só se desenvolve entre os 14 e os 16 anos e nem sempre em todos os alunos (Carretero, 1987).

Outra crítica que se formula à aprendizagem por descoberta é que ela se baseia em concepções epistemológicas hoje em dia já ultrapassadas. Com a sua ênfase na observação e na formulação de hipóteses, esta abordagem tem muito que ver com concepções excessivamente indutivistas sobre a ciência e o trabalho científico. Segundo Hodson, esta é, aliás, uma das características da aprendizagem por descoberta que mais facilitou a sua implantação; é que a visão científica que a sustenta é mais simples que a de outros modelos e, portanto, os alunos podem compreendê-la com mais facilidade (Hodson, 1994).

A sobrevalorização dos processos, relativamente aos conteúdos, que caracteriza este modelo de aprendizagem, é hoje também objecto de grande discussão. Tal como demonstram os resultados de múltiplas investigações sobre a influência das ideias prévias dos alunos de Ciências, os conteúdos concretos são, de facto, importantes, quando se trata de aprender Ciências.

Uma das críticas mais pertinentes à aprendizagem por descoberta é a de Ausubel quando distingue entre aprendizagem memorística e aprendizagem significativa (Ausubel, Novak & Hanesian, 1983). Segundo estes autores, nem toda a aprendizagem receptiva é forçosamente memorística, mas nem toda a aprendizagem por descoberta é necessariamente significativa. O importante não é saber se a aprendizagem é receptiva ou por descoberta mas sim se ela é memorística ou significativa. Assim, por exemplo, a busca de soluções, para problemas complexos por ensaio e erro, seria um exemplo de aprendizagem por descoberta que dificilmente daria lugar a uma aprendizagem significativa.

Apesar destas críticas e limitações o modelo de APD tem merecido, desde o seu aparecimento, grande aceitação por parte dos professores. De facto, quando se pergunta a um

professor o que se pode fazer para melhorar a aprendizagem na aula, uma das primeiras respostas é que se deve aumentar a participação dos alunos em actividades práticas (Gil, 1994). Parece existir entre os professores de Ciências a crença de que qualquer actividade prática, por si só, pode produzir efeitos significativos na aprendizagem dos alunos.

Apesar das suas muitas limitações o modelo de APD apresenta alguns aspectos positivos que poderão ser aproveitados no ensino das Ciências Experimentais. Por um lado, o investimento no papel dos alunos como responsáveis da sua própria aprendizagem e por outro a atenção que se dá a um aspecto do trabalho científico que, frequentemente, é esquecido no ensino tradicional das Ciências: o “*aprender a descobrir*”. Este aspecto, constitui, aliás uma das mais graves deficiências da formação em Ciências (Campanario, 1996; Lenox, 1985; Bavelas, 1987), pois encontramos na História das Ciências muitos exemplos de descobertas científicas que ficaram a dever-se precisamente a essa “*capacidade de descobrir*”.

Do que foi exposto, parece evidente que, o ensinar aos alunos a observar com olhos críticos é, provavelmente, um dos aspectos mais válidos e que importaria conservar, de uma teoria de ensino-aprendizagem, que é, hoje em dia, combatida quase unanimemente pelos especialistas em ensino das Ciências.

### **2.2.2 – A aprendizagem por mudança conceptual**

Perante a evidente persistência das ideias prévias dos alunos, que continua a ser uma realidade, mesmo ao nível do Ensino Superior (Cros *et al.*, 1986; 1988; Zoller, 1990, todos citados por Taber, 2000; Johnstone, 2000), diversos autores propuseram, como alternativa ao ensino tradicional por transmissão e ao ensino por descoberta, uma outra abordagem, de

fundamentação construtivista, orientada para a mudança conceptual (Driver, 1988; Nussbaum & Novick, 1982; Hewson & Hewson, 1984, Champagne, Klopfer & Gunstone, 1982).

### 2.2.2.1 – Características e fundamentação do modelo

O ensino orientado para a mudança conceptual fundamenta-se na necessidade de oferecer oportunidades aos alunos para que explicitem as suas ideias prévias. No seu artigo clássico, Posner, Strike, Hewson & Gertzog (1982), um dos grupos que mais se tem distinguido na elaboração de modelos teóricos de *mudança conceptual*, formulam a sua concepção sobre a *mudança conceptual* e descrevem as condições necessárias para que a mesma ocorra:

- *existência de insatisfação relativamente às concepções existentes;*
- *a nova concepção deve ser inteligível, isto é, o aluno deve entender o modo como a nova concepção pode estruturar as experiências anteriores;*
- *a nova concepção deve parecer, inicialmente, plausível;*  
*Esta condição é por vezes difícil de cumprir pois algumas teorias científicas têm aspectos que são contra-intuitivos.*
- *a nova concepção deve ser útil, quer dizer, deve sugerir novas possibilidades de exploração e proporcionar novos pontos de vista ao aluno;*
- *a nova concepção deve resolver os problemas criados pela sua antecessora e explicar novos conhecimentos e experiências.*

Esta visão da mudança conceptual na aprendizagem das Ciências inspira-se, em parte, nas concepções epistemológicas de Kuhn e Lakatos sobre a mudança conceptual em ciência e

nos pontos de vista de Toulmin sobre a evolução conceptual em Ciências (Mellado & Carracedo, 1993). A proposta inicial da mudança conceptual começou por ser um modelo onde se reuniam as condições necessárias para proporcionar um determinado tipo de aprendizagem (Hewson & Beeth, 1995) e, nessa medida, tendo em conta as numerosas tentativas de a pôr em prática, pode considerar-se como uma proposta sobre como deve orientar-se o ensino.

As posições que defendem a *aprendizagem por mudança conceptual* (AMC), concebem o currículo como um conjunto de experiências mediante as quais o aluno *constrói* uma concepção do mundo mais próxima da dos cientistas (Driver, 1988). Em geral, as estratégias que promovem a mudança conceptual reflectem um estilo de ensino em que, tanto alunos como professores, estão implicados activamente e em que os professores “*incentivam os alunos a expressar as suas ideias, a pensar rigorosamente e, por sua vez modificam as suas explicações, dependendo das respostas que conseguem obter dos seus alunos*” (Smith, Blakeslee & Anderson, 1993, p.114).

As orientações gerais que deveriam seguir-se em qualquer programa de ensino orientado para promover a mudança conceptual foram revistas e apresentadas por Hewson & Beeth, (1995) como se segue:

- *As ideias dos alunos devem ser encaradas como uma componente explícita do debate na aula. O objectivo é conseguir que os alunos tomem consciência das suas próprias ideias e das ideias dos outros. A diferença relativamente às abordagens tradicionais é que as opiniões dos alunos devem ser consideradas ao mesmo nível que as do professor. Os alunos devem dar-se*

*conta de que as ideias têm autoridade pelo seu poder explicativo e não pela fonte de onde provêm;*

- *O estatuto das ideias tem que ser discutido e negociado. Como consequência da primeira condição, uma vez que todas as ideias são tidas em conta, os alunos devem decidir sobre a importância das suas opiniões e das opiniões dos outros. Neste processo, intervêm os seus critérios epistemológicos acerca do conhecimento científico e acerca do que constitui uma explicação aceitável;*
  
- *A justificação das ideias deve ser uma componente explícita do plano de estudos. O facto dos alunos considerarem que as novas concepções são plausíveis e úteis pode depender de vários factores: que as novas concepções pareçam verdadeiras e compatíveis com outras concepções prévias ou aprendidas; que elas não contradigam as ideias metafísicas dos alunos; que a ideia apareça como geral, consistente e que coincida com os compromissos epistemológicos dos alunos, etc;*
  
- *O debate na aula deve ter em conta a metacognição que, segundo Gunstone e Northfield, desempenha um papel central na mudança conceptual (Gunstone & Northfield, 1994). Quando os alunos comentam, comparam e decidem sobre a utilidade, a plausibilidade e a consistência das concepções apresentadas, explicitam os seus próprios critérios de compreensão. A aceitação ou não das novas ideias e o abandono das ideias prévias depende em grande medida dos padrões metacognitivos dos alunos: satisfaz uma*

*nova concepção as lacunas que a anterior apresentava? Será o aluno capaz de detectar falhas na capacidade explicativa das suas próprias ideias? Como comparar o poder explicativo, sem dúvida elevado, das concepções prévias com o das novas concepções? As questões anteriores respondem à necessidade de ter em conta problemas como as dificuldades dos alunos para detectar discrepâncias ou inconsistências num raciocínio científico (Otero & Campanario, 1990).*

As ideias prévias dos alunos podem pôr-se em evidência utilizando exemplos adequados, questionários, demonstrações, técnicas de discussão em grupo, etc. Uma vez conseguido esse objectivo, as estratégias para substituir as ideias erróneas dos alunos pelas novas ideias devem insistir nos princípios científicos, procurando a máxima simplicidade e a máxima consistência. Estas estratégias baseiam-se no emprego, entre outros recursos, de analogias (Brown, 1994), discussões guiadas, modelizações (Raghavan & Glaser, 1995), comparações, etc. O uso destas actividades incide, para além disso, nas concepções epistemológicas dos alunos.

De notar, que é necessário ensinar os alunos a detectar inconsistências entre diversos pontos de vista e a aplicar critérios de compreensão adequados a tais situações.

O papel da metacognição na mudança conceptual é, também, especialmente relevante. Se, por um lado, é um meio para que tenha lugar a mudança conceptual, por outro lado, também pode considerar-se um resultado desejável da mudança conceptual. A insatisfação do aluno com as suas próprias concepções implica o reconhecimento de dificuldades (Gunstone & Northfield, 1994), enquanto que a avaliação das novas concepções para decidir sobre a plausibilidade das mesmas e sua utilidade, implica a comparação entre dois estados de

compreensão. Nesta comparação jogam um papel determinante os compromissos epistemológicos do próprio aluno.<sup>2</sup> Um aluno pode ter compromissos que enfatizem a coerência interna ou a generalidade do conhecimento. Ao enfrentar a tarefa de reconhecer o conflito entre duas concepções inconsistentes, um aluno pode escolher entre admitir as duas versões como correctas, cada uma dentro do seu domínio, ou desprezar uma das duas concepções. É evidente que em todo este processo o aluno necessita controlar constantemente o estado actual da própria compreensão. Se se conseguir que os alunos sejam conscientes do carácter construtivo da aprendizagem, a mudança conceptual pode, de facto, ser um meio para fomentar a metacognição.

Numerosos exemplos de aplicação a diversas áreas e a temas e conteúdos concretos podem ser encontrados na literatura. Osborne & Freyberg (1985), descreveram vários modelos consequentes com esta orientação. Ainda que não existam revisões sistemáticas ou análises exaustivas dos resultados, os trabalhos publicados demonstram um certo grau de efectividade, apesar de os resultados não serem espectaculares (Linder, 1993).

#### **2.2.2.2 – Limitações do modelo**

A resposta correcta a um problema de Química, obtida através da aplicação de um algoritmo, não corresponde, muitas vezes à compreensão dos conceitos (Pelps, 1996). Em contrapartida se um aluno mostrou dificuldades na resolução de um problema a primeira coisa que devemos verificar é se ele compreende os conceitos que estão envolvidos nesse problema (Mulford & Robinson, 2002; Jiménez, 1995).

---

<sup>2</sup> Possner, Strike, Hewson & Gertzog (1982) chamam compromissos epistemológicos aos critérios mediante os quais uma pessoa utiliza e julga o conhecimento.

Apesar de algum relativo sucesso deste modelo de ensino, este apresenta alguns problemas de eficácia. Como reconhecem Strike & Posner (1990), as ideias prévias dos alunos parecem resistir, mesmo quando o ensino é orientado explicitamente para as eliminar.

Esta persistência das ideias prévias dos alunos pode dever-se a diferentes causas, mas parece não haver dúvidas de que o efeito das evidências contrárias, como meio de conseguir a mudança conceptual, é menor do que se pensava de início, como demonstram muitos exemplos como o que a seguir se transcreve (Pereira, 1991):

*“Hoje na aula de Química estivemos a fazer experiências. Num dos pratos duma balança equilibrada tínhamos um frasco com dois tubos de ensaio, cada um com um líquido branco – ah, incolor. Juntámos os líquidos: formou-se um sólido amarelo lindo. Como se formou um sólido devia pesar mais; mas a balança continuou na mesma. Depois, num dos pratos da balança equilibrada tínhamos um frasco tapado, com pedacinhos de cobre e um tubo com um líquido incolor. Deixámos cair o líquido por cima do cobre. O frasco ficou cheio dum gás castanho e o líquido ficou esverdeado. Como se formou um gás «sabíamos» que ia pesar menos. Mas a balança não se mexeu. A balança devia estar estragada.”*

Existem evidências que mostram que os contra-exemplos ou os conflitos cognitivos, por si mesmos, nem sempre são úteis para provocar a mudança conceptual (Clement, Brown & Zietsman, 1989; Hewson & Thorley, 1989). Este aspecto é bastante relevante para o professor de Ciências, porque, alguns aspectos do funcionamento cognitivo, fazem com que os alunos sejam selectivos quando interpretam as observações experimentais, o que poderia explicar a relativa falta de eficácia dos contra-exemplos como único recurso para questionar as suas ideias prévias. Para além disso, parece claro que nem sequer os próprios cientistas utilizam a verificação simples para abandonar um ponto de vista (Chalmers, 1982). De facto,

mesmo no caso dos cientistas se verifica, por vezes, uma certa resistência às novas ideias em ciência (Campanario, 1997).

Entre os investigadores que desenvolvem o seu trabalho na área do Ensino das Ciências, existe a percepção de que, para que as estratégias de mudança conceptual tenham algum efeito importante, é necessário que não se apliquem como um conjunto de estratégias isoladas, mas sim como uma abordagem de ensino coerente. Para isso seria necessária, em primeiro lugar, uma orientação comum em várias disciplinas de Ciências e uma certa persistência temporal em cada uma delas (Smith, Blakeslee & Anderson, 1993). Para além disso, os alunos não têm, em geral, ao contrário do professor, uma perspectiva a longo prazo das actividades de ensino, (Duit, 1991). É aconselhável, pois, que o professor explicita os objectivos das actividades de ensino-aprendizagem. Por outro lado, ainda que as estratégias de mudança conceptual apresentem resultados positivos em alguns casos, a sua aplicação em larga escala, exigiria o apoio de materiais curriculares adequados (Smith, Blakeslee & Anderson, 1993). Os livros de texto, sendo o material curricular mais utilizado no ensino, em todos os níveis, raramente estão estruturados de acordo com esta orientação didáctica, o que pode representar um problema adicional.

Para muitos dos autores que defendem a perspectiva orientada para a *mudança conceptual*, o objectivo central do ensino das Ciências é o desenvolvimento da chamada *literacia científica* para todos os alunos (Sequeira, 1995), no pressuposto de que, a formação de cidadãos educados cientificamente, implica a mudança dos métodos de ensino, de forma a promover nos alunos o desenvolvimento de uma compreensão conceptual mais significativa da ciência.

As formulações iniciais da mudança conceptual centravam-se quase exclusivamente nos conhecimentos. Uma tal abordagem parecia orientada para substituir as ideias prévias dos alunos por outras concordantes com as aceites pelos cientistas. Ainda que em formulações posteriores da mudança conceptual se destaque a importância de outros factores, tais como os compromissos epistemológicos (Hewson, 1985) e os factores afectivos, estéticos (West & Pines, 1983; Hewson & Thorley, 1989) e metacognitivos, o marco anterior não presta, em principio, grande atenção a outras variáveis relevantes e considera que os novos elementos devem servir, quase exclusivamente, como ajuda para a mudança conceptual. Contudo, os factores afectivos são de facto importantes e inclusivamente decisivos no sucesso de qualquer modelo de ensino. A propósito da aceitação, por parte dos alunos, deste tipo de estratégias, Dreyfus, Jungwirth e Elovitch comprovaram que os alunos mais brilhantes aceitam, normalmente, muito bem as situações de conflito cognitivo, enquanto que os alunos com dificuldades de aprendizagem podem chegar a desenvolver atitudes negativas e a dar mostra de alguma ansiedade quando confrontados com tais situações (Dreyfus, Jungwirth & Elovitch, 1990). Torna-se, portanto, necessário ter este tipo de factores em conta sob pena de que as estratégias de mudança conceptual não produzam resultados efectivos.

Nesse sentido, alguns autores falam de mudança conceptual e metodológica (Carrascosa & Gil, 1985; Gil, 1994; Segura, 1991), argumentando que “*sem mudança metodológica não pode produzir-se uma mudança conceptual*”. Daí que, segundo estes pontos de vista, as abordagens que só têm em conta a mudança conceptual resultem, necessariamente, limitadas.

### **2.2.3 – O Ensino das Ciências e o desenvolvimento de capacidades metacognitivas**

O desenvolvimento de destrezas metacognitivas é uma das componentes da aprendizagem que começou a merecer a atenção dos investigadores nos últimos anos. A metacognição pode conceber-se como uma ajuda fundamental para a aprendizagem, mas, também, pode, e deve, constituir um objectivo legítimo do ensino (Novak & Gowin, 1988).

Por outro lado a metacognição começa a ser tida em conta explicitamente em algumas das abordagens que acabámos de apresentar, fazendo deste factor um elemento importante da sua formulação. Paralelamente tem-se desenvolvido alguma investigação nesse domínio, o que tem trazido alguma consistência às propostas que privilegiam este aspecto (Neto, A. J., 1995). Têm sido apresentados, inclusivamente, argumentos segundo os quais o ensino das Ciências é especialmente adequado a este propósito (Baker, 1991). Na literatura educativa podemos encontrar referências a diversas propostas nesse sentido, algumas das quais vale a pena rever de seguida.

Alguns autores têm chamado a atenção sobre a relação que existe entre uma das componentes da metacognição, que é o uso de estratégias metacognitivas, e outros aspectos relacionados com a aprendizagem das Ciências (Baker, 1991; Carin & Sand, 1985; Carter & Simpson, 1978; Esler & Esler, 1985; Resnick, 1983). Entre as destrezas básicas que se espera que os alunos de Ciências desenvolvam, destacam-se as capacidades de observação, classificação, comparação, medição, descrição, organização coerente da informação, previsão, formulação de inferências e hipóteses, interpretação de dados, elaboração de modelos e obtenção de conclusões (Esler & Esler, 1985; Carter & Simpson, 1978). Segundo Baker existe um paralelismo notável entre algumas das destrezas básicas anteriores e certas estratégias

cognitivas e metacognitivas que são necessárias e têm a sua aplicação no processamento de informação. Quando o processamento da informação se faz a partir de textos o paralelismo é ainda mais claro. Assim, a formulação de inferências no laboratório no estudo de Ciências requer, em primeiro lugar, que o aluno tenha em conta toda a informação disponível em cada momento. Esta informação pode ser fragmentada, contraditória ou incompleta, o que muitas vezes se deve a limitações experimentais. O aluno deve formular determinadas previsões que o ajudem a completar a informação de que dispõe e, como passo final, deve comprovar que as inferências eram apropriadas. Em todos os passos anteriores existe um paralelismo entre estes e os processos de formulação e comprovação de inferências durante as tarefas de leitura de textos. A aprendizagem a partir de textos apresenta-se, aliás, como um dos meios mais eficazes de fomentar a metacognição, especialmente na aprendizagem das Ciências (Baker, 1991).

Têm sido desenvolvidos alguns programas de ensino explícito da metacognição entendendo-a como mais um conteúdo educacional. A ideia que está subjacente é que os alunos possuem as capacidades necessárias para aplicar destrezas metacognitivas, mas, com frequência, não são capazes de o fazer de forma espontânea. A maior parte dos programas de instrução directa em capacidades metacognitivas, que têm sido publicados, destinam-se a melhorar a aprendizagem a partir de textos (Campanario,1995) e não estão orientados explicitamente para a aprendizagem das Ciências.

Têm surgido, no entanto, algumas propostas de natureza diferente orientadas directamente para o Ensino das Ciências, de entre as quais destacamos aquela que é apresentada por Neto (1995). Esta proposta privilegia o desenvolvimento de competências de natureza metacognitiva fazendo uso de estratégias de resolução de problemas.

A escassez de propostas para desenvolver as capacidades metacognitivas é, no entanto, um aspecto comum às abordagens orientadas para a mudança conceptual ou para a aprendizagem por investigação, apesar da importância que ela assume actualmente, neste tipo de propostas.

Uma forma possível de desenvolver a metacognição no quadro da mudança conceptual consiste no emprego de actividades do tipo *prever-observar-explicar* (Gunstone & Northfield, 1994). Nestas actividades, procura-se que os alunos formulem, em primeiro lugar, previsões acerca de determinadas experiências ou demonstrações. Procura-se sobretudo que os alunos explicitem as razões em que se basearam para fazer as suas previsões. O objectivo é que os alunos tomem consciência do papel dos conhecimentos prévios na interpretação dos fenómenos.

De seguida, desenvolve-se a experiência para que os alunos confrontem os resultados da mesma com as suas previsões. Por fim, os estudantes devem tentar explicar as observações realizadas, que muitas vezes serão distintas das suas previsões. Ao longo deste processo, o professor deve tornar explícitas as relações entre as ideias prévias dos alunos e as teorias que permitem explicar adequadamente as observações realizadas durante as experiências. Como assinalam Gunstone e Northfield, este tipo de actividades têm um marcado carácter metacognitivo na medida em que, se forem desenvolvidas adequadamente, ajudam os alunos a tomar consciência dos seus próprios processos cognitivos (Gunstone & Northfield, 1994).

Devem os alunos compreender que os conhecimentos prévios orientam a observação, que sendo já um objectivo valioso em si mesmo, ainda o será mais, se contribuir para que eles tomem consciência de que as suas concepções sobre o conhecimento científico podem ser

inadequadas. Este tipo de actividades foi utilizado, como referem Gunstone & Northfield, (1994), com êxito, por professores em formação e por professores em serviço. Outra vantagem deste tipo de actividades é que, com elas, se chama a atenção para o papel da observação em ciência: não basta aceitar os resultados, é preciso verificá-los.

Outra estratégia, que poderá ter aplicação a longo prazo, consiste na elaboração pelos alunos de um caderno de laboratório onde registem as experiências realizadas na aula, as suas concepções iniciais e os processos de mudança conceptual. Desta forma, à medida que se avança no desenvolvimento das disciplinas, constrói-se uma base documental a que se pode recorrer para fomentar a auto-avaliação, por parte dos alunos, sobre a mudança das suas concepções sobre a aprendizagem.

Por último, referiremos os *mapas conceptuais* e os *diagramas em V* (Vê epistemológico de Gowin) que, embora não estejam unicamente orientados para o desenvolvimento da metacognição, se apresentam, frequentemente, como dois recursos realmente úteis, tanto para a aprendizagem dos conteúdos, como para o desenvolvimento das capacidades metacognitivas (Novak & Gowin, 1988; Moreira & Buchweitz, 1993).

#### **2.2.4 – O Ensino das Ciências baseado na resolução de problemas**

Foi John Dewey quem introduziu na educação americana o tema do *pensamento reflexivo* e da *resolução de problemas*, logo seguido por Whitehead. Dewey foi, assim, dos primeiros pensadores do século XX a chamar a atenção para o papel potencialmente relevante que os problemas poderiam ter no processo educativo (Valente, Neto & Valente, 1989).

Defendia aquele autor que o método didático utilizado pela ciência escolar deveria pôr a ênfase na resolução de problemas, com um constante apelo ao pensamento reflexivo. Este método devia ser, simultaneamente, uma estratégia de ensino-aprendizagem e um fim educativo a perseguir.

A perspectiva de Dewey haveria de influenciar largamente o pensamento dos autores que trabalham no domínio do ensino e da aprendizagem das Ciências, sobretudo, nos Estados Unidos. Um bom indicador dessa influência é o facto de Dewey ter defendido aquela posição em 1916 e ela não ter sido declaradamente contestada até hoje (Champagne & Klopfer, 1977). O seu modelo de resolução de problemas serviu e continua a servir de base a muitos dos modelos que entretanto foram sendo desenvolvidos.

Ensinar ciências através da resolução de problemas é, na verdade, recuperar a ordem natural das coisas, segundo a qual o conhecimento deve ser sempre a resposta a uma pergunta previamente formulada. Infelizmente, o que acontece nas aulas é o aluno ver-se submetido a uma avalanche de respostas definitivas a questões que nunca o inquietaram e sobre as quais nunca chegou realmente a questionar-se (Pozo, Postigo & Crespo, 1995; Barrows, & Tamblyn, 1980).

#### **2.2.4.1 – O que são problemas**

A palavra “problema” é utilizada de forma corrente no dia-a-dia em múltiplas e diversificadas situações; corresponde-lhe por isso um leque mais ou menos diversificado e até confuso de significados. Mesmo na literatura da especialidade, o termo “problema” aparece referido de formas diversas.

Esta falta de objectividade na definição do que se entende por “problema” leva muitas vezes à utilização de exercícios “estéreis” com o rótulo de problemas (Garrett, 1986; Gil Pérez & Martínez Torregrosa, 1983, 1987).

Se considerarmos como Popper (1992), que a riqueza educativa de uma actividade de resolução de problemas depende da importância e do interesse dos problemas em causa, interessa antes de mais clarificar quais os tipos de problemas a que podemos recorrer.

Os problemas podem ser classificados como exercícios, também referidos como puzzles (Garrett, 1988), ou verdadeiros problemas (Bodner & Mcmillen, 1986; Bodner, 1987). Um exercício é um problema relativamente ao qual já sabemos como resolvê-lo desde o início. Resolvê-lo é apenas encontrar a solução, normalmente através da aplicação de um algoritmo, evitando cometer erros durante o processo de resolução.

Um problema, pelo contrário, é uma situação para a qual não se conhece à partida a solução nem se sabe sequer se ela existirá (Garrett, 1987; Gil Pérez & Martínez Torregrosa, 1983; Mettes *et al.*, 1980)

Como afirma Hayes, 1981 (citado por Kenneth & Robinson, 2001) “surge um problema sempre que se verifica uma descontinuidade ou uma lacuna, entre um estado cognitivo actual e um outro que se pretende alcançar, e não se conhece, de início, um caminho para superar essa descontinuidade”.

Um problema é pois uma situação que ao ser enfrentada se situa para além do que nesse momento conhecemos, mas suficientemente próximo para estar ao alcance das nossas estruturas cognitivas.

Relativamente a este aspecto Burbules & Linn (1991) chamam a atenção para a necessidade de adequar as situações problemáticas de modo a garantir que estas constituam verdadeiros desafios para os alunos, mantendo-as dentro dos limites daquilo que Vygotsky designa por *zona de desenvolvimento próximo ou potencial* (Vygotsky, 1979, 1986). Segundo este autor a zona de desenvolvimento próximo “*é a distância entre o nível real de desenvolvimento da criança, determinado pela sua capacidade de resolver um problema independentemente, e o nível de desenvolvimento potencial, determinado através da sua capacidade de resolução de um problema em cooperação com um adulto ou com um colega mais competente*”. Assegurar-se-ia dessa forma que a procura da solução possa revelar-se interessante e motivadora.

Para além da variedade de significados, existe uma variedade idêntica quanto às tipologias referenciadas na literatura e respeitantes a diferentes categorias de problemas. Frazer, (1982) e Holt citado por Garrett (1988) estabelecem a diferença entre *problemas fechados* e *problemas abertos*. Segundo estes autores os primeiros representam situações problemáticas de resposta única, para a qual se sabe que existe um caminho, embora este seja à partida desconhecido. Quanto aos segundos, são situações com várias respostas possíveis, sem que se possa afirmar que alguma delas seja a mais correcta, mas apenas a mais adequada em determinado contexto.

Johnstone (2001) classifica os problemas em oito tipos diferentes, de acordo com o Quadro 2.1, consoante são ou não conhecidas informações sobre três aspectos que considera essenciais na sua caracterização: informação inicial, método a seguir e resultados a obter.

**Quadro 2.1 – Classificação dos problemas (Johnstone, 2001)**

<b>TIPO</b>	<b>DADOS INICIAIS</b>	<b>MÉTODO</b>	<b>RESULTADOS A OBTER</b>
<b>1</b>	Completo	Familiar	Definidos
<b>2</b>	Completo	Desconhecido	Definidos
<b>3</b>	Incompleto	Familiar	Definidos
<b>4</b>	Completo	Familiar	Não definidos
<b>5</b>	Incompleto	Desconhecido	Definidos
<b>6</b>	Completo	Desconhecido	Não definidos
<b>7</b>	Incompleto	Familiar	Não definidos
<b>8</b>	Incompleto	Desconhecido	Não definidos

Se considerarmos a definição de problema que apresentámos anteriormente, a situação do tipo 1 não pode, na verdade, ser considerada um verdadeiro problema, pois as suas características enquadram-se melhor no que designámos por exercícios. No entanto, muitos dos problemas académicos são deste tipo: todos os dados são fornecidos, o método de resolução é conhecido e os resultados a obter estão definidos de forma explícita (Frazer, 1982; Johnstone, 2001).

A solução deste tipo de problemas não levanta, portanto, nenhum obstáculo, bastando para o resolver aplicar de forma mais ou menos mecânica um determinado algoritmo.

Nas outras categorias cabem os “verdadeiros problemas”, pois nesses casos existe de facto uma lacuna no conhecimento que leva ao surgimento de um projecto pessoal de resolução, à procura intencional de informação e à motivação para o resolver.

Assumindo uma definição tão abrangente daquilo que se entende por problema teremos que considerar situações muito diversas que vão desde a resolução de problemas de “lápiz e papel”, passando pela resolução de situações problemáticas de natureza qualitativa, até à resolução de problemas práticos no laboratório através de actividades de natureza investigativa.

Em qualquer destes casos podemos ter problemas fechados que constituem simples exercícios de aplicação dos conceitos ou teorias aprendidas, ou problemas abertos que incluam em maior ou menor grau o desenvolvimento de um processo investigativo (Gil, Martínez-Torregrosa, 1983). Neste último tipo de problemas assumem, como refere Garrett (1995), particular destaque, aspectos considerados importantes como a criatividade e a originalidade.

#### **2.2.4.2 – Características do modelo**

De acordo com esta abordagem, o ensino e a aprendizagem das Ciências, é planeado, na maioria do seu conteúdo prático, principalmente ao nível universitário, com base na resolução de problemas por parte dos alunos (Boud & Feletti, 1992). De facto, para a generalidade dos professores de Ciências, resolver problemas é uma actividade muito valorizada, quer porque facilita a aprendizagem quer porque permite adquirir habilidades para resolver outros problemas (Garrett, 1986; Ashmore, Frazer & Casey, 1979). Contudo é importante clarificar o que se entende por problemas e como serão utilizados nas aulas. Como refere Garrett, deve tornar-se claro se o objectivo é ensinar os alunos a resolver problemas, transmitindo-lhes um conjunto de habilidades que lhes permitam resolvê-los com êxito, ou se

o objectivo é ensinar Ciências a partir da resolução de problemas, quer dizer se os problemas serão usados como um fim em si mesmo ou como uma estratégia educativa (Garrett, 1995).

Apesar de, como foi dito, esta abordagem ter a sua aplicação fundamentalmente no ensino universitário, têm sido feitas algumas tentativas no sentido de aproveitar, na medida do possível, os aspectos que podem ser de utilidade na Didáctica das Ciências, mesmo nos outros níveis de ensino. Segundo Schmidt (1995), a própria dinâmica interna desta estratégia fomenta a aprendizagem autoregulada. Assim, durante a análise do problema, o aluno deve criar um modelo mental relacionado com a situação que se descreve no enunciado. É muito possível que este modelo inicial esteja incompleto e apresente lacunas importantes. Mesmo assim, o aluno descobrirá possíveis alternativas e abordagens válidas, que, em princípio, podem resultar apropriadas ao avanço para a solução do problema ou para explorar hipóteses. Quando esta abordagem se complementa com uma organização cooperativa do trabalho nas aulas, os problemas podem tornar-se mais complexos e a busca de informação pode prolongar-se durante mais tempo. Do que foi dito ressalta uma das características mais importantes deste modelo: a de fazer recair no próprio aluno grande parte da responsabilidade da aprendizagem.

Ainda que, aparentemente, esta abordagem apresente alguns aspectos superficiais comuns com a aprendizagem por descoberta, na verdade, são mais as diferenças do que as semelhanças. Porventura, a diferença mais notável seja que, com este método, não se espera que o aluno descubra por si só os conhecimentos científicos. Pelo contrário, a selecção e sucessão dos problemas orienta-o para que aprenda, a partir de fontes diversas, os conteúdos científicos que se julgam relevantes numa dada disciplina. O uso sistemático dos problemas destina-se a dar relevância a tais conteúdos e não a provocar a sua descoberta. Esta estratégia tem também pontos em comum com as concepções construtivistas sobre a aprendizagem.

Apesar dos defensores da *aprendizagem baseada em problemas* (ABP) terem argumentado que os pontos de vista recentes em psicologia cognitiva são consistentes com a aprendizagem a partir de problemas, e existam justificações globais deste modelo (Lopes & Costa, 1996), o certo é que a fundamentação epistemológica, filosófica e psicológica desta orientação se encontra menos elaborada do que a de outras abordagens. Os defensores da aprendizagem a partir de problemas baseiam, quase sempre, as suas justificações em evidências relacionadas com o rendimento académico e o grau de motivação dos estudantes.

Segundo Birch, a aprendizagem a partir de problemas é o melhor meio disponível para desenvolver as potencialidades gerais dos alunos (Birch, 1986). Este autor resumiu assim as vantagens que se lhe podem atribuir. Em primeiro lugar, a aprendizagem baseada em problemas é mais adequada do que os métodos tradicionais, para as necessidades dos alunos, já que, entre as situações mais frequentes com que se defrontam nas Ciências Experimentais, se encontra a pesquisa associada à resolução de situações problemáticas. Este aspecto é particularmente importante no ensino universitário com vista a um futuro desempenho profissional. Dado que esta estratégia docente torna explícita a aplicação dos conhecimentos teóricos a diferentes problemas, fomenta-se a percepção da utilidade dos mesmos, e contribui-se, portanto, para aumentar a motivação intrínseca. Dado que o aluno deve utilizar constantemente os seus conhecimentos promovendo uma inter-relação contínua entre teoria e aplicação prática, a ABP pode conseguir uma melhor integração dos conhecimentos.

Os resultados de várias investigações (Driver, 1988), indicam que as estruturas lógicas que os alunos utilizam dependem, em grande medida, do contexto da actividade, pelo que, os problemas que têm alguma relação com situações reconhecíveis pelos alunos serão mais facilmente abordáveis por este. Este factor e a linguagem utilizada no enunciado proposto

pelo professor ou pelo livro de texto, influenciam de forma determinante a atitude dos alunos face à resolução dos problemas (Kempa, 1986a, 1986b).

#### **2.2.4.3 – Limitações do modelo**

Ainda que se defenda a inclusão de verdadeiros problemas no *currículum* escolar, não podemos considerá-lo como uma panaceia que remediará todos os males (Garrett, 1995).

Este tipo de aprendizagem baseada exclusivamente na resolução de problemas apresenta de facto algumas limitações. Um dos inconvenientes que pode ser apontado a este método, é que exige uma maior dedicação por parte do professor e uma mudança efectiva na suas práticas de ensino. Com efeito, a tarefa do professor não se reduz a seleccionar os problemas que podem ser mais ou menos compatíveis com determinados conteúdos teóricos. Pelo contrário, o sentido em que se orienta a aprendizagem dos alunos será determinada pela acertada selecção dos problemas e pela correcta sequência dos mesmos. Da selecção e sequência dos problemas depende ainda o interesse que podem despertar e o grau de coerência interna que adquirem os conteúdos que se pretende que sejam aprendidos. Numa situação ideal, constitui-se, ainda, como objectivo, conseguir que o aluno considere como seus, os problemas escolhidos pelo professor. É evidente, que esta estratégia exige que sejam tidos em conta aspectos ligados à motivação e à atitude dos alunos face à aprendizagem das Ciências. A ABP exige, também, maior envolvimento e dedicação por parte dos alunos, o que nem sempre é fácil de conseguir, devido a alguma passividade instalada, ao longo de muitos anos, em ambientes tradicionais.

Por outro lado, o sucesso da metodologia proposta exige que os alunos assumam os problemas como problemas e não como simples exercícios, o que nem sempre acontece.

Mesmo nas situações menos exigentes como são as que envolvem a resolução de problemas numéricos de tipo fechado, alguns estudos feitos nessa área revelam que os alunos apresentam dificuldades que estão sobretudo relacionadas com a estruturação do problema, que os impede de chegar à solução correcta ou mesmo de iniciar a resolução (Maia, 1986).

Tal como acontece com outras orientações educativas, a aprendizagem baseada em problemas deve ser encarada, não como uma solução definitiva, mas sim como uma proposta de trabalho que merece, sem dúvida, um esforço adicional de investigação.

### **2.2.5 – A aprendizagem das Ciências como um processo investigativo**

A atenção que, durante a década de oitenta se deu, de forma quase exclusiva, aos estudos relacionados com as ideias prévias dos alunos levou a um reducionismo que poderia mesmo explicar as limitações das estratégias orientadas para a mudança conceptual (Duschl & Gitomer, 1991). O reconhecimento das limitações desse tipo de estratégias levou, na década seguinte, ao aparecimento de outras orientações de fundamentação construtivista baseadas numa concepção da aprendizagem como um processo de investigação. García & Cañal fizeram uma revisão das propostas que defendem a aprendizagem como investigação e encontraram, apesar de algumas diferenças de base, uma série de componentes comuns a todas elas, podendo encontrar-se referências a autores clássicos como Locke, Rousseau, Ferrer & Guardia e Dewey que já no passado formularam propostas nesse sentido (García & Cañal, 1995).

A convergência das investigações que se têm realizado no domínio das práticas de laboratório, da resolução de problemas de “lápiz e papel” e da aprendizagem conceptual,

constitui um forte apoio às propostas de aprendizagem das ciências como um processo de investigação dirigida (Gil Pérez, 1999).

#### 2.2.5.1 – Características do modelo

Segundo Gil, um dos maiores problemas do ensino das Ciências é o abismo que existe entre as situações de ensino-aprendizagem e o modo como se constrói o conhecimento científico (Gil, 1994). Este investigador propõe a metáfora do “*cientista novato*” como modelo para este tipo de abordagem. Toma-se como referência, não a actividade dos cientistas que trabalham na fronteira do conhecimento, mas sim o “*cientista novato*” cuja actividade consiste na réplica de investigações, bem conhecidas pelo especialista que dirige e apoia o seu trabalho ( Gil, 1993), conseguindo, desta forma, alcançar num tempo mais ou menos longo, um grau de competência relativamente elevado num domínio concreto. Esta proposta orienta-se, fundamentalmente, para o ensino da Ciência ao nível do ensino secundário, se bem que existam, na literatura didáctica, exemplos de aplicação orientados para o ensino universitário (Meneses, 1992).

Gil e seus colaboradores propõem uma série de estratégias, que não tendo de ser seguidas obrigatoriamente, por uma sequência predeterminada, são um exemplo de como se pode seguir este tipo de estratégia (Gil, 1993; 1994; Gil, Carrascosa, Furió & Martínez Torregrosa, 1991):

- *são apresentadas situações problemáticas que gerem interesse nos alunos e proporcionem uma concepção preliminar da actividade;*

- *os alunos, trabalhando em grupo, estudam qualitativamente as situações problemáticas apresentadas e, com a ajuda de bibliografia apropriada, começam a delimitar o problema e a explicitar ideias;*
  
- *os problemas são tratados seguindo uma orientação científica, com formulação de hipóteses ( e explicitação de ideias prévias), elaboração de estratégias possíveis de resolução e análise e comparação dos resultados obtidos por outros grupos de alunos. É nesta ocasião que poderá ocorrer conflito cognitivo entre concepções diferentes, o que pode levar à reformulação do problema e à emissão de novas hipóteses;*
  
- *os novos conhecimentos são trabalhados e aplicados a novas situações para os verificar e aprofundar. É este o momento mais apropriado para explorar as relações entre ciência, tecnologia e sociedade.*

Como assinala Gil, a mudança conceptual adquire aqui um carácter instrumental e deixa de ser um objectivo em si mesmo: “*a investigação não se faz para conseguir a mudança conceptual, mas sim para resolver um problema de interesse*” (Gil, 1994, p.27), a mudança conceptual “*produz-se ao longo de todo o processo como mais um resultado*” (Gil, 1993, p. 203), daí a ênfase na necessária mudança metodológica que deve acompanhar todo o processo. Sem dúvida, rejeita-se a ideia de encarar toda a aprendizagem de um *método científico* “*como um conjunto de regras perfeitamente definidas que se aplicam mecanicamente*” (Gil, 1983, p.26). Esta e outras formulações insistem também numa *mudança de atitudes* (Mellado & Carracedo, 1993, p.335).

O modelo que emerge da aprendizagem das Ciências como investigação aparece assim contraposto quer à mera recepção de conhecimentos quer ao descobrimento dos mesmos pelos alunos (Gil, 1993). Por outro lado, segundo os defensores desta abordagem, tanto os responsáveis pela elaboração dos *currícula* como os professores devem questionar-se acerca da ciência que se deve ensinar. Concretamente, é preciso esvaziar os programas de Ciências de conteúdos puramente conceptuais e prestar mais atenção aos aspectos metodológicos, ao estudo da natureza do conhecimento científico, aos processos de construção do mesmo e à relação ciência- tecnologia- sociedade (Gil, 1994).

As estratégias próprias da aprendizagem como investigação devem ser acompanhadas por actividades de síntese que dêem lugar à elaboração de produtos como esquemas, memórias, mapas conceptuais, etc. e que permitam conceber novos problemas. Coerentemente com esta abordagem, a resolução de problemas como investigação é proposta como uma alternativa aos problemas e exercícios tradicionais (Gil, Martínez Torregrosa & Sement, 1988). Em formulações mais recentes deste modelo, questiona-se a separação tradicional entre práticas, resolução de problemas e teoria, e sugerem-se alternativas de integração concretas (Gil & Valdés, 1995).

Esta proposta para o ensino das ciências, aqui abordada de forma muito geral, será objecto de uma referência mais aprofundada no terceiro capítulo, dada a importância de que se reveste no contexto da presente investigação.

Os aspectos mais salientes das abordagens actuais da aprendizagem como investigação são, porventura, o seu papel integrador das diversas aprendizagens (Gil, 1993) e a sua orientação "*radicalmente construtivista*" (Gil, 1994, p.29), fundamentada nas teorias e pontos de vista actuais de filosofia, história e epistemologia da ciência.

### 2.2.5.2 – Limitações do modelo

Tal como sucede com outras abordagens, a aprendizagem como investigação não está isenta de problemas. Na sua aplicação prática, existem algumas dificuldades que é preciso ter em conta. Uma das dificuldades tem a ver com a capacidade investigadora dos alunos. A metáfora do aluno como cientista tem sido questionada por autores que chamam a atenção para o tipo de raciocínio, muitas vezes enviesado, que os alunos utilizam (Thiberghien, Psillos & Koumaras, 1995). Isso obriga quase sempre à apresentação de situações muito simplificadas e à antecipação, por parte do professor, de muitas das dificuldades conceptuais e de procedimento que surgirão durante as aulas. Daí a necessidade de que esta abordagem apresente um carácter de investigação dirigida. De facto, como reconhece Gil, não será estranho que o professor reforce ou ponha em causa os resultados obtidos pelos alunos confrontando-os com os resultados “*correctos*” obtidos pelos cientistas (Gil, 1994, p.29). Por outro lado, o desenvolvimento das actividades de investigação dirigida exigem um tempo muito superior ao de outras abordagens, o que obriga, muitas vezes, a um corte significativo em termos de conteúdos (Gil, 1987). Outro aspecto que deve ser tido em conta tem que ver com a atitude dos alunos. Tal como sucede com outras abordagens inovadoras, é possível que os alunos não estejam dispostos a despende um esforço maior exigido por um método de aprendizagem diferente daquele a que estão acostumados. Muitas vezes, pode ser, para eles, mais cómodo receber explicações ou podem mesmo não achar interessantes as situações que se abordam no trabalho de investigação. Os inconvenientes apresentados não são desprezáveis e podem influenciar negativamente o decurso da aula, mas, apesar de tudo, existe uma contrapartida bastante positiva em que se deve investir, não perdendo, contudo, de vista uma verdade inquestionável: não existem soluções milagrosas e, por isso, devem ser evitadas expectativas simplistas relativamente a esta ou qualquer outra abordagem.

### 2.2.6 – Algumas notas finais

Acabámos de percorrer um leque de possibilidades que se abrem ao professor de Ciências, que não exclui, evidentemente, outras possibilidades alternativas, como por exemplo, a aplicação das estratégias de ensino que utilizam os professores modelo (Tobin & Fraser, 1990) ou o ensino das Ciências baseado numa orientação histórica (Lombardi, 1997).

As distintas abordagens apresentam diferenças evidentes entre si. No entanto é notório que existem alguns pontos comuns que vale a pena assinalar.

Em primeiro lugar, todas as abordagens alternativas ao ensino tradicional insistem em atribuir aos alunos um papel mais activo na aula. Esta actividade, que pode consistir em tarefas diversas, que vão desde a realização de experiências até à resolução de problemas, concebe-se como uma elaboração ou aplicação dos conhecimentos que constitua uma alternativa à simples memorização dos mesmos.

As várias abordagens que, ao longo deste capítulo, percorremos são consistentes, às vezes de forma implícita, com algumas das recomendações baseadas nas teorias cognitivas sobre a motivação intrínseca dos alunos. Com efeito, um dos aspectos que definem o interesse intrínseco por uma actividade ou conteúdo, e que é comum a todas as abordagens que abordámos, é a aplicabilidade que os alunos vêem nessa actividade ou conteúdo e a sua utilidade para resolver ou entender problemas ou situações de interesse.

Por outro lado, parece existir um certo consenso relativamente ao facto deste tipo de abordagens requererem, em geral, mais tempo para o desenvolvimento dos conteúdos do que aquele que é requerido no ensino tradicional.

Outro dos aspectos comuns a todas as abordagens aqui apresentadas consiste na dificuldade da sua implementação, que tem origem nas resistências verificadas por parte de alunos e professores. De facto, tanto professores como alunos, e mesmo as autoridades educativas, tendem a ser conservadoras quando se trata de aceitar e implementar novas propostas. Não restam dúvidas de que um professor que decida aplicar alguma destas estratégias de ensino alternativas nas suas aulas deve, em primeiro lugar, reconsiderar qual o seu papel na aula. Se o fizer chegará, sem dúvida, à conclusão de que essa mudança implicará, necessariamente, um menor protagonismo, e isso pode ser erroneamente interpretado por alguns, como uma diminuição da sua autoridade. Isso pode explicar alguma da resistência à mudança e um certo conservadorismo que se verifica entre os professores.

## Capítulo 3

# **O TRABALHO EXPERIMENTAL NO ENSINO DA QUÍMICA**





### 3 – O TRABALHO EXPERIMENTAL NO ENSINO DA QUÍMICA

“*Se existe uma ciência experimental por excelência, essa ciência é a Química*” (Lefour, 1992, p.90-92). Com raízes que remontam à Época Medieval e ao trabalho dos alquimistas (Byers, 2001a), a Química foi sempre uma ciência em que a vertente experimental ocupou um lugar de destaque.

Não surpreende, portanto, que o trabalho experimental tenha sido, desde sempre, encarado como uma componente indispensável da formação dos estudantes de Química. Nesta linha de pensamento, Solomon afirma que “*O laboratório é o lugar onde se ensinam as ciências. É tão natural que a ciência se faça no laboratório, como os cozinhados na cozinha e a jardinagem no jardim*” (Solomon, 1994, p.7). Muitos são, certamente, os professores de Química, que revêm nesta afirmação o sentimento de que não é possível conceber o ensino desta ciência, sem atribuir à sua vertente experimental um papel preponderante (Beall, 1997). Esse sentimento, comum entre os professores, tem sido partilhado também por investigadores e até mesmo por alunos, que revelam alguma frustração quando nas aulas de Química não se fazem “experiências”.

Remonta a 1824 a introdução, por Liebig, de aulas práticas para os alunos de cursos gerais, na Universidade de Giessen na Alemanha (Jensen, 1991 citado por Maia, 2000). A publicação do primeiro livro incluindo técnicas de laboratório, de Michael Faraday, “*Chemical Manipulations*”, data de 1827 e teve lugar no Reino Unido (Lagowski, 2000 citado por Byers, 2001a, 2002). Desde essa época que se tem investido bastante na componente

experimental do Ensino da Química chegando mesmo a considerá-lo o aspecto determinante da qualidade de um curso. No Reino Unido, por exemplo, a Royal Society of Chemistry exige, para qualquer curso, um mínimo de 200 horas de trabalho prático para que este possa ser reconhecido (Byers, 2001a).

Contudo, muitas vezes se têm levantado, defendendo que a realização de grande quantidade de trabalho prático, não é garantia de qualidade, nem sequer de que serão alcançados os objectivos educativos que levaram à sua realização. Para além disso, a natureza bastante diversificada daquilo que é considerado “trabalho prático” em Ciência, e de um modo particular em Química, leva a que existam alguns equívocos na defesa da sua utilização.

Fazendo uma análise retrospectiva, verificamos que, embora tenha sido por vezes desacreditado, e em certas ocasiões qualificado como “perda de tempo”, a importância do trabalho experimental no ensino de Ciências Experimentais como a Química tem permanecido incontestada (Hodson, 1994). Não é, portanto, aparentemente, controverso o facto de ser necessário recorrer ao trabalho experimental no seu ensino (Woolnough, 1991; Hodson, 1988, 1992a, 1994; Miguéns & Garrett, 1991 ). O mesmo não se pode dizer quanto àquilo que se entende por trabalho experimental, às características que deve apresentar e ao que se espera obter com a sua realização.

De facto, quando se fala de ensino das Ciências, ou, em particular, de ensino da Química, e das metodologias a ele associadas, surgem, quase obrigatoriamente, referências à utilização de trabalho prático (TP), de trabalho laboratorial (TL), de trabalho experimental (TE) ou ainda de trabalho de campo (TC). O uso, muitas vezes indiscriminado, destas

designações, poderia até levar a supor que se referem a um mesmo recurso educativo. No entanto, uma leitura mais atenta mostra que o entendimento sobre estes tipos de trabalho não é consensual e que nem sempre a utilização da mesma designação significa que a realidade a que esta se refere é a mesma. Nalguns casos encontramos referências a TP, TL e TE considerando-os diferentes, mas, muitas vezes são referidos como se do mesmo tipo de recurso se tratasse. Prevalece, aliás, alguma confusão e, conseqüentemente, algum equívoco, quando se pretende fazer a defesa do recurso ao TP, TL, TC ou TE como meio privilegiado para ensinar Ciência. Se alguns autores defendem a utilização de um ou mais destes tipos de trabalho, outros há que questionam a sua adequabilidade e eficácia. Por esse motivo, o seu uso tem sido alvo de muitas e diversificadas investigações.

Apesar disso, a investigação que se tem desenvolvido nesse campo não tem sido capaz de proporcionar um suporte empírico sólido em que se baseie a utilização do trabalho prático laboratorial no ensino das Ciências.

Esta falta de objectividade nos resultados obtidos é sem dúvida o reflexo da complexidade do objecto de investigação mas também da deficiente estruturação das investigações (Barberá & Valdés, 1996). Sobretudo, persiste sempre alguma dúvida sobre qual o tipo de trabalho prático que se está a investigar.

Começaremos, portanto, neste capítulo, por referir as diferentes designações utilizadas, TP, TL, TC e TE, a sua utilização no contexto do ensino das Ciências, e de modo particular no ensino da Química, tentando clarificar cada uma delas de acordo com a literatura consultada.

De seguida, abordaremos as questões que se prendem com os objectivos e a eficácia da sua utilização, tentando contribuir para encontrar caminhos para a rentabilização deste recurso educativo, tão valioso, mas simultaneamente, tão dispendioso, quer em tempo, quer em recursos materiais e humanos.

### **3.1 – Trabalho prático (TP), Trabalho Laboratorial (TL), Trabalho de Campo (TC) e Trabalho Experimental (TE)**

A definição de trabalho prático está longe de reunir consensos. Assim, enquanto que Woolnough (1991) considera que trabalho prático corresponde a trabalho laboratorial, Hodson (1992b) distingue claramente os dois tipos de trabalho quando refere que “*existe um certo grau de confusão e de ingenuidade na suposição de que o trabalho prático implica necessariamente trabalho de laboratório*”. Segundo este autor, consideram-se trabalho prático todas as actividades em que o aluno esteja activamente envolvido – no domínio psicomotor, cognitivo e afectivo (Hodson, 1988). Encarado segundo esta definição o trabalho prático refere-se a um recurso de âmbito bastante alargado e inclui entre outros o trabalho laboratorial e o trabalho de campo.

De acordo com Carmen (2000) citada por Dourado (2001) os TL e TC possuem um conjunto de características que os individualizam:

- 1- *São realizados pelos alunos, ainda que com um grau variável de participação no seu desenho e execução;*

- 2- *Implicam o recurso a procedimentos científicos com características diferentes (observação, formulação de hipóteses, realização de experiências, técnicas manipulativas, elaboração de conclusões, etc.) e com diferentes graus de aproximação relativamente ao nível dos alunos;*
- 3- *Requerem a utilização de materiais específicos semelhantes aos utilizados pelos cientistas, ainda que, por vezes, simplificados para facilitar a sua utilização pelos alunos;*
- 4- *Decorrem com frequência em espaços diferentes da aula (laboratório, campo).*

Ainda a propósito das características do TL e do TC refere Leite (2000) que o TL inclui actividades que requerem a utilização de materiais de laboratório, mais ou menos convencionais, e que podem ser realizadas num laboratório, ou mesmo numa sala de aula normal, desde que não sejam necessárias condições especiais, nomeadamente de segurança, para a realização das actividades. O TC é realizado ao ar livre, onde, geralmente, os acontecimentos ocorrem naturalmente.

A designação Trabalho Prático (TP) refere-se, como já dissemos, a um recurso de âmbito mais vasto (Hodson, 1988) e inclui, por exemplo, actividades como a pesquisa de informação em diversas fontes (biblioteca, internet), o desenho de estratégias de resolução de problemas de “*lápiz e papel*”, a utilização de simulações informáticas, etc. (Pro, 2000; Leite, 2001, ambos citados por Dourado, 2001). De um modo geral, o TP não se orienta como

actividade investigativa, que envolva identificação de problemas e a sua resolução, antes evidenciar orientações que indiciam imagens simplistas das ciências (Pedrosa, M. A., 2001).

A designação trabalho experimental (TE), por sua vez, refere-se, ainda, a um outro tipo de trabalho prático diferente. Muitas vezes, utilizada como sinónimo de “*experiências*”, esta designação tem, na nossa opinião e de acordo com Leite (2000), um significado bastante diferente. A diferença fundamental está relacionada com o tipo de metodologia utilizada. Assim, o “fazer experiências” corresponde normalmente a “*uma actividade fechada, baseada no seguimento e na execução de procedimentos do tipo «receitas de cozinha», onde está ausente a verbalização e discussão de ideias, a conjecturação, a reflexão e avaliação crítica do trabalho desenvolvido e a resolução de problemas abertos*” (Almeida, 2001). Quanto ao TE, como nós o entendemos, é uma actividade que envolve o controlo e manipulação de variáveis, em que estão presentes aspectos relacionados com a clarificação dos conceitos teóricos relacionados com o trabalho a realizar, com a exploração prévia das ideias existentes, com o desenho e planificação da actividade e também com a exploração e avaliação dos resultados obtidos.

Sintetizando, Dourado (2001) refere que os critérios que permitem distinguir entre si os conceitos de TP, TL, TC e TE não são da mesma natureza, o que conduz a que, entre eles, não ocorram situações de absoluta exclusão. Assim, o critério de distinção do TP de outros recursos didácticos, corresponde ao envolvimento que os alunos têm na realização das actividades; o critério que distingue TL e TC de outros TP corresponde ao local de realização das actividades e o critério que permite distinguir o TE de trabalho não experimental centra-se na metodologia utilizada. Existem, portanto, actividades de TL e de TC que são TE e outras

que não o são; existem também, para além do TL e do TC, outros tipos de TP que podem assumir características de TE.

No caso particular da Química, podemos facilmente encontrar situações em que se recorre a cada um destes tipos de trabalho. A resolução de problemas de “*lápiz e papel*”, se feita pelos alunos, é, sem dúvida TP. Poderá ou não ser TE. Se se tratar da simples aplicação de um algoritmo para obter o resultado certo, e único possível, para o problema proposto, tratar-se-á de TP com o qual apenas se pode desenvolver alguma destreza no domínio da ferramenta matemática. Se, por outro lado, se tratar da resolução de um problema aberto, em que o aluno tem que procurar a solução, desenhando a estratégia de resolução, controlando variáveis, buscando, eventualmente, informação que não é fornecida, então estaremos perante uma actividade que podemos classificar de TE.

As actividades que têm lugar no laboratório são outro exemplo de TP, que poderão ainda ser classificadas como TL. No entanto, nem todo o TL de Química é do mesmo tipo. Assim, faz-se trabalho laboratorial que não é mais do que o seguimento de uma receita com ordens rigorosas e precisas, que visam a “*verificação*” ou “*demonstração*” de determinada teoria ou conceito, ou a ilustração de determinada técnica. Este tipo de TP corresponde ao que Woolnough & Allsop (1985) designam como “*exercícios práticos*” e que têm por objectivo o desenvolvimento de capacidades práticas e técnicas básicas. Outro tipo de actividade laboratorial envolve a resolução de problemas através de uma investigação experimental, que embora fundamentando-se em conhecimentos prévios, se assume como uma actividade com objectivos bastante mais latos, que envolvem a compreensão dos objectivos da investigação, a procura de informação, a definição de estratégias a adoptar para a resolução do problema, a

elaboração de um plano experimental, a procura de soluções possíveis, aproximando-se, assim, da abordagem científica dos problemas reais. Assumindo esta dimensão, o TL não poderá ser encarado apenas como TP, mas também e, sobretudo, como TE.

Quanto ao trabalho de campo, quando usado na Química, nomeadamente na Química Ambiental, poderá consistir na determinação de diversos parâmetros *in situ* ou na recolha de amostras para posterior análise, a realizar no laboratório. Evidentemente, estas análises e/ou recolha de amostras podem inserir-se no plano global de uma actividade investigativa a realizar, não constituindo um fim em si mesmo. Nessa medida, o TC assume também características de TE.

Nesta tese assumiremos o trabalho prático laboratorial na sua dimensão mais abrangente, isto é, como recurso educativo capaz de promover o desenvolvimento de competências a vários níveis, e, nesse sentido, designá-lo-emos também por *trabalho experimental*. No entanto, manteremos quando se justificar, as designações usadas pelos autores referidos.

### **3.2 – O que se espera obter do Trabalho Experimental**

O recurso ao trabalho experimental, no ensino da Química, tem sido, como já vimos, uma constante ao longo das últimas décadas. Quase indiferente às mudanças de paradigma que têm, através dos tempos, influenciado o ensino das Ciências, o trabalho experimental tem resistido, suportado por muitos e variados objectivos.

Nos anos sessenta, projectos como o *Biological Sciences Curriculum Study* (BSCS), o *Chemical Education Material Study* (CHEM Study) ou o *Chemical Bond Approach Project* (Estados Unidos, 1966); e os cursos *Nuffield* de Biologia, Física e Química da Nuffield Foundation (Inglaterra, 1969), marcaram uma época de renovação curricular em que o ensino das Ciências se baseava no pressuposto de que o TP, em particular o TL, realizado pelos alunos, os conduziria ao conhecimento dos conceitos fundamentais. Nessa época, marcada pelo auge do modelo de *aprendizagem por descoberta*, o uso do trabalho prático laboratorial (TPL) destinava-se sobretudo a fomentar a descoberta, pelos alunos, dos conceitos e teorias científicas, sem antes terem lido ou ouvido qualquer informação, quer de livros quer do professor. Desde então, o TP, particularmente o TL, tem sido encarado pelos professores como uma estratégia privilegiada para conseguir alcançar uma grande diversidade de objectivos.

Quais são, afinal, esses objectivos?

São, na verdade, bastantes, condicionados pelo modelo de ensino adoptado e pelo nível de ensino a que se referem (Cachapuz, 1989), os objectivos propostos para a realização de TE, nem sempre de forma concordante, por professores, estudantes e investigadores.

Alguns dos principais objectivos que podemos encontrar, referidos nessa época, por professores e investigadores são os seguintes ( Tremlett, 1972, citado por Barberá e Valdés, 1996):

- 1- *descobrir as leis através da experiência;*
- 2- *instruir os estudantes na realização de experiências e na elaboração de um diário de laboratório;*

- 3- *motivar os estudantes para o estudo das Ciências.*

Segundo os mesmos autores, os objectivos mais referidos pelos alunos são bastante diferentes<sup>3</sup>:

- 1- *aprender técnicas experimentais;*
- 2- *complementar as aulas teóricas;*
- 3- *melhorar a iniciativa pessoal e a capacidade de avaliar a qualidade de um desenho experimental;*
- 4- *manter um contacto menos formal e mais próximo com os docentes.*

Alguns anos antes, Kerr (1963), apresentou, como resultado de uma outra investigação, que decorreu durante dois anos, também em Inglaterra, um conjunto de objectivos, referidos pelos professores, quando questionados sobre a natureza, objectivos, avaliação e perspectivas acerca do trabalho prático que se realizava nas escolas. Assim, aparecem referidos por exemplo:

- 1- *encorajar observações e registos rigorosos;*
- 2- *promover métodos simples para o ensino da ciência;*
- 3- *desenvolver técnicas manipulativas;*
- 4- *treinar a resolução de problemas;*
- 5- *facilitar a compreensão dos princípios teóricos das disciplinas;*
- 6- *verificar factos e princípios já ensinados;*
- 7- *compilar factos e dados que permitam a posterior descoberta dos princípios;*
- 8- *desencadear e manter o interesse dos alunos;*

---

<sup>3</sup> Segundo os resultados de um estudo de 1969 efectuado pela Comissão do Ensino Superior do Sindicato Nacional dos Estudantes de Inglaterra.

9- *tornar os fenómenos reais, através da experiência.*

No caso dos alunos, os objectivos mais referidos foram, ainda segundo o mesmo estudo, “*o aumento do interesse*” e “*a oportunidade de tomar contacto com os fenómenos naturais*”.

Muitos trabalhos, foram realizados na mesma linha, tendo obtido, em grande parte, resultados concordantes com os de Kerr, como por exemplo os de Swain (1974), Kempa & Ward (1988), Johnstone & Wood (1977), Boud (1973 ), Lynch & Ndyetabura (1983), Denny & Chennell (1986), Kirscher & Meester (1988), Boyer & Tiberghien (1989), Garnett & Hackling (1995), Gunstone (1991) e Wellington (1998) todos citados por Johnstone & Al-Shuaili (2001).

Na década de setenta, Anderson (1976) citado por Hofstein & Lunetta (1982), apresentou alguns objectivos inespecíficos, para a realização de trabalho prático laboratorial, que se aproximavam bastante dos objectivos gerais do ensino das Ciências:

- 1- *O laboratório é o local onde uma pessoa ou um grupo procura explicações para os fenómenos naturais.*
- 2- *O TL é a oportunidade de aprender formas de raciocínio, sistemáticas e generalizadas, que podem ser transferidas para outras situações problemáticas.*
- 3- *O laboratório permite ao estudante apreciar, e em parte reproduzir o trabalho dos cientistas na investigação.*

- 4- *O TL proporciona uma visão de conjunto das várias Ciências, nomeadamente no que se refere às linhas mestras das suas interpretações sobre a natureza, e ao carácter provisório dos seus modelos e teorias.*

Nos anos oitenta, as reformas curriculares puseram a ênfase na aprendizagem dos processos da ciência, em detrimento do ensino das Ciências como corpo de conhecimentos (Hodson, 1992a), argumentando-se, por um lado, que, deste modo, o ensino das Ciências se torna mais aliciante e acessível a um maior número de alunos, contribuindo para aumentar o interesse pelas Ciências e o seu sucesso na aprendizagem, e, por outro, o facto de possibilitar o desenvolvimento de capacidades relevantes para a formação dos jovens, transferíveis para outros contextos (Almeida, 2001). Esta ênfase dada aos processos e atitudes científicas viria a influenciar de forma determinante os objectivos propostos para a realização de TL, havendo inclusivamente *currícula* onde o conhecimento dos processos da ciência é encarado como o aspecto mais importante e, portanto, fundamental para o ensino das mesmas. Neste contexto, surgem objectivos<sup>4</sup> como por exemplo:

- 1- *fazer observações;*
- 2- *seleccionar de entre as observações realizadas, aquelas que são relevantes para as investigações que se planeia realizar;*
- 3- *procurar e identificar regularidades e padrões, relacionando-os com outros já conhecidos;*
- 4- *propor e avaliar explicações para os padrões propostos;*
- 5- *desenhar e realizar experiências para provar as explicações sugeridas para os padrões de regularidade propostos.*

---

<sup>4</sup> Objectivos descritos nos projectos curriculares de Inglaterra e País de Gales (DES, 1985)

Critica-se em especial, neste tipo de ensino, a pretensão de ensinar os processos da ciência (observar, classificar, inferir e hipotetizar, etc.) como entidades discretas, independentes do conteúdo. Esses processos não podem, contudo, como defendem Hodson (1992a) e Millar (1991) ser desligados da teoria, pois a sua aprendizagem só faz sentido quando feita em interacção dinâmica com a dos conteúdos.

Lazarowitz & Tamir (1994) apresentaram, mais recentemente, alguns objectivos para o uso do TL na educação em Ciências:

- 1- *proporcionar experiências concretas e oportunidades para fazer face aos erros conceptuais dos estudantes;*
- 2- *dar oportunidade de fazer tratamento de dados recorrendo ao uso de computadores;*
- 3- *desenvolver destrezas de raciocínio lógico e de organização;*
- 4- *construir e comunicar valores relativos à natureza das Ciências.*

Woolnough & Allsop (1985), por sua vez, apontam três objectivos fundamentais para o TP:

- 1- *Desenvolvimento de capacidades práticas.*
- 2- *Desenvolvimento da competência para resolver problemas.*
- 3- *Permitir ao aluno sentir os fenómenos (“getting a feel for phenomena”).*

Face à diversidade dos objectivos propostos, estes autores propõem ainda a necessidade de adequar a natureza das actividades práticas à natureza desses objectivos. Assim, sugerem o recurso a “*actividades ilustrativas e exploratórias*” que estimulem a

discussão e a aprendizagem de conceitos; “*exercícios práticos*” para o desenvolvimento de capacidades manipulativas e técnicas; e “*investigações*” para o desenvolvimento de competências investigativas e de resolução de problemas. Estes investigadores refutam a possibilidade de atribuir ao TP o objectivo de reforçar ou comprovar a teoria correspondente, sugerindo mesmo, que, para esse fim, se revelam mais eficazes as demonstrações feitas pelos professores.

Também Izquierdo, Sanmartí & Espinosa (1999), referem que os objectivos do TE devem ser diversificados. Esses objectivos condicionam o seu desenho, dando lugar a diferentes tipos de aulas laboratoriais.

Hodson (1992b, 1994), por sua vez, classifica em seis categorias os objectivos referidos pelos professores para a utilização do TP:

- 1- *para motivar, pois estimulam o interesse e são divertidos;*
- 2- *para desenvolver atitudes científicas;*
- 3- *para melhorar a aprendizagem do conhecimento científico;*
- 4- *para ensinar o método científico;*
- 5- *para ensinar técnicas de laboratório;*
- 6- *para desenvolver a capacidade de levar a cabo investigações científicas e obter experiência a partir delas.*

Entretanto, com o intuito de alcançar esses objectivos, o trabalho laboratorial, é utilizado, essencialmente, entre dois limites: o primeiro é caracterizado pela “sobredosagem”, encarando-o como uma panaceia, um meio de alcançar todos os objectivos. O segundo, leva a

uma redução drástica da sua utilização, desvalorizando as vantagens educativas que dele se podem obter, no contexto do ensino-aprendizagem das Ciências.

Na perspectiva do modelo tradicional, baseado no ensino por transmissão, o TPL é assumido como complemento do ensino verbal, tendo como finalidades a oportunidade de desenvolvimento manipulativo e a verificação da teoria (Dourado, 2001).

Os trabalhos práticos assumem, assim, um carácter fechado, revelando-se:

- *sem objectivos didácticos explícitos;*
- *desconexos no espaço e no tempo;*
- *sem significado para o aluno;*
- *não promotores da criatividade.*

Numa perspectiva construtivista, uma das principais finalidades atribuídas ao TP é a de promover a mudança conceptual (Hewson, Beeth & Thorley, 1998). Nessa medida a realização de TL, em particular, proporcionaria aos alunos a possibilidade de modificar as suas concepções acerca dos conteúdos científicos, abandonando as suas concepções erradas. No entanto, resultados de investigações nesse campo (Watson *et al.*, 1995; White, 1991; Watson & Prieto, 1994), revelam que as ideias prévias dos alunos persistem, mesmo depois de confrontadas com os resultados de experiências que contrariam essas ideias, o que põe em causa a validade do TL como estratégia de mudança conceptual.

Perante a grande diversidade de perspectivas relativamente aos objectivos que se pretendem alcançar com a realização de TP, muitos têm sido os trabalhos de investigação

levados a cabo com o propósito de obter respostas sobre a eficácia do TP realizado, no que diz respeito ao grau de consecução desses objectivos.

Como veremos de seguida, muitos dos resultados obtidos questionam a utilidade e a eficácia do TP realizado no laboratório.

### **3.3 – O que se obtém do trabalho experimental**

Resulta claro, do que acabámos de expor, que é bastante o que se espera do TP, em particular do TL, quer este assuma ou não características de TE.

A questão que se coloca é a de saber se aquilo que na verdade se obtém, corresponde a essas expectativas. Será que têm razão aqueles que defendem que tudo se consegue à custa da utilização do TP, em especial do TL? Ou, pelo contrário, têm razão os que defendem que o TP, tal como é realizado, constitui um gasto infrutífero de tempo e de dinheiro (Hofstein e Lunetta, 1982; Pickering, 1980; Toothacker, 1983), e que os alunos nada lucram em termos de aprendizagem (Lederman, 1992; Tamir e Luneta, 1981; Tobin, 1986; White, 1979), antes acabam por ser prejudicados por causa do excessivo número de horas gastas em frente da bancada a “fazer” “por fazer”, sem perceber porque fazem assim e não de outra forma?

Na verdade, os resultados das investigações realizadas para estudar a eficácia do trabalho laboratorial TL no ensino das Ciências, não têm sido conclusivos, são, por vezes, até contraditórios, pelo que o papel que este tem ocupado nos *currícula* de Ciências, tem sido, desde sempre, e continua a ser, objecto de grande controvérsia.

Alguns estudos realizados nesse campo concluem que o recurso ao trabalho laboratorial não produz melhores resultados em termos de aprendizagem de conceitos do que aqueles que se obtêm com outro tipo de métodos de ensino (Hofstein & Lunetta, 1982, 2001; Clackson & Wright, 1992).

Como assinalam Barberá & Valdés (1996), pode até dizer-se que quase todos os trabalhos publicados, desde os anos oitenta até hoje, sobre este tema, realçam sobretudo os aspectos negativos do trabalho prático laboratorial que se realiza no ensino das Ciências, tanto do ponto de vista dos objectivos formulados como do seu grau de consecução. Contudo, a generalidade dos autores reafirma, apesar disso, a convicção de que o TL é imprescindível para um adequado processo de ensino e aprendizagem das Ciências Experimentais.

Entre os principais problemas geralmente apontados para duvidar da eficácia do TL encontramos, por exemplo em Miguéns & Garrett (1991):

- *o facto de os alunos verem as aulas de práticas laboratoriais como um conjunto desconexo de experiências desligadas dos seus próprios esquemas conceptuais;*
- *a utilização de actividades geralmente convergentes (em busca da resposta certa), muito estruturadas e incapazes de ajudar à consecução dos objectivos a que se propõem;*
- *a transmissão de uma visão indutiva dos processos científicos e de uma ideia de descoberta do inevitável;*
- *uma abordagem em jeito de receita de culinária, com os alunos a seguirem o procedimento pré-determinado, sem atenção cuidada ao planeamento pré-*

*experiência ou experimentação, e à reflexão pós-experiência ou experimentação.*

Hodson, numa série de artigos publicados no início dos anos noventa (Hodson, 1990, 1992b, 1993), repensa a eficácia das práticas, quanto à motivação dos alunos, quanto à aquisição de competências e atitudes, e quanto aos conhecimentos, tanto a nível dos conceitos como dos procedimentos. Hodson considera mesmo que o trabalho prático, tal como é organizado presentemente, é largamente improdutivo e incapaz de justificar os apelos feitos em seu favor.

Procurando justificar essa improdutividade, Hodson (1994), coloca várias outras questões directamente ligadas com alguns dos objectivos propostos:

*O trabalho de laboratório motiva os alunos? Existem outras formas alternativas ou mais adequadas para os motivar?*

*Os estudantes adquirem as técnicas de laboratório a partir do trabalho que realizam na escola? A aquisição destas técnicas é positiva do ponto de vista educativo?*

*O trabalho de laboratório ajuda os estudantes a compreender melhor os conceitos científicos? Há outros métodos mais eficazes para consegui-lo?*

*Qual a imagem que adquirem os estudantes sobre a ciência e a actividade científica quando estão no laboratório?*

*Até que ponto o trabalho laboratorial que os estudantes efectuam pode favorecer o desenvolvimento das denominadas “atitudes científicas”? Serão estas necessárias para praticar o correcto exercício da ciência?*

Na tentativa de encontrar respostas para estas questões, surgem algumas reflexões sobre o tipo de trabalho laboratorial que os alunos fazem, importando reflectir também sobre a influência da idade dos alunos na adequabilidade desse trabalho laboratorial. Este aspecto é importante, pois parece existir uma diminuição do entusiasmo dos alunos, relativamente à realização de TL, à medida que o seu nível etário aumenta (Lynch & Ndyetabura, 1984, citado por Hodson, 1994).

Por outro lado, verifica-se que, à medida que se progride no nível de ensino, os *exercícios práticos* vão sendo cada vez mais estruturados e com menor grau de investigação. Este facto não privilegia o tratamento diferenciado de situações problemáticas e contraria as orientações construtivistas sobre a abordagem de estratégias desafiantes e motivadoras (Gil & Martínez-Torregrosa, 1983, Burbules & Linn, 1991, Driver & Oldham, 1986 e Gil, 1982; Gil & Martínez Torregrosa, 1987, Gil *et al.*, 1991; Wheatley, 1991, todos citados por Gil Pérez, 1993).

Pensando no caso particular da Química, verifica-se, tal como para as restantes Ciências Experimentais, de um modo geral, a predominância dos objectivos relacionados com a aprendizagem de procedimentos e técnicas, com a aquisição de destrezas manipulativas, ou então, dos que estão ligados à verificação de leis e princípios teóricos. Mesmo quando os

trabalhos realizados são aplicações práticas, porventura mais interessantes, a participação do aluno, na maior parte das vezes, é reduzida à execução experimental.

No ensino universitário, onde se esperaria que os objectivos, necessariamente diferentes, determinassem o recurso a um tipo de trabalho laboratorial com outras características, a situação não é muito diferente da dos outros níveis de ensino. Verifica-se até que é aí que mais se faz sentir a resistência à alteração do modo de encarar o TL. Apesar de ser na Universidade que têm origem as reflexões e propostas relativas às alterações nos *currícula* de Ciências, os seus efeitos raramente aí se fazem sentir. (Meester & Maskill, 1993, 1994, 1995a, 1995b). Mantêm-se assim os trabalhos laboratoriais enquanto actividades de tipo fechado, convergentes para a obtenção de um determinado resultado, em que é reservado ao aluno apenas o papel de executor de instruções pormenorizadas.

O trabalho experimental com estas características não possibilita, como já vimos, o aproveitamento das enormes potencialidades que, a todos os níveis, ele encerra. No entanto, alega-se, muitas vezes, com uma certa razão, que é a única forma de as aulas práticas funcionarem de forma eficaz numa Universidade massificada (García Sastre, Insausti & Merino, 1999), realidade que se verifica também no nosso País.

Entretanto, o formato de TL utilizado pelo professor condiciona, e muito, as vantagens que podem resultar da sua realização. Infelizmente os alunos reduzem o tempo destinado a pensar sobre o trabalho realizado, ao mínimo. O fornecimento de instruções reforça essa tendência, levando os alunos a seguir uma receita para executar um determinado trabalho, sem sequer pensar no que estão a fazer, porque estão a fazer ou sobre o que está a acontecer

(Insausti, 1997; Hunter, Wardell & Wilkins, 2001; Figueiredo, Viana & Maia, 2001a, s.d; Watts & West, 1992). Contudo, esse tempo para pensar é necessário, para que a nova informação possa ser relacionada e interpretada (Byers, 2001b). Como refere Domin (1999), se os alunos não compreenderem sozinhos o que estão a fazer, a aprendizagem dificilmente terá lugar.

Nesse sentido, a ineficácia educativa das práticas, ao nível da compreensão dos conceitos científicos, poderá atribuir-se, entre outros factores, à passividade intelectual para a qual se remetem muitas vezes os alunos, quando se promovem actividades onde está ausente o debate e a exploração das ideias em jogo e em que não se tem em conta os seus saberes, interesses e experiências prévias (Almeida, 1998).

Em suma, podemos dizer que, apesar de o TL ser uma actividade de ensino-aprendizagem que envolve o “*fazer*”, o seu interesse educativo é muito limitado sem o envolvimento do “*pensar*”.

É incontestável que o trabalho laboratorial é essencial, no que diz respeito ao desenvolvimento de uma variedade muito grande de destrezas práticas; pois nem tudo se consegue aprender através de simulações de computador e visionamento de filmes em suporte vídeo (Keeler, 2000). Particularmente, em ciências como a Química, em que a parte experimental assume uma especificidade importante, é de facto necessário “*aprender a fazer*”.

A questão que se coloca é a de saber se o “*aprender a fazer*”, é, por si só, suficiente, quer no que se refere às aprendizagens que proporciona, quer no que se refere à motivação

que pode desencadear nos alunos. Relativamente a esta questão o decréscimo, cada vez mais significativo, do número de alunos que frequentam cursos de Química (Breuer, 2002), levam a supor que não. Parece que o trabalho de laboratório tem, para a maioria deles, um valor muito limitado (Bennett, 2000). Ou porque já não basta aos alunos “o fazer”, ou porque o consideram demasiado difícil ou desprovido de interesse prático.

No sentido de procurar explicações para esse desinteresse Kempa & Nicholls (1983) demonstraram que o rendimento de um estudante está claramente relacionado com o grau de conexões entre conceitos que este é capaz de estabelecer. Não havendo, no trabalho experimental que se realiza, lugar para o estabelecimento dessas conexões, este não poderá contribuir para uma aprendizagem significativa.

Também com um objectivo idêntico Johnstone & Whan (1982) desenvolveram um estudo onde investigavam as razões que levam os alunos a ter problemas de aprendizagem quando fazem trabalho no laboratório de Química. As razões avançadas por estes autores estão relacionadas com a grande quantidade de informação que os alunos têm que processar quando estão no laboratório, o que causa uma sobrecarga da sua memória de trabalho. Segundo estes autores, este facto pode desencadear dificuldades e conseqüente desinteresse por parte dos alunos. Para além disso, pode ainda constituir motivo de desinteresse o facto de, muitas vezes, os alunos não estarem conscientes dos objectivos subjacentes à realização de determinado trabalho experimental, conforme mostram alguns estudos (Hart *et al.*, 2000).

Em suma, se por um lado, parece claro que o ensino da Química não tem colhido grandes benefícios do trabalho laboratorial, tal como tradicionalmente tem sido utilizado, por

outro lado é mais ou menos consensual a necessidade de uma componente laboratorial nesse ensino, até porque este parece desempenhar, apesar de tudo, um papel motivador junto dos alunos, em disciplinas básicas de Química (Figueiredo, Viana & Maia, 2001b).

Esta realidade, tem, nos últimos anos, gerado algum consenso em torno da necessidade de, como refere Almeida (1998), (re)avaliar e (re)valorizar o papel do TE no ensino das Ciências Experimentais, permitindo, dessa forma, que sejam alcançados muitos dos objectivos que desde sempre têm sido propostos para a sua utilização

Deverá então, num quadro como o que acabámos de descrever, o trabalho laboratorial assumir uma dimensão de verdadeiro trabalho experimental, permitindo alcançar os objectivos que desde sempre têm sido propostos para a sua utilização.

### **3.4 – O que se pode obter do trabalho experimental**

Aquilo que se pode obter do TE no ensino da Química depende em grande medida da capacidade de renovação no ensino das mesmas. Continuar a fazer um ensino em que os alunos guardam em compartimentos separados o que aprendem nas aulas teóricas, nas aulas práticas não-laboratoriais e nas aulas práticas laboratoriais, não faz, na nossa opinião, qualquer sentido, não favorece a aprendizagem, tornando-a difícil e desmotivante para os alunos.

Nesta linha de pensamento afirmam Gil Pérez *et al.*, (1999) que a separação que tradicionalmente é feita entre teoria, práticas de laboratório e problemas não faz qualquer

sentido, não tem qualquer paralelismo com o que se faz em ciência e pode, portanto, constituir um sério obstáculo, à renovação do ensino das mesmas.

O TE poderá constituir o ponto de convergência desses saberes e de onde pode emergir um ensino global e não compartimentado da Química.

Porque fazer trabalho experimental implica também aprender a teoria e resolver problemas, a sua realização poderá apresentar vantagens a vários níveis, em particular no ensino universitário, onde a complexidade do ensino de conceitos científicos justificaria, mais do que em qualquer outro contexto, o recurso a estratégias metodológicas diversificadas para estimular a aprendizagem pelos alunos. (Miguéns & Cáceres, 2001).

Na verdade, um dos aspectos que parecem mais problemáticos, relativamente à importância das aulas laboratoriais, é precisamente o da sua utilidade na aprendizagem de conceitos teóricos, já que, em geral, não se levantam dúvidas sobre a sua utilidade na aprendizagem de procedimentos científicos.

No que se segue veremos que, de entre as propostas que têm sido apresentadas para revalorizar o trabalho experimental, assume particular destaque aquela que o encara como uma actividade investigativa de resolução de problemas. Diversos trabalhos de investigação (Martínez Aznar & Ovejero Morcillo, 1997; García García, 2000) sobre a implementação de uma metodologia baseada nesse modelo, apresentam resultados bastante positivos no que respeita às aprendizagens dos conteúdos científicos e das metodologias próprias da ciência.

A resolução de problemas assim entendida é uma das formas de aprender, uma estratégia de ensino e não um simples exercício de aplicação de uma teoria (Gil & Martínez Torregrosa, 1983). Estes autores defendem a conversão dos problemas habituais em problemas abertos que exijam uma análise qualitativa das situações.

Segundo Gil & Payá (1988) e Payá (1991) citados por Furió, Iturbe & Reyes (1995), a resolução de problemas como actividade de investigação pode estender-se ao desenho e realização de trabalhos práticos de Química assim como ao resto do ensino, considerado, no seu conjunto, como um tratamento de situações problemáticas abertas.

#### **3.4.1 – O trabalho experimental enquanto actividade investigativa de resolução de problemas**

Do que acabámos de expor resulta que o trabalho experimental capaz de corresponder aos objectivos para ele propostos deve reflectir as características do trabalho científico, assumindo, portanto, a dimensão de uma actividade investigativa orientada para a resolução de problemas.

A principal diferença entre a abordagem tradicional do Trabalho laboratorial e o Trabalho experimental de natureza investigativa é o grau de envolvimento dos alunos na compreensão “*do fazer*” (Watson & Fairbrother, 1993), isto é, na reflexão sobre os processos em que estão envolvidos.

Este tipo de abordagem ao Trabalho experimental apresenta marcadas influências da teoria construtivista (Shiland, 1999; Cardellini, 2001; Janiuk, 2001). Essas influências podem identificar-se num conjunto de pressupostos epistemológicos apresentados por Almeida (2001) e nos quais assenta esta reconceptualização do TE:

- 1- *as observações científicas, como todos os processos científicos, não ocorrem num vazio conceptual; são condicionados e estão impregnados de teoria desde a observação à elaboração de hipóteses e de conclusões até à selecção do equipamento e experimentação a realizar e, como tal, é o conhecimento conceptual que guia os processos científicos e não, simplesmente, o resultado da sua utilização;*
- 2- *o processo de conhecimento desenvolve-se sobretudo a partir de problemas e da sua resolução e não, apenas, por processos de indução a partir de dados de observação e experimentação;*
- 3- *não existe um método científico, único e universal, que permita aceder ao conhecimento do mundo, mas várias metodologias que dependem do problema a investigar e dos contextos de investigação;*
- 4- *há uma implicação inevitável do sujeito de investigação e dos seus pares no processo de produção do conhecimento.*

Admitindo estes pressupostos epistemológicos, esta autora, destaca como vertentes fundamentais desta reconceptualização a importância da teorização prévia e da exploração das ideias existentes, como percursos necessários do trabalho experimental; a importância de uma componente pessoal e social, através de um envolvimento efectivo do aluno, e da actividade cooperativa de aprendizagem, centrada no trabalho de grupo.

Segundo Gil Pérez & Valdés Castro (1996), para que o TL se possa considerar uma investigação, deve integrar alguns aspectos, que se sintetizam em dez pontos:

- 1- *Apresentar “situações problemáticas abertas” de dificuldade adequada (correspondente à zona de desenvolvimento potencial dos estudantes) de modo a que possam operacionalizá-las transformando assim essas situações problemáticas abertas em problemas precisos.*
- 2- *Favorecer a reflexão dos estudantes sobre a relevância e o possível interesse das situações propostas, encontrando um sentido para o seu estudo (considerando possíveis implicações CTS, etc.) de modo a evitar estudos descontextualizados e socialmente neutros.*
- 3- *Potenciar as análises qualitativas, significativas, que ajudem a compreender e a delimitar as situações apresentadas (à luz dos conhecimentos disponíveis, do interesse do problema, etc.); e a formular perguntas objectivas sobre o que se procura.*

- 4- *Propor a emissão de hipóteses como actividade central da investigação científica, susceptível de orientar o tratamento das situações e de tornar explícitas, de forma funcional, as ideias prévias dos alunos.*

*Insistir na necessidade de fundamentar as hipóteses formuladas e prestar atenção à actualização dos conhecimentos que constituam pré-requisitos para o estudo a efectuar.*

*Exigir uma cuidadosa operacionalização das hipóteses, prestando a devida atenção ao controle das variáveis.*

- 5- *Valorizar a elaboração do desenho e a planificação da actividade experimental pelos próprios alunos.*

*Potenciar, sempre que possível, o recurso às novas tecnologias (computadores, electrónica, automatização...) favorecendo uma visão mais realista das actividades científica e técnica actuais.*

- 6- *Promover a análise detalhada dos resultados (sua interpretação física, fiabilidade, etc.) à luz do corpo de conhecimentos disponível, das hipóteses formuladas e dos resultados de “outros investigadores” (outros grupos de alunos).*

*Favorecer, face aos resultados obtidos, as necessárias revisões dos desenhos, das hipóteses ou, inclusivamente, da formulação do problema. Prestar particular*

*atenção aos conflitos entre os resultados e as concepções iniciais, facilitando assim, de uma forma funcional, as mudanças conceptuais.*

- 7- *Propor outras perspectivas possíveis para o estudo (reformulação do estudo com outro nível de complexidade, problemas derivados, etc.) e contemplar, em particular, as implicações CTS do estudo realizado (possíveis aplicações, repercussões negativas, etc.).*
  
- 8- *Pedir um esforço de integração que considere a contribuição do estudo realizado para a construção de um corpo coerente de conhecimentos, assim como as possíveis implicações noutros campos do conhecimento.*
  
- 9- *Conceder especial importância à elaboração de memórias científicas que sejam o reflexo do trabalho realizado e possam servir de base para realçar o papel da comunicação e do debate na actividade científica.*
  
- 10- *Potenciar a dimensão colectiva do trabalho científico organizando equipas de trabalho e facilitando a interacção entre cada equipa e a comunidade científica (representada na aula pelos restantes grupos), o corpo de conhecimentos já construído (recolhido nos textos), o professor como perito, etc.*

*Fazer ver, em particular, que os resultados de uma só pessoa ou de uma só equipa não bastam para verificar ou falsear uma hipótese e que o corpo de*

*conhecimentos constitui a cristalização do trabalho realizado pela comunidade científica e a expressão do consenso alcançado num determinado momento.*

Os autores referem, no entanto, que estes pontos não constituem nenhum algoritmo nem nenhuma tentativa de moldar a actividade científica num conjunto de passos ou etapas, mas sim uma forma de realçar a riqueza do trabalho científico.

Também Hodson (1992a, 1992b) refere uma série de pré-requisitos que têm de ser satisfeitos de modo a que os alunos possam desenvolver satisfatoriamente um percurso investigativo:

- 1- algum conhecimento de partida que lhes permita compreender os objectivos em jogo;*
- 2- algumas capacidades laboratoriais e técnicas básicas que os auxiliem na realização de determinadas operações laboratoriais;*
- 3- o que designa por “intuição experimental” (experimental flair)<sup>5</sup>;*
- 4- componentes de ordem afectiva que envolvem a confiança, empenho e determinação.*

Orientado desta forma, o TE vai de encontro aos objectivos gerais do ensino das ciências que se situam ao nível da compreensão do que é a ciência, e os métodos científicos, do desenvolvimento da capacidade de compreensão e aplicação da ciência. Os professores devem assumir a responsabilidade de não fornecer apenas os conhecimentos mas também de

---

<sup>5</sup> O próprio autor reconhece a dificuldade em definir este conceito mas refere que é algo que está para além da capacidade de planear e realizar um plano experimental de forma organizada e adequada com vista a atingir determinados fins.

desenvolver nos alunos as competências necessárias. Para o fazer devem utilizar-se novas estratégias, organizando o ensino e aprendizagem das ciências através de investigações. Os métodos experimentais investigativos, não só promovem uma aprendizagem activa, como também tornam o ensino mais interessante (Hugerat, Zidani & Kurtam, 2003), mais motivador (Kharas, 1997), capaz de promover a mudança conceptual (Varela Nieto & Martínez Aznar, 1997) e de interligar várias disciplinas (Belt *et al.*, 2002).

Entendido desta forma o trabalho experimental, pode ainda proporcionar situações de debate e de confronto de ideias e saberes conceptuais e processuais, ao nível da compreensão do problema de partida, ao nível da concepção do plano experimental, bem como da execução do plano e avaliação do processo. O TE não se restringe, assim, à experimentação e observação mas envolve a verbalização e discussão de ideias, a conjecturação, a reflexão e avaliação crítica do trabalho desenvolvido e a resolução de problemas abertos. Deste modo, poderá contribuir para a criação de situações de aprendizagem significativa, adaptáveis aos diversos níveis etários e aos diversos níveis de ensino.

Segundo Gott & Duggan (1995) as investigações podem ser encaradas como o ponto de convergência entre a compreensão de procedimentos e a compreensão de conceitos que, uma vez conjugados, permitem o desenvolvimento dos processos cognitivos conducentes à resolução de problemas, como se verifica pela análise dos diagramas representados nas Figuras 3.1 e 3.2. No diagrama da Figura 3.1 procuram enquadrar-se experiências exploratórias e investigações com os principais objectivos destas actividades, enquanto que na Figura 3.2 está representado um modelo para a ciência, proposto por estes autores.

Como se pode depreender da análise deste modelo, a compreensão dos procedimentos e estratégias de investigação científica andam, assim, de mão dada e a par da compreensão dos conceitos científicos associados a uma investigação particular.

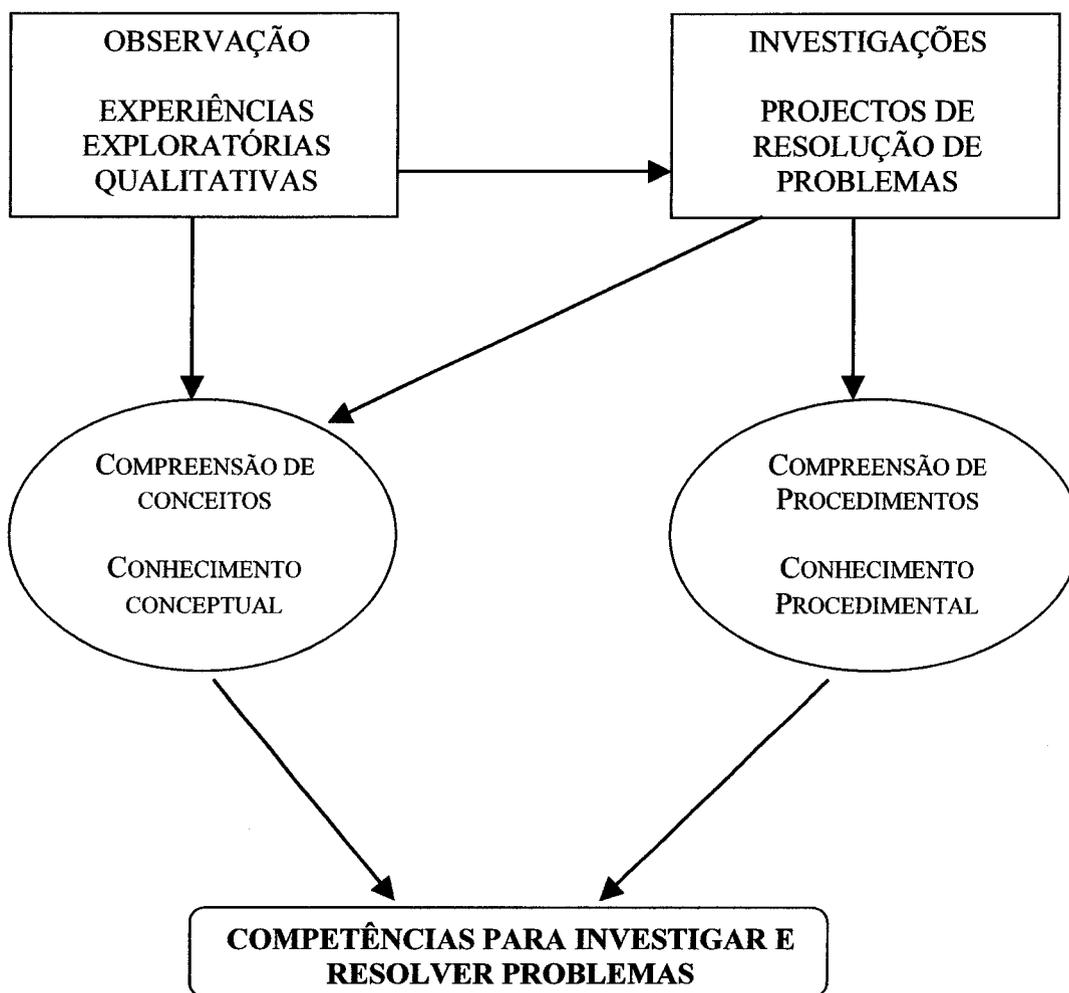


Figura 3.1- Actividades e objectivos das práticas (Gott & Duggan, 1995)

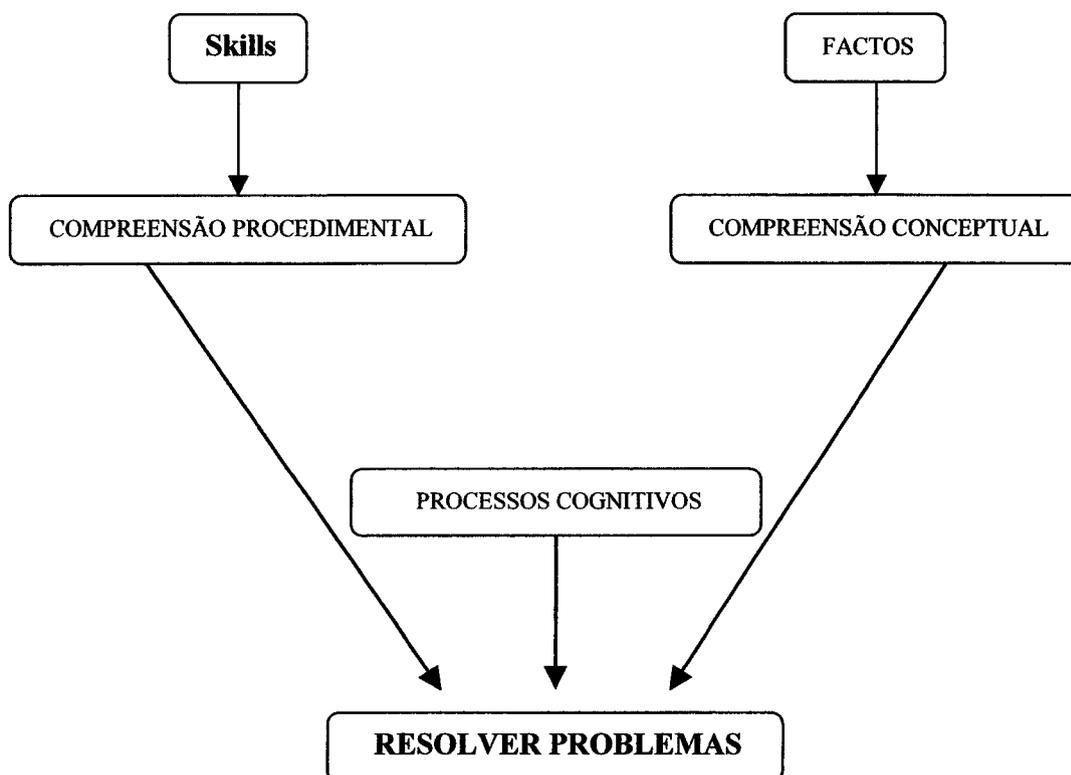


Figura 3.2- Um modelo para a Ciência (Gott & Duggan, 1995)

Outro aspecto que temos de considerar é o de saber que características devem ter os problemas propostos nas aulas laboratoriais para promoverem o desenvolvimento da cultura científica? Segundo Roth & Roychoudhury (1993) a aprendizagem é mais efectiva e os alunos desenvolvem destrezas (*skills*) de mais alto nível, levando a cabo experiências em contextos denominados autênticos, quer dizer, próximos do mundo real. Os trabalhos autênticos são aqueles que se situam num contexto próximo do aluno, são credíveis e cuja solução, não estando definida à partida, pode não ser única (Reigosa Castro & Jiménez Aleixandre, 2000 Overton, 2001). Muitas das dificuldades sentidas na resolução deste tipo de problemas tem a ver com o facto de os próprios alunos não estarem habituados a fazer trabalhos com estas

características e encararem as aulas laboratoriais como uma actividade na qual se segue um conjunto fechado de procedimentos correctos fornecidos pelo professor.

Contudo, a participação dos alunos em actividades de natureza holística e investigativa, é uma oportunidade para se envolverem na resolução de problemas abertos, para pesquisarem, estudarem um problema em profundidade e trabalharem soluções possíveis. Nestas actividades, os alunos podem reconhecer o problema como seu, como um problema real, escolher os recursos, desenhar estratégias, recolher dados, aplicar conhecimentos, interpretar resultados, avaliar a evidência e comunicar resultados e conclusões. No decurso dessas actividades os alunos usam métodos e processos e aprendem acerca deles. Resolvem problemas seguindo os seus interesses e as suas iniciativas. As investigações revelam-se, portanto, oportunidades para os alunos trabalharem a partir das suas concepções, significativas e funcionais, envolvendo-se pessoalmente na construção do conhecimento dos conteúdos científicos que lhes estão relacionados, bem como na discussão acerca das próprias investigações e dos procedimentos que escolhem para as levar a cabo.

Além disso, as investigações dão oportunidade de trabalho prático variado, são actividades práticas imaginativas e criativas, constituem-se como desafios e perplexidades a resolver, permitem uma abordagem global, não fragmentada nem atomística e evitam a “resposta certa” e a “descoberta do inevitável” (Miguéns e Garret, 1991). Como já dissemos, este tipo de abordagem pressupõe que o TE seja encarado, não como um processo linear, mas sim como uma actividade de natureza investigativa cujo processo envolve uma pluralidade de métodos e de explicações em que a criação, a invenção, a incerteza, o erro, a autocrítica, a heterocrítica, a argumentação e a discussão desempenham papéis importantes e decisivos.

A formulação dos trabalhos práticos laboratoriais como problemas e a sua resolução através de actividades investigativas pode assumir diferentes graus de abertura e situar-se em diversas categorias. Para definir essas categorias podemos recorrer ao modelo cíclico de actividades investigativas para a resolução de problemas (Kempa, 1986a).

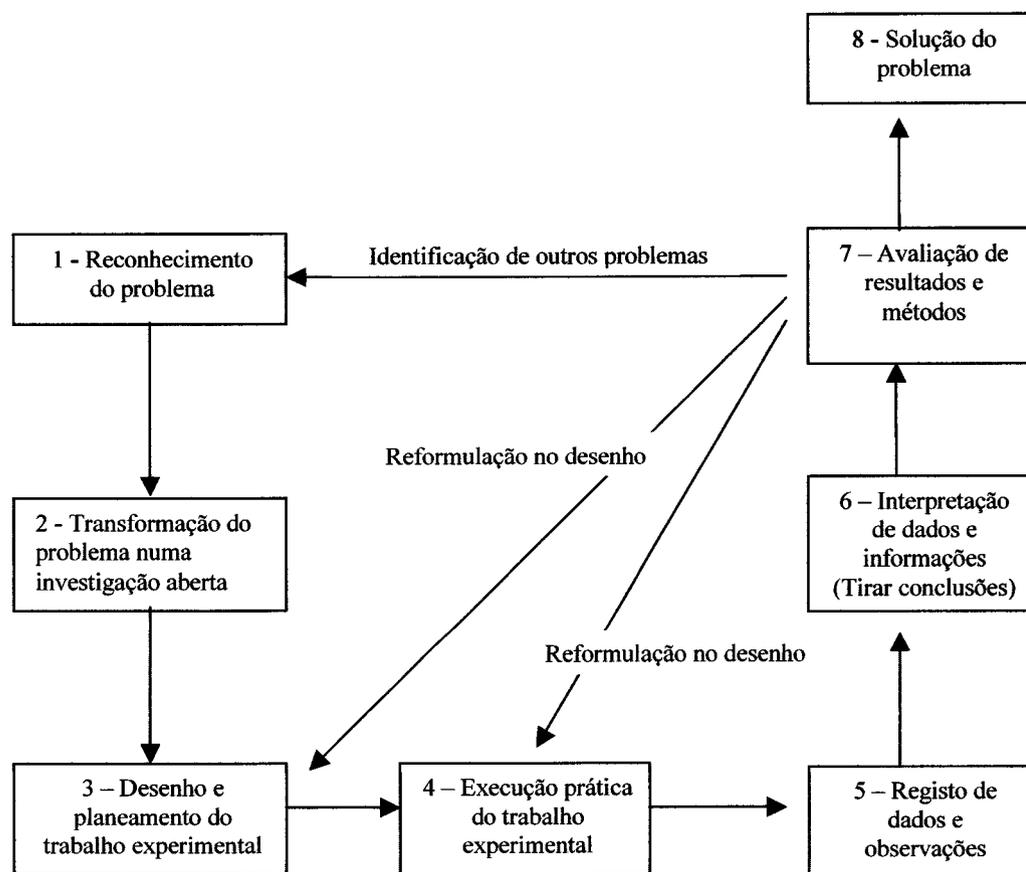


Figura 3.3 – Modelo de resolução de problemas em actividades de natureza investigativa (Kempa, 1986a)

Este modelo, representado na Figura 3.3, foi já, em alguns aspectos, apresentado e discutido por outros autores como Caamãno (1992) e Kirchner (1992) e tem sido usado para analisar o desempenho dos alunos em actividades de investigação.

A resolução de problemas no laboratório consiste no desenvolvimento de actividades que podem ser representadas por partes do ciclo de resolução de problemas. O número e o tipo de partes relevantes podem variar, podendo, por isso, distinguir-se diferentes categorias de trabalho experimental de acordo com o Quadro 3.1. A distinção entre as diferentes categorias pode basear-se nos “graus de liberdade” de que os alunos podem dispor quando estão envolvidos na sua realização (Pella, 1961).

**Quadro 3.1 – Categorias de Trabalho Experimental baseado na resolução de problemas (Pella, 1961).**

FASES DO PROCEDIMENTO	CATEGORIAS DE PROBLEMAS PRÁTICOS					
	I	II	III	IV	V	VI
Formulação do problema	P	P	P	P	P	A
Formulação de hipóteses	P	P	P	P	A	A
Planificação	P	P	P	A	A	A
Realização	P	P	A	A	A	A
Registo de dados e observações	P	A	A	A	A	A
Tirar conclusões	A	A	A	A	A	A

**P – Realizada pelo professor**

**A – Realizada pelo aluno**

Como se pode verificar cada uma das categorias implica sucessivamente o envolvimento em mais fases do desenvolvimento do trabalho, que podem ir desde a simples análise de resultados na categoria I até à formulação do problema na categoria VI.

A sequência das seis categorias de problemas práticos descritas reflecte duas tendências que estão interligadas. Em primeiro lugar, a oportunidade para que os alunos

participem activamente na resolução prática dos problemas com crescente liberdade nessa realização. Em segundo lugar, a possibilidade de uma diversidade, cada vez maior, das soluções obtidas. Por este motivo, as últimas categorias de problemas práticos exigem ambientes de aprendizagem próprios das investigações abertas. Como sugerem Hunter, McCosh & Hilkins (2001) o grau de abertura com que são propostos os problemas práticos deve ser progressivamente maior, à medida que os alunos estão mais habituados a este tipo de trabalho.

Na situação actual, o trabalho experimental, que predomina no ensino superior da Química, pode situar-se nas três primeiras categorias, onde a participação do aluno está restringida à obtenção de conclusões, ao registo de dados e à realização. Contudo, tem havido, nos últimos anos, como já anteriormente referimos, um interesse crescente na revalorização do trabalho experimental, acompanhado de algum consenso em torno da sua orientação como actividade investigativa. Essa tendência, tem originado um interesse crescente nos problemas práticos pertencentes às três últimas categorias, isto é, nos problemas práticos em que os alunos se envolvem também na planificação do trabalho, na formulação de hipóteses, ou até na formulação do problema.

Para que os resultados obtidos com este tipo de abordagem ao TE possam corresponder às expectativas de professores e alunos, é necessário que estes tenham já tido, em níveis de ensino anteriores, oportunidade de realizar actividades com outras características, como sejam os “*exercícios práticos*” e “*experiências*” tal como são definidos por Woulough & Alsop (1985). Os exercícios práticos enquanto actividades práticas de manipulação, observação e medição, estruturados com o propósito de desenvolver

capacidades práticas e técnicas básicas, ferramentas essenciais para que os alunos se possam envolver em investigações experimentais; as experiências, enquanto actividades ilustrativas e exploratórias orientadas para estimular a discussão e a aprendizagem dos conceitos.

Este tipo de abordagem ao TE tem sido implementada em alguns trabalhos de investigação no âmbito do ensino da Química Geral a alunos do 1º ano do Ensino Superior (Cárdenas & Montealegre, 2001; Heppert *et al.*, 2002; Goedhart & Dierikx, 2001; Figueiredo, Viana & Maia, 2001a, s.d.).

Os resultados obtidos têm mostrado as vantagens deste modelo no que se refere ao desenvolvimento de atitudes positivas face à aprendizagem das ciências, à aprendizagem significativa de conteúdos específicos e ao desenvolvimento das capacidades de análise e de síntese (Figueiredo, Viana & Maia, 2001a, s.d.; Salcedo Torres & García García, 1997). Watson (1994) concluiu, num estudo de caso sobre a utilização do mesmo tipo de abordagem do TE, que o factor que mais influenciou o sucesso da experiência foi o grau de envolvimento dos alunos na resolução do problema e a sua capacidade de o entenderem de uma forma holística.

Como qualquer tipo de abordagem, esta não é isenta de alguns aspectos menos positivos e que, por isso, merecem alguma atenção. De Jong aponta alguns desses aspectos (De Jong, 1998):

- escassa integração entre a teoria e a prática;
- falta de tempo;
- avaliação difícil;

- excessivo grau de abertura;
- participação desigual dos alunos;
- organização da aula complexa;
- alteração de papéis para professores e alunos.
- 

### **3.4.2 – Importância das sessões pré e pós-laboratoriais**

Uma actividade de natureza investigativa com as características que acabámos de descrever inclui, como referimos, uma fase de pesquisa e planeamento de grande importância. Uma fase que corresponde àquilo que Johnstone (2001) chama trabalho pré-laboratorial (*Pre-Laboratory work*). É, na verdade, aí, que tudo se joga. É nessa fase que o aluno tem oportunidade de estabelecer ligações entre os conhecimentos que já possui e a actividade que vai realizar, que tem oportunidade de pesquisar outros assuntos que estejam com ela interligados, de trocar ideias com os outros alunos ou com o professor, e até de se motivar para a sua realização.

O trabalho experimental é muito mais do que experimentação e observação. Envolve a especulação teórica, o debate e confrontação de ideias na construção de um quadro teórico que determinará toda a actividade. Nessa medida torna-se de facto imprescindível a existência destas sessões pré-laboratoriais.

Mesmo que a opção metodológica seja diferente e os trabalhos práticos laboratoriais assumam características tradicionais, a existência de sessões pré-laboratoriais assume, ainda assim, uma enorme importância (Byers, 2001a; Carnduff, 2001).

Mesmo que seja seguida uma abordagem tradicional, fazer uma preparação prévia dos alunos antes de eles irem para o laboratório, parece ter um efeito positivo quer na compreensão do trabalho que realizam, quer na própria motivação (Mazlo *et al.*, 2002). Essa preparação possibilita a verificação dos conhecimentos existentes, a verificação de que compreenderam o que vão fazer através das instruções fornecidas, o ensaio dos cálculos ou do registo e apresentação de resultados.

Se é incontestável a importância das sessões pré-laboratoriais, não é menos verdade que nenhum trabalho experimental está verdadeiramente concluído sem que sobre ele seja feita uma reflexão e análise. É neste tipo de sessões, que designaremos de pós-laboratoriais, que se faz o confronto dos resultados obtidos pelos vários grupos de alunos e também com o corpo de conhecimentos científicos, através de um processo que Gil Pérez, denomina *avaliação*. (Gil Pérez, 1992 citado por Almeida, 2001). Embora essa avaliação se vá fazendo ao longo de todo o percurso investigativo, é, sobretudo neste espaço que é dado lugar ao “*pensar sobre o que se fez*”, complemento importante do “*pensar para fazer*”.

## Capítulo 4

# **METODOLOGIA**





## 4 – METODOLOGIA

Um trabalho de investigação, independentemente da área em que se insere, envolve sempre a escolha de um percurso a fazer. A investigação no domínio do Ensino da Química não é diferente. Também aqui é necessário fazer opções a nível metodológico, necessariamente condicionadas pelo tipo de projecto que pretendemos realizar.

A Educação em Química (*Chemical Education*), no que se refere ao seu ensino, é hoje reconhecida, em muitas Universidades, como uma divisão da Química, a par de outras como a Química Orgânica, a Química Inorgânica, a Química Analítica, a Química-Física, etc. (Metz, 1994; Jones *et al.*, 1994).

A investigação nessa área (*Chemical Education Research*), tem, contudo, características e métodos próprios e diferentes dos que são usados na investigação noutra qualquer domínio desta Ciência (*Chemical Research*).

Como já referimos, este trabalho pretende ser, em primeiro lugar, um contributo para o Ensino da Química e, nessa medida, inclui o desenho de uma intervenção experimental a concretizar nas aulas, em interacção directa com os alunos. Dele faz parte o acto de aprender e o de ensinar Química e, dessa forma, a sua componente experimental assume-se como uma proposta metodológica para promover essa aprendizagem.



Por outro lado, se a intervenção experimental foi implementada com determinados objectivos, tentando obter informações sobre eventuais vantagens ou desvantagens educativas, do tipo de metodologia utilizada, sobre as atitudes e competências que através dela se podem desenvolver, o desenho da investigação contempla necessariamente uma etapa importante de recolha de dados relativos à sua avaliação.

Toda a investigação que incidiu sobre a intervenção experimental foi feita com o recurso a métodos próprios da investigação educacional, o que justifica alguma reflexão sobre as razões que levaram à escolha dos mesmos.

#### **4.1 – Fundamentos metodológicos**

A investigação educacional recorreu, desde sempre, a métodos empíricos de observação e avaliação, associados, posteriormente, a análises estatísticas, o que, de alguma forma, a foi pondo a par das metodologias usadas nas ciências físico-naturais e lhe conferiu algum do rigor e da precisão característicos das ciências matemáticas. A quantificação, a fidelidade, a suposta objectividade e a possibilidade de formulação de leis generalizáveis, eram atributos considerados essenciais neste tipo de investigação. No final da década de setenta, começou a desenvolver-se e a ganhar adeptos um outro tipo de investigação de natureza qualitativa assente num paradigma diferente daquele em que se apoiavam os métodos de natureza quantitativa.

Reichardt & Cook, (1986) sistematizaram as características dos paradigmas quantitativo e qualitativo como está representado no Quadro 4.1

Nas últimas décadas têm sido objecto de discussão não só as vantagens e inconvenientes relativos à adequada utilização de métodos quantitativos e de métodos qualitativos em investigação educacional, como tem sido encarada a possibilidade de utilizar uma articulação de ambos.

**Quadro 4.1- Características dos Paradigmas Qualitativo e Quantitativo (Reichardt & Cook, 1986)**

<b>Paradigma Qualitativo</b>	<b>Paradigma Quantitativo</b>
Advoga o emprego dos métodos qualitativos.	Advoga o emprego dos métodos quantitativos.
Fenomenologismo e <i>verstehen</i> (compreensão) “interessado em compreender a conduta humana a partir dos próprios pontos de vista daquele que actua”.	Positivismo lógico “procura as causas dos fenómenos sociais, prestando escassa atenção aos aspectos subjectivos dos indivíduos”.
Observação naturalista e sem controlo.	Medição rigorosa e controlada.
Subjectivo.	Objectivo.
Próximo dos dados; perspectiva “a partir de dentro”.	À margem dos dados; perspectiva “a partir de fora”.
Fundamentado na realidade, orientado para a descoberta, exploratório, expansionista, descritivo e indutivo.	Não fundamentado na realidade, orientado para a comprovação, confirmatório, reducionista, inferencial e hipotético-dedutivo.
Orientado para o processo.	Orientado para o resultado.
Válido: dados “reais”, “ricos” e “profundos.	Fiável: dados “sólidos” e repetíveis.
Não generalizável: estudos de casos isolados.	Generalizável: estudos de casos múltiplos.
Holístico.	Particularista.
Assume uma realidade dinâmica.	Assume uma realidade estável.

Segundo Carmo & Ferreira (1998) a utilização de métodos quantitativos está essencialmente ligada à investigação experimental ou *quasi-experimental* o que pressupõe a observação de fenómenos, a formulação de hipóteses explicativas desses mesmos fenómenos, o controlo de variáveis, a selecção, aleatória ou não, dos sujeitos de investigação (amostragem), a verificação ou rejeição das hipóteses mediante uma recolha rigorosa de dados, posteriormente sujeitos a uma análise estatística e a uma utilização de modelos matemáticos para testar essas mesmas hipóteses. O objectivo é a generalização dos resultados a uma determinada população em estudo a partir da amostra, o estabelecimento de relações de causa-efeito e a previsão dos fenómenos.

Acontece porém, que grande parte dos fenómenos de interesse para a pesquisa educacional não são directamente observáveis; como as intenções, sentimentos e atitudes, ou os fenómenos de grupo e das organizações (Borg & Gall, 1989). Estas limitações, determinadas pela própria natureza dos fenómenos estudados estão presentes de forma bastante significativa na investigação educacional, dada a natureza, muitas vezes subjectiva e não quantificável, das situações de ensino-aprendizagem relativamente às quais se pretende recolher informação.

Quanto aos métodos qualitativos apresentam um conjunto de características que os diferenciam dos quantitativos. Assim, ao utilizar estes métodos, o investigador não procura a informação para verificar hipóteses, mas tende a analisá-la de uma forma “indutiva”, tendo em conta a realidade global. Ao recolher a informação o investigador interage com os sujeitos, interessando-se mais pelo processo de investigação do que unicamente pelos resultados ou os produtos que dela decorrem (Carmo & Ferreira, 1998).

Em síntese, poderemos dizer que as abordagens quantitativa e qualitativa não têm o mesmo campo de acção. A primeira, baseada na recolha de dados essencialmente quantitativos, aos quais se aplica um tratamento estatístico, é mais objectiva, mais fiel, mais exacta e mais rígida, visto que a observação é melhor controlada. A segunda é, por sua vez, mais subjectiva, correspondendo a um procedimento mais intuitivo, mas, ao mesmo tempo, é mais flexível no seu funcionamento e mais adaptável a situações imprevistas ou à evolução das hipóteses (Bardin, 1994).

Embora alguns autores ponham em evidência as dificuldades resultantes da utilização numa mesma investigação dos dois métodos, outros têm defendido que um investigador não é obrigado a optar pelo uso exclusivo de métodos quantitativos ou qualitativos e se a investigação o exigir poderá combinar a sua utilização (Reichardt & Cook, 1986). Outros autores como, por exemplo, Denzin (1978); Cronbach *et al.* (1980); Miles & Huberman (1984) e Patton, (1990), todos citados por Carmo & Ferreira (1998) também defendem o uso conjunto dos dois métodos.

Actualmente, parece, aliás, existir um certo consenso em torno da utilização conjunta dos dois tipos de metodologias. A comunidade científica que se dedica à pesquisa educacional parece ter reconhecido que não tem de haver necessariamente conflitos ou rupturas entre a investigação de natureza objectivo-quantitativa e a investigação de natureza subjectivo-qualitativa (Branen, 1994). Nada impede que na análise das interacções educativas se utilizem, complementarmente, os procedimentos típicos das metodologias de natureza quantitativa e os que se integram nas metodologias ditas qualitativas, pois, como referem Bogdan & Biklen (1994), todos os métodos de investigação têm as suas forças e as suas limitações.

A excessiva confiança depositada no investigador como instrumento de investigação, é, segundo alguns autores, uma das maiores fraquezas da abordagem qualitativa, pois existe sempre a possibilidade de as suas próprias perspectivas poderem influenciar os dados resultantes da pesquisa. Outros autores, porém, consideram ser este um dos seus aspectos mais positivos, pois em nenhum outro tipo de investigação, o processo de fazer o estudo e as pessoas que o fazem são, de forma tão consciente, considerados e estudados como parte da pesquisa (Bogdan & Biklen, 1994; Moreira, 1994).

Também nós, de acordo com os pressupostos metodológicos que acabámos de referir, e dada a natureza da presente investigação, optámos pela articulação e a complementaridade entre métodos de natureza quantitativa e qualitativa, conforme desenvolveremos mais adiante.

Os objectivos que nortearam este projecto de investigação conferiram-lhe, sobretudo, um carácter interventivo. Desse modo, a procura de uma avaliação tão completa quanto possível dessa intervenção, determinou, sobretudo, o recurso a instrumentos de recolha de informação de natureza qualitativa. Paralelamente, a procura de informações mais rigorosas e objectivas fez-se a partir da aplicação de questionários cujos dados podem ser, de alguma forma, quantificados e analisados com recurso a uma análise estatística, embora elementar (Ghiglione & Matalon, 1992).

#### **4.2 – O plano geral da investigação**

Em qualquer projecto de investigação em Ensino da Química, assume particular importância a definição da questão ou questões que orientarão o estudo a realizar (Phelps, 1994). Essa(s) questão(ões), condiciona(m) todo o desenho da investigação, a selecção da

informação a obter e a escolha de métodos a utilizar na sua recolha. No caso particular do presente estudo condicionou, ainda, a estratégia seguida na intervenção experimental.

*“Poderá o trabalho experimental de Química, enquanto actividade investigativa de resolução de problemas, contribuir para melhorar a motivação, a aprendizagem, a atitude face à aprendizagem da Química e a formação científica dos alunos do 1º ano de cursos superiores Universitários?”*

Esta questão, já apresentada na introdução, esteve subjacente a toda esta investigação e determinou o seu planeamento e execução.

Optámos por operacionalizar esta questão em torno de cinco focos de investigação (Quadro 4.3):

- 1- Tipo de abordagem ao trabalho experimental;
- 2- Motivação;
- 3- Aprendizagem;
- 4- Utilidade, noutros contextos, das aprendizagens efectuadas;
- 5- Formação científica.

De acordo com os fundamentos teóricos apresentados e com os objectivos que presidiram à sua concepção, no presente trabalho procura-se encontrar respostas para a referida questão e, nessa medida, incide sobre a concepção, a implementação e a avaliação de uma abordagem diferente para o trabalho experimental no ensino da Química a alunos do 1º ano do Ensino Superior.

Uma vez delimitados o âmbito e os objectivos da investigação cabe ao investigador a decisão da escolha da amostra, isto é, do grupo de alunos que irão participar directamente na intervenção experimental. Ao fazer essa escolha, tivemos que fazer uma opção, entre diferentes hipóteses possíveis:

- escolha de um grupo aleatório de alunos dos vários cursos;
- escolha da totalidade dos alunos, de todos os cursos;
- escolha de apenas uma turma de alunos do mesmo curso;
- escolha de todos os alunos de um curso.

A primeira hipótese levantaria problemas práticos, difíceis de ultrapassar, uma vez que os alunos tinham já incluídas, no seu horário, as aulas práticas laboratoriais da disciplina em diferentes tempos, o que dificultaria a possibilidade de os reunir.

A segunda hipótese, que implicaria a disponibilidade de todos os docentes a leccionar as aulas laboratoriais, introduzia, para além disso, uma variável difícil de controlar: o professor.

A terceira hipótese levantava-nos o problema da reduzida dimensão da amostra, uma vez que o número máximo de alunos por turma é de quinze, o que considerávamos bastante reduzido.

Optámos, assim, pela última hipótese, ou seja, por realizar a nossa intervenção experimental junto de alunos de um curso, organizados em quatro turmas. Essas quatro turmas ficariam a nosso cargo, enquanto professora e investigadora.

De modo a podermos, com alguma legitimidade, fazer uma análise comparativa entre os percursos feitos por estes alunos e pelos restantes que seguiram o tipo habitual de aulas laboratoriais, tivemos necessidade de escolher um outro grupo de alunos como grupo de controlo. Também neste caso haveria que escolher uma entre as hipóteses possíveis:

- escolha de todos os alunos de um curso;
- escolha de um grupo aleatório de alunos de vários cursos;
- escolha de todos os alunos dos restantes cursos;
- escolha de apenas uma turma de alunos do mesmo curso.

Optámos pela primeira hipótese de modo a ser possível garantir que a dimensão dos dois grupos fosse idêntica e que o grupo de controlo apresentasse características semelhantes às do grupo experimental (Cf. 4.5).

Assim, para levar a cabo esta investigação, foram escolhidos dois grupos de alunos (dois dos oito cursos com Química I no semestre ímpar de cada ano lectivo), um como grupo experimental em que seria efectuada a intervenção experimental, e o outro como grupo de controlo, para o qual as aulas laboratoriais decorreriam da forma habitual seguindo uma metodologia tradicional.

A investigação decorreu em dois semestres lectivos (em dois anos lectivos consecutivos, respectivamente em 1998/1999 e 1999/2000). A repetição da nossa intervenção experimental em dois anos lectivos possibilitou-nos, por um lado, estender o nosso estudo a uma maior população e, por outro lado, obter resultados relativos a diferentes grupos de alunos. Salvaguardámos desse modo a possibilidade de uma análise desses resultados feita

separadamente ou em conjunto, consoante se verificasse ou não a existência de diferenças nos mesmos.

Do ponto de vista metodológico esta investigação poderá considerar-se uma investigação do tipo *quasi-experimental* com grupo de controlo não equivalente, uma vez que a escolha dos grupos de alunos não foi feita de forma aleatória como deverá acontecer nas investigações experimentais (Cook & Campbell, 1979; Cohen & Manion, 1994; Carmo & Ferreira, 1998; Borg & Gall, 1989; Ryan & Hess, 1991)

A caracterização inicial dos dois grupos de alunos foi feita com o recurso à aplicação de um questionário que incluía um teste diagnóstico (Q/T). Far-se-á mais adiante uma descrição pormenorizada do instrumento que foi por nós construído com esse objectivo.

A restante informação foi obtida ao longo de todo o estudo em diferentes momentos, conforme será descrito mais adiante, com o objectivo de obter dados que nos permitissem fazer uma avaliação da nossa intervenção, e conseqüentemente obter algumas respostas relativas à questão que tínhamos formulado à partida.

Estamos conscientes de que este tipo de investigação poderá apresentar alguns problemas de validade, quer interna quer externa, limitando as conclusões que poderemos tirar e as generalizações que será lícito fazer. No entanto, pensamos que, ainda assim, poderá trazer enormes benefícios para os alunos e contribuir para clarificar o problema em causa.

Enquanto professora dos alunos do grupo experimental, participante directo na intervenção experimental, assumimo-nos como parte integrante do presente estudo,

salvaguardando desde já a impossibilidade de controlar completamente essa variável que é a influência do professor em toda a realidade educativa. No caso concreto desta investigação, o facto de participarmos directamente no estudo, pode constituir um problema a ter em conta, porque a variável professor tem, sem dúvida, importância na situação real da aula, mas poderá também trazer benefícios em termos de informação sobre o desenrolar das situações concretas de aprendizagem.

### **4.3 – O contexto da investigação**

A presente investigação, que preferimos desde o início encarar como uma caminhada que fizemos lado a lado com alunos e colegas, decorreu num tempo e num espaço que interessa agora caracterizar. Estamos conscientes de que este tipo de experiências é único e que o contributo que eventualmente possam dar para melhorar o Ensino e a Aprendizagem da Química será sobretudo testemunhado por aqueles que as viveram e com elas tiveram oportunidade de crescer enquanto estudantes e professores.

#### **4.3.1 – A instituição**

A Universidade de Évora foi a Instituição que escolhemos para levar a cabo a presente investigação. Esta escolha, condicionada, em primeiro lugar, pelo facto de termos optado por uma investigação que se restringisse ao Ensino Superior, foi também determinada por outras circunstâncias que importa referir:

- o facto de exercermos nesta Universidade a nossa actividade docente;

- o facto desta investigação estar integrada num projecto multidisciplinar que envolveu simultaneamente docentes dos Departamentos de Química e Ciências da Educação desta Universidade;
- o desejo de melhorar os resultados obtidos na disciplina em que temos exercido a nossa actividade docente nos últimos anos;
- poder o nosso trabalho eventualmente contribuir, ainda que modestamente, para a melhoria do Ensino e da Aprendizagem da Química na nossa Universidade.

A Universidade de Évora, autêntico motor de desenvolvimento da região Alentejo, tem procurado cumprir essa função através da criação de cursos que venham ao encontro das necessidades de quadros técnicos nesta zona do País ainda algo carenciada. Exemplo disso são as Licenciaturas em Engenharia Zootécnica, Engenharia Agrícola, Engenharia de Recursos Hídricos e Engenharia de Recursos Geológicos.

#### **4.3.2 – A disciplina**

Também a escolha da disciplina de Química I para implementar o nosso estudo e concretizar a nossa intervenção foi determinada por várias razões que a seguir explicitamos:

- o facto de ser nesta disciplina que nos últimos anos temos desenvolvido a nossa actividade docente.
- o gosto pelo ensino da Química, nomeadamente na sua vertente experimental;
- a convicção de que o trabalho experimental pode desempenhar um papel importante na formação do estudante Universitário;

- o interesse e a disponibilidade do professor responsável pela disciplina ( Prof. Doutor António Neto Vaz) que, desde o primeiro momento, incentivou e colaborou no nosso estudo;
- o facto de existir uma equipa docente que, desde o primeiro momento, se mostrou disposta a colaborar connosco neste estudo;
- a constatação de que, apesar de todos os esforços da equipa docente, a taxa de sucesso na disciplina, em particular em alguns cursos, tinha vindo, nos últimos anos a revelar-se muito baixa;
- o elevado número de cursos e alunos que, em cada ano, frequentam as aulas laboratoriais da disciplina; o que permitiria à partida a recolha de um volume considerável de resultados;
- o facto de esta ser uma disciplina de formação de base, incluída nos planos de estudos de vários cursos, que não sendo de Química, se enquadram em áreas científicas muito diversificadas.

A disciplina de Química I assume-se como uma disciplina de formação básica nos *currícula* de nove dos cursos da Universidade de Évora<sup>6</sup>

Como se pode verificar através do programa da disciplina, onde estão apresentados os conteúdos programáticos (**Anexo I**), nota-se a preocupação de abranger um leque variado de conhecimentos básicos, considerados necessários ao prosseguimento dos cursos. Nalguns cursos estes conhecimentos serão aprofundados noutras disciplinas de Química que integram o respectivo *currículum*. Existem no entanto outros cursos em que, por ser esta a única disciplina da área da Química, ela deve dar aos alunos a formação em Química que servirá de

---

<sup>6</sup> Informação relativa aos dois anos em que decorreu o presente trabalho (1998/1999 e 1999/2000).

alicerce para outras disciplinas da área científica do curso, consolidando simultaneamente a educação em química que qualquer licenciado deve ter, enquanto membro integrante de uma Sociedade que se quer interventiva e participada a todos os níveis.

Em termos de organização lectiva, a disciplina está desdobrada em três componentes que se articulam de forma complementar:

- aulas teóricas (asseguradas pelo docente responsável pela disciplina);
- aulas práticas não laboratoriais (asseguradas pelos(as) assistentes);
- aulas práticas laboratoriais (asseguradas pelos(as) assistentes).

Enquanto que nas primeiras são abordados os assuntos de um ponto de vista teórico, nas aulas práticas não laboratoriais resolvem-se problemas de “*lápiz e papel*”, essencialmente de tipo quantitativo, cujo objectivo é conferir ao aluno alguma destreza na resolução de exercícios relativos às matérias leccionadas nas aulas teóricas.

As aulas práticas laboratoriais são tradicionalmente destinadas à execução, no laboratório, de trabalhos práticos pelos alunos, mediante o fornecimento do respectivo protocolo experimental com instruções pormenorizadas sobre as operações que o aluno deve executar. Estes trabalhos são normalmente ilustrações de técnicas ou teorias abordadas nas aulas teóricas. (Cf. Anexo I)

A carga horária da disciplina é de 7 horas semanais repartidas do seguinte modo:

- aulas teóricas: 3 horas;
- aulas práticas não laboratoriais: 2 horas;
- aulas práticas laboratoriais: 2 horas.

No que diz respeito à avaliação ela é o resultado de duas componentes:

- uma componente teórica, que é obtida através dos resultados das provas escritas de avaliação, sejam elas as duas frequências ou o exame final. Esta componente engloba conjuntamente a avaliação correspondente às aulas teóricas e práticas não laboratoriais;
- uma componente prática que engloba a avaliação contínua da participação dos alunos nas aulas e a avaliação dos relatórios, realizados em grupo pelos alunos, sobre cada um dos trabalhos práticos.

#### **4.3.3 – Os professores envolvidos**

Por uma circunstância, que considero feliz, este trabalho decorreu em simultâneo com um outro (Nico, J. B., 2000), no domínio das Ciências da Educação, o que permitiu trocas de impressões úteis com o Doutor José Bravo Nico, bem como entre e com os orientadores sobre questões complementares dos dois projectos de investigação. Além disso, é de salientar a colaboração, já referida, do regente das aulas teóricas de Química I, Professor Doutor António Neto Vaz, e de toda a equipa de docentes que leccionava as aulas práticas laboratoriais, o que possibilitou interessantes e úteis diálogos inter e multidisciplinares.

#### **4.3.4 – A população de alunos**

Nos anos lectivos de 1998/1999 e 1999/2000, anos em que decorreu esta investigação, frequentaram as aulas laboratoriais de Química I alunos de 9 cursos, a seguir indicados:

- Licenciatura em Engenharia de Recursos Hídricos (ERH)
- Licenciatura em Engenharia de Recursos Geológicos (ERG)

- Licenciatura em Engenharia Agrícola (EA)
- Licenciatura em Engenharia Zootécnica (EZ)
- Licenciatura em Ciências do Ambiente (CA)
- Licenciatura em Engenharia Biofísica (EB)
- Licenciatura em Ensino de Biologia e Geologia (EBG)
- Licenciatura em Biologia (BIO)
- Licenciatura em Arquitectura Paisagista (AP)

Destes cursos, apenas na Licenciatura em Arquitectura Paisagista, esta disciplina aparece, no Plano de Estudos, inserida no semestre ímpar do 2º ano. Em todos os outros ela surge no semestre ímpar do 1º ano. Este facto levou-nos a excluir, do nosso estudo, os alunos do curso de AP para incluir, nele, apenas alunos do 1º ano.

**Quadro 4.2 - Número de alunos a frequentar os diferentes cursos em cada ano lectivo**

<b>Ano lectivo</b>	<b>1998/1999</b>	<b>1999/2000</b>	<b>Total</b>
<b>ERG</b>	36	35	<b>71</b>
<b>ERH</b>	41	27	<b>68</b>
<b>EBG</b>	64	40	<b>104</b>
<b>CA</b>	32	21	<b>53</b>
<b>BIO</b>	34	39	<b>73</b>
<b>EB</b>	37	30	<b>67</b>
<b>EZ</b>	57	50	<b>107</b>
<b>EA</b>	104	57	<b>161</b>
<b>Total</b>	<b>405</b>	<b>299</b>	<b>704</b>

No total foram 704 os alunos inquiridos, todos a frequentar as aulas laboratoriais da disciplina de Química I, nos semestres ímpares de dois anos lectivos consecutivos, de acordo com o Quadro 4.2:

#### **4.4 – A recolha de informação**

De acordo com o que já referimos anteriormente, decidimos optar pela recolha de informação diversificada utilizando para o efeito instrumentos diversos, alguns dos quais, concebidos por nós para esse efeito, serão descritos em pormenor neste capítulo.

##### **4.4.1 – A estratégia seguida**

A recolha de informação foi feita em vários momentos do decurso desta investigação.

##### **No início dos dois semestres:**

- recolha de informação relativa ao número de alunos aprovados na disciplina de Química I, em cada um dos cursos, nos três anos lectivos anteriores ao início do nosso estudo. Esta informação foi obtida através da consulta das pautas de classificações finais da disciplina;
  
- recolha de informação relativa à caracterização sócio-demográfica e ao percurso escolar, dos alunos de todos os cursos, através da aplicação de um primeiro questionário – 1ª parte do Q/T (Cf. Anexo II);

- aplicação de um teste diagnóstico sobre assuntos já abordados em anos anteriores – 2ª parte do Q/T (Cf. Anexo II).

**No decurso dos dois semestres:**

- Registo áudio das aulas laboratoriais em que decorreu a intervenção experimental.

**No final dos dois semestres:**

- Recolha de informação relativa à avaliação das componentes laboratorial e teórica de todos os cursos. Esta informação foi obtida através da consulta das pautas de classificações das componentes laboratorial e teórica da disciplina.

**Decorridos dois anos após a intervenção experimental:**

- Aplicação de um questionário de avaliação final da metodologia seguida nas aulas laboratoriais – QF (Cf. Anexo III) aos alunos dos cursos que constituíam os grupos experimental e de controlo (ERG e ERH).

Cabe aqui uma nota para justificar a opção de aplicar este questionário decorridos dois anos da intervenção experimental, em vez de o fazer no final dos semestres. Esta opção foi determinada pelo facto de um dos focos de investigação, que pretendíamos aprofundar, dizer respeito à utilidade das aprendizagens efectuadas noutros contextos, designadamente, noutras disciplinas do curso e na futura profissão, o que só poderia ser respondido pelos alunos quando já tivessem avançado no prosseguimento dos cursos.

#### 4.4.2 – Os instrumentos utilizados

Para recolher a informação que acabámos de referir recorreremos a alguns instrumentos por nós concebidos para esse fim, nomeadamente os dois questionários aplicados. Faremos de seguida uma apresentação e descrição pormenorizada desses instrumentos.

##### 4.4.2.1 – Questionário/Teste diagnóstico (Q/T)

No início dos dois semestres em que decorreu a nossa intervenção foi aplicado aos alunos um primeiro questionário (Q/T), constituído por três partes com objectivos distintos. Com a primeira parte pretendíamos obter dados que nos permitissem fazer uma caracterização dos alunos, dos diferentes cursos, a frequentar a disciplina de Química I. Nesse sentido foram incluídas questões que permitiram obter informações sobre:

- Situação sócio-profissional dos alunos;
- Formação na área da Química recebida em anos anteriores;
- Sucesso na aprendizagem da Química;
- Opção de escolha do curso e da Universidade.

Na segunda parte os alunos foram questionados sobre o grau de conhecimento que, em sua opinião, possuíam nas diferentes matérias, incluídas no programa da disciplina, e que são normalmente abordadas em anos anteriores.

Finalmente, a terceira parte era constituída por um pequeno teste diagnóstico. Este incluía 7 questões, com um total de 28 itens, de resposta alternativa ( Verdadeiro / Falso ). As

questões incidiam sobre as mesmas matérias referidas na 2ª parte do questionário destinada à auto-avaliação:

- Ligação Química
- Propriedades das Soluções
- Termoquímica
- Equilíbrio Químico
- Velocidade das Reacções Químicas
- Ácido-base
- Solubilidade e precipitação
- Oxidação-redução

O questionário foi submetido à apreciação de um painel de especialistas que incluía:

- dois Doutores em Química;
- um Doutor em Ciências da Educação;
- um mestre em Ciências da Educação;
- uma Licenciada em Ensino de Física e Química

Do resultado da análise efectuada por este painel, foram propostas algumas alterações que foram incluídas na versão original do questionário.

#### **4.4.2.2 – Registo em gravação áudio das sessões laboratoriais**

A nossa intervenção experimental, a decorrer durante as aulas laboratoriais, consistiu na modificação dos trabalhos que os alunos habitualmente realizavam e no seguimento de

uma metodologia diferente para a sua execução. Os trabalhos a realizar, encarados como problemas, deveriam ser integralmente resolvidas pelos alunos, seguindo um percurso investigativo que incluía várias fases (Cf. 5.2), que vão desde a pesquisa bibliográfica, à elaboração dos projectos experimentais e eventual reformulação, até à execução propriamente dita.

Pretendia-se, ao implementar esta abordagem ao trabalho experimental, proporcionar ao aluno um envolvimento diferente daquele que se consegue quando as aulas seguem a abordagem tradicional, baseada no seguimento de uma “receita” fornecida pelo professor.

No contexto de uma intervenção como a que acabámos de descrever assume, obviamente, extraordinária importância o acesso a informações relativas ao desenvolvimento dos trabalhos pelos alunos, o acesso ao modo como fazem o seu percurso investigativo, como tomam as suas decisões e como interligam os conteúdos científicos com o trabalho a realizar, como os compreendem e até como os explicam na situação do trabalho em grupo.

Interessou-nos aprofundar, tanto quanto possível, o conhecimento acerca das reacções e opiniões dos alunos, assim como recolher informação fundamentada sobre o modo como decorreram as aulas laboratoriais.

O acesso a essa informação só é possível por observação directa das situações da aula, complementada pelo recurso a um método de registo que possibilite a recolha integral de dados relativos ao decurso da mesma.

Nesse sentido, optámos pelo registo áudio das aulas, feito em cada grupo, por considerarmos que este teria vantagens relativamente à situação de dispormos exclusivamente da observação directa feita pelo professor. Na verdade, estando ele próprio envolvido na aula, ficará pouco disponível para realizar um registo completo, objectivo e rigoroso das observações. Se bem que não fosse nossa intenção quantificar algo, procurámos assim ter acesso ao que os alunos “dizem” e “fazem” em vez do que “dizem que fazem” a que facilmente se tem acesso através dos questionários.

O método de recolha de dados através do registo em gravação áudio apresenta algumas vantagens. Entre elas podemos encontrar a versatilidade, o rigor e a possibilidade de obter um volume considerável de dados. Contudo este método é dispendioso no que diz respeito ao tempo que requer para análise dos dados, já que o processo de audição e transcrição é bastante demorado (Mc Niff, 1988).

Optámos, por isso, e uma vez que não era nossa intenção fazer uma análise quantitativa do conteúdo das gravações, por fazer a sua transcrição parcial, extraindo alguns excertos, que considerámos significativos e demonstrativos do modo como decorreu o trabalho dos grupos em cada um dos projectos.

Para além das desvantagens atrás referidas, apresenta ainda uma outra, que diz respeito à impossibilidade de eliminar alguma inibição por parte dos alunos, desencadeada pela presença dos gravadores.

De facto, verificámos que, apesar de todos os alunos terem dado o seu consentimento quando lhes foi pedida autorização para que fosse feita a gravação das aulas, existiu,

sobretudo, nas primeiras, uma certa dificuldade de abstracção relativamente a essa circunstância. Isso observou-se, através da existência de uma certa timidez e inibição por parte de alguns alunos, enquanto que outros se manifestaram de forma relativamente exuberante, em conversas paralelas.

#### **4.4.2.3 – Questionário de avaliação final da metodologia seguida nas aulas laboratoriais (QF)**

A aplicação do questionário de avaliação final da metodologia seguida nas aulas laboratoriais, QF, foi feita no final do semestre ímpar do ano lectivo de 2001/2002, isto é, dois anos depois de ter terminado a nossa intervenção experimental. Pretendíamos dessa forma obter respostas relativamente ao modo como os alunos tinham feito o seu percurso académico, nomeadamente no que se refere à aplicabilidade, em disciplinas da área científica do curso, dos conhecimentos de Química que adquiriram na disciplina de Química I e também de outras aprendizagens proporcionadas pelo tipo de abordagem ao trabalho experimental que foi concretizada nas aulas laboratoriais deste curso, estabelecendo sempre que possível uma comparação com as opiniões dos alunos do grupo de controlo.

Este questionário, foi organizado em 3 partes distintas mas complementares. A 1ª parte tinha por objectivo obter informações sobre o percurso académico do aluno, em particular no que se refere à Química. Na 2ª parte, constituída por 20 questões, procurámos recolher a opinião dos alunos sobre o papel que o tipo de aulas laboratoriais, implementadas na disciplina de Química I, desempenhou no prosseguimento do seu curso.

Os vários itens incluídos nesta 2ª parte referiam-se a dez categorias, que, por sua vez, pretendiam operacionalizar os cinco grandes focos de investigação deste estudo, de acordo com o Quadro 4.3:

- 1- Tipo de abordagem ao trabalho experimental;
- 2- Motivação;
- 3- Aprendizagem;
- 4- Utilidade, noutros contextos, das aprendizagens efectuadas;
- 5- Formação científica.

Finalmente, na 3ª parte foram incluídas 10 questões de resposta aberta, onde os alunos deviam expressar a sua opinião sobre a componente laboratorial da disciplina que frequentaram, focando cada um dos aspectos que pretendíamos investigar:

- Os trabalhos realizados;
- A metodologia seguida da elaboração dos projectos;
- A metodologia seguida na execução experimental;
- A motivação para o estudo da Química;
- A motivação para o prosseguimento do curso;
- A aprendizagem da Química;
- Outras aprendizagens realizadas;
- A utilidade, noutras disciplinas, das aprendizagens realizadas;
- A utilidade, na futura profissão, das aprendizagens realizadas;
- A compreensão do processo de construção da Ciência;

**Quadro 4.3 - Focos de investigação, categorias e número das questões**

FOCOS DE INVESTIGAÇÃO	CATEGORIAS	Número das questões
Tipo de abordagem ao trabalho experimental	I- Número e tipo de trabalhos realizados	8, 12, 16, <i>i</i>
	II- Metodologia seguida na elaboração dos projectos	7, <i>ii, iii</i>
	III- Metodologia seguida na execução experimental	2, 5, 9, 18
Motivação	IV- Motivação para estudar Química	10, 19, <i>iv</i>
	V- Motivação para o prosseguimento do curso	<i>v</i>
Aprendizagem	VI- Aprendizagem de matérias de Química	3, 15, 17, <i>vi</i>
	VII- Outras aprendizagens	13, <i>vii</i>
Utilidade das aprendizagens efectuadas noutros contextos	VIII- Utilidade, no curso, das aprendizagens efectuadas	1, 4, 6, <i>viii</i>
	IX- Utilidade, na futura profissão, das aprendizagens efectuadas	<i>ix</i>
Formação Científica	X- Contributo para a formação Científica	11, 14, 20, <i>x</i>

Analisaremos agora mais em pormenor o interesse de cada um dos focos de investigação no contexto dos objectivos que pretendemos alcançar e das respostas que procuramos obter:

#### **i) Tipo de abordagem ao trabalho experimental**

O tipo de abordagem, que continua maioritariamente, a fazer-se nas aulas laboratoriais de Química, é a tradicional, baseada na realização de procedimentos pelo aluno, a partir de

instruções tipo “receita” fornecidas pelo professor. A participação do aluno está, portanto, reduzida à fase da execução, continuando a estar ausente noutras etapas consideradas fundamentais como sejam a pesquisa, a elaboração do plano experimental, a discussão e avaliação dos resultados obtidos.

A implementação da abordagem que descrevemos neste trabalho contrapõe outra situação completamente diferente em que são eliminadas quaisquer receitas, e em que o trabalho experimental é encarado como uma série de etapas que o aluno deve percorrer, transformando-o num pequeno projecto de investigação onde se procura resolver o problema de onde se partiu.

Pelo caminho, o aluno tem oportunidade de pesquisar informações sobre o problema a resolver, aprender algo sobre os conteúdos da Química que com ele estão relacionados, fazer opções sobre as técnicas e materiais a usar, sentir a necessidade de controlar variáveis, discutir resultados, ou de, eventualmente, reformular o plano que inicialmente tinha elaborado. O conjunto de aprendizagens que é possível fazer a partir de um trabalho com estas características é, segundo a nossa perspectiva incomparavelmente maior do que aquelas que o aluno pode fazer ao seguir uma receita, obtendo com êxito o resultado esperado, principalmente porque na grande maioria das vezes o aluno “faz por fazer” sem perceber “porque faz assim e não de outro modo”. A ausência de reflexão sobre o fazer impede que sejam feitas mesmo aquelas aprendizagens que seriam possíveis nesse tipo de trabalho. Restam, portanto, as competências de carácter manipulativo, porque essas se aprendem, de facto, à custa do treino repetitivo no uso de técnicas laboratoriais consideradas básicas.

A opinião dos alunos sobre o tipo de abordagem que foi feita, reveste-se, portanto, de uma enorme importância, pois só através da opinião daqueles que, como alunos, tiveram a oportunidade de experimentar a metodologia por nós proposta, poderemos fazer uma correcta avaliação da mesma.

A recolha dessas opiniões foi feita também através das perguntas de resposta aberta de modo a complementar as quantificadas, obtidas na 2ª parte do questionário. Privilegiaremos a análise de pendor qualitativo no caso das respostas abertas, embora se tenha feito, também, uma análise do conteúdo dessas respostas, dando ao tratamento dos resultados um carácter quantitativo (Cf. 6.2.1.2).

## **ii) Motivação**

Nos níveis de ensino básico e secundário, a motivação é normalmente referida como um dos grandes objectivos da realização de trabalho experimental nas aulas de Química.

No Ensino Superior, pelo contrário, esse é um aspecto que normalmente é negligenciado, passando a prevalecer os objectivos do âmbito cognitivo.

Na nossa perspectiva, o trabalho experimental de Química, quando relacionado com a(s) área(s) de interesse dos alunos pode desempenhar um papel determinante na sua motivação, quer para a aprendizagem da Química, quer de outras disciplinas onde esses conhecimentos são necessários, quer mesmo para o prosseguimento do curso.

Consideramos que este aspecto assume particular relevância no caso de cursos em que a Química aparece como disciplina subsidiária, completamente desligada dos interesses dos alunos, e em que estes a encaram apenas como uma fonte de insucesso.

Obter informações sobre a maior ou menor motivação e interesse, sentidos pelos alunos, é, portanto, fundamental, para avaliar das potencialidades deste tipo de abordagem a este nível.

Também aqui, a par do tratamento quantitativo das respostas dadas pelos alunos na 2ª parte do questionário e da análise do conteúdo das respostas abertas da 3ª parte, a referência a algumas das respostas será elucidativa das opiniões dos alunos.

### **iii) Aprendizagem**

O trabalho experimental, encarado como actividade de natureza investigativa orientada para a resolução de problemas, dimensão que lhe demos ao longo de todo este estudo, pode, segundo a nossa perspectiva, proporcionar ao aluno a possibilidade de fazer aprendizagens significativas, não só no domínio da Química, mas também noutras áreas de âmbito mais vasto, transferíveis para outros contextos, tais como as que estão relacionadas com a discussão do problema, o desenho de uma estratégia de resolução, a procura de informação, a planificação e execução da parte experimental, e a discussão e avaliação dos resultados obtidos.

### **iv) Utilidade, noutros contextos, das aprendizagens efectuadas**

Esta, é outra dimensão do nosso estudo que consideramos fundamental. Acreditamos que as aprendizagens mais importantes são aquelas que, muito para além da aplicação

imediate no exame da disciplina, se revelam fundamentais para a formação integral que pensamos que o estudante universitário deve receber, enquanto futuro profissional e enquanto referência cultural, que deve ser, na sociedade em que se insere, e na qual deve assumir um papel activo e interveniente.

O acesso à opinião dos alunos sobre este aspecto, determinou directamente o momento de aplicação deste questionário, e pode contribuir para esclarecer qual o papel que o trabalho experimental de Química pode desempenhar, enquanto meio privilegiado para promover essa formação integral do estudante.

#### **v) Formação científica**

A formação do estudante de ciências ao nível universitário deve, já o dissemos ao longo deste trabalho, ser multifacetada. Não basta ensinar ao aluno universitário um conjunto de conhecimentos científicos para que a sua formação esteja completa.

Hodson (1992b), ao distinguir três aspectos fundamentais na Educação em Ciência: “*Learning science*”, “*Learning about science*” e “*Doing science*”, chama a atenção para a necessidade de contemplar cada um destes aspectos quando se trata de ensinar Ciência. Também Josephsen (2001) defende a necessidade de contemplar estes três aspectos fundamentais, particularmente no Ensino Universitário.

O trabalho experimental, tal como o entendemos, pode contribuir para essa formação científica, e, desse modo, a opinião dos alunos sobre esse aspecto é, também, fundamental.

#### **4.4.3 – Avaliação final da componente laboratorial**

Embora não seja considerado por nós o aspecto mais importante da nossa intervenção, nem sequer determinante de uma avaliação positiva ou negativa da mesma, pensamos que, enquanto indicador da participação e do envolvimento dos alunos nas aulas laboratoriais, se constitui como mais um elemento indicador do sucesso ou insucesso da abordagem por nós proposta.

Dessa forma, foram recolhidas, recorrendo às pautas finais, as informações que considerámos pertinentes e que deram origem aos Quadros 6.39 e 6.40 (pág. 286) cuja análise será feita no sexto capítulo, destinado à apresentação e análise dos resultados.

#### **4.4.4 – Avaliação final da disciplina**

A classificação final obtida na disciplina é, porventura, o indicador mais objectivo do sucesso dos alunos. Esse sucesso, ou insucesso, deve, contudo, ser entendido numa perspectiva global, isto é, tendo em conta a multiplicidade de factores dos domínios cognitivo, afectivo, psicológico e até axiológico que nele interferem.

No caso particular da disciplina de Química I, a taxa de insucesso era tradicionalmente muito elevada, particularmente em alguns cursos, quando iniciámos o nosso estudo. Há, no entanto, factores que determinam à partida o insucesso dos alunos. A transmissão de informação de alunos de anos mais avançados, repetentes na disciplina, para os alunos caloiros, é um deles. Assim, o rótulo de disciplina difícil atribuído por aqueles alunos leva

muitos dos caloiros a nem sequer se submeterem às provas de avaliação ou a fazê-lo de forma pouco empenhada.

Na verdade, nem sempre a classificação obtida é o resultado directo das aprendizagens que foram feitas. No caso da componente laboratorial isso ainda é mais evidente, já que a maior parte das aprendizagens que é possível fazer através da realização de trabalho experimental não é, de facto, avaliável, de forma directa, através de testes dirigidos ao conhecimento de conteúdos.

Tendo em conta, que consideramos que o grau de envolvimento dos alunos na realização de trabalho experimental, pode inclusivamente influenciar o modo como estes encaram a disciplina, entendemos ser de considerar a avaliação final como mais um indicador da eficácia da abordagem proposta.

De modo a eliminar qualquer possível efeito da participação neste projecto, nos resultados obtidos pelos alunos que integravam o grupo experimental, as provas de avaliação foram corrigidas e classificadas por toda a equipa docente da disciplina, à semelhança do que aconteceu nos outros cursos.

#### **4.5 – A escolha do grupo experimental**

Uma vez que o nosso estudo se situou na disciplina de Química I, e implicou uma intervenção em termos de modificação das aulas laboratoriais, necessariamente implementada num número restrito de turmas, pelas razões que já foram explicitadas em 3.2, foi necessário proceder à selecção do curso em que iria ocorrer essa intervenção. Essa escolha foi feita tendo

em conta, por um lado, a análise do aproveitamento na disciplina de Química I, nos anos anteriores ao início do estudo, e por outro, a informação recolhida através do teste diagnóstico acerca dos conhecimentos de Química que estes alunos possuíam.

#### 4.5.1 – O sucesso na disciplina

Embora a taxa de sucesso na disciplina não se pudesse considerar satisfatória quando considerada de um modo global, sempre estivemos conscientes, enquanto docentes, que a situação era preocupante, sobretudo, em alguns cursos onde o número de alunos com sucesso na disciplina era muito baixo. O Quadro 4.4 e o gráfico da Figura 4.1 registam as percentagens de aprovações nos três anos anteriores ao início da nossa investigação para cada um dos cursos.

Quadro 4.4– Resultados da avaliação na disciplina entre 95/96 e 97/98

Cursos	95/96			96/97			97/98		
	Nº de alunos inscritos	Nº de alunos Aprovados	% de Aprovações	Nº de alunos inscritos	Nº de alunos Aprovados	% de Aprovações	Nº de alunos inscritos	Nº de alunos Aprovados	% de Aprovações
<b>EA</b>	160	28	17,5	188	61	32,4	168	18	10,7
<b>EZ</b>	214	66	30,8	186	77	41,4	143	38	26,6
<b>CA</b>	37	22	59,5	39	20	51,3	40	24	60
<b>EBG</b>	130	19	14,6	111	17	15,3	144	35	24,3
<b>EB</b>	53	13	24,5	48	11	22,9	67	11	16,4
<b>BIO</b>	46	16	34,8	58	27	46,6	62	29	46,8
<b>ERH</b>	61	7	11,5	81	6	7,4	63	4	6,3
<b>ERG</b>	52	4	7,7	48	1	2,1	57	1	1,8

Fazendo uma análise das percentagens de sucesso, em cada um dos cursos, constatamos a existência de uma taxa, na generalidade baixa, sendo o valor mínimo o registado no curso de Engenharia de Recursos Geológicos (ERG), logo seguido do curso de Engenharia de Recursos Hídricos (ERH). Este resultado verifica-se nos três anos.

Este constituiu o primeiro dos dois critérios em que nos baseamos para escolher os cursos que viriam a constituir os grupos experimental e de controlo.

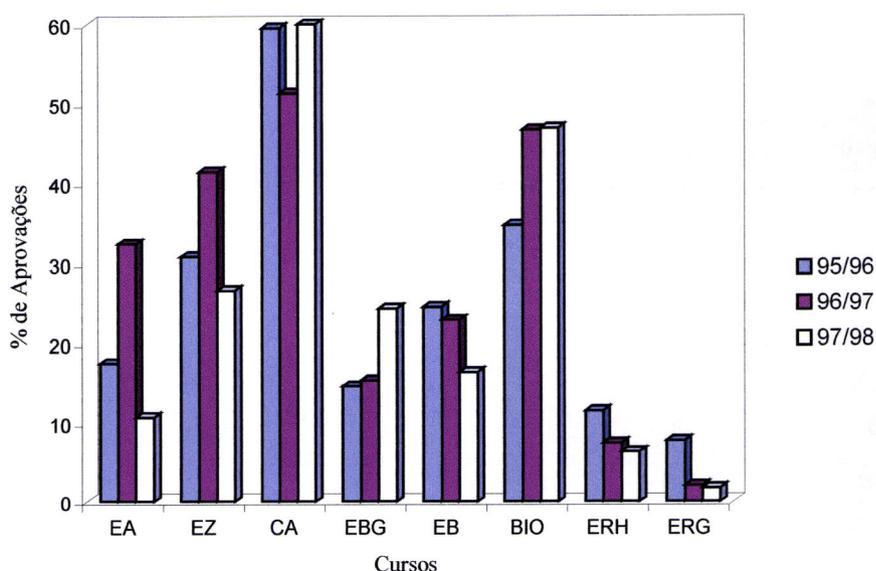


Figura 4.1 - Percentagem de Alunos Aprovados na Disciplina de Química I entre 95/96 e 97/98

#### 4.5.2 – O conhecimento inicial em Química

Embora não fosse nossa pretensão fazer um levantamento exaustivo das eventuais dificuldades e/ou deficiências na formação anterior dos alunos, quisemos contudo recolher alguma informação, ainda que relativa, sobre os conhecimentos de Química que os alunos dos

vários cursos mostravam nas respostas a um conjunto de questões básicas que incluímos num pequeno teste diagnóstico (Cf. Anexo II).

Os resultados obtidos encontram-se resumidos no Quadro 4.5, constituindo os valores relativos ao ano lectivo de 98/99, o segundo critério de escolha dos grupos experimental e de controlo.

**Quadro 4.5 - Percentagem de respostas certas no teste diagnóstico em 98/99 e 99/00**

CURSO	PERCENTAGEM DE RESPOSTAS CERTAS			PERCENTAGEM DE RESPOSTAS CERTAS		
	98/99			99/00		
	VALOR MINIMO %	VALOR MÁXIMO %	MÉDIA %	VALOR MINIMO %	VALOR MÁXIMO %	MÉDIA %
EA	0,00	75,00	52,06	7,14	75,00	47,68
EZ	17,86	89,29	58,46	0,00	89,29	61,89
CA	0,00	89,29	63,84	21,43	82,14	52,89
EBG	0,00	92,86	46,21	0,00	71,43	35,71
EB	0,00	78,57	52,12	14,29	85,71	56,79
BIO	21,43	96,43	63,34	0,00	82,14	60,35
ERH	0,00	85,71	51,04	10,71	78,57	45,77
ERG	0,00	67,86	37,35	0,00	75,00	37,75

Como podemos verificar, o curso de Engenharia de Recursos Geológicos foi, nesse ano, aquele que apresentou uma percentagem de respostas certas mais baixa. Este facto aliado às baixas taxas de aprovação em anos anteriores levaram a que a escolha do grupo experimental recaísse sobre este curso. A escolha do curso que constituiria o grupo de controlo foi feita entre os restantes cursos. De entre os cursos em que se registavam percentagens de respostas certas mais baixas no teste diagnóstico e um menor número de

aprovações, escolhemos o curso de ERH por ser aquele que apresentava características mais próximas das do curso de ERG, permitindo-nos assim ter dois grupos que apresentassem menores diferenças à partida.

Os alunos dos restantes cursos foram também inquiridos. A caracterização desses alunos e a análise comparativa das suas respostas era também importante para situar os dois grupos escolhidos relativamente à totalidade da população de alunos.

#### **4.6 – A caracterização dos grupos de alunos**

A caracterização dos alunos será apresentada de seguida considerando dois grupos: O primeiro, constituído pelos alunos que participaram no estudo experimental (ERG), formado por um total de 71 alunos e o segundo pelos alunos do curso de ERH, formado por 68 alunos. Apresentaremos igualmente os dados relativos aos outros cursos de forma a contextualizar a escolha destes dois cursos relativamente à totalidade da população.

Toda a caracterização que se segue será feita considerando o número total de alunos em cada um dos grupos, uma vez que feita a análise dos dados obtidos em cada um dos anos lectivos não se verificou existirem diferenças significativas.

##### **4.6.1 – Caracterização sócio-demográfica**

A caracterização dos grupos de alunos, em termos do sexo dos elementos que os compõem, revela um dado curioso. De acordo com os dados apresentados no Quadro 4.6 verificamos que, contrariamente ao que acontece nos outros cursos em que há uma maioria de

estudantes do sexo feminino, de acordo, aliás, com a tendência actual no Ensino Superior, nos cursos de ERG e ERH a maioria dos alunos é do sexo masculino, contrariando claramente esta tendência.

**Quadro 4.6- Caracterização dos grupos : sexo**

Cursos/Sexo	Sexo Feminino		Sexo Masculino		Total	
	N	%	N	%	N	%
<b>ERG</b>	30	42,3	41	57,7	71	100,0
<b>ERH</b>	33	48,5	35	51,5	68	100,0
<b>RESTANTES CURSOS</b>	322	57,0	243	43,0	565	100,0
<b>Frequências Totais</b>	385	54,7	319	45,3	704	100,0

Quanto à idade dos alunos, verificamos, pela análise dos elementos constantes do Quadro 4.7, que no caso dos cursos de ERG e ERH a maioria dos alunos tem entre 20 e 22 anos enquanto que no caso dos outros cursos a maioria deles tem idades que se situam na faixa dos 17 aos 19 anos.

Este dado faz pressupor, atendendo à duração dos percursos curriculares anteriores à entrada na Universidade, que terá havido, no caso dos alunos destes dois cursos, uma ou mais reprovações, em anos anteriores ao seu ingresso no ensino superior. Já no caso dos alunos dos outros cursos, a existência de uma maioria de alunos com idades mais jovens, leva a concluir que será menor o número de alunos com reprovações anteriores.

Quadro 4.7 - Caracterização dos grupos : idade

Cursos/ Idade(anos)	Não Responde		[17,19]		[20,22]		[23,25]		+25		Total	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
<b>ERG</b>	-	-	22	31,0	29	40,8	15	21,1	5	7,1	71	100,0
<b>ERH</b>	-	-	17	25,0	19	27,9	18	26,5	14	20,6	68	100,0
<b>RESTANTES CURSOS</b>	4	0,7	280	49,5	140	24,8	92	16,3	49	8,7	565	100,0
<b>Frequências Totais</b>	4	0,7	319	45,3	188	26,7	125	17,7	68	9,7	704	100,0

A maioria dos alunos dos dois grupos são solteiros, conforme podemos concluir através dos dados compulsados no Quadro 4.8.

Quadro 4.8 - Caracterização dos grupos : estado civil

Cursos/ Estado Civil	Não Responde		Solteiro		Casado		Outra Situação		Total	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
<b>ERG</b>	-	-	68	95,8	2	2,8	1	1,4	71	100,0
<b>ERH</b>	-	-	64	94,1	4	5,9	-	-	68	100,0
<b>RESTANTES CURSOS</b>	2	0,4	552	97,7	11	1,9	-	-	565	100,0
<b>Frequências Totais</b>	2	0,3	684	97,2	17	2,4	1	0,1	704	100,0

Podemos ainda verificar, através dos dados recolhidos, que a grande maioria dos alunos de ambos os grupos não exerce nenhuma actividade profissional, dedicando-se apenas aos estudos. Existe, contudo, uma percentagem de alunos que estuda e trabalha em ambos os grupos, sendo esta ligeiramente superior no caso dos alunos de ERG e ERH, relativamente aos outros cursos, como se pode verificar através dos dados que constam do Quadro 4.9. Este dado está, aliás, de acordo com o facto de a idade ser, em média, um pouco mais elevada nestes dois cursos.

**Quadro 4.9- Caracterização dos grupos : situação profissional**

Cursos/ Sit. profissional	Não Responde		Só estuda		Estuda e trabalha		Outra Situação		Total	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
<b>ERG</b>	-	-	62	87,3	9	12,7	-	-	71	100,0
<b>ERH</b>	-	-	56	82,4	12	17,6	-	-	68	100,0
<b>RESTANTES CURSOS</b>	2	0,4	511	90,4	50	8,8	2	0,4	565	100,0
<b>Frequências Totais</b>	2	0,3	629	89,3	71	10,1	2	0,3	704	100,0

#### 4.6.2- Caracterização do percurso escolar

Reveste-se ainda de particular interesse a caracterização dos dois grupos de alunos relativamente ao seu percurso escolar, nomeadamente no que diz respeito à aprendizagem da Química. A frequência da disciplina de Ciências Físico-Químicas no Ensino Secundário, da

disciplina de Química no 12º ano e do maior ou menor sucesso alcançado, são indicadores da maior ou menor formação dos alunos nesse domínio.

Analisaremos ainda aspectos relacionados com o ingresso na Universidade, tais como a ordenação efectuada aquando da escolha do curso e da Universidade assim como as classificações de ingresso.

Como podemos verificar, através da análise dos dados constantes no Quadro 4.10, a grande maioria dos alunos dos dois grupos frequentou a disciplina durante quatro anos: 8º, 9º, 10º e 11º anos de escolaridade. Existe, no entanto, nos cursos de ERG e de ERH uma percentagem significativa (18,3% e 16,2% respectivamente) de alunos que frequentaram a disciplina apenas durante dois anos. Este facto pode, numa primeira análise, justificar algum do insucesso destes alunos, já que, abandonando o estudo da Química logo no 9º ano de escolaridade, dificilmente terão adquirido os conhecimentos mínimos considerados como pré-requisitos na disciplina de Química I. Esta realidade, muitas vezes relacionada com as escolhas feitas pelos alunos em termos das suas opções vocacionais, tem mais tarde consequências quando a escolha do curso é feita numa área científica diferente. O problema torna-se ainda mais grave na medida em que, não sendo exigida nestes cursos uma prova específica de Química, nunca se tem conhecimento sobre as reais deficiências que alguns destes alunos apresentam ao nível da sua formação em Química.

Nos restantes cursos é muito menor a percentagem de alunos que referem ter estudado Química apenas durante dois anos, o que vem confirmar as características singulares dos dois cursos escolhidos como grupos experimental e de controlo.

**Quadro 4.10 - Caracterização dos grupos : Frequência da disciplina nos Ensinos Básico e Secundário**

Cursos/ Freq. disciplina	Não Responde		1 ano		2 anos		3 anos		4 anos		Total	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
<b>ERG</b>	-	-	-	-	13	18,3	1	1,4	57	80,3	71	100,0
<b>ERH</b>	-	-	3	4,4	11	16,2	7	10,3	47	69,1	68	100,0
<b>RESTANTES CURSOS</b>	1	0,2	14	2,5	19	3,4	11	1,9	520	92,0	565	100,0
<b>Frequências Totais</b>	1	0,1	17	2,4	43	6,1	19	2,7	624	88,6	704	100,0

Conjuntamente com os resultados anteriores, a informação sobre o sucesso na disciplina de Ciências Físico-Químicas no Ensino Secundário, fornece dados importantes sobre a formação dos alunos.

**Quadro 4.11 - Caracterização dos grupos : Aprovações na disciplina nos Ensinos Básico e Secundário**

Cursos/ N.º aprov. disciplina	Não Responde		1		2		3		4		Total	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
<b>ERG</b>	-	-	3	4,2	12	16,9	2	2,8	54	76,1	71	100,0
<b>ERH</b>	3	4,4	2	2,9	9	13,2	8	11,8	46	67,7	68	100,0
<b>RESTANTES CURSOS</b>	23	4,1	8	1,4	19	3,4	18	3,2	497	87,9	565	100,0
<b>Frequências Totais</b>	26	3,7	13	1,8	40	5,7	28	4,0	597	84,8	704	100,0

Através da análise comparativa entre os resultados que acabámos de apresentar e os que constam do Quadro 4.11, verificamos que nem todos os alunos, independentemente do número de anos de frequência da disciplina, obtiveram aprovação, o que indicia algumas dificuldades no prosseguimento dos estudos nessa área.

Note-se que no Ensino Básico os alunos podem transitar de ano com reprovações em uma ou mais disciplinas.

De igual modo a informação sobre a frequência da disciplina de Química no 12º ano é um dado importante quando se pretende caracterizar os grupos de alunos relativamente aos conhecimentos adquiridos anteriormente.

**Quadro 4.12 - Caracterização dos grupos : Frequência da disciplina de Química no 12º ano**

Cursos/ Freq. Química 12º ano	Não Responde		Sim		Não		Total	
	N	%	N	%	N	%	N	%
<b>ERG</b>	-	-	33	46,5	38	53,5	71	100,0
<b>ERH</b>	-	-	28	41,2	40	58,8	68	100,0
<b>RESTANTES CURSOS</b>	2	0,3	427	75,6	136	24,1	565	100,0
<b>Frequências Totais</b>	2	0,3	488	69,3	214	30,4	704	100,0

Como podemos verificar a partir dos dados constantes do Quadro 4.12, mais de metade dos alunos de ERG e de ERH não frequentaram a disciplina. Este facto, que estará

certamente também relacionado com as opções feitas por estes alunos com vista ao prosseguimento dos seus estudos, pode também fornecer algumas pistas quando pretendemos encontrar explicações para a sua deficiente formação em Química. Relativamente aos restantes cursos a situação inverte-se completamente uma vez que uma significativa maioria dos alunos frequentou a disciplina durante o 12º ano.

Também nas classificações de entrada na Universidade se verifica que os valores médios dessas classificações são idênticos nos cursos de ERG e ERH e claramente inferiores aos dos outros cursos conforme podemos constatar através da análise dos dados constantes do Quadro 4.13.

**Quadro 4.13 - Caracterização dos grupos : Classificações de entrada**

<b>Cursos/ Classif. entrada</b>	<b>N</b>	<b>Média (0-20)</b>	<b>Desvio Padrão</b>	<b>Máximo (0-20)</b>	<b>Mínimo (0-20)</b>	<b>Amplitude</b>
<b>ERG</b>	60	11,2	1,7	14,5	6,4	8,1
<b>ERH</b>	43	11,9	1,8	15,0	8,0	7,0
<b>RESTANTES CURSOS</b>	471	13,7	1,9	18,0	6,8	11,2

**N - Número de alunos que responderam**

No que diz respeito à escolha do curso, podemos verificar pela leitura do Quadro 4.14, que o curso de ERG é aquele em que é mais baixa a percentagem de alunos a frequentar o curso que corresponde à sua primeira opção. Contudo, verifica-se também nos outros cursos que menos de metade dos alunos frequentam o curso que corresponde à sua primeira opção. No caso do curso de ERG existe uma percentagem bastante significativa de alunos ( 29,6%)

que estão a frequentar um curso que corresponde à sua quarta ou mais recuada preferência. A dimensão nada desprezável deste número, sugere-nos que a falta de motivação para o curso será outro dos factores que poderão condicionar o sucesso destes alunos.

**Quadro 4.14 - Caracterização dos grupos : A opção do curso frequentado**

Cursos/ Opção do curso	Não Responde		1ª opção		2ª opção		3ª opção		>3ª opção		Total	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
<b>ERG</b>	-	-	25	35,2	20	28,2	5	7,0	21	29,6	71	100,0
<b>ERH</b>	-	-	30	44,1	21	30,9	8	11,8	9	13,2	68	100,0
<b>RESTANTES CURSOS</b>	7	1,2	232	41,1	134	23,7	70	12,4	122	21,6	565	100,0
<b>Frequências Totais</b>	7	1,0	287	40,8	175	24,9	83	11,8	152	21,6	704	100,0

Já no que diz respeito à Universidade frequentada, de acordo com os dados apresentados no Quadro 4.15, o grau de concretização das escolhas feitas pelos alunos parece ser bastante maior. Mais de metade dos alunos de ambos os cursos escolheu como 1ª opção a Universidade de Évora. É interessante verificar, por exemplo, que no curso de ERG, dos 39 alunos que escolheram em 1º lugar a Universidade de Évora, apenas 25 frequentam o curso que correspondeu à sua 1ª escolha. Este facto, determinado certamente por factores de natureza sócio-económica, faz supor que alguns destes alunos fizeram depender as suas escolhas do facto de não saírem da região, acabando por fazer cursos que não se enquadram nas escolhas que fizeram no seu percurso escolar anterior.

**Quadro 4.15 - Caracterização dos grupos : A opção da Universidade frequentada**

Cursos / Opção da Univ.	Não Responde		1ª opção		2ª opção		3ª opção		>3ª opção		Total	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
<b>ERG</b>	3	4,2	39	54,9	15	21,1	3	4,2	11	15,5	71	100,0
<b>ERH</b>	-	-	52	76,5	8	11,8	3	4,4	5	7,4	68	100,0
<b>RESTANTES CURSOS</b>	10	1,8	283	50,1	148	26,2	47	8,3	77	13,6	565	100,0
<b>Frequências Totais</b>	13	1,8	374	53,1	171	24,3	53	7,5	93	13,2	704	100,0

Esta realidade pode ainda contribuir para explicar a existência de uma percentagem não desprezável de alunos, em ambos os grupos, que tendo já frequentado outra Universidade, pediram transferência para a Universidade de Évora, como podemos verificar através dos valores que constam do Quadro 4.16.

**Quadro 4.16 - Caracterização dos grupos : Frequência de outra Universidade**

Cursos/ Freq. Outra Univ.	Não Responde		Sim		Não		Total	
	N	%	N	%	N	%	N	%
<b>ERG</b>	-	-	8	11,3	63	88,7	71	100,0
<b>ERH</b>	-	-	3	4,4	65	95,6	68	100,0
<b>RESTANTES CURSOS</b>	1	0,2	63	11,2	500	88,5	565	100,0
<b>Frequências Totais</b>	1	0,1	74	10,5	629	89,3	704	100,0

## 4.7 – Os métodos de tratamento dos dados

### 4.7.1 – Vertente quantitativa

Embora o nosso estudo tenha características e objectivos que se identificam preferencialmente com uma abordagem do tipo qualitativa, quisemos introduzir também, através do questionário QF, uma dimensão quantitativa que nos permitisse fazer, mais fácil e objectivamente, uma análise comparativa das respostas. Os resultados de natureza quantitativa foram tratados com recurso a um programa estatístico adequado<sup>7</sup>. Este tratamento foi efectuado a partir de uma matriz em que as linhas correspondiam aos alunos questionados e as colunas às questões. O tratamento estatístico efectuado baseou-se fundamentalmente na estatística descritiva.

O tratamento de natureza quantitativa foi feito relativamente às respostas obtidas no questionário QF, designadamente nas que estavam incluídas na 2ª parte.

A 2ª parte do questionário, já descrito, é constituída por vinte itens que constituem afirmações sobre o tipo de trabalho experimental que foi feito nas aulas laboratoriais de Química I. Relativamente a cada uma dessas afirmações os alunos deveriam indicar a sua concordância ou discordância numa escala de cinco graus, do tipo das escalas de Likert (Bisquerra, 1996; Oppenheim, 1966)

---

<sup>7</sup> A análise dos dados foi realizada com base no programa informático de tratamento de dados SPSS (Statistical Package for the Social Sciences), *software* de análise estatística amplamente utilizado em Ciências Humanas e Sociais. Utilizámos nesta análise a versão 10,0 *for Windows*.

Começaremos por fazer a apresentação e análise comparativa das frequências relativas de resposta em cada um dos itens. De seguida recorreremos a uma análise estatística muito simples baseada na aplicação do teste *t* de Student<sup>8</sup> para verificação de eventuais diferenças significativas nas respostas obtidas em cada um dos cursos.

#### 4.7.2 – Vertente qualitativa

A 3ª parte do questionário final é constituída por dez questões de resposta aberta (Cf. 4.4.2.3.). A análise das opiniões que os alunos entenderam expressar, relativamente a cada um dos aspectos será feita seguindo uma metodologia de natureza qualitativa.

Para fazer a análise de conteúdo foram definidas categorias e subcategorias de análise, isto é, “rubricas significativas”, em função das quais o conteúdo será classificado (Grawitz, 1993). No caso deste questionário foram definidas *a posteriori* e correspondem a cada um dos aspectos relativamente aos quais foram pedidas as opiniões dos alunos (Cf. Anexo IV)

A análise do conteúdo dessas respostas será feita seguindo a técnica proposta por Bardin (1994), Estrela (1994) e D’Unrug (1974). A metodologia de análise que adoptámos foi a seguinte:

Foram analisadas em pormenor as opiniões expressas, relativamente a cada um dos 10 itens apresentados, pelos alunos de ERG e de ERH. Foram transcritas as unidades de registo (UR) e as unidades de contagem (UC) (Cf. Anexo V), e feita a análise dos registos em cada

---

<sup>8</sup> A aplicação do teste - *t*, com o programa SPSS, pressupõe a aplicação prévia do Teste de Levene (Teste da igualdade das variâncias)

uma das categorias, individualmente, e de modo a estabelecer uma comparação entre os dois grupos de alunos.

Relativamente à análise das gravações áudio feitas durante as aulas laboratoriais, ela será feita de modo a extrair informações sobre o desenvolvimento dos trabalhos experimentais para o que recorreremos à transcrição dos excertos considerados significativos. Não havendo, relativamente a estes dados qualquer intenção de os quantificar, não será feita, sobre eles, uma análise exaustiva.



## Capítulo 5

# **INTERVENÇÃO EXPERIMENTAL**

---



## 5 – INTERVENÇÃO EXPERIMENTAL

Neste capítulo, far-se-á a descrição do modo como decorreu a intervenção experimental, isto é, do modo como decorreram as aulas práticas laboratoriais e os projectos experimentais nelas realizados pelos alunos. Abordaremos cada um dos projectos separadamente, não deixando, contudo, de explicitar a interligação existente entre eles, aspecto que consideramos de extrema importância, e que está na base da motivação inicial dos alunos.

### 5.1 – Motivação inicial

Embora muito pouco valorizada no ensino superior, porque, regra geral, se assume que ela já existe à partida (Evans & Lewis, 1998), a motivação é um aspecto essencial na realização de qualquer tipo de trabalho prático (Anderman & Young, 1994), sobretudo de trabalho laboratorial. Pensa-se, muitas vezes, que o simples facto de trabalhar num laboratório já é motivação suficiente (Borrows, 1999). Na verdade, mesmo que algum carácter lúdico, por vezes associado ao trabalho laboratorial, possa, por si só, motivar os alunos, se não houver um efectivo envolvimento destes no trabalho a realizar, dificilmente serão alcançados outros objectivos que não sejam o fornecimento de informações e o desenvolvimento de competências de carácter manipulativo (Bennett & O’Neale, 1998; Berry *et al.*, 1999).

Por outro lado, a realização de trabalhos laboratoriais avulsos, mediante o fornecimento de instruções pormenorizadas do tipo “receita”, sem que seja feito o necessário

enquadramento, ao nível da relação com os conteúdos a aprender, revela-se, muitas vezes, completamente improdutivo em termos de aprendizagem ou até mesmo, segundo Hodson (1993, 1996, 2001), contra-produtivo, quer ao nível do desenvolvimento do interesse e motivação dos alunos pelo estudo das ciências, quer ao nível da aprendizagem da ciência e do fazer da ciência.

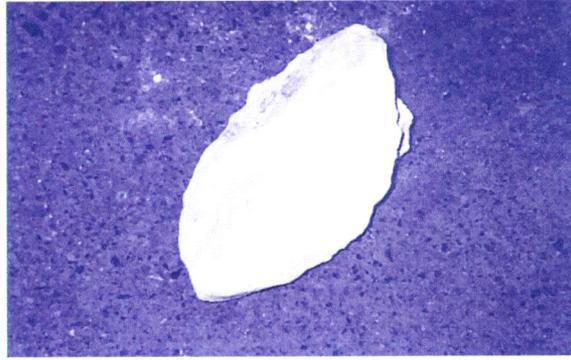
Neste contexto, tentámos valorizar, por um lado, a relação dos problemas a resolver com a área de interesses dos alunos e, por outro, a exploração dos mesmos em termos de conteúdos específicos a aprender.

Como ponto de partida foram apresentados ao grupo turma amostras de três materiais característicos da região do Alentejo:

- uma amostra de mármore (Figura 5.1);
- uma amostra de cal viva (Figura 5.2);
- uma amostra de minério de ferro (Figura 5.3).



**Figura 5.1 - Amostra de mármore**



**Figura 5.2 - Amostra de cal viva**



**Figura 5.3 – Amostra de minério de ferro**

A discussão que se seguiu centrou-se à volta da identificação dos materiais, da sua ocorrência, ou não, na Natureza, das transformações que podem sofrer e das possíveis aplicações de cada um deles.

Ao fim da primeira sessão de duas horas, cada grupo tinha feito a primeira pesquisa bibliográfica<sup>9</sup>. Sobretudo, tinham discutido entre si cada um dos termos, ou cada fórmula química, acabando por identificar cada um dos materiais fornecidos. Entretanto, tinham falado

---

<sup>9</sup> Esta primeira pesquisa bibliográfica foi propositadamente efectuada apenas nas obras incluídas na lista de bibliografia do programa da disciplina, com o objectivo de incentivar o uso dessas obras, enquanto recurso fundamental no processo de aprendizagem.

de rochas sedimentares e metamórficas, do mármore e das suas impurezas, do calcário, da calcite, da aragonite, do gesso, da dolomite, da pirite e da calcopirite, da siderite, da hematite e da magnetite. Tinham também referido o processo de obtenção da cal viva a partir do mármore:

*“para obter a cal o mármore é «cozido», isto é, é submetido a altas temperaturas”, (C1)*

*“os fornos têm uns furos por onde sai o dióxido de carbono, senão não se dava a combustão”(C1);*

e da cal apagada a partir da cal viva:

*“junta-se água quente” (C6)*

Outro aluno: *“não é preciso ser quente, ela é que aquece depois de derreter a cal” (C6)*

*“é preciso juntar água” (C1)*

*“esta é exotérmica porque liberta muito calor” (C1)*

*“Tu nunca viste! a minha mãe faz isso, aquilo liberta uma quantidade enorme de calor. Depois fica líquida que é para pintar as paredes” (C1)*

Tinham também identificado o carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ), como constituinte químico do mármore, da calcite, da aragonite e do calcário; o carbonato duplo de cálcio e magnésio ( $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$ ) como constituinte da dolomite, o sulfato de cálcio ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) como constituinte do gesso, a cal viva como sendo óxido de cálcio ( $\text{CaO}$ ) e a cal apagada como sendo hidróxido de cálcio [ $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ]. Tinham referido a composição química de alguns minérios de ferro como a pirite ( $\text{FeS}_2$ ), a calcopirite ( $\text{CuFeS}_2$ ), a hematite ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), a siderite ( $\text{FeCO}_3$ ) e a magnetite ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ).

Falou-se ainda das aplicações de cada um destes materiais.

Do mármore ou do calcário:

- na construção civil;
- na remoção de poluentes, como o dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>), dos gases resultantes da combustão de combustíveis fósseis;
- no fabrico de cal;
- na redução da acidez dos solos, uma vez reduzido a pó;
- na metalurgia do ferro.

Da cal viva:

- na construção civil;
- na indústria do fabrico de aço;
- na remoção de poluentes, como o dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>), dos gases resultantes da combustão de combustíveis fósseis;
- na produção de cálcio metálico;
- na indústria do papel;
- no tratamento de águas, como neutralizante de ácidos;
- na redução da acidez (calagem) dos solos.

Da cal apagada:

- para caiar as casas<sup>10</sup>;
- no tratamento de águas, para reduzir a sua dureza.

---

<sup>10</sup> Uma nota curiosa é o facto deste trabalho, estar tradicionalmente, no Alentejo, a cargo das mulheres.

A propósito de cada uma destas aplicações, escreveram-se as fórmulas químicas dos compostos envolvidos em cada processo e algumas das equações químicas que os traduzem, aspectos que desenvolveremos no ponto 4.3.

No final desta primeira sessão, em que os alunos tiveram oportunidade de verificar a existência de ligações entre a Química que iriam estudar e alguns dos assuntos que estudam noutras disciplinas do curso, fizemos a apresentação dos problemas que serviriam de base aos projectos experimentais a desenvolver.

## **5.2 – Metodologia seguida nas aulas**

A metodologia seguida nas aulas laboratoriais assentou, fundamentalmente, em duas fases distintas mas complementares. Uma primeira fase, de sessões pré-laboratoriais, destinadas à discussão e elaboração dos projectos experimentais, e uma segunda, destinada à execução da parte experimental e à discussão dos resultados obtidos. O desenvolvimento do trabalho realizou-se a partir de problemas sugeridos pelo professor, seguindo um percurso investigativo. Esta opção metodológica, de deixar a formulação dos problemas a cargo do professor, já anteriormente referida, permitiu que fossem abordados, nas aulas laboratoriais, os mesmos assuntos sobre os quais incidiam os trabalhos a realizar pelos alunos dos restantes cursos. No entanto, pensamos, que as vantagens de serem os alunos a encontrar os seus próprios problemas, de acordo com os seus interesses, devem ser tidas em conta, contemplando essa possibilidade sempre que isso seja possível (Buckley, Jolley & Watson, 1997; Garritz & Chamizo, 1994).

### 5.2.1 – Elaboração dos projectos

Cada um dos problemas apresentados foi proposto aos alunos como um pequeno projecto, a ser executado em grupos de dois ou três elementos, seguindo uma metodologia de trabalho que envolveria várias etapas:

- 1- Pesquisa bibliográfica (bibliografia recomendada no programa da disciplina e, em alguns casos, outra mais específica);
- 2- Planeamento e desenho do trabalho a desenvolver;
- 3- Execução da parte experimental;
- 4- Avaliação de resultados e eventual reformulação do desenho experimental;
- 5- Discussão dos resultados obtidos;
- 6- Elaboração de um relatório escrito.

Cada um destes projectos deveria ser executado durante duas semanas, em que teriam lugar duas sessões de duas horas. A primeira das sessões seria destinada à execução das fases de pesquisa e planificação do trabalho a desenvolver e a segunda à execução experimental. Verificou-se, no entanto, que, em alguns dos projectos, as duas horas da primeira sessão se revelaram insuficientes, havendo necessidade de continuar o trabalho em tempo extra-aula. Sempre que foi solicitado apoio por parte dos alunos, fora das aulas, este foi prestado pelo docente em sessões de atendimento.

No final desta primeira fase os alunos tinham elaborado um guia para a execução experimental que incluía uma lista de material e reagentes, e definido claramente quais as

observações e/ou resultados que deveriam registrar, consoante se tratasse de problemas de natureza quantitativa ou qualitativa.

### **5.2.2 – Execução experimental**

Partindo do projecto que tinham elaborado, os alunos executaram, na segunda sessão, também em grupos de dois ou três elementos, a parte experimental. Também nesta fase, sentimos, muitas vezes, que o tempo era insuficiente, devido, sobretudo, à falta de experiência de trabalho no laboratório, reconhecida pelos próprios alunos. Muitos referiram que poucas vezes tinham entrado num laboratório e que nunca tinham tido oportunidade de fazer um trabalho deste tipo. Aconteceu, por vezes, prolongar o trabalho para além das duas horas da aula. Devemos, no entanto, referir que, quando isso aconteceu foi porque os alunos o solicitaram, o que, constitui um indicador bastante favorável da receptividade que sempre demonstraram relativamente ao tipo de trabalho experimental proposto.

### **5.2.3 – Apresentação e discussão dos resultados**

A apresentação e discussão dos resultados obtidos entre os diferentes grupos da turma, foi um espaço de debate que decidimos também privilegiar, dada a importância que, na nossa perspectiva, este pode assumir, quando se trata de consolidar aprendizagens, tirando o maior proveito possível deste tipo de trabalho (Cf. 3.4.2).

Sempre que foi possível, esse espaço de discussão aconteceu na sessão em que foi feita a parte experimental, muitas vezes desencadeado pela obtenção de resultados diferentes

em algum dos grupos. Por vezes, por falta de tempo, a discussão era realizada na aula seguinte, antes de iniciar novo trabalho.

A importância desta discussão pós-laboratorial, relacionada também com aquilo que se pode obter do trabalho experimental, exige, tal como o tipo de abordagem aqui proposta, uma gestão do tempo muito diferente daquela que é feita actualmente. É evidente, que planificar um curso de forma a contemplar a possibilidade de fazer este tipo de trabalho experimental exige que se sacrifique o critério da quantidade. Isto é, não se pode exigir aos alunos que façam um trabalho prático, por cada sessão de duas horas, pois se o fizermos, pouco mais tempo haverá que o necessário para “o fazer”, e muito menos possibilidades de investir no “pensar” e no “aprender”.

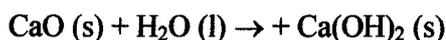
### 5.3 – Os Problemas propostos

Partindo dos materiais apresentados e das aplicações e ligações que estabelecemos entre eles, foi proposto um conjunto de problemas, alguns bastante simples, através dos quais seriam abordados os mesmos assuntos, sobre os quais incidiam os trabalhos práticos realizados nas aulas laboratoriais, pelos alunos dos outros cursos (Cf Anexo I). Pretendíamos, desta forma, assegurar que, apesar de ser seguida outra metodologia, os conteúdos a abordar e as técnicas a utilizar pelos alunos não fossem completamente diferentes.

Foram assim propostos os quatro problemas que apresentaremos a seguir:

#### **Problema I**

A cal apagada é obtida por reacção da cal viva com a água:



Esta reacção tem características que desaconselham o transporte da cal viva em barcos de madeira. Porque será?

**Poderemos medir a quantidade de calor que está associada a esta reacção?**

### **Problema II**

A formação de placas de calcário, bem como de estalactites e estalagmites em grutas, são fenómenos que, de alguma forma, estão relacionados com os materiais de que acabámos de falar e com as reacções em que podem participar.

**Poderemos simular o mecanismo de formação de uma placa de calcário?**

### **Problema III**

A cal viva, a cal apagada ou o mármore reduzido a pó, são utilizados para fazer a “calagem” de solos ácidos.

**Poderemos avaliar a *necessidade em cal* de um solo?**

### **Problema IV**

Dos minérios de ferro de que falámos, nem todos têm na sua composição a mesma percentagem de ferro.

**Poderemos dosear a quantidade de ferro existente num minério?**

No que se segue, apresentaremos em pormenor cada um dos problemas. Incluiremos, relativamente a cada um deles, um enquadramento teórico<sup>11</sup>, que podendo assumir características marcadamente didácticas, se destina a melhor situar o trabalho realizado pelos

---

<sup>11</sup> Privilegiámos, sempre que possível, o recurso à bibliografia indicada para os alunos

alunos, no contexto da disciplina e do curso, e a mostrar as relações com aspectos relevantes das suas aplicações na vida corrente.

### **5.3.1 – Determinação do calor envolvido na reacção da cal viva com a água**

#### **5.3.1.1 – Enquadramento teórico**

Cal é um termo que se refere ao óxido de cálcio (CaO, também chamado cal viva) e ao hidróxido de cálcio [Ca(OH)<sub>2</sub>, também chamado cal apagada]. A utilização da cal remonta a 1500 a.C., e tem tido, desde sempre, enorme importância na indústria da construção. Actualmente, o maior consumo é feito pela indústria do aço que usa as suas propriedades básicas para remover as impurezas ácidas dos minérios de ferro. A cal viva também é usada no controle da poluição atmosférica e no tratamento de águas (para neutralizar ácidos) (Chang, 1994).

A cal apagada, por sua vez, tradicionalmente utilizada na caiação, tem também, na redução da dureza da água, uma aplicação bastante importante<sup>12</sup>.

A cal viva é um sólido branco que funde a 2570°C. É produzida industrialmente a partir da decomposição térmica do calcário (carbonato de cálcio) acima dos 2000°C, de acordo com a equação:



A reacção é reversível e o óxido de cálcio combina-se prontamente com o dióxido de carbono para formar carbonato de cálcio. A pressão do dióxido de carbono em equilíbrio com

---

<sup>12</sup> Os aspectos teóricos relacionados com esta aplicação serão abordados no ponto 5.3.2.2.

o carbonato de cálcio e o óxido de cálcio, aumenta com a temperatura. No processo industrial o sistema nunca é mantido em equilíbrio; em vez disso, o dióxido de carbono é continuamente removido do forno para deslocar o equilíbrio no sentido da formação dos produtos, promovendo, assim, a formação de óxido de cálcio.

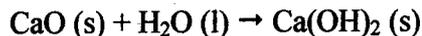
O mesmo processo é usado desde tempos remotos nos fornos de cal, que ainda hoje existem, embora poucos, em regiões como o Alentejo. O excerto que se segue dá-nos conta do processo de obtenção da cal:

*“As Caeiras – fornos onde era cozida a cal – são elementos da cultura do mundo rural cujo funcionamento só é possível compreender através da memória das pessoas que neles trabalharam. Como recordam antigos caeiros da região, a pedra (calcite) era extraída das pedreiras nas proximidades, transportada em parelhas para os grandes fornos circulares, construídos em tijolo burro e pedra, e arrumada no seu interior. O forno era tapado com um capelo de barro com gateiras (buracos) por onde saía o fumo<sup>13</sup>. O lume era então aceso com lenha de sobre, resultante da esgalha, e tojo que entrava pela base. Era um trabalho duro, que demorava cerca de uma semana (duração da cozedura da cal) e envolvia 6 a 8 homens a trabalhar por turnos para manter o forno sempre aceso. Cozida a cal, vinham pessoas de toda a região abastecer-se para a utilizar como material de construção (cal negra) ou para caiar o interior e o exterior das casas (cal branca)”*(<http://www.alentejodigital.pt>).

A cal apagada, por sua vez, é obtida por reacção da cal viva com a água de acordo com a reacção:

---

<sup>13</sup> O termo *fumo* aqui usado refere-se ao gás dióxido de carbono.



Enquanto que a reacção de formação da cal viva ocorre a altas temperaturas, esta ocorre com libertação de quantidades significativas de calor o que provoca um aumento de temperatura do vaso onde ocorre a reacção (Chang, 1994, Russel, 1982).

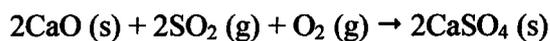
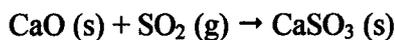
A reacção exotérmica da cal viva com a água e os valores muito baixos dos calores específicos da cal viva (0,946 J/g.°C) e da cal apagada (1,20 J/g.°C) tornam perigosos a armazenagem e o transporte desta substância dentro de recipientes de madeira. Os barcos de madeira podem mesmo incendiar-se se houver uma fuga de água para dentro dos reservatórios que contêm a cal.

Uma aplicação importante da cal viva (óxido de cálcio) e também do carbonato de cálcio é a remoção de poluentes, como o dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>), dos gases resultantes da combustão de combustíveis fósseis.

Injectando calcário em pó na caldeira ou na fornalha da central termoelétrica, juntamente com o carvão, onde é sujeito a altas temperaturas, ocorre a seguinte reacção:



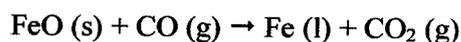
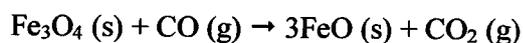
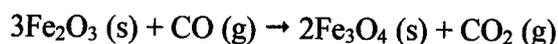
A cal viva, entretanto formada, reage com o dióxido de enxofre para formar sulfito de cálcio e algum sulfato de cálcio:



conseguindo, dessa forma, eliminá-lo e evitar os efeitos nefastos que desencadeia em termos de poluição ambiental. Para remover algum dióxido de enxofre remanescente, injecta-se uma suspensão aquosa de cal viva numa câmara de purificação, colocada antes do escape dos gases através da chaminé.

Outra das aplicações importantes da cal viva consiste na sua aplicação em solos ácidos, e águas de lagos afectados por chuvas ácidas. Este processo, designado por *calagem*, baseia-se na neutralização dos ácidos que permanecem nos solos ou nos lagos.

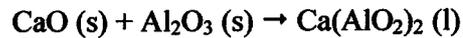
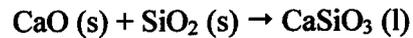
Na indústria metalúrgica do ferro utiliza-se também o calcário, para a obtenção do ferro. Introduzem-se no forno, o minério de ferro concentrado, o calcário e o coque. Uma forte injeção de ar quente é introduzida no forno. O oxigénio gasoso reage com o carbono do coque para formar monóxido de carbono e algum dióxido de carbono. Estas reacções são altamente exotérmicas e, à medida que os gases monóxido de carbono e dióxido de carbono quentes sobem, reagem com os óxidos de ferro em diferentes zonas a diferentes temperaturas. As principais etapas da extracção do ferro são:



O calcário decompõe-se no forno da seguinte forma:



O óxido de cálcio reage então com as impurezas do minério, que são sobretudo areia ( $\text{SiO}_2$ ) e óxido de alumínio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ):



A mistura de silicato e de aluminato de cálcio, que permanece fundida à temperatura do forno, é designada por *escória*.

O ferro extraído desta forma, que contém muitas impurezas, é designado por ferro gusa (ou ferro fundido) e pode conter até 5% de carbono e algum silício, fósforo, manganésio e enxofre. Algumas das impurezas provêm dos minerais silicato e fosfato, enquanto o carbono provém do coque.

### 5.3.1.2 – Desenvolvimento do projecto

Apesar das ligações múltiplas que puderam ser estabelecidas, tendo como ponto de convergência as aplicações do carbonato de cálcio (enquanto mármore ou calcário), ou das substâncias que dele se podem obter (cal viva ou cal apagada), o trabalho experimental a ser realizado pelos alunos teve necessariamente que restringir-se ao problema proposto.

Nesse sentido, os grupos organizaram-se de modo a planear e executar um trabalho experimental que lhe desse resposta. Recorreram para o efeito à bibliografia que consta do programa da disciplina e a algumas notas suplementares fornecidas (Cf. Anexo VI).

Faremos de seguida a análise do modo como os alunos desenvolveram esse trabalho, apresentando excertos, que considerámos significativos, das gravações<sup>14</sup>, e, em simultâneo uma listagem dos assuntos pesquisados ou referidos pelos alunos.

	<b>Assuntos pesquisados ou referidos pelos alunos</b>	<b>Os comentários dos alunos</b>
<b>Fase de pesquisa e elaboração do desenho experimental</b>	Calor	<i>“Precisamos de um termómetro para medir o calor libertado” (C1.1)</i>
	Temperatura	<i>“Usamos graus Celsius ou Kelvin?” (C15.4)</i> <i>“É indiferente porque estamos a usar variações de temperatura” (C15.5)</i>
	Variação de temperatura	<i>“O que vamos medir é a temperatura inicial, e a temperatura final” (C1.5)</i>
	Equilíbrio térmico	<i>“Não há nenhuma relação entre a massa de cal e o calor libertado? (C6.1)</i>
	Calor específico	<i>“A diferença entre o ponto máximo e o ponto mínimo é a capacidade calorífica?” (C1.3)</i> <i>“Não! Isso só dá a temperatura” (C1.4)</i>
	Capacidade calorífica	
	Calor a pressão constante	<i>“Não podemos medir a temperatura assim de qualquer maneira, porque se perde muito calor para o ar e não é rigoroso” (C1.2)</i>
	Calorimetria a pressão constante	

<sup>14</sup> O conteúdo integral das gravações encontra-se disponível para consulta.

Sistemas isolados e fechados	<i>“Temos que isolar a reacção do meio exterior!” (C11.1)</i>
Calorímetro	<i>“Se tivermos a capacidade do frasco já podemos saber que quantidade de cal vamos usar” (C1.3)</i>
Variação de entalpia	<i>“Precisamos de saber a massa da cal e a massa de água” (C6.2)</i>
1º Princípio da Termodinâmica	
Massa molar	<i>“Calcula aí a massa molar do CaO e do Ca(OH)<sub>2</sub>” (C1.8)</i>
Número de moles	<i>“podemos calcular de forma aproximada a variação de temperatura para uma dada massa de cal?” (C1.7)</i>
Cálculos estequiométricos	
Reagente limitante de uma reacção	<i>“Temos que ver que massa de cal vamos usar para a reacção não ser muito «grande», senão o calorímetro não aguenta.” (C1.6)</i>
	<i>“a gente quer saber é o número de moles que existem em duas gramas. Se soubermos o número de moles já podemos saber o <math>\Delta H</math> correspondente a cada mole” (C1.9)</i>
	<i>“Podemos fazer uma ideia aproximada se calcularmos qual é a elevação de temperatura se usarmos 20 ml de água e 2g de cal” (C1.10)</i>

<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Fase de pesquisa e elaboração do desenho</p>	<p>Densidade</p>	<p><i>“temos de fazer um raciocínio... o que precisamos determinar? temos que primeiro saber que massa de CaO e que massa de água vamos utilizar (C6.3)</i></p>
	<p>Massa volúmica</p>	<p><i>“não podemos utilizar o mesmo número de moles de água e de óxido de cálcio, porque se usarmos 20 ml de água isso já é mais que uma mole e uma mole de CaO são 56 g (C6.4)</i></p>
	<p>Densidade</p>	<p><i>“20 ml de água podem não ser 20g! Temos que saber a densidade ” (C1.11)</i></p>
<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Fase de execução experimental</p>	<p>Redução do erro por aumento do número de medições</p>	<p><i>“Vamos fazer outra leitura. Se fizermos a média reduzimos o erro” (C12.1)</i></p>
	<p>Medição rigorosa de volumes de líquidos</p>	<p><i>“Não podes medir o volume da água com a proveta! Não é rigoroso” (C12.2)</i></p>
	<p>Medição rigorosa de massas</p>	<p><i>“Não consigo pesar 2,000 g de cal!”(C 6.5)</i></p>
	<p>Unidades de medida de massa</p>	<p><i>“Em que unidades vem a quantidade de calor libertada? é a mesma da entalpia?”(C6.7)</i></p>
	<p>Unidades de medida de temperatura</p>	<p><i>“Que unidades de volume utilizamos? cm<sup>3</sup> ou litro?”(C12.3)</i></p>

Fase de execução experimental	Medição de temperaturas	<i>“Na primeira determinação a temperatura inicial da água fria era 22°C e agora já é 24°C. Porque será?” (C12.4)</i>
	Massa molar	<i>“Temos que dividir este valor pela massa molar par saber qual o número de moles” (C6.8)</i>
	Nº de moles	<i>“Vamos ter que saber qual a massa de água que está em excesso” (C15.1)</i>
	Reagente limitante de uma reacção	
	Densidade	<i>“A água quente tem que ser pesada?” (C15.2)</i>
	Massa volúmica	<i>“Enganámo-nos em alguma coisa. A variação de temperatura da água fria não pode ser superior à variação de temperatura da água quente. Vamos medir outra vez” (C12.5)</i>
	1º Principio da Termodinâmica	<i>“A variação de temperatura é a temperatura final menos a temperatura inicial. Por isso a variação de temperatura da água quente é negativa” (C15.6)</i>
	Sistemas isolados e fechados	<i>“Nós estamos a admitir que não há perdas de calor para o exterior, mas na verdade perde-se alguma quantidade de calor” (C15.3)</i>
	Equilíbrio térmico	<i>“Temos que esperar até que a temperatura não varie mais.”(C6.6)</i>

Como se pode verificar, pela análise dos comentários feitos pelos alunos ao longo da preparação ou execução do trabalho, verificam-se algumas imprecisões na linguagem por eles

utilizada. São exemplo disso a confusão na referência aos termos calor, temperatura (C1.1) e capacidade calorífica (C6.1) (C1.3).

Existem, no entanto, referências a outras noções importantes que são feitas de forma correcta, como as de massa molar (C1.8), massa volúmica e densidade (C1.11), escalas de temperatura e respectivas unidades (C15.5).

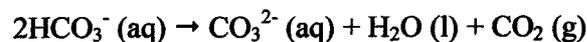
Outros aspectos que consideramos positivos são o recurso aos cálculos estequiométricos, partindo da necessidade de prever a massa de cal a usar (C6.4) (C6.3), e o reconhecimento da existência de erros, decorrentes do facto de admitir que o calorímetro é um sistema isolado, (C1.2) (C11.1) (C15.3). Revelam ainda alguma preocupação com o rigor das medições (C12.3) (C12.2) (C6.5), e alguma análise imediata do significado dos valores medidos (C12.5). Exemplo concreto disso é este último excerto (C12.5) em que claramente os alunos se apercebem de que, ao fazer a determinação da capacidade calorífica do calorímetro pelo método das misturas (Cf. Anexo VI), a variação da temperatura da água fria não pode ser superior à variação da temperatura da água quente, considerando os valores absolutos das duas variações. O facto de se terem apercebido desse erro revela que houve, da parte dos alunos, uma compreensão efectiva do método utilizado.

A oportunidade de corrigir alguns erros detectados e de reflectir sobre todos estes aspectos que estão, na nossa opinião, muito para além da simples execução do trabalho, poderá contribuir de forma significativa para a aprendizagem.

### 5.3.2 – Formação de uma placa de calcário

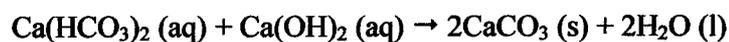
#### 5.3.2.1 – Enquadramento teórico

A presença na água de quantidades significativas de iões  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  (provenientes do calcário,  $\text{CaCO}_3$ , e da dolomite,  $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$ ), muito comum, aliás, em solos alentejanos, tem importantes implicações no seu uso. Estas águas, ditas *duras*, não são adequadas para certas aplicações industriais e domésticas, nomeadamente porque os iões alcalino-terrosos como o  $\text{Ca}^{2+}$  e o  $\text{Mg}^{2+}$  formam sais praticamente insolúveis com os sabões usuais. Se a água dura contém também iões hidrogenocarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ), a sua dureza, dita *temporária*, reduz-se por aumento da temperatura, convertendo-se os iões hidrogenocarbonato em iões carbonato (Atkins & Beran, 1992; Atkins & Jones, 1997; Chang, 1994):



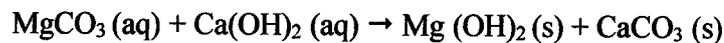
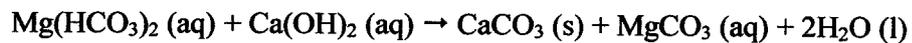
Os iões carbonato, por sua vez, precipitam os iões cálcio e magnésio sob a forma dos respectivos carbonatos,  $\text{CaCO}_3$  e  $\text{MgCO}_3$ .

Um processo industrial de reduzir a dureza das águas que contém hidrogenocarbonatos consiste na adição de cal apagada,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ :

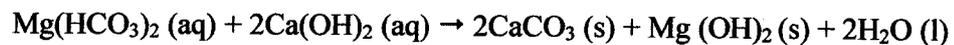


De acordo com a estequiometria da reacção verifica-se que, por cada mole de  $\text{Ca(OH)}_2$  que se dissolve, há duas moles de iões  $\text{Ca}^{2+}$  que precipitam sob a forma de  $\text{CaCO}_3$  (cujo  $K_{ps} = 8,7 \times 10^{-9}$ ) (Skoog, West & Holler, 1996; Jeffery *et al.*, 1992).

Para a precipitação dos iões  $\text{Mg}^{2+}$  o processo é o seguinte:



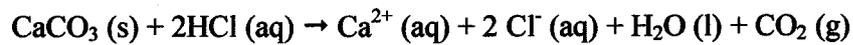
Sendo a equação global:



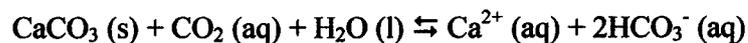
São, portanto, necessárias duas moles de  $\text{Ca(OH)}_2$  para eliminar cada mole de  $\text{Mg(HCO}_3)_2$  inicialmente em solução. Esta menor eficácia é devida ao facto do  $\text{MgCO}_3$  ( $K_{ps} = 4,0 \times 10^{-5}$ ) ser muito mais solúvel do que o  $\text{Mg (OH)}_2$  ( $K_{ps} = 1,2 \times 10^{-11}$ ). Uma vez formados, os precipitados são separados por filtração. Quando a água dura não contém iões hidrogenocarbonato, a sua dureza diz-se *permanente*, e os iões  $\text{Ca}^{2+}$  têm de ser eliminados de outra forma. Um processo vulgarmente usado consiste na adição de carbonato de sódio (soda de lavagens),  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ , que fornece o ião carbonato. Os iões  $\text{Mg}^{2+}$  podem continuar a ser precipitados por adição do  $\text{Ca(OH)}_2$  (*processo cal-soda*) (Chang, 1994; Mahan, 1978).

O carbonato de cálcio, principal constituinte de muitas rochas, está também envolvido no mecanismo de formação de grutas, estalactites e estalagmites.

O carbonato de cálcio, apesar de bastante insolúvel em água ( $K_{ps} = 8,7 \times 10^{-9}$ ), dissolve-se facilmente em meio ácido devido à reacção:



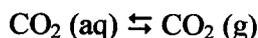
Como o solo húmido contém ácidos húmicos produzidos pela vegetação em decomposição, a água subterrânea é normalmente capaz de dissolver o calcário. Além disso, a água contém algum dióxido de carbono atmosférico dissolvido, o que lhe confere também alguma acidez, devido à reacção com o carbonato de cálcio:



A posição deste equilíbrio depende da pressão parcial de dióxido de carbono. Para pressões parciais elevadas dissolve-se bastante dióxido de carbono e o equilíbrio está deslocado para a direita. Para pressões parciais baixas tem-se o contrário, isto é, o equilíbrio está deslocado para a esquerda.

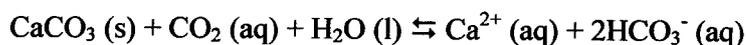
A penetração das águas ácidas superficiais faz-se com a dissolução das rochas calcárias. Se estas se encontram próximo da superfície, o solo que as cobre vai perdendo sustentação e acaba por desabar. As depressões resultantes, características do relevo calcário, são chamadas dolinas ou sumidouros, por conterem canais de penetração da água das chuvas.

A dissolução do calcário situado a maiores profundidades leva à formação de grutas. As águas de infiltração (contendo iões  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{HCO}_3^-$ ), ao atingirem o tecto da gruta ficam sobressaturadas em dióxido de carbono, pois a sua pressão parcial é menor na gruta do que à superfície. Dá-se então a libertação de dióxido de carbono gasoso pois o equilíbrio:



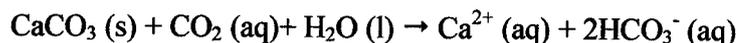
desloca-se para a direita.

Consequentemente, o equilíbrio:



desloca-se para a esquerda, ocorrendo a precipitação de carbonato de cálcio, o que dá origem à formação de estalactites e estalagmites.

Outra consequência da presença de iões  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  nas águas de consumo é a formação de depósitos de calcário em electrodomésticos e canalizações de água quente. O mecanismo da sua formação depende da presença de dióxido de carbono, dissolvido na água:

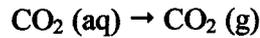


o que leva à formação de iões hidrogenocarbonato.

Quando a água, contendo os iões cálcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) e hidrogenocarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ), é aquecida ou fervida, a reacção de dissolução é invertida para originar o precipitado  $\text{CaCO}_3$ :



e o dióxido de carbono é libertado da solução:



O carbonato de cálcio sólido, assim formado, é o componente principal das incrustações que se acumulam nos fervedores, aquecedores de água, canos e chaleiras. Uma forma de eliminar estes depósitos consiste em usar ácido clorídrico diluído:



sendo desta forma o carbonato de cálcio convertido em cloreto de cálcio solúvel.

O segundo problema proposto aos alunos tem a ver precisamente com a formação destas placas de calcário e com os fenómenos que se podem explicar através destas reacções.

### **5.3.2.2 – Desenvolvimento do projecto**

Neste caso, o problema proposto tinha características bastante diferentes do primeiro. Sem nenhuma preocupação de natureza quantitativa pretendia-se estimular a observação dos fenómenos e um registo sistemático e rigoroso dessas observações.

O projecto a ser elaborado e executado pelos alunos tinha por objectivo a simulação em laboratório da formação de uma placa de calcário e o estudo das situações de equilíbrio a ela associadas

Nesse sentido foram formuladas algumas questões a ser respondidas durante a realização do trabalho:

- Porque se dá a precipitação inicial?
  
- Porque se volta a dissolver o precipitado?
  
- Porque se forma de novo o precipitado quando se aquece outra vez a solução?

Para além destas questões que diziam directamente respeito ao desenvolvimento do trabalho, foram ainda apresentadas mais algumas outras questões a que o alunos procuraram dar resposta depois de terminada a fase experimental, e que se relacionam com equilíbrios do mesmo tipo:

- Em zonas de águas duras as canalizações de água quente ficam por vezes obstruídas. Explique porquê.
  
- Indique uma forma simples de solucionar este problema.

- Tente dar uma explicação para a formação de estalactites e estalagmites em grutas calcárias.
- A dureza de uma água, devida principalmente à presença de iões  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$ , pode ser reduzida por adição de cal apagada  $[\text{Ca}(\text{OH})_2]$ . Dê uma explicação para esse facto.

Antes de passarmos à descrição do modo como os alunos desenvolveram este trabalho, queremos aqui deixar uma nota que consideramos importante. Quando os alunos, através da consulta da bibliografia, concluíram que no mecanismo de formação da placa de calcário estava envolvido o dióxido de carbono, foi necessário responder a uma questão adicional:

Como podemos obter dióxido de carbono?

Depois de discutir várias possibilidades, entre as quais o uso de um extintor de  $\text{CO}_2$ , levantada por um dos alunos, decidimos recorrer a um dos materiais de que tínhamos estado a falar e produzir dióxido de carbono a partir da reacção do carbonato de cálcio (mármore) com ácido clorídrico:



recorrendo ao Aparelho de Kipp, representado na Figura 5.4.

Foi interessante verificar que a utilização deste dispositivo, constituiu um factor de motivação adicional para os alunos, que se mostraram, desde logo, bastante interessados em compreender o seu funcionamento.

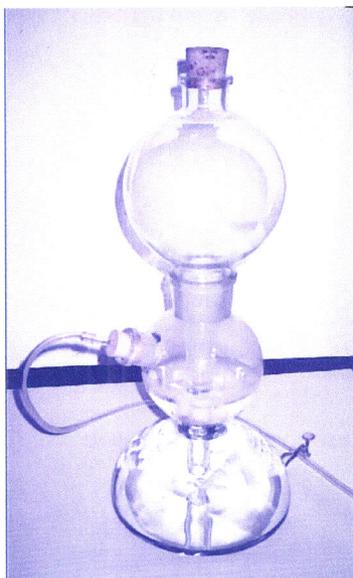


Figura 5.4 – Aparelho de Kipp

	Assuntos pesquisados ou referidos pelos alunos	Os comentários dos alunos
Fase de pesquisa e elaboração	Dureza de uma água	<i>“Os depósitos de calcário formam-se quando as águas são muito duras”(C33.1)</i>
	Equilíbrio de precipitação	<i>“As chaleiras ficam brancas por causa do calcário”(C31.1)</i>  <i>“É por evaporação da água. É por causa das variações de temperatura que precipita o carbonato de cálcio.”(C32.1)</i>

Equilíbrio químico	<i>“Para formar carbonato de cálcio temos que ter íões cálcio e íões carbonato. Os íões cálcio já estão presentes na água, mas não sei de onde vêm os íões carbonato”</i> (C31.2)
Equilíbrio ácido-base	<p><i>“Aqui no livro diz que o dióxido de carbono atmosférico dissolvido na água origina íões carbonato”</i>(C31.3)</p> <p><i>“Precisamos depois aquecer a solução para ver se acontece o mesmo que nas chaleiras”</i>(C31.6)</p> <p><i>“Há extintores de CO<sub>2</sub>, se tivéssemos um podíamos usá-lo”</i>(C31.5)</p> <p><i>“temos de ter cálcio e temos de ter um pH inferior a 7”</i>(C32.2)</p> <p><i>“a formação das grutas chama-se «carsificação» - é um termo Geológico que tem a ver com «o comer» da rocha pelas águas, e ocorre em zonas onde a rocha está pouco compactada”</i>(C32.3)</p>
Diferenças entre mármore ( rocha sedimentar) e o calcário (rocha sedimentar)	<i>“o mármore para se formar precisa de pressões e temperaturas elevadas”</i> (C33.2)

Fase de execução experimental	Produção de CO <sub>2</sub> a partir de CaCO <sub>3</sub> e HCl.	<p><i>“Há efervescência”(C31.7).</i></p> <p><i>“Há libertação de um gás”(C33.3)</i></p> <p><i>“Dentro do aparelho cada vez vai havendo menos ácido, porque se vai formando água, não é?”(C31.8)</i></p>
	Aplicação do Princípio de Le Chatelier	<p><i>“A água de cal está a ficar turva porque há formação de carbonato de cálcio”(C31.9)</i></p> <p><i>“Vai ficar sólido?”(C31.10)</i></p> <p><i>“Porque é que o ácido fica assim verde?”(C31.11)</i></p> <p><i>“Deve ser por causa das impurezas”(C31.12)</i></p>
	Diferenças entre mármore e o calcário	<i>“Se usássemos calcário o resultado era o mesmo, a composição é a mesma só que o mármore é uma rocha metamórfica e o calcário é uma rocha sedimentar”(C33.4)</i>
	Equilíbrio químico	<i>“Se continuarmos a borbulhar CO<sub>2</sub> não vai ficar preto? Já fiz uma vez uma experiência em que fazíamos reagir o dióxido de carbono com o carbonato de cálcio e ficava preto”(C31.13)</i>
	Equilíbrio de precipitação	
	Aplicação do Princípio de Le Chatelier	<i>“Está a ficar novamente incolor. Isso não terá a ver com o excesso de CO<sub>2</sub> que nós estamos a impôr? O sistema se calhar reage ao contrário”(C31.15)</i>

Fase de execução experimental

Teste de identificação dos carbonatos com ácido clorídrico

*“Volta a formar iões carbonato”(C31.16)*

*“Com o aquecimento forma-se outra vez carbonato de cálcio”(C32.4)*

*“Esse é um dos métodos que nós usamos no campo para fazer a identificação dos carbonatos”(C32.5)*

*“Na escola nunca fiz experiências nenhuma! E eu tive Química!”(C31.14)*

Ao longo do desenvolvimento desde projecto os alunos revelaram alguma dificuldade na escrita das equações químicas relativas aos equilíbrios estudados. Nem sempre as respostas às questões que foram colocadas (Cf. 5.3.2.2), foram acompanhadas do formalismo químico necessário em termos de equações, tendo-se verificado por vezes alguma falta de rigor na linguagem utilizada (C32.3).

No entanto, verificou-se o estabelecimento de ligações, que consideramos muito proveitosas, entre os aspectos teóricos relacionados com o problema proposto e os assuntos conhecidos dos alunos, quer porque são abordados no curso (C32.3) (C33.1) (C33.3) (C32.5), quer porque estão relacionados com situações do dia-a-dia (C31.1).

Para além disso, foram esclarecidos aspectos teóricos importantes relativos aos equilíbrios estudados (C32.1) (C31.9) e aos factores que os influenciam (C31.13) (C31.14) (32.4).

### 5.3.3 – Correção da acidez de um solo por calagem

#### 5.3.3.1 – Enquadramento teórico

Quer seja determinada pela ocorrência de chuvas ácidas (Chang, 1994) ou pela composição dos próprios terrenos, a excessiva acidez dos solos é uma característica que tem implicações ao nível da produção da maior parte das culturas agrícolas (Santos, 1974).

A correção da acidez do solo pode fazer-se através da aplicação de óxido de cálcio (CaO), hidróxido de cálcio [Ca(OH)<sub>2</sub>] ou carbonato de cálcio (CaCO<sub>3</sub>) sobre o solo. Actualmente, aquele que mais se utiliza é o calcário. Tem sobre os restantes a vantagem de ser mais barato, mais fácil de aplicar (não é cáustico) e de actuar mais lentamente, permitindo uma mais gradual transformação da matéria orgânica.

A aplicação de correctivos cálcicos alcalinizantes constitui uma prática agrícola vulgarmente designada por *calagem*.

A quantidade de correctivo a aplicar a um determinado solo ácido para lhe elevar o pH, até o situar entre valores mais favoráveis ao desenvolvimento da grande maioria das plantas depende, naturalmente, do pH que o solo apresenta, mas depende também, e muito principalmente, da presença de substâncias que conferem ao solo maior ou menor poder tamponizante.

Designa-se *por necessidade de cal* de um solo a quantidade de correctivo necessária para elevar o pH do solo ao valor desejado, sendo este valor calculado em função do valor do pH que o solo apresenta e do teor em matéria orgânica que ele contém (Coelho, s. d.).

O pH do solo pode determinar-se em água, por colorimetria ou potenciometria, agitando-se, para isso, uma porção de solo em água (Costa, 1975). O método potenciométrico apresenta vantagens em relação ao primeiro pois é independente da cor do meio, da turvação e da presença de matérias coloidais.

O resultado obtido na determinação do pH do solo depende sensivelmente da técnica utilizada. Assim, varia consoante as proporções relativas de solo e de água e, na determinação potenciométrica, obtêm-se valores diferentes consoante os eléctrodos se mergulham na solução que sobrenada, na suspensão de partículas terrosas, ou no sedimento. Não pode, portanto, ter-se a pretensão de supor que o valor medido represente exactamente as condições de concentração hidrogeniónica que as raízes das plantas e os microrganismos encontram no solo (Costa, 1975). Aliás, devido à adsorção iónica, a concentração dos diversos iões na solução do solo, varia com a distância às partículas coloidais, sendo portanto esta concentração necessariamente heterogénea; apresenta o valor mais elevado junto à superfície das partículas terrosas.

Por outro lado, seja qual for o verdadeiro pH do solo, sabe-se que este não constitui um valor constante e característico. Sofre oscilações que podem ser da ordem de grandeza de uma unidade, dependendo tais oscilações, entre outros factores, do teor de água no solo, da

natureza e proporção de sais em solução e da concentração em dióxido de carbono na atmosfera em contacto com o solo (Sparks, 1995).

O valor do pH do solo medido em solução aquosa está associado à chamada acidez actual, isto é, à actividade dos iões  $H_3O^+$  presentes na solução do solo. Este valor de pH, tem, no entanto, reduzido interesse prático, na medida em que, dependendo, entre outros factores, da concentração e natureza dos sais existentes na solução, sofre acentuadas oscilações.

A determinação do pH do solo faz-se correntemente, não em água, mas em soluções de sais de concentração conhecida. Uma das determinações mais correntemente utilizadas é feita em solução 1 M de cloreto de potássio (KCl). O valor obtido é geralmente inferior ao da determinação feita em água, podendo a diferença ser da ordem de 0,5-1,0 unidades de pH. Os resultados assim obtidos são também menos afectados pela variação natural da concentração de sais no solo, isto é, o pH do solo medido em solução de KCl dá valores mais constantes no mesmo solo e por isso, presumivelmente mais característicos (Costa, 1975; Santos, 1974).

Alguns autores referem ainda a determinação do pH do solo em solução 0,01M de cloreto de cálcio ( $CaCl_2$ ) ou em solução 0,5 M de acetato de cálcio [ $Ca(CH_3COO)_2$ ] (Santos, 1996; Canter, 1993).

Uma vez determinado o pH do solo, e o teor de matéria orgânica nele existente, existem vários métodos, mais ou menos expeditos, para calcular a quantidade de correctivos necessária. O Quadro 5.1 sistematiza os resultados obtidos num estudo efectuado em 79 amostras de solos ácidos com elevada representatividade no País (Santos, 1995).

Através do Quadro 5.1 pode obter-se uma previsão bastante aproximada da *necessidade em cal* de um determinado solo, uma vez determinados os parâmetros necessários.

**Quadro 5. 1 – Quantidade de calcário (t.ha<sup>-1</sup>) necessária para corrigir a acidez do solo até pH (H<sub>2</sub>O) cerca de 6,5 ou pH (KCl) cerca de 5,5 (Santos, 1995)**

pH		Matéria orgânica(%)						Classes de texturas
KCl	H <sub>2</sub> O	>5,0	4,0 – 5,0	3,0 – 4,0	2,0 – 3,0	1,0 – 2,0	0,5 – 1,0	
< 4,0	< 4,5	18	15	12,5	10	7,5	5	II
		16	14	11,5	9	6,5	4	I
4,1 – 4,3	4,6 – 5,0	14	12	10	8	6	4	II
		12	11	9	7	5	3	I
4,4 – 4,7	5,1 – 5,5	10	9	7,5	6	4,5	3	II
		9	8	6,5	5	3,5	2	I
4,8 – 5,1	5,6 – 6,0	7	6	5	4	3	2	II
		6	5	4	3	2	1	I
5,2 – 5,5	6,1 – 6,5	4	3	2,5	2	1,5	1	II
		3	2,5	2	1,5	1	0,1	I

Classe I – Solos ligeiros (arenosos).

Classe II – Solos médios e pesados.

Outra determinação a que pode recorrer-se para avaliar a necessidade em cal de um determinado solo consiste no traçado de uma curva de neutralização com hidróxido de cálcio (Costa, 1975) – em geral leva-se a determinação até verificar a quantidade de base necessária para se atingir um valor de pH próximo de 7.

O tipo de curva de titulação obtida fornece ainda informações sobre o poder tampão do solo. Na verdade o solo é um meio fortemente tamponizado e oferece, portanto, uma resistência mais ou menos acentuada às variações de pH provocadas pela adição de ácidos ou bases.

### 5.3.3.2 – Desenvolvimento do projecto

Neste caso pretendia ilustrar-se a utilização do mesmo tipo de materiais na resolução de um problema concreto: a correcção da acidez de um solo.

Sendo um problema relativamente complexo, apresentava a vantagem de incidir sobre assuntos importantes, como são os equilíbrios ácido-base, titulações ácido-base e soluções tampão, permitindo simultaneamente ilustrar mais uma aplicação dos materiais já conhecidos pelos alunos e em torno dos quais se desenvolveram todos os projectos.

Tendo em conta a especificidade do assunto foi fornecida aos alunos indicação sobre alguma bibliografia suplementar sobre o assunto.<sup>15</sup> Foi também fornecida a indicação sobre o teor em matéria orgânica presente no solo em que seria feita a determinação.<sup>16</sup> Apesar de considerarmos que seria também muito interessante que os alunos pudessem fazer a determinação deste parâmetro, tal não foi possível devido às disponibilidades de tempo de que dispúnhamos e à extrema dificuldade do assunto.

---

<sup>15</sup> Indicada na Bibliografia do presente trabalho.

<sup>16</sup> O doseamento da matéria orgânica do solo foi feito pelo método de Anne. Neste método, a matéria orgânica é oxidada por uma solução de dicromato de potássio a quente, e o excesso de oxidante titulado com uma solução de sulfato ferroso amoniacal de concentração conhecida.

O desenvolvimento do trabalho decorreu, de acordo com a metodologia já apresentada, em duas sessões laboratoriais, e, também, através de acompanhamento extra-aula:

	<b>Assuntos pesquisados ou referidos pelos alunos</b>	<b>Os comentários dos alunos</b>
<b>Fase de pesquisa e elaboração do desenho experimental</b>	pH e pOH	<i>“Podem definir-se dois tipos de acidez nos solos: uma acidez potencial e uma acidez activa” (C39.1)</i>
	Ácidos	
		<i>“O pH do solo interfere com a produção de muitas espécies de plantas” (C46.1)</i>
		<i>“Para sabermos qual a necessidade em cal de um solo temos primeiro que medir o pH” (C39.2)</i>
	Potenciometria	<i>“Podemos usar mais do que uma técnica para medir o pH. Podemos usar a colorimetria ou a potenciometria” (C45.1)</i>
	Colorimetria	
	<i>“A pontenciometria é mais rigorosa” (C45.4)</i>	
	Preparação das amostras	<i>“Que quantidade de solo precisamos usar?” (C45.2)</i>

Fase de pesquisa e elaboração do desenho experimental

	<p><i>“Como é que podemos ter uma água isenta de dióxido de carbono?”</i></p> <p><i>“Podemos fervê-la. Lembras-te do que fizemos no último trabalho? Quando aquecíamos a água dissolvia-se menos CO<sub>2</sub> na água” (C54.2)</i></p> <p><i>“O solo deve estar em contacto com a água durante algum tempo antes de fazer a medição” (C45.3)</i></p>
Titulação ácido-base	<p><i>“O solo tem propriedades tampão. Se fizermos uma titulação também podemos ver como o pH do solo varia” (C46.6)</i></p>
Poder tampão	
Calagem	<p><i>“é necessário medir o pH em água e em solução de cloreto de potássio.” (C45.5)</i></p>
Bases	<p><i>“Podemos também fazer uma determinação em cloreto de cálcio” (C54.3)</i></p>
Hidróxido de cálcio	<p><i>“O que vamos calcular é a quantidade de calcário ou de cal que é preciso adicionar ao solo para mudar o seu pH” (C54.5)</i></p>
Óxido de cálcio	<p><i>“Os valores de pH obtidos em solução de cloreto de potássio são mais rigorosos do que os obtidos em água. Podemos fazer uma medição em água e uma medição em solução de cloreto de potássio” (C46.3)</i></p>

Fase de pesquisa e elaboração do desenho experimental	Carbonato de cálcio	<p><i>“Existem expressões que permitem saber qual a quantidade de cal necessária desde que se saiba o pH e a percentagem de matéria orgânica”(C46.4)</i></p> <p><i>“Usar a cal viva a cal apagada, o calcário ou o mármore acaba por ter o mesmo efeito porque todas são bases” (C46.5)</i></p>
	Solos ácidos e básicos	<p><i>“Se o solo é ácido devemos titular com uma base para determinar a quantidade de cal necessária”(C54.1)</i></p> <p><i>“Se o solo fosse básico era necessário corrigir o pH com ácidos.” (C45.6)</i></p>
	Causas de acidez e basicidade dos solos – relação com a origem dos solos	<p><i>O pH dos solos tem muito a ver com a sua constituição” (C45.7)</i></p> <p><i>“O pH do solo também pode ser alterado por causa da lexiviação” (C46.2)</i></p>
Fase de execução	Medição de massas	<p><i>“Olha, tens que saber rigorosamente a massa de solo que usámos, porque esse valor vai entrar nos cálculos” (C60.2)</i></p>
	Preparação das amostras	<p><i>“Não te esqueças de marcar os erlenmeyers para saber quais as massas de solo e a solução usada em cada uma” (C39.3)</i></p>

<b>Fase de execução experimental</b>		<i>“Usamos água fervida para garantir que não tem muito dióxido de carbono dissolvido” (C60.1)</i>
		<i>“Temos que agitar de vez em quando para facilitar o estabelecimento do equilíbrio na solução do solo” (C60.3)</i>
		<i>“Temos que esperar uma hora até que se estabeleça o equilíbrio. Entretanto podemos preparar a titulação” (C54.4)</i>
	Calibração de um aparelho medidor de pH <sup>17</sup>	<i>“Segundo as instruções do aparelho vamos precisar de padrões de pH 4 e 9” (C60.4)</i>
	Solução padrão	<i>“Como é que funciona este aparelho? É que eu nunca mexi numa coisa destas” (C60.5)</i>
	Solução tampão	
	Preparação de uma bureta	<i>“O que pomos na bureta é o titulante” (C60.7)</i>  <i>“A bureta tem bolhas de ar. Acho melhor tirá-las senão vai dar valores errados” (C61.2)</i>
	Titulação ácido-base	<i>“Temos que fazer adições de pequeno volume de titulante, senão não temos pontos suficientes para traçar a curva” (C60.8)</i>
Medição de volumes de titulante		

<sup>17</sup> Foram fornecidas as instruções de funcionamento do aparelho utilizado, assim como os padrões necessários à calibração do mesmo.

Traçado de uma curva de titulação

*“Vamos fazer adições de 0,1mL. É só um «risquinho» de cada vez!” (C61.3)*

*“Temos que esperar que o valor estabilize após cada adição” (C61.4)*

*“Quando chegar a pH 7 podemos parar!”(C61.1)*

Como se pode verificar, existiram, durante a fase de execução experimental, algumas dificuldades sentidas pelos alunos ao nível da utilização do potenciómetro (C60.4) (C60.5).

Tal como nos projectos anteriores se nota a facilidade com que os alunos interligam os assuntos relacionados com o trabalho a desenvolver, com aspectos ligados às suas áreas de interesse (C45.7) (C46.2).

De realçar também a preocupação de rigor na preparação das amostras (C39.3) (C60.1) (C60.3) (C54.4), e na execução da titulação (C60.8) (C61.2) (C61.3) (C61.4).

### **5.3.4 – Determinação do teor em ferro existente num minério**

#### **5.3.4.1 – Enquadramento teórico**

O ferro é, depois do alumínio, o metal mais abundante na crosta terrestre (6,2% em massa). Encontra-se, na Natureza, em muitos minérios; sendo alguns dos mais importantes a hematite ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), a limonite ( $2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ), a magnetite ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) e a siderite, ( $\text{FeCO}_3$ ). (Chang, 1994; Skoog, West & Holler, 1996). A pirite ( $\text{FeS}_2$ ), também conhecida por “ouro

*dos tolos*” devido ao brilho dourado que apresenta (Atkins & Beran, 1992), embora contenha ferro não é utilizada para fazer a sua extracção.

O ferro é extraído destes minerais através do processo já descrito em 5.3.1.1., a propósito da utilização do calcário na metalurgia do ferro.

O doseamento do ferro num dado mineral pode ser feito recorrendo a diferentes técnicas analíticas. Um dos exemplos mais característicos é a volumetria de oxidação-redução, em particular a dicromatometria (Alexéev, 1983; Skoog, West & Holler, 1996; Svehla, 1996).

Na base desta volumetria estão as reacções de oxidação-redução em que participa o ião dicromato.

A determinação do teor em ferro existente num minério é um processo analítico que compreende várias fases (Skoog, West & Holler, 1996; Teixeira, 1996):

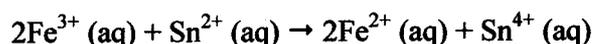
- I – Digestão da amostra.
- II – Pré redução dos iões Fe(III) a iões Fe(II).
- III – Titulação dos iões Fe(II).

A digestão do mineral é realizada a quente com ácido clorídrico concentrado. Este processo é acelerado pela presença de uma pequena quantidade de cloreto de estanho (II). Muitos minérios de ferro contêm também silicatos que não se decompõem completamente por

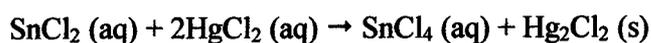
tratamento com ácido clorídrico. A decomposição incompleta é indicada pela presença de um sólido escuro, que permanece mesmo após tratamento prolongado com ácido clorídrico.

Do processo de digestão completa, resulta, geralmente um resíduo sólido, esbranquiçado, que não interfere na determinação.

A redução dos iões ferro(III), forma em que se encontra no minério, a ferro(II) é conseguida pela adição de um agente redutor, como por exemplo o cloreto de estanho(II)<sup>18</sup>:

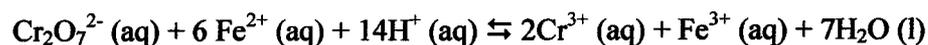


O excesso de agente redutor é depois eliminado pela adição de uma solução de cloreto de mercúrio(II):



Como produto da reacção deve ocorrer a precipitação de uma pequena quantidade de cloreto de mercúrio(I), precipitado branco, de aspecto sedoso, conhecido por *calomelanos*.

A equação química que traduz o processo global que ocorre durante a reacção de titulação é:



---

<sup>18</sup> A adição deve ser feita a baixa temperatura para evitar a ocorrência de reacções secundárias.

A detecção do ponto de equivalência pode ser feita recorrendo ao uso de um indicador específico para métodos de oxidação-redução, como por exemplo a difenilamina. Este indicador é oxidado por espécies oxidantes com um potencial de oxidação suficientemente elevado, como o ião permanganato, o ião dicromato, o ião clorato, etc. Estas espécies oxidam a difenilamina (cujas soluções são incolores) que é convertida em difenilbenzidina que tem a cor azul-violeta.

É, no entanto, indispensável fazer a titulação do ferro(II), em presença de ácido fosfórico, que fixa os iões  $\text{Fe}^{3+}$ , formados durante a reacção, num complexo,  $[\text{Fe}(\text{PO}_4)_2]^{3-}$ , baixando o potencial de oxidação da solução (Harris, D. C., 1995). Só assim é que a viragem do indicador se dará dentro dos limites do salto de potencial da curva de titulação. Além disso, é necessário criar uma acidez bastante alta na solução, o que se consegue com uma mistura de ácidos fosfórico e sulfúrico.

#### **5.3.4.2 – Desenvolvimento do projecto**

Este projecto desenvolveu-se segundo um esquema idêntico ao dos anteriores. A seguir apresentam-se alguns excertos das gravações efectuadas durante as duas sessões e os assuntos que foram alvo de pesquisa ou discussão por parte dos alunos.

	Assuntos pesquisados ou referidos pelos alunos	Os comentários dos alunos
Fase de pesquisa e elaboração do desenho experimental	Digestão ácida	<p><i>“A digestão é o mesmo que dissolução?”(C82.1)</i></p> <p><i>“Mete-se o mineral em ácido clorídrico concentrado”(C82.2)</i></p> <p><i>“Temos que adicionar água para diluir a amostra”(C90.4)</i></p> <p><i>“Não, a digestão da amostra é feita com ácido clorídrico, mas é concentrado”(C90.5)</i></p> <p><i>“O tempo de digestão depende da granulometria da amostra?”(C90.3)</i></p> <p><i>“A fusão alcalina é mais forte do que o ataque por ácido?”(C90.6)</i></p> <p><i>Nesse caso pode usar-se soda cáustica?”(C90.7)</i></p>
	Oxidação	<p><i>“É a solução de cloreto de estanho que reduz o ferro (III) a ferro (II)”(C82.4)</i></p> <p><i>“A oxidação do estanho é feita com cloreto de mercúrio?” (C90.3)</i></p>
	Redução	<p><i>“É o estanho que vai sofrer redução, ao oxidar o ferro”(C82.5)</i></p>

Fase de pesquisa e elaboração do desenho experimental

Estado de oxidação	<i>“Primeiro temos que passar os iões ferro(III) a iões ferro(II). No minério o ferro existe como ferro(III)” (C90.4)</i>
Iões ferro (II) e ferro(III)	<i>“Na titulação o ferro(II) é oxidado a ferro(III)” (C90.9)</i>
Titulações redox	<i>“Eu não estou a perceber como é que aparece o crómio!”(C82.8) “Vem do dicromato!”(C82.9)</i>
Dicromatometria	<i>“E onde é que se adiciona o dicromato, e em que quantidade?” (C82.10) “O dicromato é o titulante. Só o vamos juntar à medida que fazemos a titulação” (C82.11)</i>
Titulante	<i>“Já conhecemos a concentração da solução de dicromato de potássio, é este o titulante” (C90.2)  “O titulante é o oxidante”(C90.8)  “Temos que conhecer a molaridade da solução de dicromato”(C90.10)</i>
Titulado	<i>“A amostra de minério é o que vai ser titulado?”(C82.8)</i>
Indicadores redox	<i>“a difenilamina muda de incolor para azul-violeta, quando oxidada pelo ião dicromato”(C90.1)</i>

## Fase de pesquisa e elaboração do desenho experimental

Ponto de equivalência	<p><i>“A ocorrência de reacções secundárias dificulta a detecção do ponto de equivalência” (C82.6)</i></p> <p><i>“O ponto de equivalência é detectado com a difenilamina” (C82.7)</i></p> <p><i>“Qual é a mudança de cor do indicador?” (C94.1)</i></p>
Estequiometria da reacção de titulação	<p><i>“O número de moles no ponto de equivalência não é igual para as duas espécies” (C94.2)</i></p> <p><i>“De acordo com a equação por cada mole de dicromato reagem 6 moles de iões ferro(II)” (C90.9)</i></p>
Massa molar	<p><i>“Se o que obtemos é o número de moles, como é que sabemos a massa?” (C82.12)</i></p> <p><i>“Temos que multiplicar pela massa molar do ferro” (C82.13)</i></p>
Composição expressa em percentagem	<p><i>“O que pretendemos é calcular a percentagem de ferro na amostra de minério” (C82.3)</i></p> <p><i>“0,1g de amostra é muito pouco! Se vem uma limalha do moinho dá uma percentagem de ferro muito grande” (C90.11)</i></p> <p><i>“Estava a ver se me lembrava da massa molar do ferro” (90.12)</i></p> <p><i>“Isso não é preciso” (C90.13)</i></p>

Fase de execução experimental	Preparação da amostra	<p><i>“Só pela cor do minério é fácil perceber que tem ferro”(C94.3)</i></p> <p><i>“Deve ser hematite ou magnetite”(C94.4)</i></p> <p><i>“O minério já foi seco?” (C94.5)</i></p> <p><i>“Se o minério arrefecesse ao ar absorvia água outra vez?”(C114.1)</i></p> <p><i>“Vamos preparar duas amostras para o caso de alguma correr mal”(C98.1)</i></p> <p><i>“Esquecemos de marcar as amostras...”(C98.2)</i></p>
	Digestão ácida	<p><i>“Já só temos um sólido branco. Isso quer dizer que a digestão já está completa?”(C98.3)</i></p> <p><i>“Estes vapores são perigosos?”(C114.2)</i></p>
	Redução	<p><i>“Mudou de cor. Isso quer dizer que o cloreto de estanho foi suficiente para reduzir todo o ferro”(C98.4)</i></p> <p><i>“Este precipitado não é normal pois não?”(C114.3)</i></p> <p><i>“O cloreto de estanho vai reduzir o ferro”(C102.1)</i></p>

## Fase de execução experimental

Oxidação	<p><i>“Agora na titulação o ferro é oxidado de <math>Fe^{2+}</math> a <math>Fe^{3+}</math>”(C98.5)</i></p> <p><i>“O oxidante é o dicromato”(C102.2)</i></p>
Titulações redox	<p><i>“Que volume de titulante é que juntamos de cada vez?”(C98.6)</i></p> <p><i>“Temos que juntar o titulante sempre gota a gota”(C98.7)</i></p> <p><i>“Enchemos a bureta até acima?”(C98.8)</i></p> <p><i>“Temos que encher até ao zero”(C98.9)</i></p> <p><i>“Pomos valores certos de volume de titulante?(C102.3)</i></p> <p><i>“Alguma coisa correu mal! Nunca mais muda de cor”(C98.12)</i></p> <p><i>“Se juntamos água vamos alterar a concentração”(C114.4)</i></p> <p><i>“O que interessa é a quantidade de ferro que lá está e essa não se altera”(C114.5)</i></p>
Titulante	<p><i>“Não te esqueças de registar a concentração do titulante”(C102.4)</i></p>

Fase de execução experimental	Ponto de equivalência	<p><i>“Como é que nós comentamos a diferença de valores?(C98.10)</i></p> <p><i>“Se as amostras não têm a mesma massa os volumes de titulante não podem ser iguais”(C98.11)</i></p> <p><i>“Já mudou de cor. Pára já a adição de titulante”(C102.5)</i></p>
	Estequiometria da reacção de titulação	<p><i>“No ponto de equivalência temos o mesmo número de moles”(C98.13)</i></p> <p><i>“Não é não! De acordo com a equação a relação é de 1 para 6”(C98.14)</i></p>
	Composição expressa em percentagem	<p><i>“O número de moles é igual à concentração sobre o volume?(C98.15)</i></p> <p><i>“O número de moles é igual à massa molar sobre a molaridade”(C98.16)</i></p> <p><i>“Não é essa relação que eu quero. É a relação entre a concentração, o volume e o número de moles”(C98.17)</i></p> <p><i>“n é igual à concentração vezes o volume”(C98.18)</i></p> <p><i>“ o número de moles de ferro é 6 vezes este número”(C98.19)</i></p>

Durante o desenvolvimento deste projecto, à semelhança do que aconteceu nos anteriores, tivemos oportunidade de verificar a existência de uma certa falta de rigor na linguagem utilizada. Neste caso, isso notou-se, em particular, na utilização das designações de redutor, oxidante, espécie reduzida e espécie oxidada (C82.4) (C82.5) (C90.3).

Verificámos ainda algumas dificuldades na execução da titulação das amostras, quer ao nível da execução (C98.6) (C98.7) (C98.8) (C102.3), quer ao nível da compreensão do mecanismo da própria titulação (C82.9) (C82.10).

De notar ainda algumas dificuldades no cálculo da percentagem de ferro (C82.12) a partir dos resultados experimentais, muitas vezes determinada pelo facto de não terem em conta a estequiometria da reacção de titulação (C94.2) (C98.13).

Um aspecto que classificamos de extrema importância tem a ver com o esclarecimento destas dificuldades através do diálogo entre os elementos dos grupos, sem o recurso à ajuda do professor (C82.9-11) (C82.12-13) (C98.6-7) (C98.12-13) (C98.15-19). (C114.4-5). Este tipo de aprendizagem cooperativa assume bastante importância no desenvolvimento de atitudes positivas face às aprendizagens que se podem fazer no laboratório de Química (Shibley & Zimmaro, 2002)

Outro aspecto também importante é a utilização da informação recolhida na bibliografia para perceber o que vai acontecendo à medida que prosseguem a execução do trabalho (C98.4) (C94.4).

Regista-se também, tal como anteriormente, a preocupação dos alunos em detectar e eliminar possíveis causas de erro (C90.13) (C98.1) (C98.2) (111.1) (114.4) e a de estabelecer ligações com assuntos já seus conhecidos (C94.3) (94.4).



#### **5.4 – Algumas notas finais**

Apresentado o modo como decorreu a intervenção junto dos alunos, resta-nos acrescentar algumas notas, relativas aos aspectos que considerámos positivos no decurso da mesma. Pensamos que a possibilidade de envolvimento dos alunos na preparação dos trabalhos e na pesquisa dos aspectos teóricos com eles relacionados, traz vantagens importantes ao nível da compreensão dos assuntos, do esclarecimento de algumas dúvidas e de um melhor enquadramento da componente laboratorial no contexto da disciplina.

Por outro lado, dada a facilidade com que os alunos estabelecem ligações entre os trabalhos realizados e os assuntos relacionados com a área científica do seu curso, poderemos considerar que a análise que acabámos de apresentar, constitui um indicador a ter em conta relativamente à influência que este tipo de abordagem pode ter na motivação dos alunos.

## Capítulo 6

# **RESULTADOS: APRESENTAÇÃO, ANÁLISE E DISCUSSÃO**





## **6 – RESULTADOS: APRESENTAÇÃO, ANÁLISE E DISCUSSÃO**

Iremos proceder neste capítulo à apresentação, análise e interpretação da informação e resultados recolhidos ao longo desta investigação. Tentaremos, dessa forma, avaliar os resultados da metodologia proposta e implementada junto dos alunos do curso de ERG, comparativamente com aquela que tem vindo a ser seguida e que foi implementada nas aulas laboratoriais dos outros cursos, nomeadamente do curso de ERH que escolhemos como grupo de controlo.

Começaremos por apresentar a informação recolhida com o objectivo de detectar eventuais diferenças, existentes à partida, nos dois grupos de alunos, o que permitirá, mais tarde, fazer uma análise comparativa entre os percursos feitos por cada um deles.

Apresentaremos de seguida os resultados referentes à avaliação final da metodologia seguida nas aulas laboratoriais, nas suas vertentes qualitativa e quantitativa; fazendo a sua análise e interpretação.

Finalmente, apresentaremos os dados referentes à avaliação da disciplina, nas suas componentes laboratorial e teórica, enquanto indicadores do sucesso dos alunos, e compararemos esses resultados.

## **6.1 – O conhecimento em Química: Situação no início**

Um dos indicadores que seleccionámos, para avaliar da validade e eficácia do tipo de abordagem proposta neste estudo foi o conhecimento em Química.

Interessou-nos, portanto, recolher informação que nos permitisse fazer uma caracterização dos dois grupos, relativamente a esse aspecto, no início e no final dos dois semestres em que decorreu a nossa intervenção.

A informação que serve de base à caracterização do estado inicial dos dois grupos de alunos no que diz respeito ao conhecimento em Química foi recolhida a partir dos resultados obtidos no teste diagnóstico.

### **6.1.1 – Auto avaliação (1ª parte do Q/T)**

Directamente relacionado com o sucesso anterior na disciplina e o conhecimento em Química apresentado pelos alunos, a avaliação, que eles próprios fazem, desse mesmo conhecimento, revela dados interessantes que apresentaremos de seguida, estabelecendo sempre a comparação entre os resultados obtidos nos dois grupos.

A escala proposta para os alunos fazerem a sua auto-avaliação foi uma escala de cinco graus apresentada como se segue (**Cf. Anexo II**):

- 1- não sei nada sobre essa matéria
- 2- sei muito pouco sobre essa matéria

- 3- sei pouco sobre essa matéria
- 4- sei alguma coisa sobre essa matéria
- 5- sei muito sobre essa matéria

**Quadro 6.1 - Valores da média obtidos na Auto-avaliação feita no início de 98/99**

ASSUNTOS	ERG		ERH		RESTANTES CURSOS	
	N	MÉDIA (escala de 1-5)	N	MÉDIA (escala de 1-5)	N	MÉDIA (escala de 1-5)
Ligação Química	36	2,86	41	3,10	327	3,39
Estados de agregação da matéria	36	1,97	41	2,51	326	2,67
Soluções	35	2,60	41	3,02	326	3,19
Equilíbrio Químico	36	2,78	41	3,02	327	3,33
Reacções ácido-base	36	2,83	40	3,08	326	3,20
Reacções de oxidação-redução	36	2,75	41	2,83	326	3,08
Equilíbrio de precipitação	36	2,14	41	2,66	324	2,68
Termodinâmica do Equilíbrio	36	1,94	40	2,70	324	2,50
Electroquímica	36	1,64	41	2,24	322	2,08
Cinética Química	34	2,00	41	2,27	325	2,37

N- Número de alunos que responderam

Como podemos verificar, pela análise dos resultados relativos a 98/99, que constam do Quadro 6.1, os alunos de ERG consideram que o seu conhecimento sobre os assuntos apresentados é “muito pouco” ou “pouco”, sendo o valor da média sempre inferior a 3. Para os alunos de ERH os resultados são, em média, um pouco melhores, registando médias superiores a 3 em quatro dos assuntos apresentados. No caso dos alunos dos outros cursos os

valores das médias obtidas são superiores a 3 em metade dos assuntos referidos, resultado mais favorável do que os obtidos nos cursos de ERG e de ERH.

**Quadro 6.2 - Valores da média obtidos na Auto-avaliação feita no início de 99/00**

ASSUNTOS	ERG		ERH		RESTANTES CURSOS	
	N	MÉDIA (escala de 1-5)	N	MÉDIA (escala de 1-5)	N	MÉDIA (escala de 1-5)
Ligação Química	35	3,03	27	2,89	234	3,44
Estados de agregação da matéria	35	2,34	27	2,41	232	2,81
Soluções	34	3,21	27	2,81	236	3,43
Equilíbrio Químico	33	3,09	27	2,81	236	3,55
Reacções ácido-base	34	3,15	27	2,89	236	3,45
Reacções de oxidação-redução	35	3,09	27	2,78	236	3,33
Equilíbrio de precipitação	33	2,45	26	2,50	232	2,90
Termodinâmica do Equilíbrio	34	2,24	27	2,56	231	2,48
Electroquímica	34	2,06	27	2,04	230	2,14
Cinética Química	34	2,35	27	2,11	233	2,51

**N- Número de alunos que responderam**

Estes resultados vêm confirmar, por um lado, a escolha do curso de ERG como sendo aquele em que mais se justifica uma intervenção deste tipo, e por outro, evidencia as características semelhantes dos dois grupos de alunos seleccionados para participar nesta investigação.

Apresentamos no Quadro 6.2 os resultados obtidos através da aplicação do mesmo questionário em 99/00. Como podemos constatar, verificam-se, tal como no ano anterior, valores inferiores das médias para os cursos de ERG e ERH, relativamente aos restantes. No entanto ao fazermos a comparação das médias nos dois cursos verificamos, ao contrário do que antes acontecia, que se registam médias superiores no curso de ERG, relativamente ao curso de ERH, em sete dos assuntos apresentados.

### **6.1.2 – Resultados do teste diagnóstico (2ª parte do Q/T)**

Os resultados obtidos no teste diagnóstico, aplicado aos alunos de todos os cursos no início dos semestres (Cf. 4.4.2.1), foram já apresentados de forma global em 4.5.2. Da sua análise verificou-se que os cursos de ERG e ERH eram os cursos em que a percentagem de respostas certas era mais baixa, apontando este resultado para um perfil de um modo geral fraco, em termos de conhecimentos de Química, que caracterizava à partida os alunos destes cursos. Os resultados obtidos em 98/99 constituíram, aliás, um dos factores que determinaram a escolha dos grupos experimental e de controlo.

Constatou-se também uma similaridade nos resultados relativos a cada um dos semestres o que não levantou problemas relativamente ao nosso propósito de analisar conjuntamente os resultados obtidos durante a investigação que decorreu em dois anos lectivos consecutivos. Concretizaremos de seguida a apreciação global que apresentámos em 4.5.2., fazendo uma análise comparativa das respostas dadas pelos alunos dos dois grupos e pelos alunos dos restantes cursos, nos vários itens incluídos nas questões do teste diagnóstico,

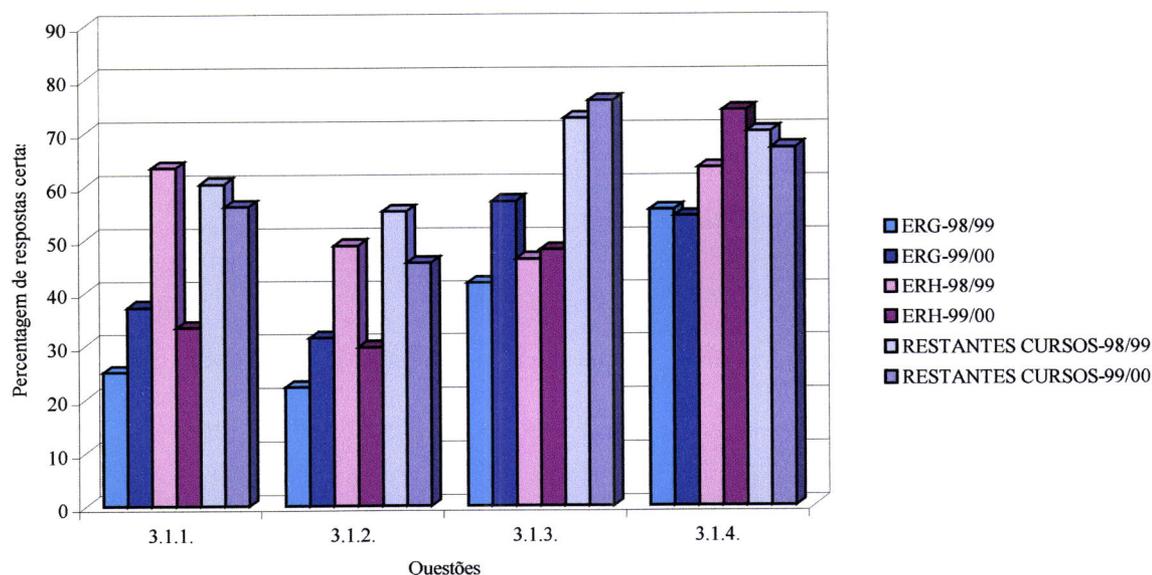
de modo a dar uma ideia mais concreta dos assuntos em que os alunos revelaram mais dificuldades.

De modo a facilitar a leitura destes resultados incluímos também as questões formuladas ( Cf Anexo II).

*1-As substâncias são formadas à custa de diversos tipos de ligações químicas que se estabelecem entre as entidades atômicas ou moleculares que as formam.*

*Sobre essas ligações podemos dizer que:*

- Quanto menor for a diferença de electronegatividade entre dois átomos ligados entre si, maior é o carácter iónico da ligação.*
- A ligação covalente do tipo ( $\sigma$ ) resulta de sobreposição de orbitais atômicas.*
- Uma ligação covalente tripla entre dois átomos apresenta um comprimento de ligação menor do que uma ligação covalente simples entre os mesmos átomos.*
- Os compostos sólidos apresentam um único tipo de ligação química, a ligação iónica*



**Figura 6.1 - Representação gráfica da percentagem de respostas certas no teste diagnóstico: Ligação Química.**

Como se pode observar a partir do gráfico da Figura 6.1 a percentagem de acertos é, em todos os itens, mais baixa no caso do curso de ERG, sendo mesmo inferior a 50% nos dois primeiros itens.

Estes resultados revelam alguma dificuldade dos alunos no domínio de conhecimentos básicos relativos às propriedades dos diferentes tipos de ligações químicas.

2-Recorde o que aprendeu sobre as propriedades das soluções e classifique as seguintes afirmações:

- A temperatura de ebulição de uma solução aquosa de cloreto de sódio é mais baixa do que a temperatura de ebulição da água, à pressão atmosférica normal.*
- A pressão de vapor de uma solução aquosa diminui quando a temperatura aumenta.*
- A uma determinada temperatura, a pressão de vapor do álcool é inferior à pressão de vapor da água.*
- Soluções equimolares de glicose e sacarose no mesmo solvente apresentam a mesma pressão de vapor a uma determinada temperatura.*

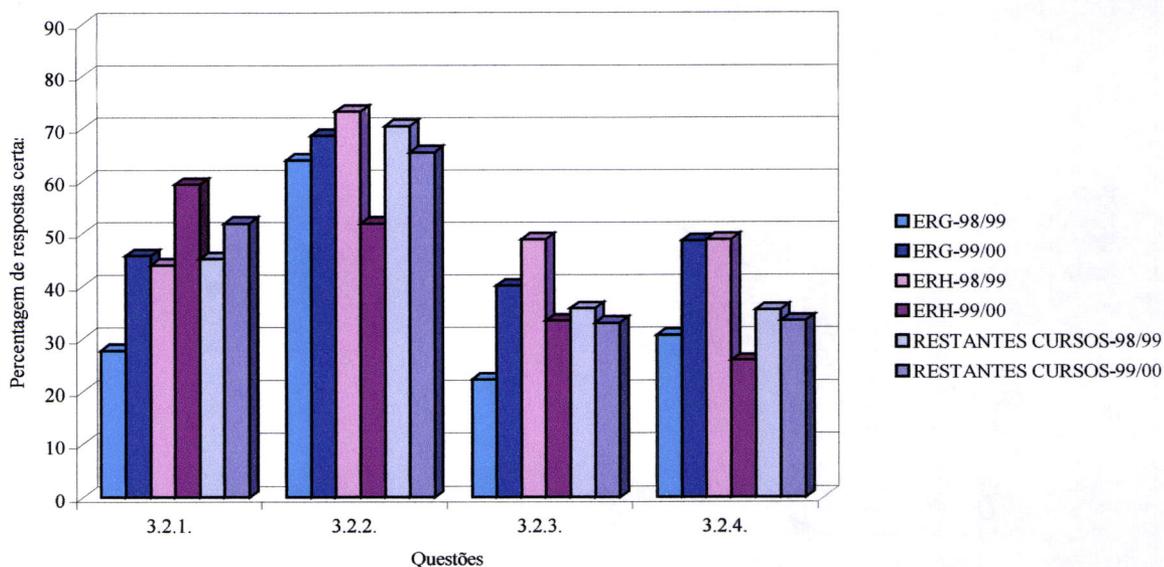
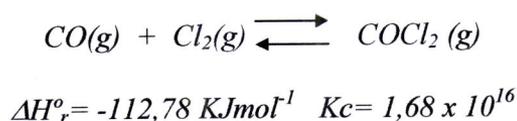


Figura 6. 2 - Representação gráfica da percentagem de respostas certas no teste diagnóstico: Soluções.

Neste grupo de questões a percentagem de respostas certas mantém-se inferior para os alunos de ERG, embora com diferenças menos acentuadas, com excepção da questão 2.4, em que essa percentagem é ligeiramente superior à dos outros cursos. Estes resultados tão baixos revelam que, também no que se refere às propriedades das soluções, os alunos apresentam algumas dificuldades.

3-Considere a seguinte reacção:



De acordo com os dados fornecidos pode afirmar-se:

- que a reacção directa é muito rápida.
- que a reacção directa é exotérmica.
- que a reacção directa é muito extensa.
- que ao atingir o equilíbrio apenas temos no vaso reaccional  $\text{COCl}_2$ .

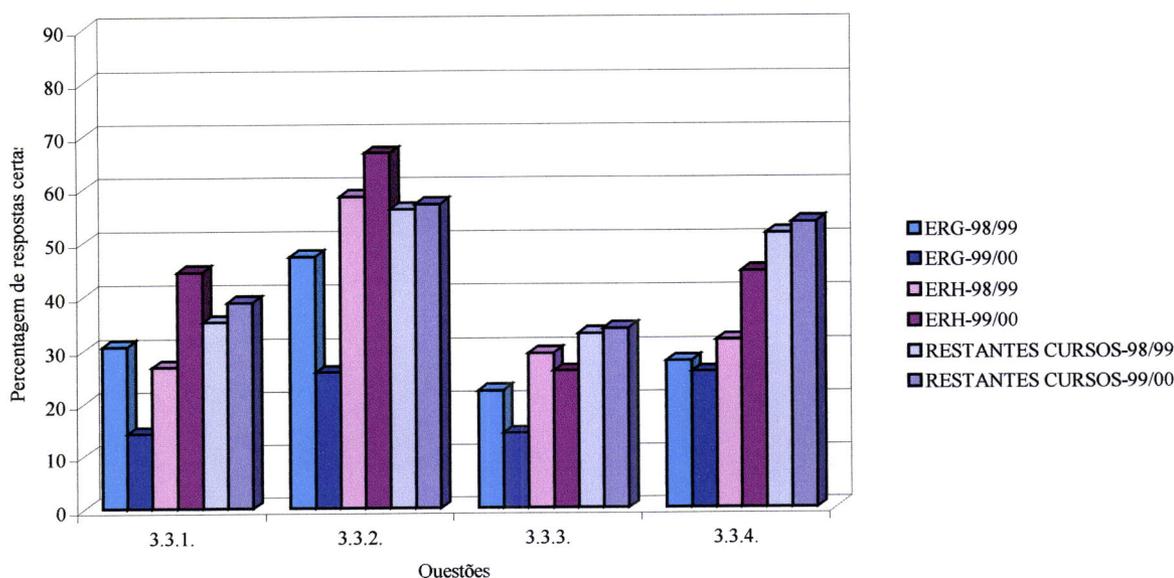
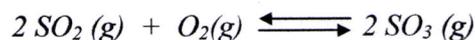


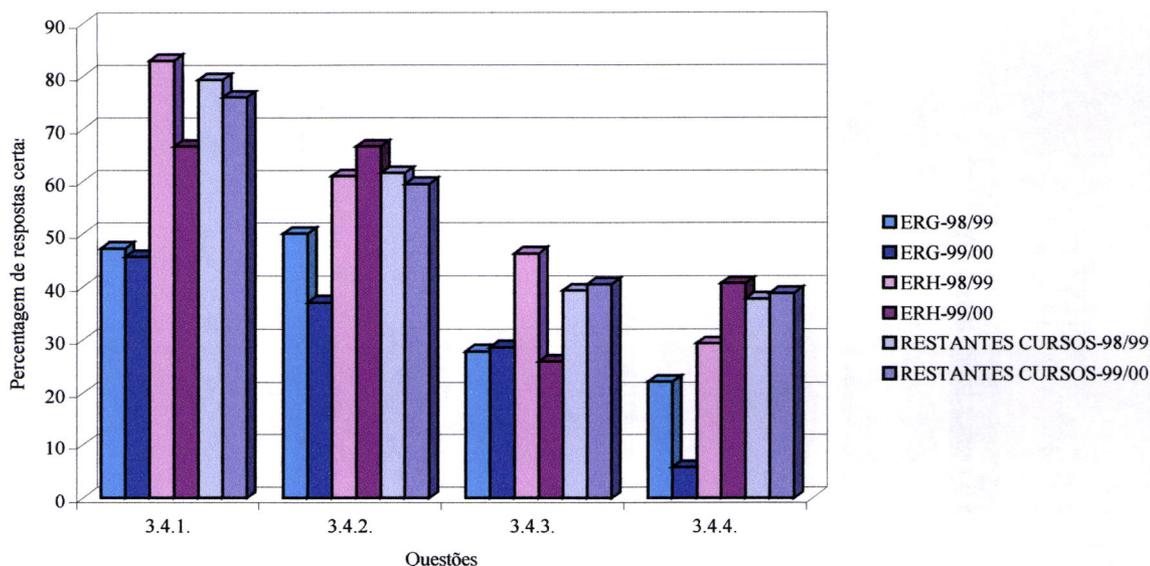
Figura 6.3 - Representação gráfica da percentagem de respostas certas no teste diagnóstico: Termodinâmica e Equilíbrio.

4-Considere a seguinte reacção exotérmica em equilíbrio



e classifique as seguintes afirmações:

- A adição de oxigénio à mistura reaccional provoca a evolução da reacção no sentido directo.
- Um aumento da pressão total dos gases não afecta a posição de equilíbrio.
- A adição de um catalisador provoca a evolução da reacção no sentido directo.
- Um aumento de temperatura favorece a formação de produtos.



**Figura 6.4 - Representação gráfica da percentagem de respostas certas no teste diagnóstico: Termodinâmica e Equilíbrio.**

Nestes dois grupos de questões que incidiam sobre conhecimentos no domínio da termodinâmica e do equilíbrio as diferenças nos resultados obtidos pelos dois grupos de alunos são bastante notórias. De facto os alunos de ERG dão, em todas as questões, menos respostas acertadas do que os alunos do outro grupo, o que pode interpretar-se como a existência de deficiente formação nesses capítulos em anos anteriores.

5-Considere as soluções

A- solução de cloreto de sódio( $\text{NaCl}$ ), 0,2 M

B- solução de cloreto de amónio( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ), 0,2 M

C- solução de ácido clorídrico( $\text{HCl}$ ), 0,01 M

D- solução de ácido acético( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ), 0,01 M

e classifique as seguintes afirmações:

- A e B são soluções de sais.
- A e B têm pH aproximadamente igual a 7.
- A concentração em iões  $\text{H}_3\text{O}^+$  é igual em C e D.
- C e D têm pH menor que 7

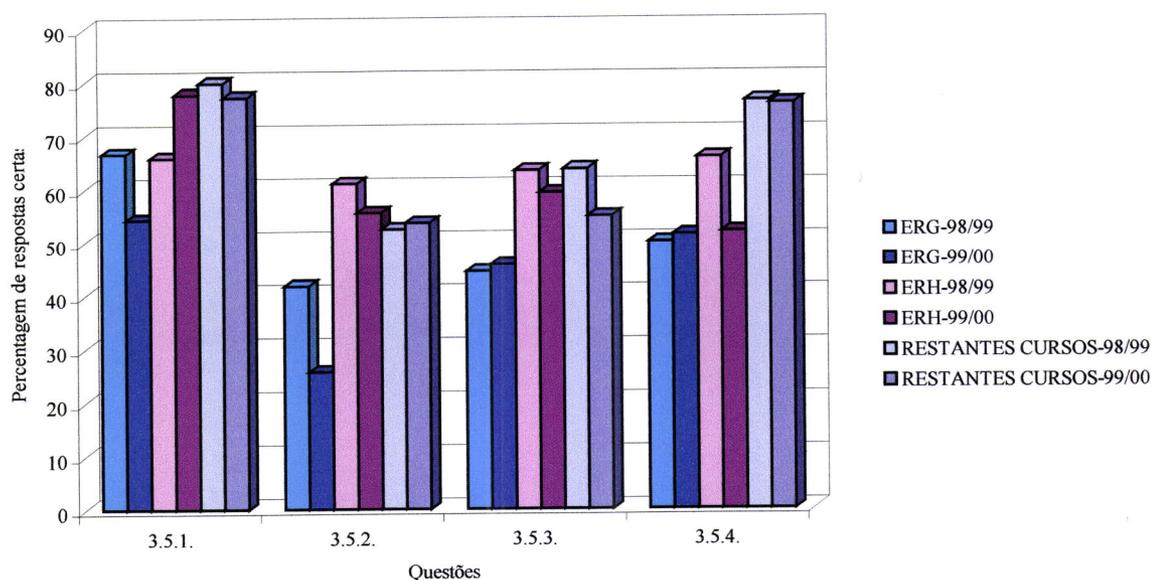


Figura 6.5 - Representação gráfica da percentagem de respostas certas no teste diagnóstico: Ácido-Base.

Relativamente aos conhecimentos relativos às propriedades e comportamento das soluções ácido-base, a situação relativa dos dois grupos de alunos não é diferente, registando-se uma percentagem de respostas certas mais baixa no caso dos alunos de ERG em todas as questões.

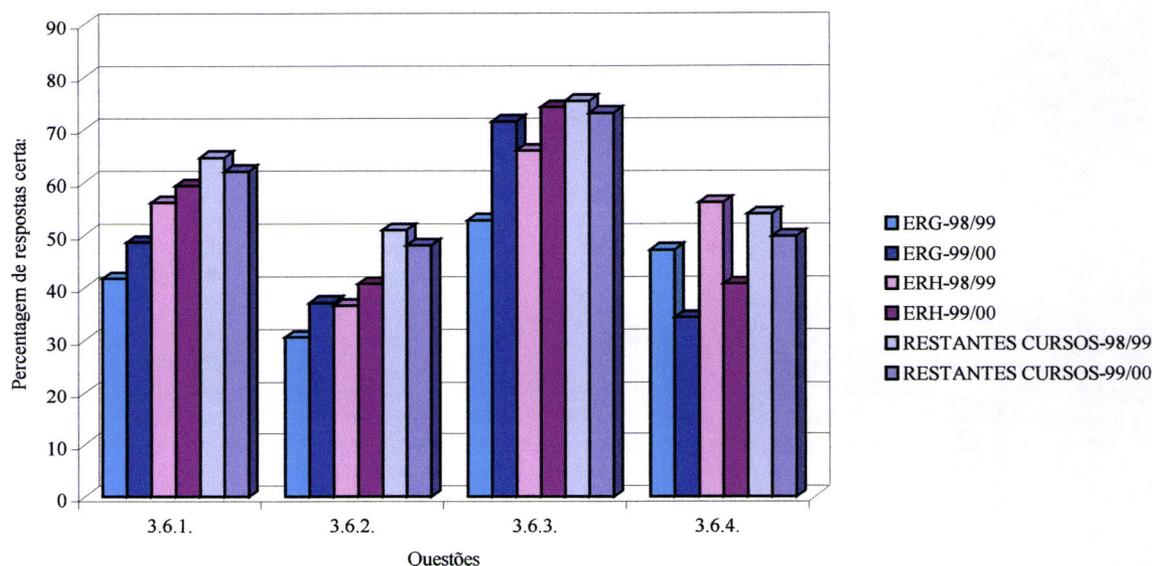
6-Considere dois sais pouco solúveis que a, 25°C, apresentam os seguintes valores de produto de solubilidade:

$$K_s (\text{AgCl}) = 1,6 \times 10^{-10}$$

$$K_s (\text{AgI}) = 8,3 \times 10^{-17}$$

e classifique as seguintes afirmações:

- O cloreto de prata é mais solúvel em água do que o iodeto de prata.
- A solubilidade dos dois sais diminui quando se adiciona um pouco de cloreto de sódio.
- Se aumentarmos a temperatura, a solubilidade varia.
- A concentração de íons prata é igual nas duas soluções quando saturadas.



**Figura 6.6 - Representação gráfica da percentagem de respostas certas no teste diagnóstico: Equilíbrio de precipitação.**

Nas respostas a estas questões, que incidiam sobre os conceitos de solubilidade e precipitação e o conhecimento dos factores que as influenciam, volta a registar-se uma percentagem de respostas certas mais baixa no caso dos alunos de ERG.

7- Um método de obter cobre metálico consiste em fazer passar lentamente uma solução que contém iões  $\text{Cu}^{2+}$  sobre sucata de ferro.

$$\varepsilon^{\circ}(\text{Fe}^{2+} / \text{Fe}) = - 0,44 \text{ V}$$

$$\varepsilon^{\circ}(\text{Cu}^{2+} / \text{Cu}) = 0,34 \text{ V}$$

Classifique as seguintes afirmações:

- Os iões  $\text{Cu}^{2+}$  da solução são reduzidos pelo ferro.
- O cobre é um redutor mais forte do que o ferro.
- No final do processo a quantidade de ferro metálico é maior.
- A concentração de iões  $\text{Cu}^{2+}$  aumenta ao longo do processo.

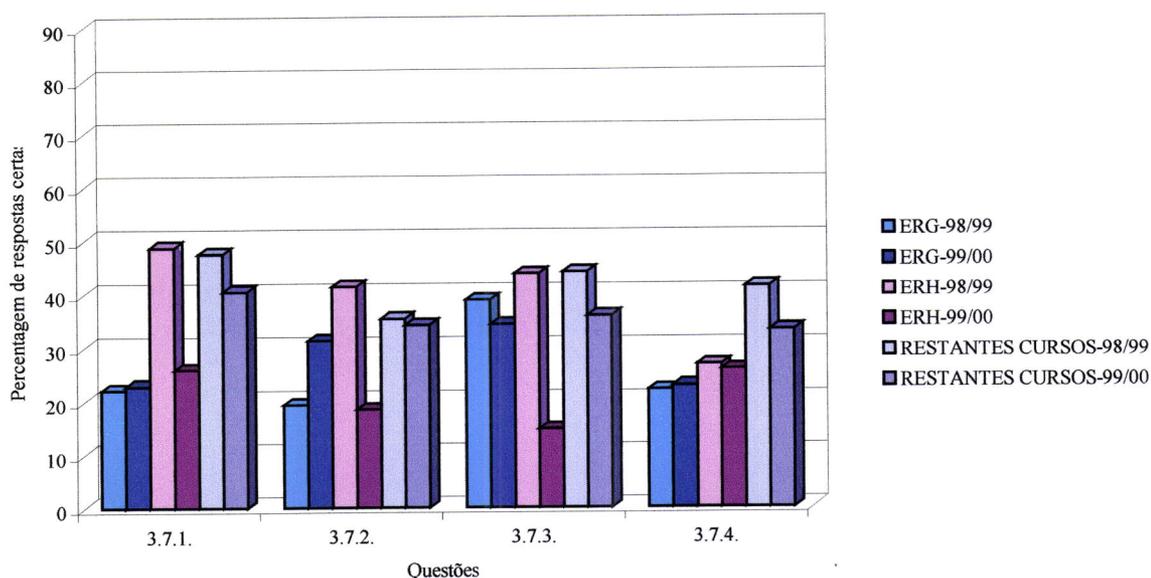


Figura 6.7 - Representação gráfica da percentagem de respostas certas no teste diagnóstico:

#### Oxidação-redução

Finalmente, neste grupo de questões relativas aos conceitos de oxidação, redução, espécies redutoras e espécies oxidantes, a diferença de resultados entre os dois grupos mantém-se, com percentagens mais baixas no caso dos alunos de ERG. De realçar neste caso as percentagens de respostas certas muito baixas registadas mesmo no caso dos alunos dos

outros cursos. Este dado sugere que existem dificuldades acrescidas por parte dos alunos relativamente a este assunto, sendo este, portanto, um daqueles em que o investimento deve ser maior.

Como acabámos de constatar, em conformidade com os resultados relativos à auto avaliação, analisados em 6.1.1., o conhecimento em Química que os alunos têm à partida não é de forma nenhuma idêntico em todos os cursos, pelo que, esta caracterização inicial dos grupos é importante e necessária, para fundamentar uma análise mais objectiva do percurso feito pelos alunos e dos resultados obtidos.

## **6.2 – Avaliação final da metodologia seguida nas aulas laboratoriais**

Como já explicitámos anteriormente, a avaliação final da metodologia seguida nas aulas laboratoriais, será feita, por um lado, com base nos dados recolhidos através da aplicação do questionário QF, e por outro, através da análise dos registos resultantes da gravações efectuadas nas aulas, já analisadas no quinto capítulo, onde foi feita a apresentação e desenvolvimento da intervenção experimental propriamente dita.

### **6.2.1 – Resultados do questionário**

Seguindo a metodologia que foi apresentada no quarto capítulo, faremos agora a apresentação, análise e discussão dos resultados obtidos através da aplicação do questionário QF.

Começaremos por fazer a apresentação dos resultados de natureza quantitativa. Serão apresentadas e analisadas as respostas dadas pelos dois grupos, exprimindo o seu grau de concordância relativamente a cada uma das afirmações.

De seguida apresentaremos e analisaremos os resultados de natureza qualitativa obtidos na terceira parte do questionário QF.

#### **6.2.1.1 – Resultados quantitativos**

Os resultados serão aqui apresentados agrupando os itens por categorias (Cf. 4.4.2.3), independentemente da sua numeração no questionário. A análise das opiniões expressas, relativamente a cada um dos itens, será feita, em primeiro lugar, recorrendo à comparação entre as frequências relativas de respostas em cada grupo.

Faremos ainda, uma avaliação do significado estatístico das diferenças registadas nos dois grupos, recorrendo a uma análise estatística descritiva (Cf. 4.7.1).

#### **CATEGORIA I - TIPO DE ABORDAGEM AO TRABALHO EXPERIMENTAL**

##### **Item 8 - Nos trabalhos práticos é importante incluir problemas abertos**

A resolução de problemas abertos é um recurso que, segundo a nossa perspectiva, interessa explorar, como meio privilegiado para a aprendizagem da Química.

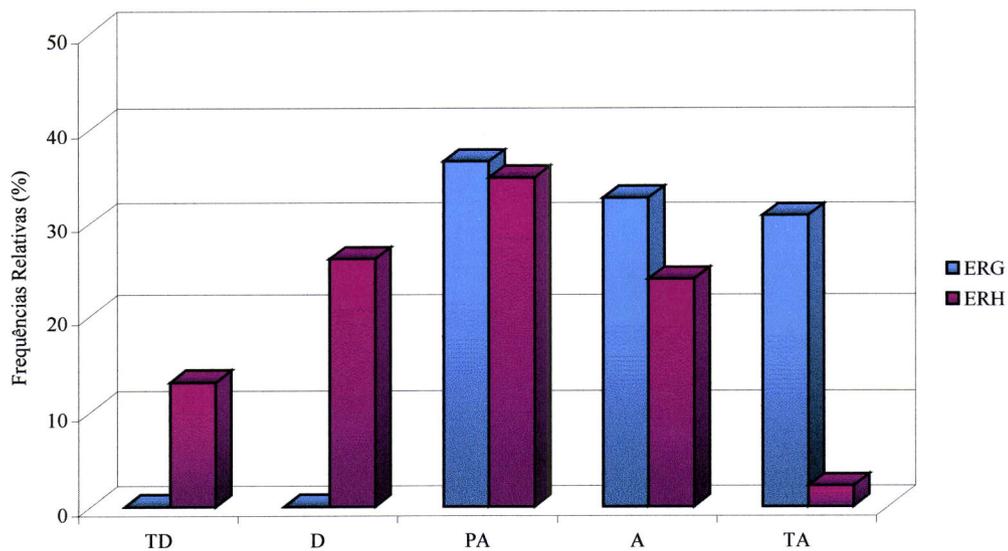
No presente trabalho, porém, recorremos a problemas semi-abertos, uma vez que estávamos à partida condicionados pelo tipo de técnicas experimentais que pretendíamos utilizar e pelos assuntos que queríamos abordar. Esse condicionalismo estava relacionado com o facto de pretendermos que o percurso dos alunos que iriam participar na intervenção experimental fosse em tudo idêntico ao dos outros alunos, excepto na metodologia a seguir.

Através da análise dos resultados apresentados no Quadro 6.3 podemos verificar que a grande maioria dos alunos de ERG se manifestam de acordo com a afirmação apresentada sendo essa percentagem bastante mais baixa no caso dos alunos de ERH.

**Quadro 6.3 - Frequências relativas de respostas ao item: “Nos trabalhos práticos é importante incluir problemas abertos”**

Curso	Frequências relativas (%)				
	Totalmente em desacordo	Em desacordo	Por vezes de acordo	De acordo	Totalmente de acordo
<b>ERG</b>	0,0	0,0	36,5	32,7	30,8
<b>ERH</b>	13,0	26,1	34,8	23,9	2,2

No gráfico da Figura 6.8 estão representadas as frequências de respostas obtidas para os dois cursos, permitindo ver um claro deslocamento no sentido das respostas mais favoráveis por parte dos alunos de ERG, relativamente aos de ERH.



**Figura 6.8 - Representação gráfica das frequências relativas de respostas ao item: “Nos trabalhos práticos é importante incluir problemas abertos”**

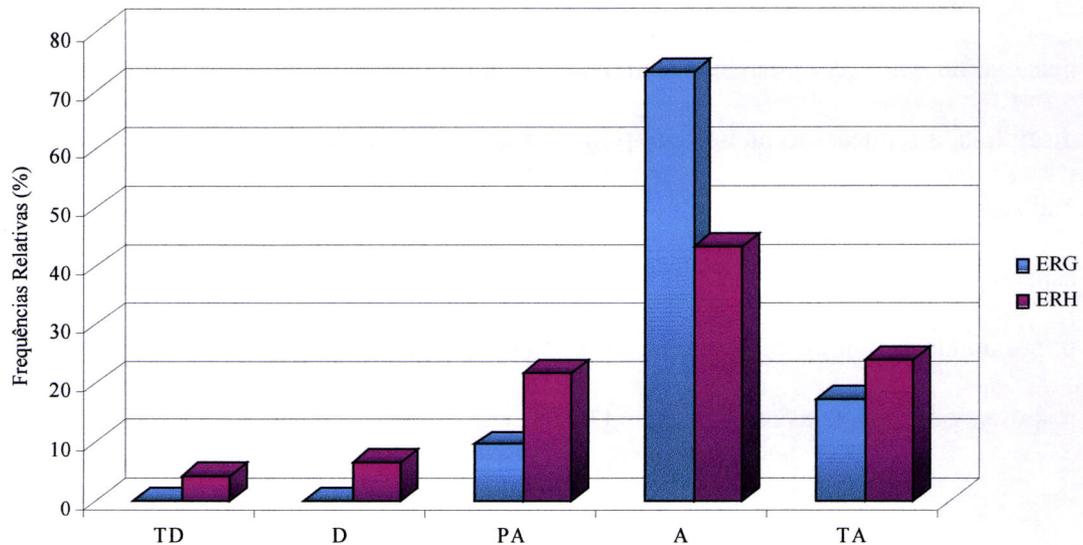
Pensamos que este tipo de opiniões vindas dos alunos que participaram no projecto constituem um indicador bastante favorável sobre o tipo de abordagem proposta.

#### **Item 12 - Nos problemas abertos a participação do aluno é importante**

Na sequência do item anterior, as respostas aqui obtidas permitem-nos avaliar o conhecimento do aluno sobre a natureza da participação que é exigida ao aluno em sessões baseadas na resolução de problemas abertos. Verifica-se, através do tipo de distribuição de frequências de resposta, representada no gráfico da Figura 6.9, que existe uma clara maioria de respostas favoráveis em ambos os cursos, embora apresentando valores mais elevados no caso do curso de ERG.

**Quadro 6.4 - Frequências relativas de respostas ao item: “Nos problemas abertos a participação do aluno é importante”**

Curso	Frequências relativas (%)				
	Totalmente em desacordo	Em desacordo	Por vezes de acordo	De acordo	Totalmente de acordo
<b>ERG</b>	0,0	0,0	9,6	73,1	17,3
<b>ERH</b>	4,3	6,5	21,7	43,5	23,9

**Figura 6.9 - Representação gráfica das frequências relativas de respostas ao item: “Nos problemas abertos a participação do aluno é importante”**

De salientar no entanto, que mesmo tendo decorrido, para os alunos de ERH, aulas laboratoriais baseadas numa metodologia tradicional, estes revelam ter um conhecimento do envolvimento que é necessário da parte dos alunos quando se pretende implementar uma abordagem baseada nesse tipo de problemas.

### **Item 16 - O número de trabalhos realizados foi demasiadamente reduzido**

Um dos pilares fundamentais em que assentou todo o nosso trabalho com os alunos de ERG foi o de que a participação activa dos alunos, na elaboração dos projectos experimentais

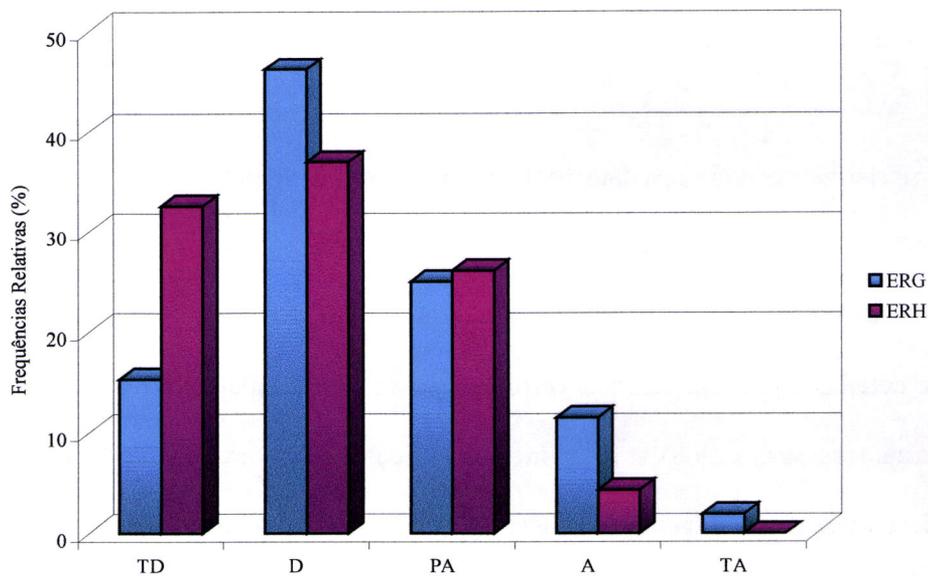
a partir de problemas que lhes são colocados, traz benefícios que se reflectem em muitos e diversos aspectos da sua formação. Esta metodologia exige, contudo, que esteja destinado a cada um dos projectos a desenvolver um número de horas muito superior àquele que seria necessário para a execução experimental de cada trabalho incluído no programa da disciplina.

Consequentemente, o aumento do tempo destinado a cada um dos projectos, implicou necessariamente, para respeitar o número de horas atribuídas à componente laboratorial da disciplina, a redução do número de projectos a desenvolver por cada aluno. É neste contexto que surge este item, com o intuito de verificar até que ponto os alunos foram sensíveis a este aspecto, isto é, se para eles ficou claro que não é o número de trabalhos que se fazem que é importante, mas sim o modo como eles são desenvolvidos e executados. As frequências de respostas obtidas são as registadas no Quadro 6.5.

**Quadro 6.5 - Frequências relativas de respostas ao item: "O número de trabalhos realizados foi demasiadamente reduzido"**

<b>Curso</b>	<b>Frequências relativas (%)</b>				
	Totalmente em desacordo	Em desacordo	Por vezes de acordo	De acordo	Totalmente de acordo
<b>ERG</b>	15,4	46,2	25,0	11,5	1,9
<b>ERH</b>	32,6	37,0	26,1	4,3	0,0

De acordo com os resultados aqui apresentados, verifica-se que apenas um número muito reduzido de alunos de ERG considera que o número de trabalhos foi reduzido, e que uma clara maioria de alunos discorda total ou parcialmente da afirmação apresentada.



**Figura 6.10 - Representação gráfica das frequências relativas de respostas ao item: "O número de trabalhos realizados foi demasiadamente reduzido"**

Este resultado revelou-se bastante importante para nós, uma vez que de alguma forma ele significava que os alunos tinham compreendido a opção de sacrificar a quantidade de trabalhos normalmente realizados para podermos implementar uma metodologia diferente.

Também os alunos de ERH consideram, na sua maioria que o número de trabalhos não foi reduzido. Esta semelhança nas respostas apresentadas pelos alunos dos dois cursos é bem evidente no gráfico da 6.10 onde estão representadas as frequências de respostas dos alunos relativamente a este item. É importante chamar a atenção, no entanto, para o facto de que o número de trabalhos realizados pelos alunos de ERH foi o que em situações normais está incluído no programa da disciplina, ou seja, um trabalho por cada sessão laboratorial de duas horas. No caso concreto destes alunos foram realizados oito trabalhos (sendo um destinado à preparação de soluções), um por cada semana lectiva.

**Item 7 - Nas sessões destinadas à elaboração dos projectos experimentais fiz aprendizagens importantes**

Relativamente às respostas obtidas neste item, é importante referir que os alunos de ERH não tiveram sessões destinadas à elaboração dos projectos experimentais, pelo que as respostas dadas são aqui apresentadas apenas a título de curiosidade, e não irão ser objecto de análise detalhada pois não temos a certeza a que tipo de sessões se referiam os alunos quando exprimiram as suas opiniões. Este facto justifica, aliás, a existência de uma percentagem significativa de alunos do curso de ERH que não responderam a este item.

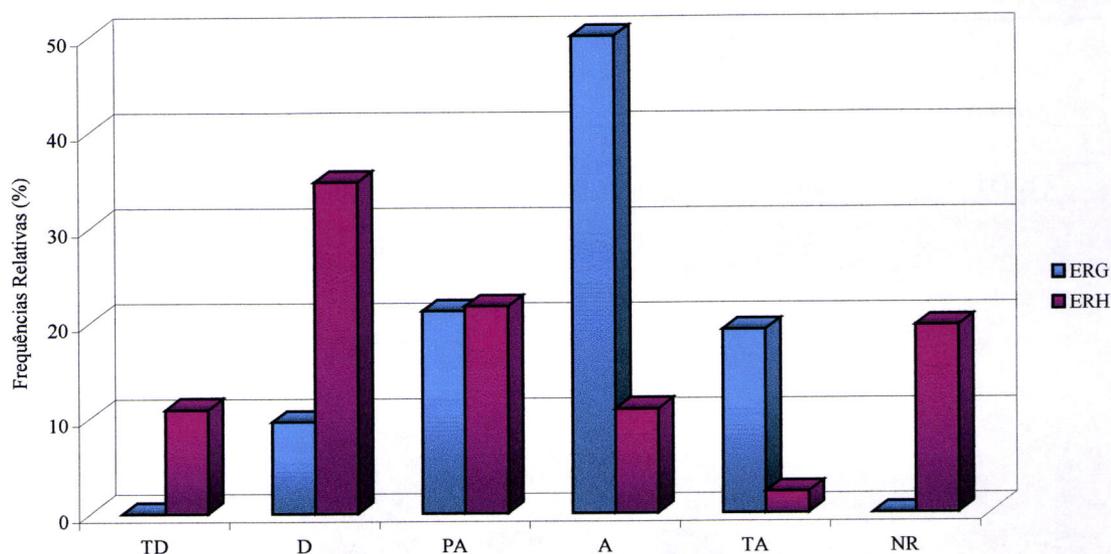
Quanto às opiniões dos alunos de ERG, podemos verificar, quer pelos valores registados no Quadro 6.6, quer pela análise do gráfico da Figura 6.11, que elas são claramente concordantes com a afirmação apresentada.

**Quadro 6.6 - Frequências relativas de respostas ao item: “Nas sessões destinadas à elaboração dos projectos experimentais fiz aprendizagens importantes”**

Curso	Frequências relativas (%)					
	Totalmente em desacordo	Em desacordo	Por vezes de acordo	De acordo	Totalmente de acordo	Não responde
<b>ERG</b>	0,0	9,6	21,2	50,0	19,2	0,0
<b>ERH</b>	10,9	34,8	21,7	10,9	2,2	19,6

Este resultado é revelador de que também os alunos que participaram no nosso projecto beneficiaram de aprendizagens que não teriam oportunidade de fazer se as sessões laboratoriais fossem exclusivamente destinadas à execução experimental dos trabalhos.

O reconhecimento pelos alunos de que tiveram oportunidade de fazer aprendizagens importantes é um dado bastante significativo, que mais à frente, aquando da análise dos resultados de natureza qualitativa, teremos oportunidade de abordar.



**Figura 6.11 - Representação gráfica das frequências relativas de respostas ao item: “Nas sessões destinadas à elaboração dos projectos experimentais fiz aprendizagens importantes”**

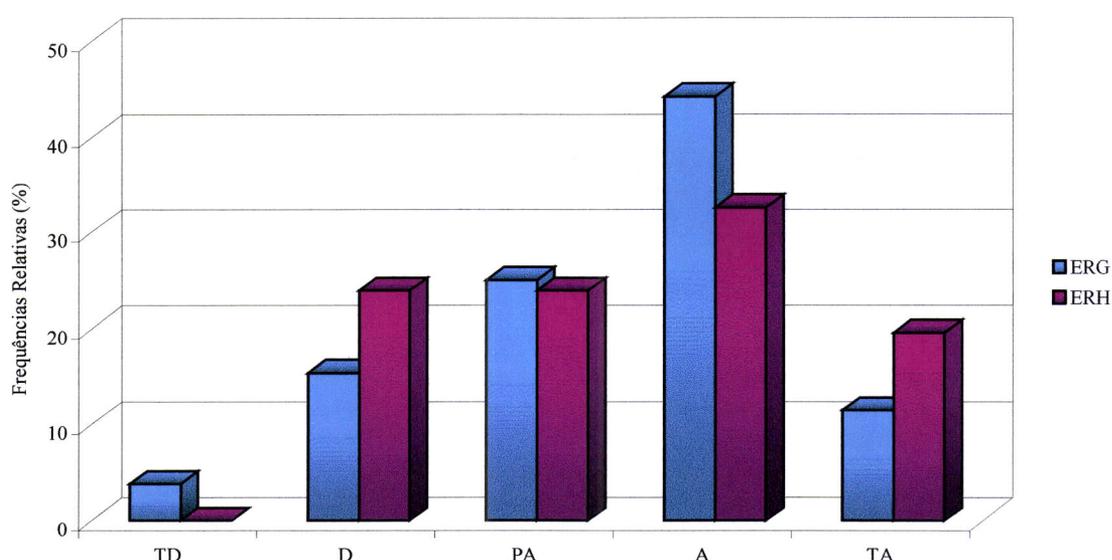
### **Item 2 - As aulas laboratoriais não têm grande interesse quando apenas tenho que seguir instruções**

As opiniões dos alunos sobre este item revestiam-se, para nós, de uma particular importância uma vez que esse era um dos aspectos que maiores desafios representava na metodologia proposta. A eliminação de quaisquer instruções para a realização dos trabalhos propostos, sendo uma consequência natural da introdução de uma componente pré-laboratorial destinada à elaboração dos projectos, foi, sem dúvida, o aspecto que inicialmente mais preocupou os alunos.

As frequências de respostas obtidas estão apresentadas no Quadro 6.7 e no gráfico da Figura 6.12.

**Quadro 6.7 - Frequências relativas de respostas ao item: “As aulas laboratoriais não têm grande interesse quando apenas tenho que seguir instruções”**

Curso	Frequências relativas (%)				
	Totalmente em desacordo	Em desacordo	Por vezes de acordo	De acordo	Totalmente de acordo
<b>ERG</b>	3,8	15,4	25,0	44,2	11,5
<b>ERH</b>	0,0	23,9	23,9	32,6	19,6



**Figura 6.12 - Representação gráfica das frequências relativas de respostas ao item: “As aulas laboratoriais não têm grande interesse quando apenas tenho que seguir instruções”**

Como podemos verificar, pela análise das frequências de respostas obtidas, a maioria dos alunos manifesta-se de acordo com a afirmação, tanto no curso de ERG como no curso de ERH. No caso dos alunos de ERG este é um resultado que de algum modo estávamos à espera, dado o envolvimento e trabalho desenvolvido pelos alunos, que tivemos oportunidade de testemunhar, e os comentários que tantas vezes nos foram feitos de forma espontânea sobre o acréscimo de interesse que os próprios alunos sentem quando se lhes pede algo mais do que a simples execução de uma “receita”.

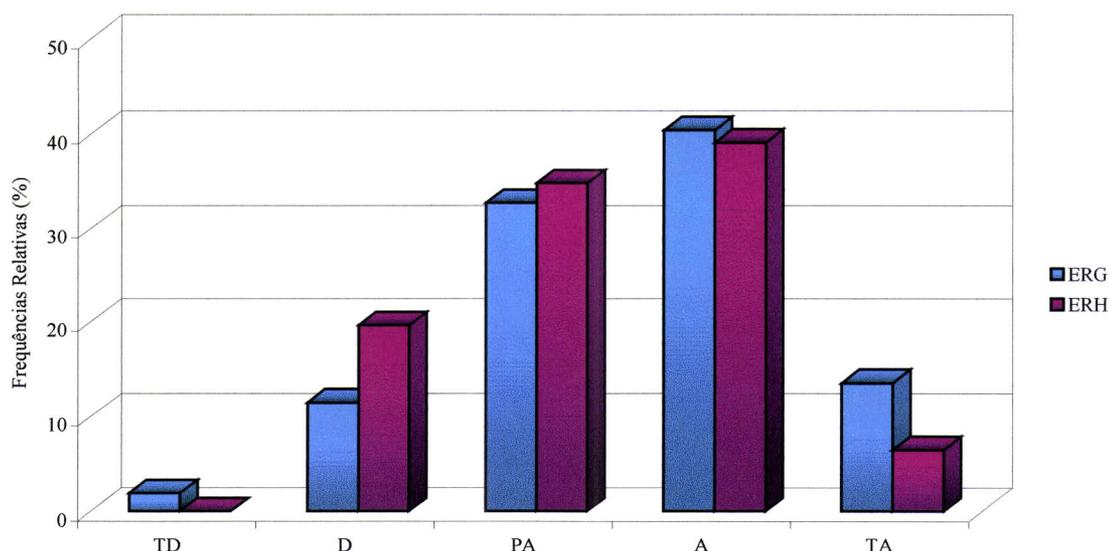
Já no caso dos alunos de ERH este resultado é particularmente interessante e inesperado, uma vez que a concordância com a afirmação que é apresentada, corresponde à opinião implícita de que as sessões laboratoriais, tal como decorreram para eles, seriam desprovidas de interesse.

**Item 5 - O fornecimento de uma técnica experimental tipo receita impede o aluno de fazer algumas aprendizagens**

Este item, no seguimento do anterior, diz respeito também às vantagens ou desvantagens do seguimento, pelos alunos, de uma técnica experimental previamente fornecida. Nessa medida era de esperar que os resultados fossem muito semelhantes aos obtidos anteriormente. De facto, ao analisarmos as frequências de respostas obtidas, registadas no Quadro 6.8, e através do gráfico da Figura 6.13, verificamos que tanto os alunos de ERG como os alunos de ERH estão maioritariamente de acordo com a afirmação.

**Quadro 6.8 - Frequências relativas de respostas ao item: “O fornecimento de uma técnica experimental tipo receita impede o aluno de fazer algumas aprendizagens”**

Curso	Frequências relativas (%)				
	Totalmente em desacordo	Em desacordo	Por vezes de acordo	De acordo	Totalmente de acordo
<b>ERG</b>	1,9	11,5	32,7	40,4	13,5
<b>ERH</b>	0,0	19,6	34,8	39,1	6,5



**Figura 6.13 - Representação gráfica das frequências relativas de respostas ao item: “O fornecimento de uma técnica experimental tipo receita impede o aluno de fazer algumas aprendizagens”**

Este resultado revela, no caso dos alunos de ERG, que foi bastante positiva a eliminação das “receitas” já que há um reconhecimento, por parte destes, da possibilidade de fazer outro tipo de aprendizagens quando estas não são fornecidas.

No caso dos alunos de ERH, este resultado, também bastante interessante, mostra que os alunos, apesar de seguirem esse tipo de receitas, não as defendem, isto é, reconhecem que poderiam aprender mais se elas não existissem.

**Item 9 - Os trabalhos práticos devem servir apenas para os alunos aprenderem alguns procedimentos usados no laboratório**

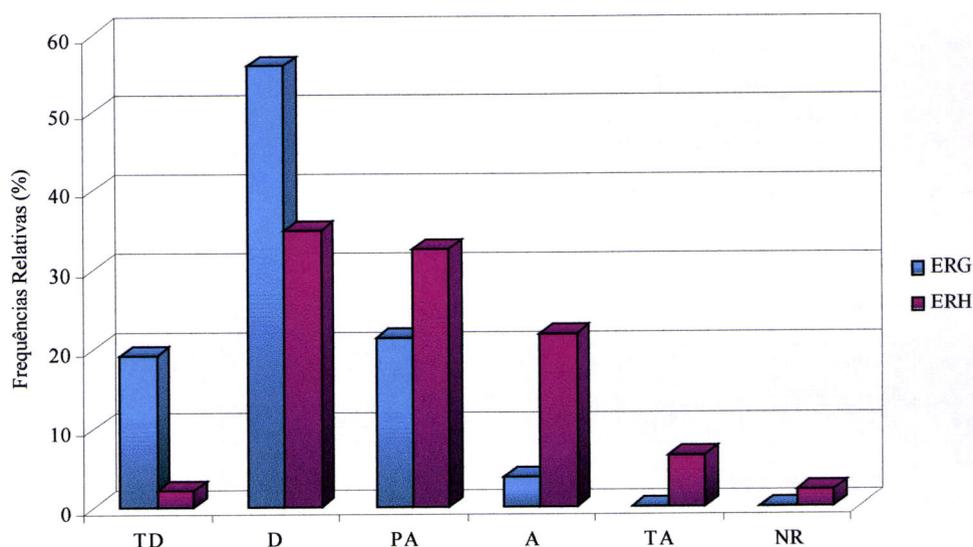
Encarar o trabalho experimental deste ponto de vista tão restritivo é, na nossa opinião, despojá-lo de toda a sua riqueza enquanto recurso educativo. Se analisarmos os resultados

apresentados no Quadro 6.9, verificaremos que no caso dos alunos de ERG há uma clara discordância com a afirmação apresentada.

**Quadro 6.9 - Frequências relativas de respostas ao item: “Os trabalhos práticos devem servir apenas para os alunos aprenderem alguns procedimentos usados no laboratório”**

Curso	Frequências relativas (%)					
	Totalmente em desacordo	Em desacordo	Por vezes de acordo	De acordo	Totalmente de acordo	Não responde
<b>ERG</b>	19,2	55,8	21,2	3,8	0,0	0,0
<b>ERH</b>	2,2	34,8	32,6	21,7	6,5	2,2

De facto, pela análise do gráfico da Figura 6.14, observamos uma distribuição das frequências claramente deslocada no sentido negativo, para o curso de ERG. Também para os alunos de ERH as respostas se situam maioritariamente no campo negativo embora os valores relativos das frequências de respostas sejam inferiores quando comparados com os do curso de ERG. Este resultado está aliás de acordo com os registados nos itens anteriores que se referiam ao tipo de metodologia seguida na execução experimental.



**Figura 6.14 - Representação gráfica das frequências relativas de respostas ao item: “Os trabalhos práticos devem servir apenas para os alunos aprenderem alguns procedimentos usados no laboratório”**

Este resultado parece estar de acordo com o reconhecimento, já anteriormente referido, pelos alunos que participaram no projecto, das múltiplas dimensões do trabalho experimental e das inúmeras aprendizagens que é possível fazer a partir dele.

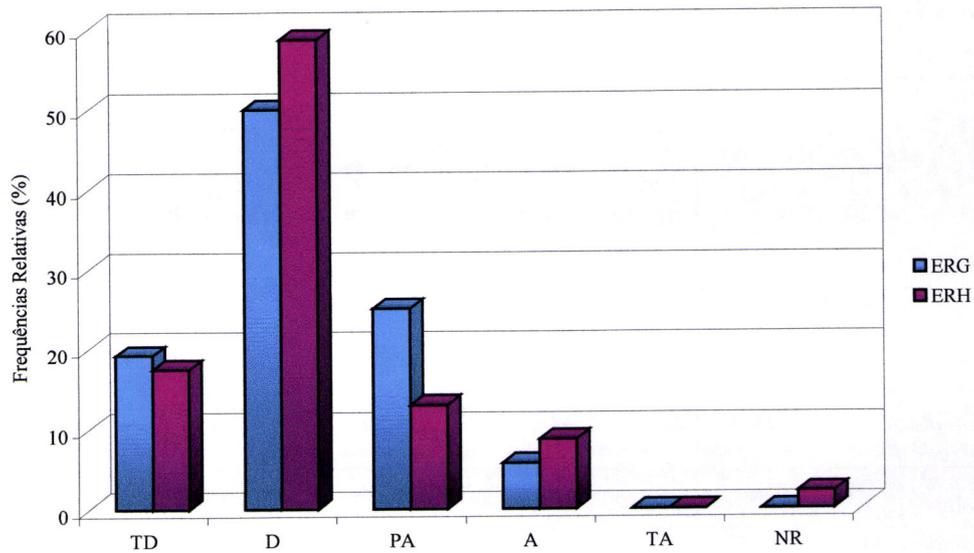
**Item 18 - O aluno deve limitar-se a seguir as instruções fornecidas e a obter bons resultados**

A obtenção de bons resultados está, também, intimamente relacionada com o seguimento de instruções do tipo “receita” pelos alunos e, portanto, não é de estranhar que os resultados obtidos nas respostas a este item reflectam a mesma opinião já expressa pelos alunos nos itens 2 e 5 que também diziam respeito ao tipo de estratégia utilizada.

De facto, analisando os resultados apresentados no Quadro 6.10 ou no gráfico da Figura 6.15, verificamos que uma clara maioria dos alunos se manifesta em desacordo com a afirmação, em maior ou menor grau, tanto no curso de ERG como no curso de ERH.

**Quadro 6.10 - Frequências relativas de respostas ao item: “O aluno deve limitar-se a seguir as instruções fornecidas e a obter bons resultados”**

Curso	Frequências relativas (%)					
	Totalmente em desacordo	Em desacordo	Por vezes de acordo	De acordo	Totalmente de acordo	Não responde
ERG	19,2	50,0	25,0	5,8	0,0	0,0
ERH	17,4	58,7	13,0	8,7	0,0	2,2



**Figura 6. 15 – Representação gráfica das frequências relativas de respostas ao item: “O aluno deve limitar-se a seguir as instruções fornecidas e a obter bons resultados”**

Este resultado é importante na medida em que, de alguma forma, representa uma certa disponibilidade dos alunos para participar em experiências diferentes no domínio da metodologia das Ciências experimentais.

Uma vez analisadas de forma descritiva as respostas dadas pelos alunos, para expressar a sua opinião relativamente a cada um dos itens, vamos de seguida verificar se estatisticamente existem diferenças entre as respostas dadas pelos alunos dos dois cursos.

A aplicação do teste  $t$  de Student originou os dados que constam do Quadro 6.11.

Quadro 6.11 - Tipo de abordagem ao trabalho experimental – Teste *t*

		Levene's Test for Equality of variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
Item 8	Equal variances assumed	2,657	0,106	<b>6,270</b>	<b>96</b>	<b>0,000*</b>	<b>1,18</b>	<b>0,188</b>	<b>0,807</b>	<b>1,555</b>
	Equal variances not assumed			6,184	85,864	0,000	1,18	0,191	0,802	1,561
Item 12	Equal variances assumed	19,882	0,000	1,942	96	0,055	0,32	0,163	-0,007	0,639
	Equal variances not assumed			<b>1,871</b>	<b>64,312</b>	<b>0,066</b>	<b>0,32</b>	<b>0,169</b>	<b>-0,021</b>	<b>0,653</b>
Item 16	Equal variances assumed	0,810	0,370	<b>1,948</b>	<b>96</b>	<b>0,054</b>	<b>0,36</b>	<b>0,186</b>	<b>-0,007</b>	<b>0,733</b>
	Equal variances not assumed			1,958	95,796	0,053	0,36	0,185	-0,005	0,731
Item 7	Equal variances assumed	1,580	0,212	<b>6,567</b>	<b>87</b>	<b>0,000*</b>	<b>1,30</b>	<b>0,20</b>	<b>0,91</b>	<b>1,70</b>
	Equal variances not assumed			6,427	71,324	0,000	1,30	0,20	0,90	1,71
Item 2	Equal variances assumed	0,615	0,435	<b>-0,170</b>	<b>96</b>	<b>0,865</b>	<b>-3,60E-02</b>	<b>0,211</b>	<b>-0,455</b>	<b>0,383</b>
	Equal variances not assumed			-0,170	93,200	0,865	-3,60E-02	0,212	-0,456	0,384
Item 5	Equal variances assumed	0,147	0,702	<b>-0,896</b>	<b>96</b>	<b>0,373</b>	<b>-0,15</b>	<b>0,169</b>	<b>-0,487</b>	<b>0,184</b>
	Equal variances not assumed			-0,902	95,997	0,369	-0,15	0,168	-0,484	0,182
Item 9	Equal variances assumed	4,392	0,039	-4,902	95	0,000	-0,86	0,18	-1,21	-0,51
	Equal variances not assumed			<b>-4,810</b>	<b>81,840</b>	<b>0,000*</b>	<b>-0,86</b>	<b>0,18</b>	<b>-1,21</b>	<b>-0,50</b>
Item 18	Equal variances assumed	0,306	0,581	<b>0,240</b>	<b>95</b>	<b>0,811</b>	<b>3,97E-02</b>	<b>0,17</b>	<b>-0,29</b>	<b>0,37</b>
	Equal variances not assumed			0,240	92,849	0,811	3,97E-02	0,17	-0,29	0,37

\* Sig.(2-tailed) &lt; 0,05

Optámos por efectuar a transposição directa, do programa SPSS 10,0, do quadro aí obtido, de forma a não omitir qualquer informação. Verificamos que o nível de significância do teste de Levene só é inferior a 0,05 nos itens 12 e 9. Só nesses casos é legítima a rejeição da hipótese nula da igualdade das variâncias. Podemos, em alternativa, assumir a hipótese das

variâncias serem diferentes, sendo as leituras relativas ao teste  $t$  feitas na linha denominada *Equal variances not assumed*. Nos restantes itens, como o nível de significância do teste de Levene é superior a 0,05, não podemos rejeitar a hipótese nula da igualdade das variâncias, pelo que todas as leituras serão efectuadas na linha denominada *Equal variances assumed*. (Pestana & Gageiro, 1998).

Da aplicação do teste  $t$  resulta que só há diferenças estatisticamente significativas (*Sig. (2-tailed)* < 0,05) entre as respostas dos alunos de ERG e ERH nos itens:

**8 - Nos trabalhos práticos é importante incluir problemas abertos**

**7 - Nas sessões destinadas à elaboração dos projectos experimentais fiz aprendizagens importantes<sup>19</sup>.**

**9 - Os trabalhos práticos devem servir apenas para os alunos aprenderem alguns procedimentos usados no laboratório**

Este resultado, que está aliás de acordo com a análise que fizemos anteriormente, permite-nos reforçar a ideia de que, mesmo os alunos de ERH, tendo seguido um modelo de aulas experimentais tradicional, manifestam, tal como os alunos de ERG, opiniões desfavoráveis relativamente ao seguimento de instruções detalhadas do tipo “receita” (Itens 2, 5 e 18).

---

<sup>19</sup> Este item refere-se directamente a um tipo de sessões que não existiram como tal para os alunos de ERH, pelo que, apesar de estes terem respondido, não podemos fazer uma análise objectiva das suas respostas.

**CATEGORIA II - MOTIVAÇÃO**

Falar de motivação no Ensino Superior é, como já vimos, algo pouco frequente e considerado muitas vezes inadequado. Não obstante, quisemos fazer da motivação, um dos pilares fundamentais em que assentaria a metodologia que aqui propomos. Nesse contexto, estamos obviamente interessados em saber se os alunos com os quais fizemos a nossa caminhada, de facto se sentiram motivados para o estudo da Química.

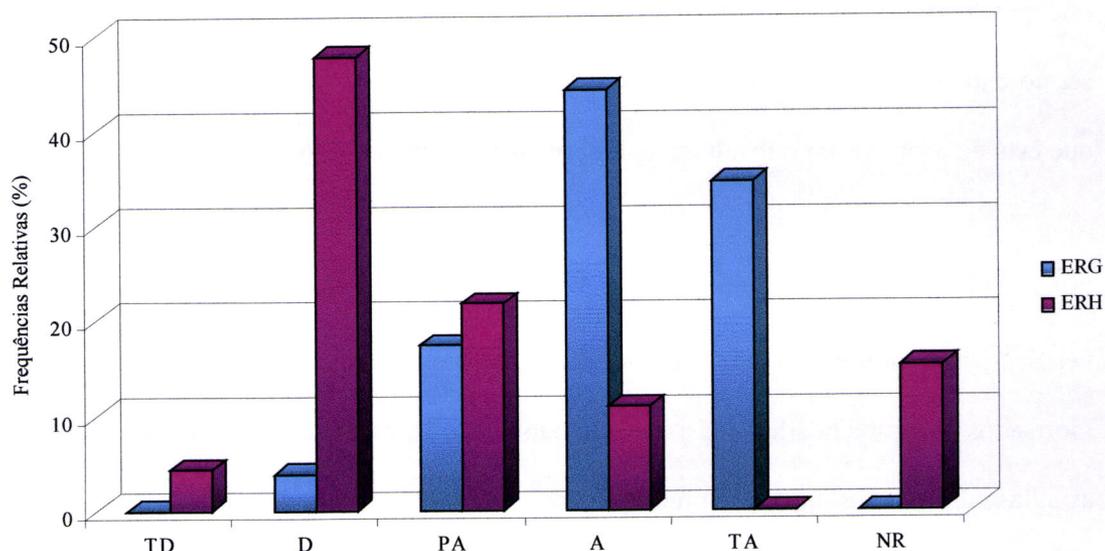
**Item 10 - A realização de trabalhos ligados à área do curso motivou-me para o estudo da Química**

A realização de projectos muito simples, cujo ponto de partida eram materiais conhecidos dos alunos, como o mármore ou um minério de ferro, foi sempre o objectivo do nosso próprio projecto de trabalho. Os diversos assuntos eram depois introduzidos pelos próprios alunos enquanto faziam a pesquisa necessária à elaboração do projecto experimental, mas o ponto de partida tinha necessariamente algo a ver com os interesses destes alunos.

Os valores de frequências de respostas que se encontram registadas no Quadro 6.12, deram origem ao gráfico da Figura 6.16 que passaremos a analisar.

**Quadro 6.12 - Frequências relativas de respostas ao item: “A realização de trabalhos ligados à área do curso motivou-me para o estudo da Química”**

Curso	Frequências relativas (%)					
	Totalmente em desacordo	Em desacordo	Por vezes de acordo	De acordo	Totalmente de acordo	Não responde
<b>ERG</b>	0,0	3,8	17,3	44,2	34,6	0,0
<b>ERH</b>	4,3	47,8	21,7	10,9	0	15,2



**Figura 6.16 - Representação gráfica das frequências relativas de respostas ao item: “A realização de trabalhos ligados à área do curso motivou-me para o estudo da Química”**

Como podemos verificar existe uma diferença muito significativa entre as respostas dadas pelos alunos dos dois cursos. De facto enquanto que, no caso dos alunos de ERG, a maioria se manifesta de acordo ou totalmente de acordo com a afirmação apresentada, no caso dos alunos de ERH, a maioria manifesta-se em desacordo, ou seja, acham que não foram motivados para o estudo da Química.

Este resultado é para nós particularmente interessante e aponta para vantagens da metodologia proposta em termos do acréscimo da motivação dos alunos.

#### **Item 19 - Sem as aulas laboratoriais teria sido mais difícil sentir-me motivado para estudar química**

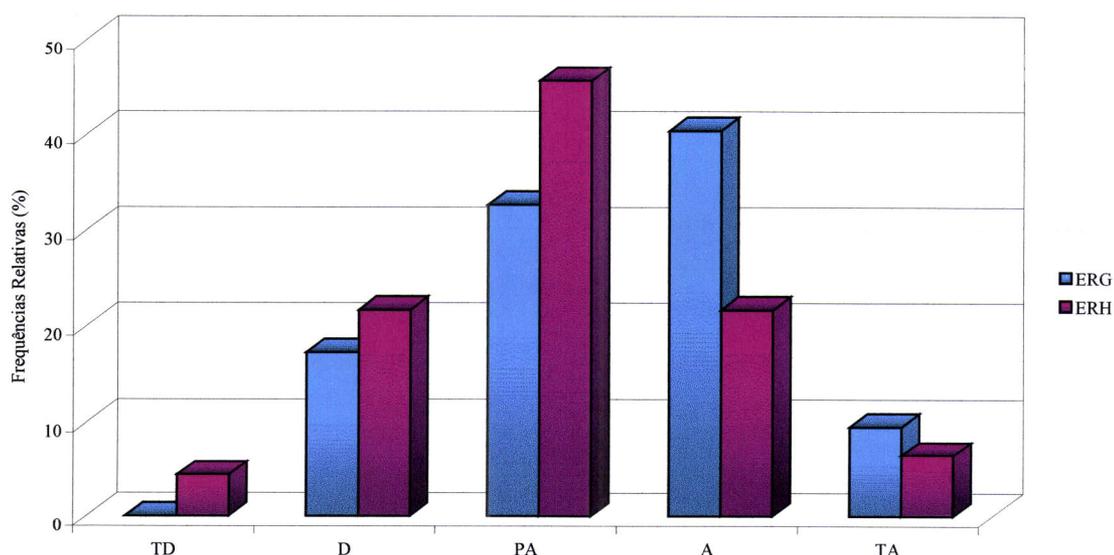
As respostas a este item revelam que uma clara maioria dos alunos, tanto do curso de ERG como do curso de ERH, se manifestam de acordo com a afirmação apresentada, como

podemos verificar através da análise do Quadro 6.13 ou do gráfico da Figura 6.17. Verifica-se, no entanto que as frequências de respostas são superiores no caso dos alunos de ERG, o que está de acordo com o resultado que obtivemos no item anterior.

Quanto aos resultados registados para os alunos de ERH, não deixa de ser interessante verificar, que embora no item anterior tivessem manifestado a opinião de que não foram motivados por trabalhos ligados à área do curso, alguns reconheçam agora, que apesar disso, as aulas laboratoriais ajudaram muito para se sentirem motivados.

**Quadro 6.13 - Frequências relativas de respostas ao item: “Sem as aulas laboratoriais teria sido mais difícil sentir-me motivado para estudar Química”**

Curso	Frequências relativas (%)				
	Totalmente em desacordo	Em desacordo	Por vezes de acordo	De acordo	Totalmente de acordo
<b>ERG</b>	0,0	17,3	32,7	40,4	9,6
<b>ERH</b>	4,3	21,7	45,7	21,7	6,5



**Figura 6.17 - Representação gráfica das frequências relativas de respostas ao item: “Sem as aulas laboratoriais teria sido mais difícil sentir-me motivado para estudar Química”**

À semelhança do que fizemos no ponto anterior, verificámos, através da aplicação do teste *t* de Student, se estatisticamente as diferenças observadas eram significativas. No Quadro 6.14 encontram-se transcritos os valores obtidos nesse teste.

**Quadro 6.14 - Motivação – Teste *t***

		Levene's Test for Equality of variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig.(2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
Item 10	Equal variances assumed	0,197	0,659	9,542	89	0,000*	1,63	0,17	1,29	1,98
	Equal variances not assumed			9,598	83,718	0,000	1,63	0,17	1,30	1,97
Item 19	Equal variances assumed	0,775	0,381	2,047	96	0,043*	0,38	0,185	0,011	0,748
	Equal variances not assumed			2,040	93,098	0,044	0,38	0,186	0,010	0,749

\* Sig.(2-tailed) < 0,05

Como o nível de significância do teste de Levene é, em ambos os casos superior a 0,05, não podemos rejeitar a hipótese nula da igualdade das variâncias, pelo que as leituras relativas ao teste-*t* serão feitas na linha denominada *Equal variances assumed*.

Da análise dos valores obtidos podemos concluir que existem diferenças estatisticamente significativas entre as respostas dos alunos de ERG e de ERH nestes dois itens (Sig.(2-tailed) < 0,05), o que vem reforçar as conclusões que já antes tínhamos avançado a partir da análise das frequências relativas de respostas.

**CATEGORIA III - APRENDIZAGEM**

Contribuir para uma maior e melhor aprendizagem da Química através do ensino experimental, era um dos grandes objectivos do nosso projecto.

Contribuir para que os alunos pudessem fazer, durante as sessões laboratoriais, também, outras aprendizagens, de âmbito mais geral, mas igualmente importantes, era outro dos nossos objectivos (Cf. 5.2). Nessa medida, reveste-se de extrema importância a análise das respostas obtidas em alguns itens, que se referem precisamente ao contributo das sessões laboratoriais para que essas aprendizagens pudessem efectivar-se.

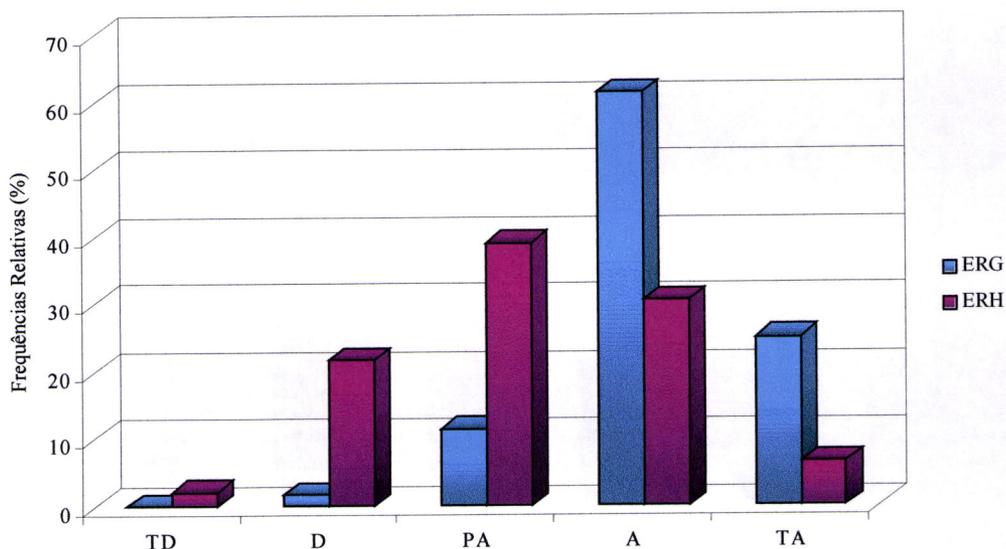
**Item 3 - As aulas laboratoriais foram essenciais para a aprendizagem de algumas matérias de Química**

As respostas obtidas a este item, e cujas frequências se apresentam no Quadro 6.15, reflectem, em nossa opinião, uma clara diferença entre as opiniões dos alunos dos dois cursos.

**Quadro 6.15 - Frequências relativas de respostas ao item: “As aulas laboratoriais foram essenciais para a aprendizagem de algumas matérias de Química”**

Curso	Frequências relativas (%)				
	Totalmente em desacordo	Em desacordo	Por vezes de acordo	De acordo	Totalmente de acordo
<b>ERG</b>	0,0	1,9	11,5	61,5	25,0
<b>ERH</b>	2,2	21,7	39,1	30,4	6,5

De facto, a análise do gráfico da Figura 6.18 revela que há bastantes mais respostas concordantes vindas dos alunos de ERG do que dos alunos de ERH.



**Figura 6.18 - Representação gráfica das frequências relativas de respostas ao item: “As aulas laboratoriais foram essenciais para a aprendizagem de algumas matérias de Química”**

### Item 15 - Sem a componente laboratorial ter-me-ia sido mais difícil aprender

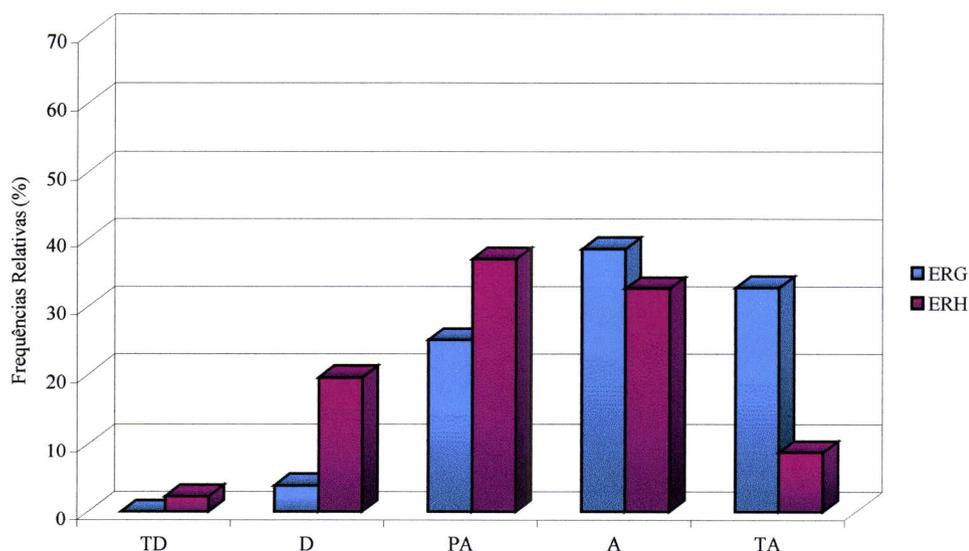
#### Química

As respostas a este item, incluído no questionário com o mesmo objectivo do anterior, deram origem ao Quadro 6.16.

**Quadro 6.16 - Frequências relativas de respostas ao item: “Sem a componente laboratorial ter-me-ia sido mais difícil aprender Química”**

Curso	Frequências relativas (%)				
	Totalmente em desacordo	Em desacordo	Por vezes de acordo	De acordo	Totalmente de acordo
<b>ERG</b>	0,0	3,8	25,0	38,5	32,7
<b>ERH</b>	2,2	19,6	37,0	32,6	8,7

Analisando os resultados verificamos que os alunos de ERG manifestam opiniões mais concordantes do que os alunos de ERH, embora as diferenças registadas nas frequências de respostas não sejam tão grandes como no item anterior.



**Figura 6. 19 - Representação gráfica das frequências relativas de respostas ao item: “Sem a componente laboratorial ter-me-ia sido mais difícil aprender Química”**

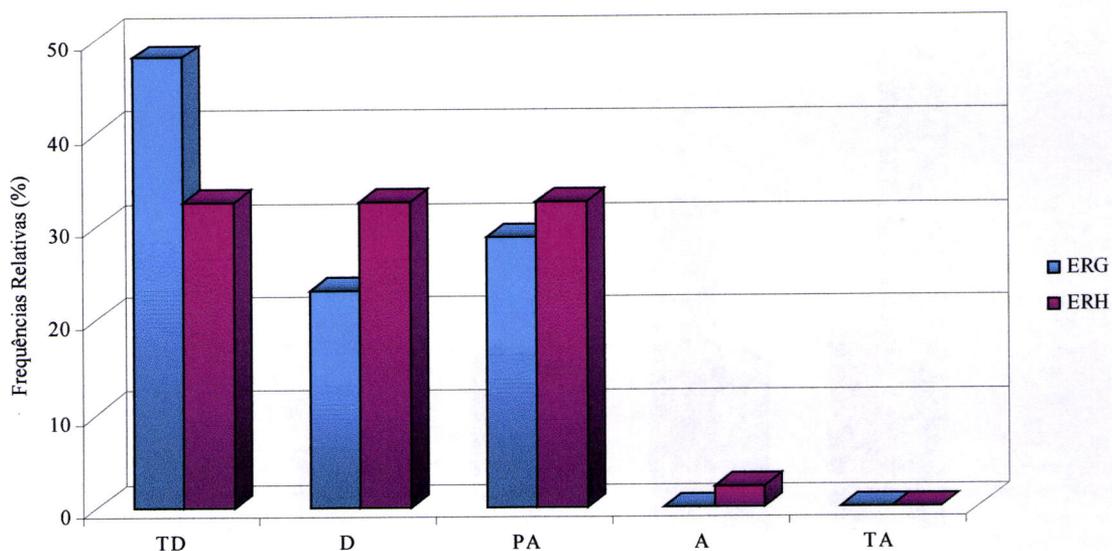
### **Item 17 - Nas aulas laboratoriais não consegui aprender nada**

A introdução dos dois itens que se seguem, com uma formulação negativa, teve por objectivo introduzir algum controle relativamente à possibilidade de existirem respostas dadas de forma aleatória, e que desta forma poderiam ser facilmente detectadas.

Os resultados obtidos estão registados no Quadro 6.17 e no Quadro 6.18 que deram origem, respectivamente, aos gráficos das Figuras 6.20 e 6.21.

**Quadro 6.17 - Frequências relativas de respostas ao item: “Nas aulas laboratoriais não consegui aprender nada”**

Curso	Frequências relativas (%)				
	Totalmente em desacordo	Em desacordo	Por vezes de acordo	De acordo	Totalmente de acordo
<b>ERG</b>	48,1	23,1	28,8	0,0	0,0
<b>ERH</b>	32,6	32,6	32,6	2,2	0,0



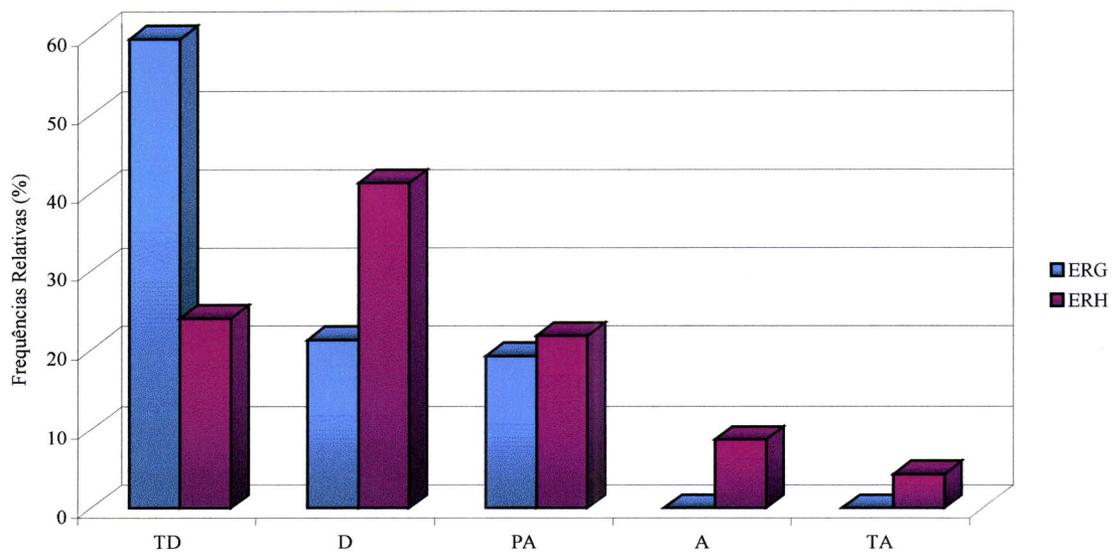
**Figura 6. 20 - Representação gráfica das frequências relativas de respostas ao item: "Nas aulas laboratoriais não consegui aprender nada"**

### Item 13 - A componente laboratorial foi uma perda de tempo

**Quadro 6.18 - Frequências relativas de respostas ao item: "A componente laboratorial foi uma perda de tempo"**

Curso	Frequências relativas (%)				
	Totalmente em desacordo	Em desacordo	Por vezes de acordo	De acordo	Totalmente de acordo
<b>ERG</b>	59,6	21,2	19,2	0,0	0,0
<b>ERH</b>	23,9	41,3	21,7	8,7	4,3

Podemos verificar que o padrão de respostas se altera completamente em relação aos itens anteriores, o que pode ser interpretado como sendo um indicador de que não terá havido respostas aleatórias por parte dos alunos inquiridos.



**Figura 6.21 - Representação gráfica das frequências relativas de respostas ao item: “A componente laboratorial foi uma perda de tempo”**

Verificamos que há uma clara maioria de alunos que se manifesta em desacordo com as duas afirmações apresentadas, em ambos os cursos, embora seja mais elevada a percentagem de alunos que o fazem no curso de ERG.

Este resultado é para nós muito importante, pois mostra que os alunos valorizaram de forma muito positiva tudo o que aprenderam nas aulas laboratoriais e rejeitam completamente a ideia de que elas são uma perda de tempo.

Pensamos ser interessante também a significativa percentagem de alunos de ERH, que se manifesta em desacordo com estas afirmações. Esse facto revela, em nossa opinião que apesar de não se sentirem muito motivados, como vimos anteriormente, os alunos atribuem às aulas laboratoriais algum valor, enquanto espaço e tempo de aprendizagem.

Seguidamente apresentaremos o tratamento estatístico relativo à comparação das respostas dos alunos dos dois cursos, baseado na aplicação do teste *t* de Student. Os valores obtidos deram origem ao Quadro 6.19.

**Quadro 6.19 – Aprendizagem – Teste *t***

		Levene's Test for Equality of variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	<i>t</i>	df	Sig. (2- tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
Item 3	Equal variances assumed	7,756	0,006	5,710	96	0,000	0,92	0,162	0,602	1,243
	Equal variances not assumed			<b>5,598</b>	<b>80,567</b>	<b>0,000*</b>	<b>0,92</b>	<b>0,165</b>	<b>0,594</b>	<b>1,250</b>
Item 15	Equal variances assumed	1,412	0,238	<b>4,029</b>	<b>96</b>	<b>0,000*</b>	<b>0,74</b>	<b>0,18</b>	<b>0,37</b>	<b>1,10</b>
	Equal variances not assumed			,004	91,496	0,000	0,74	0,18	0,37	1,11
Item 17	Equal variances assumed	0,614	0,435	<b>-1,345</b>	<b>96</b>	<b>0,182</b>	<b>-0,24</b>	<b>0,175</b>	<b>-0,584</b>	<b>0,112</b>
	Equal variances not assumed			-1,345	94,437	0,182	-0,24	0,175	-0,584	0,112
Item 13	Equal variances assumed	1,765	0,187	<b>-3,629</b>	<b>96</b>	<b>0,000*</b>	<b>-0,69</b>	<b>0,189</b>	<b>-1,062</b>	<b>-0,311</b>
	Equal variances not assumed			-3,566	82,673	0,001	-0,69	0,193	-1,069	-0,304

\* Sig. (2-tailed) <0,05

Como podemos verificar, o índice de significância do teste de Levene só é inferior a 0,05 no item 3, pelo que só neste caso podemos rejeitar a hipótese nula da igualdade das variâncias. Dos valores obtidos para o teste *t* podemos concluir que existem diferenças estatisticamente significativas entre as respostas dos dois cursos relativamente aos itens 3, 15

e 13 (*Sig. (2-tailed)* <0,05 ). Embora existam diferenças também nas repostas ao item 17 elas não têm significado estatístico.

Encarando estes resultados de uma forma global, podemos concluir que parece haver diferenças significativas no modo como os alunos percebem as aprendizagens realizadas durante as sessões laboratoriais. Pensamos que será razoável atribuir essas diferenças ao tipo de metodologia seguida nas sessões laboratoriais e concluir que aquela que foi implementada ao longo do nosso projecto parece influenciar de forma positiva as aprendizagens.

#### **CATEGORIA IV - UTILIDADE, NOUTROS CONTEXTOS, DAS APRENDIZAGENS EFECTUADAS**

Que tipo de aprendizagens são proporcionadas a estes alunos e qual a utilidade que elas terão ao longo do seu percurso académico ou na sua futura profissão, são questões que muitas vezes se nos colocam quando confrontados com as interrogações dos alunos sobre essa mesma utilidade.

Se para um aluno de um curso de Química essas questões não se colocam, já o mesmo não acontece com alunos de outros cursos, que muitas vezes, incapazes de projectar no curso a utilidade das aprendizagens a efectuar, lhes resistem de forma quase inconsciente, acabando muitas vezes por não as fazer. Situações destas, mais frequentes do que seria de esperar, acabam invariavelmente por originar casos de insucesso em alunos que chegam por vezes ao último ano do curso com a disciplina de Química I por fazer.

Poderá uma nova metodologia, orientada para um trabalho mais efectivo dos alunos e para o estabelecimento de uma ligação ao curso, contribuir para melhorar a pré-disposição dos alunos para aprender? Poderemos dessa forma ajudar o aluno a encontrar motivações no curso e na futura profissão para aprender Química?

**Item 1 - As aprendizagens que eu fiz nesta disciplina foram-me úteis para outras disciplinas do curso**

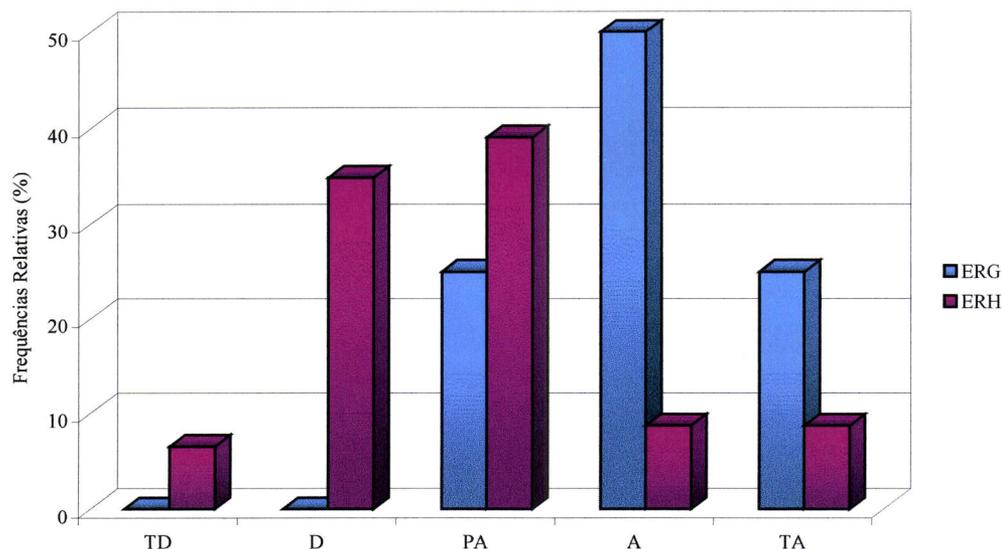
A aplicabilidade das aprendizagens efectuadas em disciplinas básicas como esta, é um dos aspectos que pode aumentar a motivação dos alunos, e, conseqüentemente, o seu sucesso. Nessa medida, é importante avaliar qual a opinião dos alunos relativamente a essa aplicabilidade. As respostas às questões que no questionário incidiam sobre este aspecto, serão analisadas de seguida.

**Quadro 6.20 - Frequências relativas de respostas ao item: “As aprendizagens que eu fiz nesta disciplina foram-me úteis para outras disciplinas do curso”**

Curso	Frequências relativas (%)				
	Totalmente em desacordo	Em desacordo	Por vezes de acordo	De acordo	Totalmente de acordo
<b>ERG</b>	0,0	0,0	25,0	50,0	25,0
<b>ERH</b>	6,5	34,8	39,1	8,7	8,7

Através dos valores apresentados no Quadro 6.20, podemos verificar que os alunos de ERG se apresentam bastante mais concordantes com a afirmação apresentada do que os alunos de ERH. Estas diferenças são, aliás, bastante evidentes quando observamos o gráfico de frequências da Figura 6.22. De facto, verifica-se um nítido deslocamento das respostas dos alunos de ERG no sentido das opiniões mais favoráveis, enquanto que no caso dos alunos de

ERH acontece precisamente o contrário, ou seja, verifica-se um deslocamento no sentido das opiniões menos favoráveis.



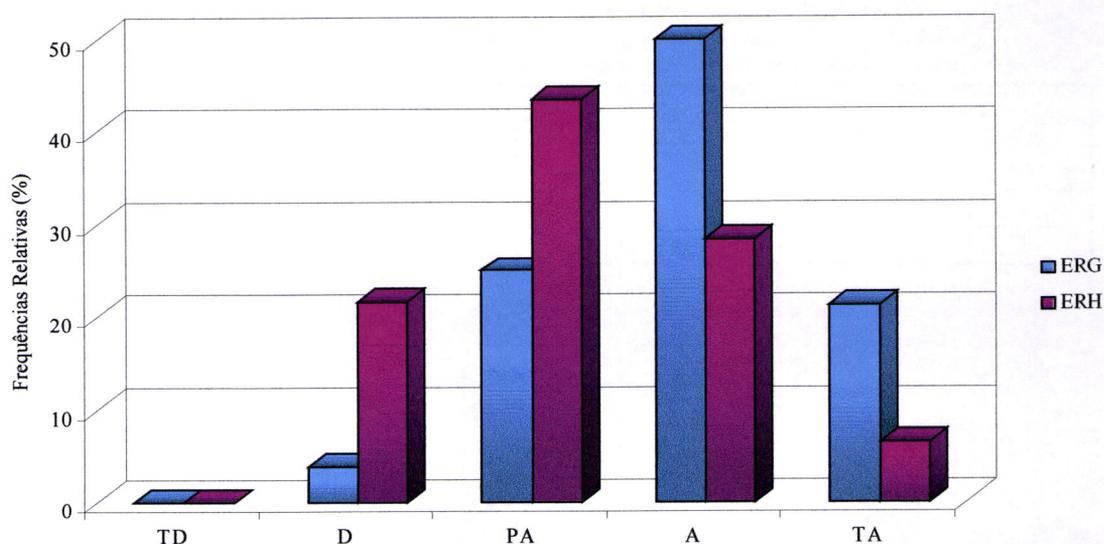
**Figura 6.22 - Representação gráfica das frequências relativas de respostas ao item: “As aprendizagens que eu fiz nesta disciplina foram-me úteis para outras disciplinas do curso”**

#### **Item 4 - Consegui adquirir conhecimentos de outras disciplinas usando as aprendizagens feitas na Química I**

A análise das respostas a este item mostra um padrão de respostas em tudo idêntico ao verificado no item anterior. Verifica-se uma maior percentagem de alunos que se manifestam de acordo no curso de ERG, relativamente ao curso de ERH, com um claro afastamento do ponto médio das duas curvas, conforme se pode observar através da análise do gráfico da Figura 6.23.

**Quadro 6.21 - Frequências relativas de respostas ao item: “Consegui adquirir conhecimentos de outras disciplinas usando as aprendizagens feitas na Química I”**

Curso	Frequências relativas (%)				
	Totalmente em desacordo	Em desacordo	Por vezes de acordo	De acordo	Totalmente de acordo
<b>ERG</b>	0,0	3,8	25,0	50,0	21,2
<b>ERH</b>	0,0	21,7	43,5	28,3	6,5

**Figura 6.23 - Representação gráfica das frequências relativas de respostas ao item: “Consegui adquirir conhecimentos de outras disciplinas usando as aprendizagens feitas na Química I”**

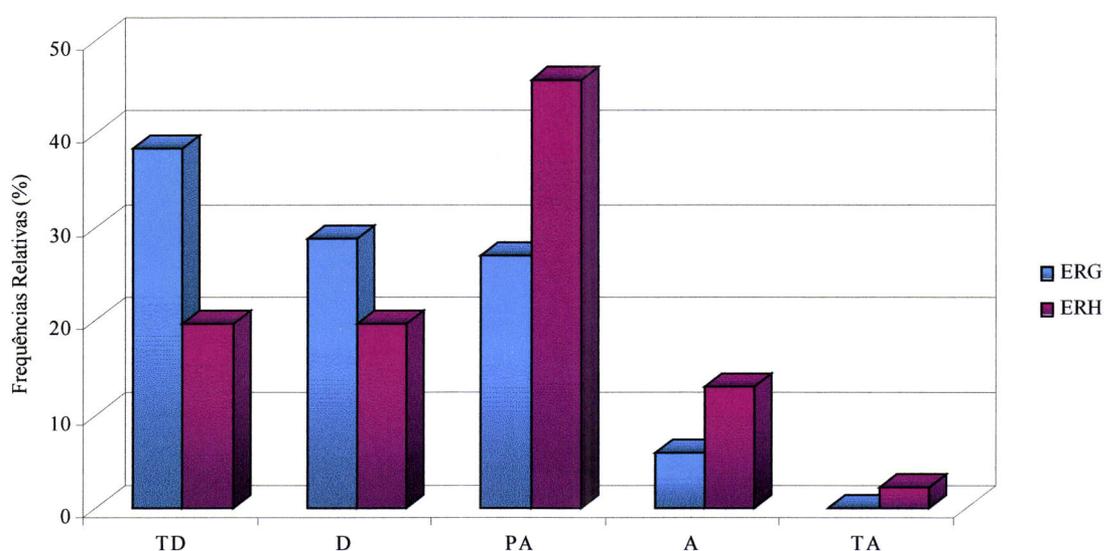
### **Item 6 - Nada do que aprendi nesta disciplina me foi útil em disciplinas mais avançadas**

As respostas a este item, com uma formulação negativa, mas incidindo sobre o mesmo aspecto dos dois anteriores, permite-nos verificar que no caso dos alunos de ERG se altera completamente o padrão de respostas. Este resultado vem confirmar as respostas obtidas anteriormente pois elimina a hipótese de ter havido respostas aleatórias.

No caso dos alunos de ERH, verifica-se, também, um aumento do número de alunos que manifestam a sua discordância em relação à afirmação apresentada, mas muito inferior em termos percentuais, relativamente ao aumento registado no caso dos alunos de ERG, conforme podemos observar através do gráfico da Figura 6.24.

**Quadro 6.22 - Frequências relativas de respostas ao item: “Nada do que aprendi nesta disciplina me foi útil em disciplinas mais avançadas”**

Curso	Frequências relativas (%)				
	Totalmente em desacordo	Em desacordo	Por vezes de acordo	De acordo	Totalmente de acordo
<b>ERG</b>	38,5	28,8	26,9	5,8	0,0
<b>ERH</b>	19,6	19,6	45,7	13	2,2



**Figura 6.24 - Representação gráfica das frequências relativas de respostas ao item: “Nada do que aprendi nesta disciplina me foi útil em disciplinas mais avançadas”**

Tal como fizemos anteriormente, avaliámos o significado estatístico das diferenças obtidas nesta categoria através da aplicação do teste *t* de *Student*. Apresentaremos de seguida os resultados obtidos.

Como podemos verificar através do Quadro 6.23, em todos os itens existem diferenças estatisticamente significativas entre as respostas dos dois grupos de alunos (*Sig.(2-tailed)* <0,05).

**Quadro 6.23 - Utilidade das aprendizagens efectuadas noutros contextos – Teste-t**

		Levene's Test for Equality of variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig.(2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
<b>Item 1</b>	<i>Equal variances assumed</i>	<b>1,950</b>	<b>0,166</b>	<b>4,374</b>	<b>96</b>	<b><u>0,000</u>*</b>	<b>0,82</b>	<b>0,187</b>	<b>0,447</b>	<b>1,189</b>
	<i>Equal variances not assumed</i>			4,276	77,952	0,000	0,82	0,191	0,437	1,198
<b>Item 4</b>	<i>Equal variances assumed</i>	1,000	0,320	<b>4,151</b>	<b>96</b>	<b><u>0,000</u>*</b>	<b>0,69</b>	<b>0,166</b>	<b>0,360</b>	<b>1,018</b>
	<i>Equal variances not assumed</i>			4,127	91,738	0,000	0,69	0,167	0,357	1,020
<b>Item 6</b>	<i>Equal variances assumed</i>	0,534	0,467	<b>-2,944</b>	<b>96</b>	<b><u>0,004</u>*</b>	<b>-0,59</b>	<b>0,199</b>	<b>-0,983</b>	<b>-0,191</b>
	<i>Equal variances not assumed</i>			-2,930	92,368	0,004	-0,59	0,200	-0,985	-0,189

\* *Sig.(2-tailed)* <0,05

Este resultado não só vem confirmar a análise que tínhamos feito anteriormente como nos permite concluir que os alunos de ERG projectaram mais facilmente no seu curso as aprendizagens que fizeram na Química I.

**CATEGORIA V - FORMAÇÃO CIENTÍFICA**

Se é verdade que a aprendizagem dos conteúdos científicos é importante, não é menos verdade que ao nível do Ensino Superior são também importantes todas as aprendizagens relacionadas com os processos de construção da Ciência.

**Item 11 - A possibilidade de participar na elaboração dos projectos experimentais facilitou-me algumas aprendizagens sobre a construção da Ciência**<sup>20</sup>

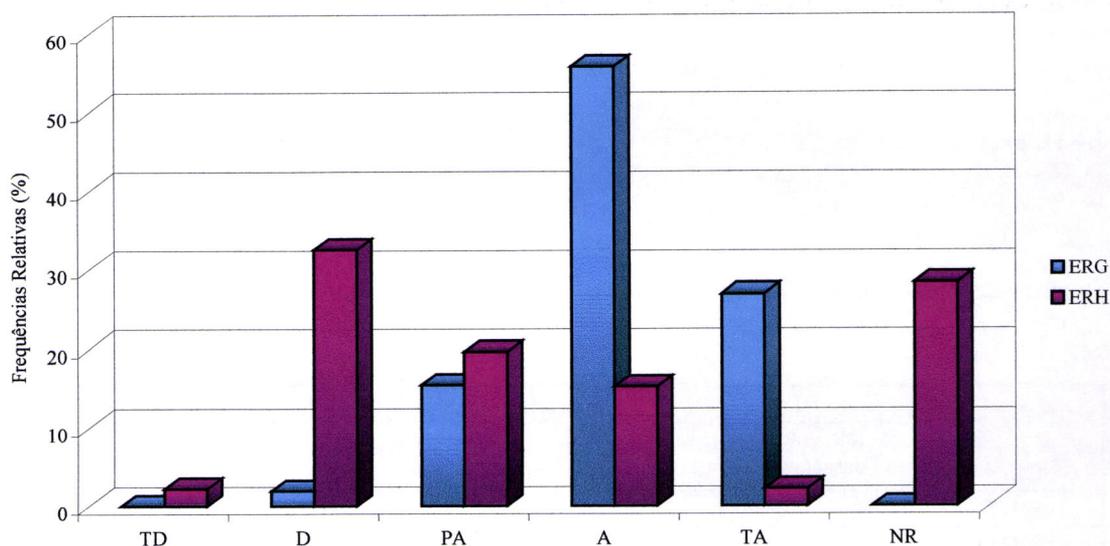
Outro dos grandes objectivos da metodologia proposta neste projecto, visava dar aos alunos alguma formação no domínio da construção da própria Ciência. A eliminação de quaisquer “receitas” fornecidas aos alunos e a implementação de sessões pré-laboratoriais destinadas à elaboração dos projectos experimentais, a partir dos problemas propostos, visavam promover, para além de um maior envolvimento dos alunos, aprendizagens relacionadas com outras etapas do trabalho experimental, para além da execução (Cf. 5.2).

Os itens que se seguem foram introduzidos no questionário para tentar saber qual a opinião dos alunos sobre essa componente do trabalho realizado.

**Quadro 6.24 - Frequências relativas de respostas ao item: “A possibilidade de participar na elaboração dos projectos experimentais facilitou-me algumas aprendizagens sobre a construção da Ciência”**

Curso	Frequências relativas (%)					
	Totalmente em desacordo	Em desacordo	Por vezes de acordo	De acordo	Totalmente de acordo	Totalmente em desacordo
<b>ERG</b>	0,0	1,9	15,4	55,8	26,9	0,0
<b>ERH</b>	2,2	32,6	19,6	15,2	2,2	28,3

<sup>20</sup> Não serão analisadas as respostas dos alunos de ERH relativamente a este item, pois não existiram, para estes alunos, sessões destinadas à elaboração dos projectos.



**Figura 6.25 - Representação gráfica das frequências relativas de respostas ao item: “A possibilidade de participar na elaboração dos projectos experimentais facilitou-me algumas aprendizagens sobre a construção da Ciência”**

Os resultados obtidos, e que se encontram registados no Quadro 6.24 e no gráfico da Figura 6.25, mostram que uma maioria muito significativa dos alunos de ERG se manifestam de acordo com a afirmação apresentada. Parece, portanto, ter havido possibilidade destes alunos realizarem algumas aprendizagens que vão para além dos conhecimentos de natureza científica mas têm mais a ver com a construção da própria Ciência.

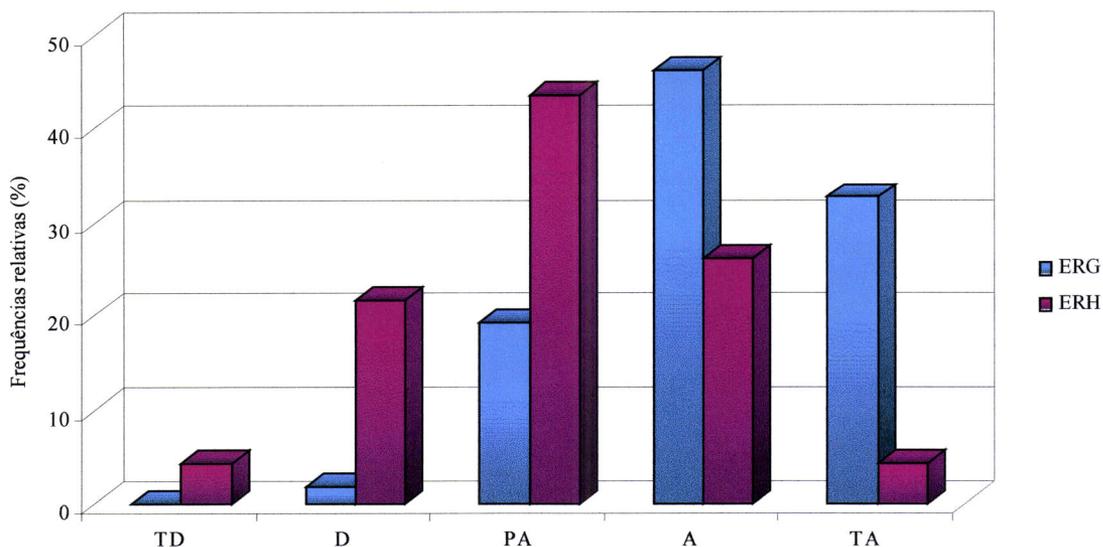
#### **Item 14- As aulas laboratoriais foram um contributo importante para a minha formação científica**

As respostas a este item revelam, como podemos observar através dos valores que constam do Quadro 6.25, e do gráfico da Figura 6.26 que os representa, que existem diferenças no modo como os alunos de ERG e de ERH respondem. De facto podemos verificar que a percentagem de alunos que emitem opiniões favoráveis é muito maior no curso

de ERG do que no curso de ERH, verificando-se por isso um claro deslocamento da curva relativa ao curso de ERG no sentido positivo, relativamente à curva obtida para o curso de ERH.

**Quadro 6.25 - Frequências relativas de respostas ao item: “As aulas laboratoriais foram um contributo importante para a minha formação científica”**

Curso	Frequências relativas (%)				
	Totalmente em desacordo	Em desacordo	Por vezes de acordo	De acordo	Totalmente de acordo
<b>ERG</b>	0	1,9	19,2	46,2	32,7
<b>ERH</b>	4,3	21,7	43,5	26,1	4,3



**Figura 6.26 - Representação gráfica das frequências relativas de respostas ao item: “As aulas laboratoriais foram um contributo importante para a minha formação científica”**

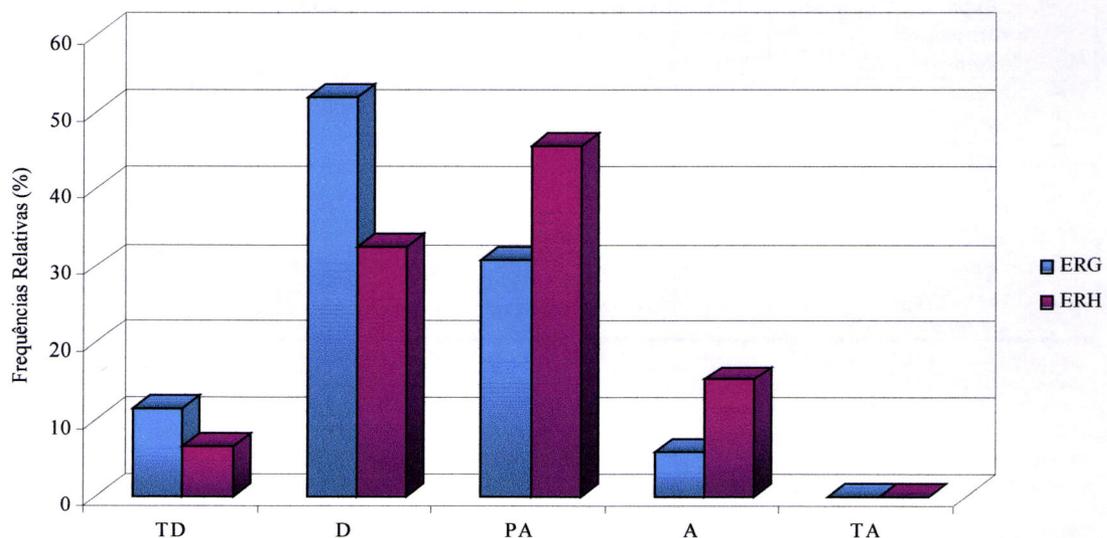
**Item 20 - Eu adquiri a minha formação científica nas aulas teóricas e não nas aulas laboratoriais**

Questionados sobre a importância relativa das aulas teóricas e das aulas práticas neste tipo de formação, uma maioria significativa dos alunos de ERG não concordam que seja nas

aulas teóricas e não nas aulas laboratoriais que adquirem a sua formação científica. Para a maioria dos alunos de ERH, pelo contrário, esse tipo de formação adquire-se nas aulas teóricas como se pode verificar através da análise do gráfico da Figura 6.27.

**Quadro 6.26 - Frequências relativas de respostas ao item: “Eu adquiri a minha formação científica nas aulas teóricas e não nas aulas laboratoriais”**

Curso	Frequências relativas (%)				
	Totalmente em desacordo	Em desacordo	Por vezes de acordo	De acordo	Totalmente de acordo
<b>ERG</b>	11,5	51,9	30,8	5,8	0,0
<b>ERH</b>	6,5	32,6	45,7	15,2	0,0



**Figura 6.27 - Representação gráfica das frequências relativas de respostas ao item: “Eu adquiri a minha formação científica nas aulas teóricas e não nas aulas laboratoriais”**

A análise estatística dos resultados obtidos, de acordo com os valores apresentados no Quadro 6.27, revela que existem diferenças estatisticamente significativas entre as respostas dos dois grupos de alunos, nos três itens apresentados (*Sig.(2-tailed) <0,05* ).

Este resultado vem consolidar algumas conclusões que já tínhamos avançado e que nos permitem concluir da validade da metodologia proposta, no domínio da formação científica dos alunos.

**Quadro 6.27 - Formação Científica – Teste *t***

		Levene's Test for Equality of variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2- tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
Item 11	Equal variances assumed	7,435	0,008	7,366	83	0,000	1,32	0,18	0,96	1,68
	Equal variances not assumed			<b>6,929</b>	<b>55,000</b>	<b>0,000*</b>	<b>1,32</b>	<b>0,19</b>	<b>0,94</b>	<b>1,70</b>
Item 14	Equal variances assumed	0,483	0,489	<b>6,160</b>	<b>96</b>	<b>0,000*</b>	<b>1,05</b>	<b>0,17</b>	<b>0,71</b>	<b>1,39</b>
	Equal variances not assumed			6,096	88,490	0,000	1,05	0,17	0,71	1,40
Item 20	Equal variances assumed	0,378	0,540	<b>-2,449</b>	<b>96</b>	<b>0,016*</b>	<b>-0,39</b>	<b>0,16</b>	<b>-0,70</b>	<b>-7,35E-02</b>
	Equal variances not assumed			-2,438	92,406	0,017	-0,39	0,16	-0,70	-7,19E-02

\* Sig. (2-tailed) <0,05

### 6.3.1.2 – Resultados qualitativos

Iremos em seguida, analisar o conteúdo da 3ª parte do questionário final (QF) onde recolhemos as opiniões que os alunos expressaram sobre a componente laboratorial da disciplina de Química I que frequentaram.

A metodologia de análise que adoptámos foi a descrita em 4.7.2.

As categorias de análise foram as seguintes:

A - Trabalhos realizados

B - Metodologia seguida na elaboração dos projectos

C - Metodologia seguida na execução experimental

D - Motivação para o estudo da Química

E - Motivação para o curso

F - Aprendizagem da Química

G - Outras aprendizagens

H - Utilidade, no curso, das aprendizagens efectuadas

I - Utilidade, na profissão, das aprendizagens efectuadas

J - Compreensão do processo de construção da Ciência

Para cada uma das categorias foram definidas subcategorias de respostas de modo a sistematizar as mesmas e a facilitar a análise que faremos de seguida.

#### **CATEGORIA A: TRABALHOS REALIZADOS**

Podemos verificar pela análise dos elementos constantes do Quadro 6.28 que os dois grupos de alunos apresentam respostas significativamente diferentes nesta categoria, facto que se torna evidente pelo modo como estas respostas estão organizadas pelas diferentes subcategorias. Assim, para os alunos de ERG as principais características dos trabalhos realizados são o interesse (doze referências) e a importância (nove referências), enquanto que para os alunos de ERH o interesse é referido apenas em 3 respostas e a importância dos trabalhos aparece referida apenas por 4 alunos. Os trabalhos são ainda classificados, por um número significativo dos alunos de ERG, como motivadores (cinco referências) e com

características que evidenciam a relação com o curso (cinco referências) e com a componente teórica (sete referências).

**Quadro 6.28 - Frequência da categoria A - Trabalhos Realizados**

Subcategorias	Códigos dos indicadores (cf. Anexo V)	ERG		ERH	
		UR	UC	UR	UC
A1 - Interessantes	3.1.1 - 4.1.1 - 5.1.1 - 6.1.1 - 8.1.1 - 13.1.2 - 20.1.1 21.1.1 - 23.1.1 - 30.1.1 - 38.1.1 - 39.1.1 - 57.1.1 66.1.1 - 96.1.1	12	12	3	3
A2 - Importantes	4.1.2 - 9.1.1 - 13.1.1 - 14.1.1 - 15.1.1 - 26.1.1 - 42.1.1 47.1.1 - 52.1.1 - 53.1.1 - 56.1.1 - 58.1.1 - 98.1.1	9	9	4	4
A3 - Relacionados com o curso	8.1.2 - 19.1.1 - 22.1.1 - 43.1.1 - 46.1.1	5	5	-	-
A4 - Motivadores	16.1.1 - 17.1.1 - 21.1.1 - 25.1.1 - 32.1.1 - 58.1.2 75.1.1	5	5	2	2
A5 - Relacionados e/ou complemento da teórica	5.1.2 - 11.1.1 - 15.1.2 - 28.1.1 - 35.1.1 - 40.1.1 - 49.1.1 53.1.3 - 54.1.1 - 64.1.1 - 81.1.1 - 86.1.1	7	7	5	5
A6 - Fáceis	6.1.2 - 18.1.1 - 34.1.1 - 45.1.1 - 61.1.1 - 69.1.1 - 78.1.1 85.1.1	4	4	4	4
A7 - Adequados à comp. prática	9.1.2 - 53.1.2 - 62.1.1	1	1	2	2
A8 - Contributo para formação científica	17.1.2	1	1	-	-
A9 - Problemas	33.1.1 - 37.1.1 - 48.1.1	3	3	-	-
A10 - Extensos	12.1.2	1	1	-	-
A11 - Poucos	3.1.2 - 12.1.1 - 24.1.1 - 29.1.1	4	4	-	-
A12 - Não motivaram	60.1.1 - 63.1.2 - 83.1.1	-	-	3	3
A13 - Falta de relação com o curso	58.1.3 - 63.1.1 - 67.1.1 - 70.1.1 - 79.1.1 - 89.1.1	-	-	6	6
A14 - Falta de ligação com a teórica	56.1.2	-	-	1	1
A15- Aprendizagem insuficiente	56.1.3	-	-	1	1
A16 - Não me recordo dos trabalhos	59.1.1 - 72.1.1 - 93.1.1	-	-	3	3
<b>TOTAL</b>		<b>52</b>	<b>41</b>	<b>34</b>	<b>27</b>

**Legenda : ERG - Engenharia de Recursos Geológicos ; ERH - Engenharia de Recursos Hídricos**

**UR - Unidades de registo; UC - Unidades de Contagem**

De facto, estas características estão expressas em muitas das opiniões que os alunos expressaram:

*“foram um grande incentivo para os alunos, de modo a motivar para a Química”*

(A16)

*“gostei particularmente daqueles em que partimos de materiais ligados ao nosso curso”* (A22)

*“foram interessantes, principalmente porque fomos nós que os planeámos”* (A23)

*“motivaram-me, mostraram-me que a Química pode ser interessante”* (A25)

*“foram bastante interessantes”* (A30)

Para os alunos de ERH a característica mais apontada é a falta de relação com o curso (seis referências), considerando, no entanto, também, alguns destes alunos, que existe relação entre os trabalhos realizados e a componente teórica (cinco referências). De facto esta opinião dos alunos, de que há uma falta de relação entre os trabalhos práticos e o curso que frequentam, está bem patente em algumas das suas respostas:

*“poderiam motivar mais os alunos para o curso e fazê-los entender a Química que pode estar envolvida”* (A63)

*“deveriam ter alguma coisa a ver com o nosso curso”* (A67)

*“preferia que tivéssemos feito alguma coisa mais ligada ao curso como por exemplo análises de controle de qualidade da água”* (A79)

Gostaríamos de registar ainda que mais de metade dos alunos de ERH (14), expressam opiniões negativas sobre os trabalhos práticos realizados (subcategorias A12 a A16), o que vem reforçar o que já tínhamos concluído da análise dos resultados quantitativos (Cf 6.2.1.1).

## **CATEGORIA B: METODOLOGIA SEGUIDA NA ELABORAÇÃO DOS PROJECTOS**

A elaboração dos projectos experimentais, conjuntamente com a modificação dos trabalhos, constituiu uma das vertentes fundamentais em que assentou a alteração que pretendemos implementar na metodologia tradicionalmente seguida nas aulas laboratoriais de Química I (Cf 5.2.1). Era nas sessões destinadas à elaboração dos projectos que pretendíamos promover actividades que levassem o aluno a desenvolver um conjunto de competências fundamentais no domínio da sua formação científica. Nessa medida, revestem-se de uma particular importância as opiniões que os alunos expressaram nas suas respostas e que passaremos a analisar tendo como base os elementos que constam do Quadro 6.29.

Antes de passarmos à análise das respostas dos alunos de ERG queremos referir o facto de não ter sido feita, nesta categoria, nenhuma análise das respostas dos alunos de ERH porque, não existindo sessões destinadas à elaboração dos projectos para os alunos deste curso, algumas respostas que foram dadas careciam de sentido e referiam-se obviamente a uma realidade distinta daquela que pretendíamos avaliar. Por esse motivo essas respostas não foram incluídas neste quadro.

Começaremos por realçar que de todos os alunos que apresentam respostas neste item apenas três expressam opiniões que correspondem a uma apreciação negativa destas sessões (subcategorias B11 e B12 que se referem à dificuldade da metodologia e à insuficiência de tempo para a sua implementação). Verificamos, por outro lado, que o maior número de registos se verifica nas categorias B3 e B1 que se referem à adequabilidade (dez referências) e à promoção de aprendizagens (nove referências), respectivamente. Surgem depois outras respostas mais específicas que incluímos noutras subcategorias por considerarmos que se

reveste de algum interesse a sua análise. Assim, cinco alunos consideram que a metodologia foi essencial para perceber a execução experimental e, com três referências cada uma, temos as subcategorias relativas à motivação, facilidade, e utilidade da metodologia seguida.

**Quadro 6.29 - Frequência da categoria B - Metodologia seguida na elaboração dos projectos**

Subcategorias	Códigos dos indicadores (cf. Anexo V)	ERG		ERH	
		UR	UC	UR	UC
<b>B1</b> - proporcionou aprendizagens	13.2.1 - 15.2.1 - 15.4.3 - 19.2.1 - 25.2.1 - 30.2.1 32.2.1 - 42.2.1 - 47.2.1	9	8	a)	a)
<b>B2</b> - Interessante	10.2.2 - 21.2.1 - 22.2.1 - 33.2.1	4	4	a)	a)
<b>B3</b> - Adequada	3.2.1 - 4.2.1 - 9.2.1 - 11.2.1 - 14.2.1 - 16.2.1 - 17.2.1 38.2.1 - 48.2.1 - 49.2.1	10	10	a)	a)
<b>B4</b> - Deu muito trabalho	52.2.1	1	1	a)	a)
<b>B5</b> - Fácil	3.2.2 - 6.2.2 - 45.2.1	3	3	a)	a)
<b>B6</b> - Útil	6.2.1 - 35.2.1 - 37.2.1	3	3	a)	a)
<b>B7</b> - Eficaz	12.2.1 - 18.2.1	2	2	a)	a)
<b>B8</b> - Essencial para perceber a execução experimental	15.2.2 - 23.2.2 - 24.2.1 - 28.2.1 - 43.2.1	5	5	a)	a)
<b>B9</b> - Motivadora	10.2.1 - 29.2.1 - 46.2.1	3	3	a)	a)
<b>B10</b> - Devia existir sempre	23.2.1 - 35.2.2	2	2	a)	a)
<b>B11</b> - Difícil	39.2.1 - 44.2.1	2	2	a)	a)
<b>B12</b> - Precisava de mais tempo	40.2.1	1	1	a)	a)
<b>TOTAL</b>		<b>45</b>	<b>38</b>	-	-

**ERG - Engenharia de Recursos Geológicos; ERH - Engenharia de Recursos Hídricos.**

**UR - Unidades de registo; UC - Unidades de Contagem.**

**a) - não foram analisadas as respostas a este item, pois para estes alunos não houve aulas destinadas à elaboração dos projectos.**

Estes resultados são positivos mas surpreendentes uma vez que estas sessões poderiam à partida ser consideradas pelos alunos menos divertidas e mais exigentes do que as sessões laboratoriais a que estavam habituados. No entanto, como podemos ver pelas respostas, os alunos, que fizeram um investimento relativamente elevado nestas sessões, resolveram tirar o maior proveito das situações de aprendizagem que ali foram geradas, quer ao nível dos conhecimentos de Química, quer ao nível de outros saberes igualmente essenciais na formação de um aluno universitário. Estes aspectos estão bem realçados em algumas das respostas:

*“o facto de nós próprios elaborarmos os projectos fez com que tivéssemos que efectuar alguma pesquisa bibliográfica e, assim, compreendermos melhor e dominarmos determinada matéria “ (A15 )*

*“apesar de não realizarmos muitas experiências ficámos a compreender bem aquelas que realizamos” (A15)*

*“gostei de perceber como se chega a uma técnica experimental” (A19)*

*“motivou-me bastante e aprendi que não adianta fazer trabalhos só por fazer” (A29)*

*“foi interessante ter a oportunidade de discutir com os colegas de grupo o modo como devíamos projectar a experiência” (A33)*

*“foram aulas diferentes mas úteis, porque aprendemos coisas importantes” (A47)*

Como se pode verificar através destes exemplos elucidativos os alunos reconhecem que este tipo de trabalho pode conduzir a aprendizagens extremamente importantes o que por si só torna esta experiência gratificante.

**CATEGORIA C: METODOLOGIA SEGUIDA NA EXECUÇÃO EXPERIMENTAL**

A eliminação das “receitas” e utilização pelos alunos das instruções que eles próprios tinham elaborado, era outro dos aspectos em que assentava a metodologia implementada nestas aulas, pelo que a análise das opiniões expressas assume, também, particular importância.

A informação recolhida encontra-se sistematizada no Quadro 6.30. Da sua análise podemos verificar que no caso dos alunos de ERG o maior número de registos se situa nas subcategorias C3 e C6 que dizem respeito à adequabilidade (quinze referências) e à eficácia (nove referências), respectivamente. A análise de algumas respostas mostra que os alunos encaram as sessões destinadas à execução experimental como uma sequência lógica do trabalho que já havia sido feito:

*“foi importante para pôr em prática o trabalho realizado nas sessões de preparação”*  
(A23)

*“foi a oportunidade de ver se o trabalho de preparação que já tínhamos feito resultava”* (A24)

*“foi boa pois conseguimos atingir os nossos objectivos”* (A26)

*“depois da parte de preparação foi fácil executar os trabalhos”* (A37)

*“permitiu-nos realizar com sucesso as experiências idealizadas”* (A40)

**Quadro 6.30 - Frequência da categoria C - Metodologia seguida na execução experimental**

Subcategorias	Códigos dos indicadores (cf. Anexo V)	ERG		ERH	
		UR	UC	UR	UC
C1 - proporcionou aprendizagens	13.3.1 - 30.3.1 - 34.3.1 - 48.3.1 - 52.3.1	5	5	-	-
C2 - Interessante	10.3.1 - 29.3.1 - 45.3.1 - 46.3.1 - 60.3.1 - 72.3.1 96.3.1 -	4	4	3	3
C3 - Adequada	3.3.1 - 4.3.1 - 9.3.1 - 11.3.1 - 14.3.1 - 15.3.1 - 16.3.1 17.3.1 - 21.3.1 - 23.3.1 - 24.3.1 - 25.3.1 - 33.3.1 37.3.1 - 40.3.1 - 57.3.1 - 61.3.1 - 62.3.1 69.3.1-78.3.1	15	15	5	5
C4 - Fácil	6.3.2 - 6.3.4 - 39.3.1 - 47.3.1 - 49.3.1 - 58.3.1 - 81.3.1	5	4	2	2
C5 - Útil	35.3.1 - 42.3.1	2	2	-	-
C6 - Eficaz	6.3.1 - 6.3.3 - 12.3.1 - 15.3.2 - 18.3.1 - 19.3.1 - 22.3.1 26.3.1 - 28.3.1 - 86.3.1	9	8	1	1
C7 - Motivadora	38.3.1 - 43.3.1	2	2	-	-
C8 - Precisava de mais tempo	32.3.1	1	1	-	-
C9 - Falta de apoio aos alunos	56.3.1 - 75.3.1	-	-	2	2
C10 - Podia ser melhor	54.3.1 - 83.3.1	-	-	2	2
C11 - Falta de motivação	89.3.1	-	-	1	1
C12 - houve pouca participação dos alunos	53.3.1 - 63.3.1 - 64.3.1 - 65.3.1 - 66.3.1 - 67.3.1 70.3.1 - 85.3.1 - 98.3.1	-	-	9	9
<b>TOTAL</b>		<b>43</b>	<b>39</b>	<b>25</b>	<b>25</b>

**ERG - Engenharia de Recursos Geológicos ; ERH - Engenharia de Recursos Hídricos**

**UR - Unidades de registo; UC - Unidades de Contagem**

Verifica-se ainda um número significativo de registos relativos às aprendizagens proporcionadas (cinco referências), ao interesse (quatro referências) e à facilidade (cinco referências). São ainda referidas por alguns alunos, a utilidade e o papel motivador da metodologia seguida. A falta de tempo foi referida apenas por um aluno.

Analisando agora as respostas dadas pelos alunos de ERH verificamos que o maior número de registos se verifica na subcategoria C13 que se refere à falta de participação dos alunos (nove referências). Este facto é, na verdade, importante, sobretudo se analisarmos algumas das respostas dadas:

*“considero que deveria haver um pouco mais de raciocínio, em vez de se apresentar uma sequência daquilo que se deve fazer”*.(A53)

*“o aluno não se devia limitar a obedecer passo a passo ao que lhe é indicado sem perceber bem porquê”* (A64)

*“o aluno deveria entender melhor e participar mais activamente na experiência”* (A66)

*“podia ser melhor, nem sempre compreendemos o que tínhamos que fazer”* (A83)

*“funcionava um bocado mal quando não tínhamos lido a técnica antes da aula”* (A85)

Através de respostas como estas somos levados a concluir que há consciência, por parte dos alunos, dessa falta de participação, e que transparece uma certa insatisfação pelo facto de ver limitada à execução a sua actividade experimental. Registam-se, no entanto, algumas opiniões em que a metodologia seguida é considerada adequada (cinco referências) e interessante (três referências). Significativo é, contudo, o facto de mais de 50% (catorze) dos registos se situarem em subcategorias consideradas negativas (C9 a C13).

Esta análise vem confirmar aquilo que os resultados quantitativos já deixavam antever e que se traduz numa clara diferença de atitude dos dois grupos de alunos relativamente à componente laboratorial da disciplina de Química I.

**CATEGORIA D: MOTIVAÇÃO PARA O ESTUDO DA QUÍMICA**

Se há aspectos que são importantes e, portanto, obrigatoriamente considerados quando se fala de aprendizagem, um deles é certamente a motivação. É quase impossível, por outro lado, falar de ensino experimental das Ciências sem deitar mão ao recurso poderoso que esta constitui (Cf. 5.1). Por isso, este foi, desde sempre, um dos aspectos que entendemos investigar, e que, portanto, incluímos nos questionários de opinião. O Quadro 6.31 apresenta o resultado da análise de conteúdo feita às respostas dos alunos.

**Quadro 6.31 - Frequência da categoria D - Motivação para o estudo da Química**

Subcategorias	Códigos dos indicadores (cf. Anexo V)	ERG		ERH	
		UR	UC	UR	UC
<b>D1</b> - Houve bastante motivação	3.4.2 - 4.4.1 - 5.4.1 - 6.4.1 - 6.4.2 - 9.4.1 - 10.4.1 10.4.2 - 11.4.1 - 12.4.1 - 13.4.1 - 14.4.1 - 15.4.1 16.4.1 - 17.4.1 - 18.4.1 - 19.4.1 - 21.4.1 - 22.4.1 23.4.1 - 24.4.1 - 25.4.1 - 26.4.1 - 28.4.1 - 29.4.1 30.4.1 - 32.4.1 - 33.4.1 - 34.4.1 - 35.4.1 - 37.4.1 38.4.1 - 39.4.1 - 40.4.1 - 42.4.1 - 43.4.1 - 46.4.1 48.4.1 - 49.4.1 - 53.4.1	39	37	1	1
<b>D2</b> - Houve alguma motivação	61.4.1 - 70.4.1 - 75.4.1 - 78.4.1 - 81.4.1 - 96.4.1	-	-	6	6
<b>D3</b> - Houve pouca motivação	45.4.1 - 47.4.1 - 54.4.1 - 58.4.1 - 59.4.1 - 60.4.1 79.4.1 - 83.4.1 - 85.4.1	2	2	7	7
<b>D4</b> - A motivação é feita nas aulas teóricas	8.4.1 - 52.4.1	2	2	-	-
<b>D5</b> - Não me senti motivado	3.4.1 - 7.4.1 - 15.4.2 - 56.4.1 - 57.4.1 - 62.4.1 63.4.1 - 66.4.1 - 67.4.1 - 69.4.1 - 86.4.1 - 89.4.1 98.4.1	3	3	10	10
<b>TOTAL</b>		<b>46</b>	<b>42</b>	<b>24</b>	<b>24</b>

**ERG - Engenharia de Recursos Geológicos ; ERH - Engenharia de Recursos Hídricos**

**UR - Unidades de registo; UC - Unidades de Contagem**

Relativamente a esta dimensão podemos verificar que no caso dos alunos de ERG, o maior número de registos (trinta e nove referências) apontam para a existência de uma grande

motivação para o estudo da Química. De salientar que apenas três alunos afirmam não se ter sentido motivados.

Analisando algumas das respostas dadas podemos mais facilmente aperceber-nos de quais os factores a que os alunos atribuem essa motivação:

*“a componente laboratorial ajudou para a motivação do estudo da Química” (A6)*

*“a motivação foi grande, as aulas foram dadas de forma inovadora” (A13)*

*“ajudaram na motivação pois os assuntos estavam sempre ligados com a matéria teórica” (A26)*

*“senti-me motivado pelo desafio de fazer uma coisa diferente” (A29)*

*“para mim, que não tinha experiência de trabalho no laboratório, foi muito motivador” (A49)*

Como podemos verificar, as razões apontadas pelos próprios alunos, para justificar a sua motivação, relacionam-se, sobretudo, com os trabalhos realizados, com a metodologia diferente seguida nas aulas laboratoriais, com a relação directa existente entre os trabalhos e as matérias leccionadas nas aulas teóricas e com a possibilidade de, muitas vezes pela primeira vez, beneficiar da experiência de trabalhar no laboratório.

Haverá outras razões, que embora menos referidas, justificam, de igual modo, a motivação que o ensino experimental é capaz de promover nos alunos. Quando um aluno nos diz:

*“quando se tem sucesso fica-se sempre mais motivado” (A32)*

ou

*“aprendi a gostar mais de Química” (A10)*

está a apresentar-nos razões sobre as quais interessa reflectir. De facto é perfeitamente natural que o sucesso leve à motivação (ou talvez a motivação leve ao sucesso...), tal como também é natural que quando se aprende a gostar de algo fiquemos motivados para aprender mais sobre o assunto. São, na verdade, os “pequenos sucessos” conseguidos na elaboração e execução de um projecto, por muito simples que ele seja, que vão ajudando a percorrer o caminho que leva ao “grande sucesso” de conseguir aprovação numa disciplina considerada à partida difícil, ao “grande sucesso” que é prosseguir um curso, ou ao prazer da aprendizagem e do conhecimento, que em última instância todos procuramos.

No caso dos alunos de ERH, a distribuição dos registos obtidos pelas diferentes subcategorias, é notoriamente diferente da anteriormente referida para os alunos de ERG, como podemos verificar pela análise do Quadro 6.31 verifica-se que quase metade dos alunos referem não se ter sentido motivados (10 referências), 7 alunos referem ter-se sentido pouco motivados e apenas 6 referem ter tido alguma motivação. Algumas das razões podemos encontrá-las expressas nas suas opiniões:

*“existe pouca motivação para o estudo da Química devido à pouca compreensão do que é leccionado” (A59).*

*“o estudo da Química poderia beneficiar se conforme a área/curso fossem apresentados mais exemplos” (o que se torna difícil quando as aulas teóricas são dadas em*

*conjunto. No entanto, as aulas práticas poderiam ser dirigidas a cada curso pois são dadas separadamente)” (A63).*

*“os trabalhos que foram realizados não me motivaram muito” (A67).*

*“acho que a motivação podia ser maior se os trabalhos tivessem mais a ver com o curso” (A79).*

*“não há grande motivação porque já sabemos que é uma cadeira muito difícil” (A98).*

Como se pode verificar, também estes alunos estabelecem uma relação muito estreita entre o tipo de trabalhos realizados e a motivação, apontando claramente para a necessidade de escolher esses trabalhos em função do curso a que se destinam. Por outro lado, também nestas respostas (A59 e A98), transparece a necessidade de algum sucesso para que a motivação possa existir.

Finalmente, não deixa de ser curioso que estes dois aspectos, já antes referidos pelos alunos de ERG, para justificar a sua motivação, sejam agora referidos, pelos alunos de ERH, para justificar a falta dela.

#### **CATEGORIA E: MOTIVAÇÃO PARA O CURSO**

A motivação para o prosseguimento do curso é outro aspecto que se reveste de particular importância, no caso de alunos a frequentar o 1º ano de um curso superior universitário.

A transição para a Universidade é uma realidade complexa, multidimensional e influenciada por múltiplos factores que condicionam, muitas vezes, o próprio sucesso no

prosseguimento do curso. Na nossa perspectiva, a dimensão pedagógica, é uma das mais importantes, dessa complexa realidade. Faz todo o sentido, portanto, que disciplinas do 1º ano, particularmente do 1º semestre, incluam nos seus objectivos a motivação dos alunos, não só para a aprendizagem da disciplina, mas também para o prosseguimento do curso, numa lógica de sucesso que interessa promover.

O nosso projecto de investigação pretendeu incluir essa dimensão e, portanto, são para nós de extrema importância as opiniões daqueles que, enquanto sujeitos intervenientes em todo o processo, puderam (ou não) beneficiar do nosso próprio sucesso.

A análise de conteúdo das respostas dadas pelos alunos, relativamente a este item, deu origem aos dados compulsados no Quadro 6.32 que agora analisaremos. Faremos, como até aqui, uma análise comparada dos dados relativos aos dois grupos de alunos, de modo a podermos balizar os resultados do projecto que levámos a cabo com os alunos de ERG.

Como podemos verificar uma clara maioria dos alunos de ERG deram respostas que revelam ter existido uma influência positiva, da componente laboratorial, na motivação para o curso. A existência de 82,5% dos registos nessa subcategoria é um forte indicador de que, de facto, é necessário apostar cada vez mais e melhor nesta dimensão do trabalho experimental porque...

*“se houvesse mais trabalhos ligados à Geologia a motivação seria ainda maior”*  
(A45).

Quadro 6.32 - Frequência da categoria E - Motivação para o curso

Subcategorias	Códigos dos indicadores (cf. Anexo V)	ERG		ERH	
		UR	UC	UR	UC
E1 - Influência positiva na motivação	3.5.1 - 5.5.1 - 8.5.1 - 10.5.1 - 11.5.1 - 11.5.2 - 13.5.1 15.5.1 - 16.5.1 - 17.5.1 - 18.5.1 - 19.5.1 - 21.5.1 22.5.1 - 23.5.1 - 26.5.1 - 28.5.2 - 29.5.1 - 29.5.2 30.5.1 - 32.5.1 - 33.5.2 - 35.5.1 - 37.5.1 - 38.5.1 40.5.1 - 42.5.1 - 46.5.1 - 47.5.1 - 48.5.1 - 49.5.1 49.5.2 - 52.5.1 - 60.5.1 - 61.5.1 - 81.5.1	33	30	3	3
E2 - Influência negativa na motivação	63.5.1 - 98.5.1	-	-	2	2
E3 - A influência podia ser maior	24.5.1 - 24.5.2 - 33.5.1 - 45.5.1 - 54.5.1 - 57.5.1 75.5.1	4	3	3	3
E4 - Não houve influência nenhuma	4.5.1 - 6.5.1 - 39.5.1 - 53.5.1 - 56.5.1 - 58.5.1 - 59.5.1 62.5.1 - 64.5.1 - 66.5.1 - 69.5.1 - 70.5.1 - 78.5.1 79.5.1 - 85.5.1 - 86.5.1 - 89.5.1 - 96.5.1	3	3	15	15
<b>TOTAL</b>		<b>40</b>	<b>35</b>	<b>23</b>	<b>23</b>

ERG - Engenharia de Recursos Geológicos ; ERH - Engenharia de Recursos Hídricos

UR - Unidades de registo; UC - Unidades de Contagem

Esta convicção é reforçada pela análise de mais algumas respostas dadas pelos alunos:

*“o facto de haver experiências relacionadas com o curso dá-nos uma motivação maior” (A8)*

*“existe motivação também num sentido mais alargado de modo a prolongar esse «querer saber»” (A18)*

*“poderiam ser explorados mais trabalhos que tivessem utilidade directa noutras cadeiras do curso” (A24)*

*“sentimo-nos envolvidos nas aulas e isso ajuda-nos a ir em frente” (A19)*

*“nas aulas laboratoriais conseguimos ter sucesso e isso motiva sempre” (A21)*

*“sendo a Química uma matéria de difícil compreensão faz com que alguns alunos abandonem o curso. As aulas práticas podem contrariar esta tendência porque facilitam a compreensão da Química” (A15)*

e que novamente vêm reforçar a importância do tipo de trabalhos, do tipo de envolvimento conseguido nas aulas e do sucesso alcançado pelos alunos nas pequenas etapas que são no fundo cada uma das aulas.

Situação bem diferente é a registada com as opiniões dos alunos de ERH. Verificam-se apenas três registos relativos a uma influência positiva na motivação, da componente prática relativamente ao prosseguimento do curso, sendo de salientar que 65,2% das referências registadas apontam para a não existência de qualquer tipo de influência na motivação. Essa falta de motivação é justificada pelos próprios alunos, apontando, sobretudo, razões que se prendem com a falta de ligação entre os trabalhos realizados e a sua área de interesses:

*“por vezes é difícil a motivação para o prosseguimento do curso, é difícil enquadrar a matéria no nosso curso” (A54)*

*“podia ajudar mas era preciso que os trabalhos tivessem alguma aplicação directa no curso” (A79)*

Um aspecto que podemos considerar como positivo é o facto de apenas 2 alunos apontarem a existência de uma influência negativa na motivação, sendo, de qualquer modo, esta justificada pela falta de sucesso na aprovação da disciplina conforme se pode concluir das respostas:

*“a motivação para o prosseguimento do curso revela-se negativa visto a disciplina estar no currículo logo no 1º ano e ter uma taxa de reprovações muito elevada. Isto pode ser um factor de peso para os “caloiros” começarem a desmotivar muito em relação ao próprio curso” (A63)*

*“a Química só diminui a motivação relativamente ao curso porque é difícil de fazer” (A98)*

#### **CATEGORIA F: APRENDIZAGEM DA QUÍMICA**

Se as motivações para aprender ou para o prosseguimento do curso são de facto importantes, como vimos anteriormente, não é menos importante o que os alunos podem aprender através da realização de pequenos projectos experimentais, onde resolvem problemas práticos. Essas aprendizagens vão desde os procedimentos básicos do trabalho laboratorial às técnicas mais sofisticadas, passando obviamente pelos conceitos do âmbito da Química que lhe estão ligados.

A aprendizagem da Química é, portanto, uma dimensão que pretendemos privilegiar, muito embora o pretexto para essa aprendizagem possa surgir a partir de uma amostra de minério que interessa caracterizar, ou de um pedaço de mármore cujas utilizações interessa explorar.

Apesar de ser também nosso objectivo, ao implementar este tipo de abordagem ao trabalho experimental, promover outro tipo de aprendizagens, igualmente importantes, o item cujas respostas agora analisaremos restringia-se, de facto ao domínio dos conteúdos da Química, em particular aos que constam do programa da disciplina (Cf. Anexo I).

**Quadro 6.33 - Frequência da categoria F - Aprendizagem da Química**

Subcategorias	Códigos dos indicadores (cf. Anexo V)	ERG		ERH	
		UR	UC	UR	UC
<b>F1</b> - Houve aprendizagem	3.6.1 - 6.6.1 - 6.6.2 - 9.6.1 - 10.6.1 - 12.6.1 - 15.6.1 - 16.6.1 - 17.6.1 - 18.6.1 - 18.6.2 - 19.6.1 - 21.6.1 - 22.6.1 - 23.6.1 - 26.6.1 - 29.6.1 - 29.6.2 - 30.6.1 - 32.6.1 - 33.6.1 - 34.6.1 - 34.6.2 - 37.6.1 - 39.6.1 - 40.6.1 - 42.6.1 - 44.6.1 - 45.6.1 - 46.6.1 - 47.6.1 - 48.6.1 - 60.6.1 - 62.6.1 - 75.6.1 - 81.6.1	32	28	4	4
<b>F2</b> - Podia ter havido mais aprendizagem	24.6.1 - 56.6.1 - 57.6.1 - 58.6.1 - 61.6.1 - 66.6.1 - 70.6.1 - 89.6.1 - 96.6.1	1	1	8	8
<b>F3</b> - Complemento da aprendizagem feita na teórica	4.6.1 - 5.6.1 - 28.6.1 - 35.6.1 - 49.6.1 - 52.6.1 - 59.6.1 - 63.6.1 - 64.6.1	6	6	3	3
<b>F4</b> - Não houve aprendizagem	67.6.1 - 69.6.1 - 78.6.1 - 79.6.1 - 86.6.1 - 98.6.1	-	-	6	6
<b>TOTAL</b>		<b>39</b>	<b>35</b>	<b>21</b>	<b>21</b>

**ERG - Engenharia de Recursos Geológicos ; ERH - Engenharia de Recursos Hídricos**

**UR - Unidades de registo; UC - Unidades de Contagem**

Como podemos ver através dos resultados compulsados no Quadro 6.33, vinte e oito dos trinta e cinco alunos de ERG que expressaram a sua opinião, relativamente a este item, consideram que houve aprendizagem durante as sessões laboratoriais. Para além destes, seis alunos consideram que a aprendizagem efectuada nestas sessões foi um complemento da aprendizagem feita nas aulas teóricas expressando isso mesmo nas suas opiniões:

*“é mais fácil quando as aulas práticas e teóricas estão orientadas para um mesmo objectivo” (A28)*

*“como os trabalhos estavam muito ligados à matéria teórica serviram para aprender algumas matérias” (A49)*

É interessante verificar que muitos dos alunos reconhecem que aprendem em consequência do tipo de metodologia seguida na fase de elaboração dos projectos experimentais:

*“quando há uma utilização imediata dos conhecimentos é mais fácil aprender” (A23)*

*“como tivemos que pesquisar e estudar as matérias antes da aula, acabámos por aprender algumas coisas “ (A32)*

*“quando não se prepara os trabalhos não aprendemos nada com eles, mas assim conseguimos aprender alguma coisa” (A44)*

ou do interesse e motivação que os problemas propostos lhes despertam:

*“as aulas laboratoriais facilitam a aprendizagem da Química porque tornam-na mais interessante (A17)*

*“ao conhecermos melhor a Química também nos tornamos mais sensíveis a questões de outros ramos onde esta também se aplique (A18)*

*“nunca tinha percebido Oxidação-redução e consegui aprender ( acho que foi porque queria mesmo caracterizar aquele minério de ferro)” (A26)*

Quanto às respostas dadas pelos alunos de ERH a este mesmo item, podemos verificar que a subcategoria onde é maior o número de registos é aquela que corresponde à opinião de que podia ter havido mais aprendizagem, referida por oito alunos. Outros ainda (seis alunos) pensam que não houve aprendizagem e emitem algumas opiniões que não deixam de ser curiosas:

*“as aulas práticas pouco influenciaram o que tive que aprender na teórica” (A69)*

*“tendo em conta o tempo que ocupa o que se aprende é insignificante” (A86)*

*“não há aprendizagem porque os alunos investem pouco nas aulas práticas” (A98)*

Estas opiniões mostram-nos que muitas vezes os próprios alunos têm consciência que estão a desperdiçar um valioso recurso para a aprendizagem, encarando as aulas laboratoriais como um desperdício de tempo.

Os restantes alunos consideram que houve aprendizagem (quatro) ou que a aprendizagem foi um complemento do que se aprendeu nas aulas teóricas (três).

#### **CATEGORIA G: OUTRAS APRENDIZAGENS**

De acordo com o que referimos na secção anterior há, segundo a nossa perspectiva, outras aprendizagens importantes que, para além dos conteúdos próprios de cada disciplina, podem ser feitas a partir do trabalho experimental.

As aprendizagens relacionadas com a capacidade de resolver problemas, de planificar uma actividade experimental, de estabelecer relações entre os assuntos específicos de ciências fundamentais como a Química, e outras áreas do conhecimento, são, pensamos nós, importantes, e devem ser promovidas ao nível do Ensino Superior Universitário.

Numa época em que os conhecimentos evoluem a um ritmo muito rápido, e em que o acesso à informação está cada vez mais facilitado, interessa, também, cada vez mais, desenvolver competências ao nível da recolha e selecção da informação.

O Quadro 6.34 sistematiza as referências feitas pelos alunos nas respostas a este item agrupando-as em 10 subcategorias. Este é o primeiro ponto que queremos realçar a partir destes resultados. De facto regista-se uma significativa variedade nas referências, o que por si só é um excelente indicador da variedade de aprendizagens que é possível fazer em aulas desta natureza.

**Quadro 6.34 - Frequência da categoria G - Outras aprendizagens**

Subcategorias	Códigos dos indicadores (cf. Anexo V)	ERG		ERH	
		UR	UC	UR	UC
<b>G1</b> -Aprendizagens não especificadas	5.7.1 - 12.7.1 - 18.7.1 - 55.7.1 - 61.7.1 - 62.7.1	3	3	3	3
<b>G2</b> -No domínio do método científico	3.7.1 - 15.7.1 - 19.7.1 - 24.7.1 - 25.7.1 - 37.7.1 - 42.7.1 47.7.1 - 48.7.1 - 49.7.2	10	10	-	-
<b>G3</b> -Trabalho em laboratório	3.7.2 - 4.7.1 - 4.7.2 - 4.7.3 - 15.7.2 - 35.7.1 - 48.7.2 70.7.1 - 89.7.1	7	5	2	2
<b>G4</b> -Trabalho em grupo	46.7.1 - 52.7.1	2	2	-	-
<b>G5</b> -Elaboração de relatórios	47.7.2 - 75.7.1	1	1	1	1
<b>G6</b> -Resolução de problemas	30.7.1	1	1	-	-
<b>G7</b> -Controle de variáveis	43.7.1	1	1	-	-
<b>G8</b> -Pesquisa bibliográfica	45.7.1 - 49.7.1	2	2	-	-
<b>G9</b> -Métodos de estudo e/ou trabalho	57.7.1 - 81.7.1 - 86.7.1	-	-	3	3
<b>G10</b> -Não se efectuaram outras aprendizagens	56.7.1 - 63.7.1 - 66.7.1 - 69.7.1 - 79.7.1	-	-	5	5
<b>TOTAL</b>		<b>27</b>	<b>20</b>	<b>14</b>	<b>14</b>

**ERG - Engenharia de Recursos Geológicos ; ERH - Engenharia de Recursos Hídricos**

**UR - Unidades de registo; UC - Unidades de Contagem**

O segundo aspecto que queremos salientar é o facto de todos os alunos de ERG, embora alguns não o tenham feito de forma específica, terem feito referência a outras aprendizagens que fizeram, o que em nossa opinião é um resultado positivo directamente

relacionado com o facto da metodologia seguida contemplar outros objectivos que não a simples execução dos trabalhos.

Podemos ainda verificar com agrado que 50% dos alunos de ERG que responderam fazem referências a aprendizagens que estão de alguma forma relacionadas com a investigação em Ciência afirmando:

*“aprendemos como se faz trabalho experimental em Ciência” (A19)*

*“aprendi que planear uma investigação, mesmo muito simples como as que fizemos é um processo complicado” (A24)*

*“a resolver problemas sem ser com lápis e papel” (A30)*

*“aprendemos que é muito importante controlar as variáveis” (A43)*

*“[aprendemos] a pesquisar bibliografia sobre os assuntos a investigar” (A49)*

Por outro lado, quando analisamos as respostas dos alunos de ERH, verificamos que, dos poucos alunos que respondem, cinco referem não ter feito qualquer aprendizagem o que é, a nosso ver, representativo das suas opiniões. Contudo, são referidas por estes alunos algumas aprendizagens que vale a pena realçar:

*“aprendi um pouco a adequar o meu método de estudo” (A57)*

*“aprendemos a organizar o trabalho” (A81)*

*“tive que aprender a rentabilizar o tempo” (A86)*

É curioso verificar que todas estas respostas focam aspectos que estão de alguma forma ligados à adaptação que os alunos têm que fazer quando ingressam no Ensino Superior, e que passa, muitas vezes, por uma modificação dos seus métodos de estudo e de trabalho.

#### **CATEGORIA H: UTILIDADE, NO CURSO, DAS APRENDIZAGENS EFECTUADAS**

O ensino de Química a alunos não vocacionados para o seu estudo é um desafio que se coloca em muitas situações, em particular no Ensino Superior. De facto, os conhecimentos básicos da Química são necessários, como ferramenta, em muitos e variados cursos, sendo por isso incluída nos seus currícula, normalmente nos primeiros anos. Que Química necessitam estes alunos de aprender para que os seus objectivos sejam atingidos, é uma questão que se coloca muitas vezes ao professor.

Saber de que forma as aprendizagens feitas na disciplina foram úteis aos alunos no prosseguimento do seu curso foi, portanto uma preocupação presente aquando da elaboração do questionário. A análise das respostas dos alunos conduziu aos dados constantes do Quadro 6.35 que servirá de base aos nossos comentários.

Verifica-se que, tanto no curso de ERG (dezoito referências) como no curso de ERH (8 referências), a subcategoria com um maior número de referências é a que diz respeito à utilidade, no curso em geral, das aprendizagens efectuadas na Química I:

*“dum modo geral é importante para qualquer curso de Geologia” (A15)*

*“a Química é bastante importante porque nos dá uma preparação bastante útil na aprendizagem de outras disciplinas” (A16)*

*“foi pena que tivesse feito algumas dessas disciplinas antes de frequentar a sério a Química I pois acho que me tinha ajudado” (A47)*

*“acho que têm alguma utilidade porque a Química relaciona-se com várias outras disciplinas” (A59)*

**Quadro 6.35 - Frequência da categoria H - Utilidade, no curso, das aprendizagens efectuadas**

Subcategorias	Códigos dos indicadores (cf. Anexo V)	ERG		ERH	
		UR	UC	UR	UC
<b>H1</b> - No curso em geral	4.8.1 - 6.8.1 - 9.8.1 - 11.8.1 - 13.8.1 - 15.8.2 - 16.8.1 17.8.1 - 19.8.1 - 24.8.1 - 29.8.1 - 30.8.1 - 34.8.1 38.8.1 - 43.8.1 - 46.8.1 - 47.8.1 - 52.8.1 - 59.8.1 60.8.1 - 61.8.1 - 62.8.1 - 63.8.1 - 69.8.1 - 96.8.1 98.8.1	18	18	8	8
<b>H2</b> - Em disciplinas da especialidade	3.8.1 - 7.8.1 - 10.8.1 - 12.8.1 - 14.8.1 - 15.8.1 - 18.8.1 21.8.1 - 22.8.1 - 25.8.1 - 28.8.1 - 42.8.1 - 49.8.1 53.8.1 - 54.8.2 - 57.8.1 - 67.8.1 - 79.8.1 - 85.8.1	13	13	6	6
<b>H3</b> - Pouca utilidade	8.8.1 - 23.8.1 - 54.8.1 - 56.8.1 - 70.8.1 - 81.8.1	2	2	4	4
<b>H4</b> - Inúteis	5.8.1 - 26.8.1 - 37.8.1 - 66.8.1 - 75.8.1 - 86.8.1 - 89.8.1	3	3	4	4
<b>TOTAL</b>		<b>36</b>	<b>35</b>	<b>22</b>	<b>21</b>

ERG - Engenharia de Recursos Geológicos ; ERH - Engenharia de Recursos Hídricos

UR - Unidades de registo; UC - Unidades de Contagem.

Existe também um número bastante significativo de referências, relativas à utilidade dessas aprendizagens em disciplinas específicas do curso, em ambos os cursos:

*“foi muito útil em cadeiras como Mineralogia, Petrologia, etc.” (A10)*

*“em cadeiras como Mineralogia, Geoquímica, Petrologia” (A21)*

*“Mineralogia I e II, Petrologia, Geoquímica e Prospecção Geoquímica” (A28)*

*“em cadeiras similares como é o caso da Hidrogeologia II” (A53)*

*“penso que será útil em algumas optativas” (A85)*

Verifica-se, no entanto, que a frequência relativa desses registos é, em ambas as subcategorias, claramente superior no caso do curso de ERG. Há também uma percentagem inferior de alunos de ERG (14,3%) a referir a pouca (subcategoria H3) ou nenhuma (subcategoria H4) utilidade dessas aprendizagens, relativamente à registada no curso de ERH (38,1%).

Este resultado está, aliás, de acordo com a análise que fizemos dos resultados quantitativos e constitui um claro indicador das vantagens que a metodologia proposta pode apresentar.

#### **CATEGORIA I: UTILIDADE, NA PROFISSÃO, DAS APRENDIZAGENS EFECTUADAS**

Tal como na categoria que acabámos de analisar, também nesta, pretendíamos projectar no futuro a utilidade das aprendizagens feitas na disciplina e em particular na componente laboratorial.

A partir dos dados que constam do Quadro 6.36 podemos verificar uma clara assimetria, na frequência dos registos em cada subcategoria, em cada um dos cursos.

Assim, verificamos que no curso de ERG, 92,5% dos registos se situam em subcategorias que se referem a uma opinião positiva sobre a utilidade das aprendizagens na futura profissão. No curso de ERH só 46,2% dos registos se situam nessas categorias, correspondendo os restantes registos a opiniões negativas ou de desconhecimento sobre essa utilidade.

**Quadro 6.36 - Frequência da categoria I - Utilidade, na profissão, das aprendizagens efectuadas**

Subcategorias	Códigos dos indicadores (cf. Anexo V)	ERG		ERH	
		UR	UC	UR	UC
<b>I1</b> - Como conhecimento geral	4.9.1 - 9.9.1 - 12.9.1 - 14.9.1 - 15.9.1 - 15.9.2 - 16.9.1 17.9.1 - 21.9.1 - 22.9.1 - 23.9.1 - 24.9.1 - 25.9.1 29.9.1 - 30.9.1 - 32.9.1 - 33.9.1 - 34.9.1 - 47.9.1 48.9.1 - 52.9.1 - 59.9.1 - 60.9.1 - 61.9.1 - 62.9.1	21	20	4	4
<b>I2</b> - Em actividades específicas	5.9.2 - 10.9.1 - 13.9.1 - 18.9.1 - 19.9.1 - 26.9.1 - 28.9.1 30.9.2 - 40.9.1 - 42.9.1 - 53.9.1 - 63.9.1 65.9.1-72.9.1 81.9.1 - 85.9.1 - 89.9.1 - 98.9.1	10	10	8	8
<b>I3</b> - Do trabalho laboratorial	3.9.1 - 5.9.1 - 11.9.1 - 38.9.1 - 39.9.1 - 46.9.1	6	6	-	-
<b>I4</b> - Pouca utilidade	8.9.1 - 43.9.1 - 54.9.1 - 56.9.1 - 70.9.1 - 83.9.1	2	2	4	4
<b>I5</b> - Nenhuma utilidade	58.9.1 - 64.9.1 - 67.9.1 - 75.9.1	-	-	4	4
<b>I6</b> - Não sei	6.9.1 - 37.9.1 - 57.9.1 - 66.9.1 - 69.9.1 - 79.9.1 -86.9.1 96.9.1	2	2	6	6
<b>TOTAL</b>		<b>41</b>	<b>40</b>	<b>26</b>	<b>26</b>

**ERG - Engenharia de Recursos Geológicos ; ERH - Engenharia de Recursos Hídricos**

**UR - Unidades de registo; UC - Unidades de Contagem**

É interessante notar que algumas das respostas analisadas revelam algum conhecimento sobre a realidade da profissão que poderão ter no futuro, o que tem certamente efeitos positivos na motivação destes alunos:

*“vai ser muito útil pois temos que saber a composição dos minerais e das rochas”*  
(A10)

*“é muito grande pois as áreas deste curso com mais viabilização de emprego são Pedreiras e Geotecnia”* (A13)

*“as aprendizagens feitas em química são muito úteis na Geologia(a minha área)”*  
(A17)

*“em possíveis ensaios ou análises que necessite executar”* (A18)

**CATEGORIA J: COMPREENSÃO DO PROCESSO DE CONSTRUÇÃO DA CIÊNCIA**

Contribuir para a compreensão, por parte dos alunos, do(s) processo(s) de construção da Ciência, era outro dos objectivos definidos à partida, e nessa medida era fundamental obter dos alunos algumas indicações sobre o impacto que o nosso projecto tinha tido nesse domínio. As respostas foram analisadas e os dados compulsados no Quadro 6.37.

**Quadro 6.37 - Frequência da categoria J - Compreensão do processo de construção da Ciência**

Subcategorias	Códigos dos indicadores (cf. Anexo V)	ERG		ERH	
		UR	UC	UR	UC
<b>J1</b> - Foi o aspecto fundamental	8.10.1 - 21.10.1	2	2	-	-
<b>J2</b> - Contribuiu bastante	3.10.1 - 4.10.1 - 11.10.1 - 12.10.1 - 13.10.1 - 14.10.1 18.10.1 - 19.10.1 - 22.10.1 - 24.10.1 - 25.10.1-26.10.1 29.10.1 - 32.10.1 - 35.10.1 - 40.10.1 - 43.10.1-46.10.1 52.10.1 - 53.10.1 - 54.10.1 - 58.10.1 - 63.10.1-75.10.1	19	19	5	5
<b>J3</b> - Contributo da elaboração dos projectos	15.10.2	1	1	-	-
<b>J4</b> - Contributo dos trabalhos	15.10.1	1	1	-	-
<b>J5</b> - Contributo da componente laboratorial	6.10.1 - 38.10.1	2	2	-	-
<b>J6</b> - Contribuiu pouco	56.10.1 - 57.10.1 - 62.10.1 - 66.10.1	-	-	4	4
<b>J7</b> - Não contribuiu	59.10.1 - 69.10.1 - 81.10.1 - 83.10.1 - 85.10.1-96.10.1 98.10.1	-	-	7	7
<b>TOTAL</b>		<b>25</b>	<b>24</b>	<b>16</b>	<b>16</b>

**ERG - Engenharia de Recursos Geológicos ; ERH - Engenharia de Recursos Hídricos**

**UR - Unidades de registo; UC - Unidades de Contagem**

Podemos verificar que, no caso dos alunos de ERG, não há nenhuma resposta incluída nas subcategorias que correspondem a apreciações negativas desta vertente do projecto (J7 e J8). Esta realidade transparece de uma forma bem evidente nas respostas de alguns alunos:

*“neste aspecto a Química foi relativamente importante. Talvez mais que o esperado”*  
(A3)

*“este foi o passo mais importante que demos nas aulas de Química I”* (A8)

*“... e a elaboração de projectos abre-nos novas perspectivas para a construção da Ciência, nomeadamente para a investigação científica em áreas pouco exploradas”* (A15)

*“penso que é importante receber este tipo de formação na Universidade”* (A22)

Em contrapartida, cerca de 70% dos alunos de ERH que deram respostas a este item mostram ter uma opinião negativa sobre o contributo da componente prática neste domínio. É interessante, contudo, verificar que também estes alunos reconhecem que poderá existir um contributo importante para este tipo de formação, proporcionada nas aulas práticas laboratoriais:

*“acho que essas aprendizagens só são possíveis com outro tipo de aulas”* (A69)

*“não se explorou essa vertente nas aulas práticas”* (A96)

*“acho que nas aulas práticas se pode fazer esse tipo de aprendizagens mas no nosso caso acho que não houve”* (A98)

Analisadas as opiniões expressas pelos estudantes em cada um dos itens, pareceu-nos interessante analisar ainda qual a percentagem de estudantes que, em cada um dos cursos, expressaram a sua opinião, pois parece-nos que uma elevada percentagem de respostas poderá indiciar uma opinião global favorável acerca da abordagem ao trabalho experimental implementada nas sessões laboratoriais.

No Quadro 6.38 encontra-se sistematizada essa informação, podendo facilmente concluir-se, dos valores apresentados, que a percentagem de estudantes que respondem é, em todas as categorias, claramente superior no curso de ERG.

**Quadro 6.38 - Percentagem de estudantes que expressaram a sua opinião em cada categoria**

Categorias	ERG			ERH		
	NI	NR	PR (%)	NI	NR	PR (%)
A - Os trabalhos Realizados	52	41	78,8	46	27	58,7
B - Metodologia da Elaboração dos Projectos	52	38	73,1	46	a)	a)
C - Metodologia da Execução Experimental	52	39	75,0	46	25	54,3
D - Motivação para o estudo da Química	52	42	80,7	46	24	52,2
E - Motivação para o prosseguimento do curso	52	35	67,3	46	23	50,0
F - Aprendizagem da Química	52	35	67,3	46	21	45,7
G - Outras aprendizagens	52	20	38,5	46	15	32,6
H - Utilidade , noutras disciplinas do curso, das aprendizagens	52	35	67,3	46	21	45,7
I - Utilidade, na futura profissão, das aprendizagens	52	40	76,9	46	26	56,5
J - A compreensão do processo de construção da Ciência	52	24	46,2	46	16	34,8

ERG - Engenharia de Recursos Geológicos; ERH - Engenharia de Recursos Hídricos

NI - N. ° de alunos inquiridos; NR - N. ° de alunos que responderam;

PR - Percentagem de alunos que responderam

a) - não foram analisadas as respostas a este item, pois para estes alunos não houve aulas destinadas à elaboração dos projectos.

Outro aspecto interessante que podemos analisar tem a ver com a frequência de respostas a cada uma das categorias. Podemos verificar que no curso de ERG a categoria D (Motivação para o estudo da Química) foi aquela onde se obteve um maior número de respostas, indicador da forte componente motivacional de que revestimos toda a abordagem seguida durante as aulas.

Por outro lado, as categorias G (Outras aprendizagens) e J (A compreensão do processo de construção da Ciência) surgem como categorias com um menor número de respostas, tanto no curso de ERG como no curso de ERH, o que podemos interpretar como sendo o resultado de estes serem aspectos menos explícitos, objectivos menos imediatos da actividade experimental desenvolvida durante as aulas.

No curso de ERH podemos ainda identificar como categoria com um maior número de respostas a categoria A (Os trabalhos realizados). Este é um resultado natural ou não fosse este o aspecto que mais frequentemente, ou muitas vezes exclusivamente, é abordado quando se fala da componente laboratorial de uma disciplina, esquecendo-se assim todas as outras dimensões do trabalho experimental.

#### **6.4 – O conhecimento em Química: Situação no final**

Embora não seja a única dimensão que pretendemos valorizar com a presente investigação, o sucesso obtido pelos alunos na disciplina constitui, a par de outros, um indicador da maior ou menor eficácia da metodologia proposta. Nessa medida, iremos

considerar os resultados obtidos pelos alunos na avaliação da componente laboratorial e os resultados da avaliação final da disciplina.

Considerando que o número de alunos que responderam ao QF foi menor do que o número de alunos que participaram na nossa intervenção experimental, optámos por analisar este aspecto tendo por base a informação obtida por consulta das pautas de avaliação da componente laboratorial e final da disciplina, e não os dados recolhidos na 1ª parte do QF.

#### **6.4.1 – A avaliação final da componente laboratorial**

Pela análise dos dados constantes nos Quadros 6.39 e 6.40, onde estão registadas as informações relativas à avaliação dos alunos na componente laboratorial, podemos verificar que há uma percentagem não desprezável de alunos que, tendo-se inscrito na disciplina, não frequentaram as aulas laboratoriais. Este facto é comum a todos os cursos e verificou-se em ambos os anos lectivos. Regista-se um ligeiro aumento desta percentagem em 99/00, excepto no caso do curso de ERH.

Tendo em conta que a frequência das aulas laboratoriais é obrigatória, estes valores constituem uma indicação do número de alunos que desistem, logo à partida, de tentar fazer a disciplina.

**Quadro 6.39 - Avaliação final da componente laboratorial no ano lectivo 98/99**

CURSOS	98/99								
	Nº de alunos inscritos	NFPL		AAPL		FPL		APL	
		N	(%)	N	(%)	N	(%)	N	(%)*
ERG	94	13	13,8	37	39,4	44	46,8	44	100,0
ERH	112	19	16,9	34	30,4	59	52,7	58	98,3
RESTANTES CURSOS	840	112	13,3	288	34,3	440	52,4	439	99,8

NFPL- Não frequentaram as aulas práticas laboratoriais

AAPL- Aprovados nas aulas práticas laboratoriais em anos anteriores

FPL- Frequentaram as aulas práticas laboratoriais

APL- Aprovados nas aulas práticas laboratoriais

**\*Percentagem calculada relativamente ao número de alunos que efectivamente frequentaram as aulas laboratoriais**

**Quadro 6.40 - Avaliação final da componente laboratorial no ano lectivo 99/00**

CURSOS	99/00								
	Nº de alunos inscritos	NFPL		AAPL		FPL		APL	
		N	(%)	N	(%)	N	(%)	N	(%)*
ERG	87	17	19,5	40	46,0	30	34,5	30	100,0
ERH	113	19	16,8	47	41,6	47	41,6	47	100,0
RESTANTES CURSOS	680	103	15,2	296	43,5	281	41,3	279	99,3

NFPL- Não frequentaram as aulas práticas laboratoriais

AAPL- Aprovados nas aulas práticas laboratoriais em anos anteriores

FPL- Frequentaram as aulas práticas laboratoriais

APL- Aprovados nas aulas práticas laboratoriais

**\*Percentagem calculada relativamente ao número de alunos que efectivamente frequentaram as aulas laboratoriais**

De realçar ainda, da análise destes resultados, a elevada percentagem de alunos que, tendo frequentado as aulas laboratoriais, obtiveram aprovação na mesma. Este resultado é, também comum a todos os cursos, e verificou-se em ambos os anos lectivos.

Este resultado, apesar de ser certamente influenciado pelo carácter obrigatório das aulas laboratoriais, não deixa de ser significativo, podendo relacionar-se com o reconhecimento, por parte dos alunos, da importância deste tipo de aulas.

A evidência de algum interesse e motivação desencadeada nos alunos pelas aulas laboratoriais tem sido, aliás confirmada por alguns estudos feitos nesse campo (Figueiredo, Viana & Maia, 2001b; Hunter, Wardel & Wilkins, 2000).

#### **6.4.2 – A avaliação final da disciplina**

A avaliação final da disciplina é o resultado da soma ponderada de duas componentes (Cf. Anexo I): a componente teórica ,com um coeficiente de ponderação de 0,80, e a componente prática, com um coeficiente de ponderação de 0,20. É o resultado dessa avaliação que determina a aprovação na disciplina.

Como já referimos, a taxa de sucesso apresentava valores, de um modo geral baixos, mas que não eram de modo nenhum uniformes em todos os cursos a que era leccionada a disciplina (Cf. Quadro 4.4).A baixa taxa de sucesso constituiu, aliás, um dos critérios de escolha do curso que iria participar na intervenção experimental (Cf. 4.5.1).

Nessa medida, procederemos de seguida ao registo dos resultados da avaliação final da disciplina, de modo a que possa ser feita, em termos comparativos uma análise da evolução registada em cada um dos cursos, com particular destaque para os cursos de ERG e ERH.

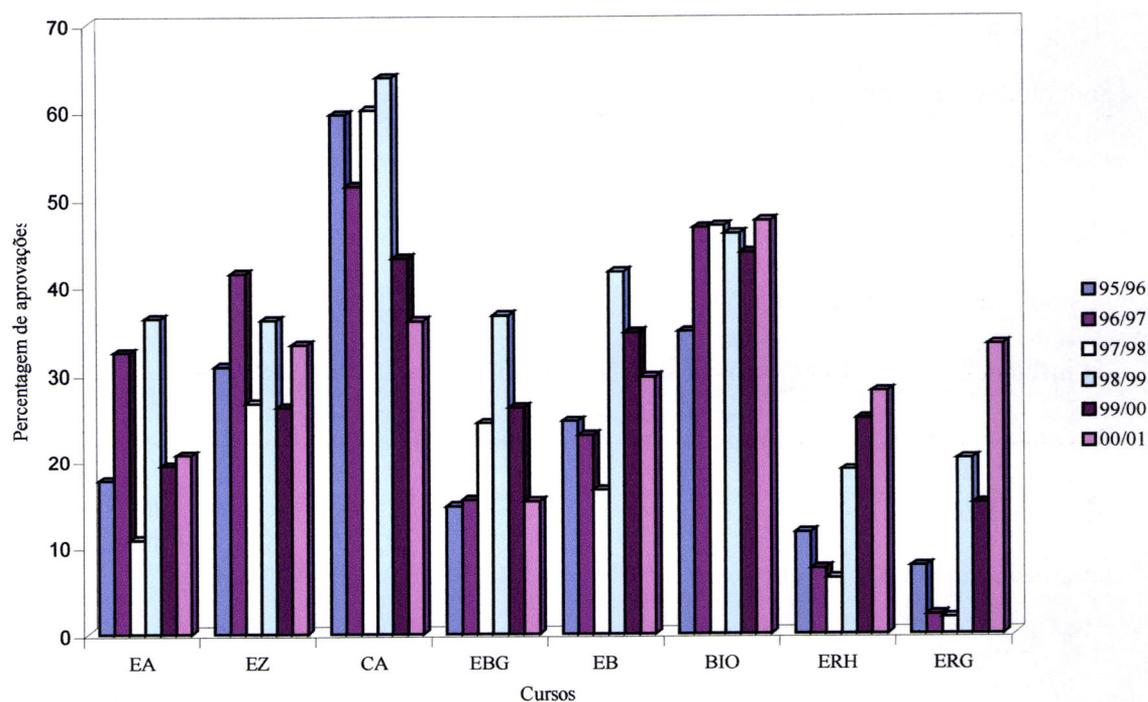
Para facilitar a análise incluiremos também no gráfico da Figura 6.28 os resultados dos anos lectivos 95/96, 96/97 e 97/98, que se referem aos valores que constam do Quadro 4.4 (pág. 132).

**Quadro 6. 41 – Resultados da avaliação na disciplina entre 98/99 e 99/01**

Cursos	98/99			99/00			00/01		
	Nº de alunos inscritos	Nº de alunos Aprovados	% de Aprovações	Nº de alunos inscritos	Nº de alunos Aprovados	% de Aprovações	Nº de alunos inscritos	Nº de alunos Aprovados	% de Aprovações
<b>EA</b>	278	101	36,3	212	41	19,3	180	37	20,6
<b>EZ</b>	191	69	36,1	138	36	26,1	126	42	33,3
<b>CA</b>	47	30	63,8	44	19	43,2	50	18	36
<b>EBG</b>	161	59	36,6	134	35	26,1	119	18	15,1
<b>EB</b>	89	37	41,6	72	25	34,7	71	21	29,6
<b>BIO</b>	74	34	45,9	80	35	43,8	76	36	47,4
<b>ERH</b>	112	21	18,8	113	28	24,8	93	26	28,0
<b>ERG</b>	94	19	20,2	87	13	14,9	75	25(14*)	33,3 (18,7*)

\* Alunos aprovados em 2000/2001 que frequentaram as aulas práticas nos dois anos anteriores

Como podemos verificar através da análise dos dados que constam do Quadro 6.41 e representados no Gráfico da Figura 6.28, verificou-se um aumento bastante significativo na percentagem de aprovações, em alguns cursos, no ano de 98/99. No entanto, devido ao número muito baixo de aprovações registadas nos anos anteriores, e à tendência para baixar que se verificava de ano para ano, consideramos que é particularmente notória a melhoria registada a esse nível no curso de ERG. Uma evolução semelhante verifica-se no curso de ERH, embora as diferenças não sejam tão significativas.



**Figura 6.28 - Percentagem de Alunos Aprovados na Disciplina de Química I entre 95/96 e 00/01**

É claro que estamos conscientes de que uma multiplicidade de factores pode ter determinado estes resultados, a começar pelo facto de os alunos terem conhecimento desde o início dos semestres que estava a decorrer um trabalho de investigação no âmbito daquela

disciplina. Esse conhecimento, por parte dos sujeitos intervenientes numa investigação deste género, pode, por si só, influenciar os resultados<sup>21</sup> ( Carmo & Ferreira, 1998).

Não podemos, de facto, perante a análise destes resultados, por si só, afirmar que o aumento do número de aprovações no curso de ERG se ficou a dever à nossa intervenção experimental. No entanto, parece-nos lícito concluir que o efeito deste tipo de abordagem ao trabalho experimental, não foi, para estes alunos, de modo nenhum, negativo.

Um facto que não podemos deixar de referir é o aumento significativo do número de aprovações em 2000/2001, no curso de ERG , contrariamente ao que aconteceu nos outros cursos, onde diminuiu ou aumentou pouco. Este facto é importante para nós porque, dos 25 alunos que obtiveram aprovação em 2000/2001, 14 tinham frequentado as aulas laboratoriais nos dois anos anteriores e participado no nosso estudo. Isto poderá ser um indicador positivo da influência que as abordagens deste tipo podem ter a médio e longo prazo, no desempenho dos alunos. De facto o investimento ao nível do desenvolvimento de outras competências, que não as do domínio cognitivo, pode ter repercussões que vão muito para além do âmbito de uma disciplina ou de um curso.

---

<sup>21</sup> Este efeito é usualmente designado por **Efeito Hawthorne** ou **Mayo**, visto ter sido posto em evidência numa experiência levada a cabo na Fábrica Hawthorne por Elton Mayo. Os operários tinham conhecimento de que estavam a colaborar numa experiência, mas não do seu teor. A experiência consistia em averiguar de que maneira a intensidade da iluminação poderia afectar a produção. Os investigadores aumentaram a intensidade da iluminação e a produção aumentou, seguidamente aumentaram ainda mais a intensidade da iluminação e a produção voltou a aumentar, finalmente diminuíram a intensidade da iluminação e a produção continuou ainda a aumentar!

## Capítulo 7

# CONCLUSÃO





## **7 – CONCLUSÃO**

### **7.1 – Considerações preliminares**

Terminada esta investigação chegou o momento de olhar para trás e analisar o percurso feito, equacionando, da forma mais objectiva que nos for possível, os aspectos positivos e negativos da mesma.

Assumimos, desde o início, o carácter interventivo desta investigação, por isso, a apreciação final, que a seguir faremos, situar-se-á a dois níveis diferentes:

- Enquanto professores, tentaremos transmitir aquilo que foi a nossa experiência em relação ao percurso que foi feito, lado a lado com os alunos. Algo que não é quantificável mas que se traduz no enriquecimento profissional e pessoal de todos os participantes.
- Enquanto investigadores, analisaremos o modo como decorreu a investigação, extraíndo dos resultados obtidos algumas conclusões, que nos permitam encontrar uma resposta à grande questão que formulámos à partida (Cf. 4.2), e em torno da qual se desenvolveu este trabalho.

Assumimos ainda, desde o início, uma dualidade de métodos quantitativos e qualitativos, portanto, a análise que aqui faremos será também marcada por uma mistura de informações que tem como objectivo último ajudar a encontrar as respostas que procuramos.

## 7.2 – Análise crítica da investigação

A presente investigação decorreu num contexto particular que já oportunamente descrevemos. Foi necessário fazer opções que foram por nós devidamente justificadas e assumidas. Estamos conscientes de que as opções que fizemos relativamente à Universidade, à disciplina e ao curso, em que iria decorrer a intervenção experimental, que fazia parte integrante desta investigação, condicionou positiva e negativamente o alcance deste estudo. Assim, se a dupla função de investigador e professor nos facilitou a recolha de todos os dados necessários ao desenvolvimento deste trabalho, também influenciou certamente o modo como decorreu a intervenção experimental. Esse facto poderá impedir-nos de fazer generalizações, pois não podemos objectivamente afirmar se noutra Universidade, noutra disciplina, noutra curso e com outro professor, os resultados seriam equivalentes. Contudo, poderemos, assumindo humildemente a dimensão que este estudo apresenta, analisar quais os contributos que eventualmente ele poderá dar para melhorar o ensino da Química na nossa Universidade.

Começaremos, portanto, por referir alguns dos aspectos desta investigação que consideramos positivos:

- o carácter multidisciplinar que esta intervenção assumiu, e que nos deu a possibilidade de uma troca constante de experiências e ideias;
- a possibilidade de contribuirmos, de forma interveniente, na tentativa de melhorar o sucesso na disciplina de Química I;

- a possibilidade, enquanto professores, de usar uma metodologia mais ambiciosa mas simultaneamente mais rica e compensadora;
- o estabelecimento de uma boa relação pessoal entre o professor /investigador e os alunos participantes na intervenção experimental.

Como aspectos menos positivos poderemos referir os seguintes:

- a impossibilidade de estender a mais cursos o tipo de abordagem proposta, o que, dadas as diferentes características dos mesmos, poderia fornecer dados mais objectivos sobre a sua eficácia;
- o termos escolhido como grupo de controlo apenas um dos restantes cursos, facto que foi determinado pela opção metodológica de só aplicar o questionário passados dois anos da nossa intervenção. Este distanciamento temporal tornaria difícil a localização dos alunos uma vez que o questionário aplicado inicialmente era anónimo. Reconhecemos, no entanto, que a comparação com o percurso e opiniões dos alunos de todos os cursos seria, porventura, mais rica e proveitosa;
- a existência de uma certa *mortalidade* quer no grupo experimental, quer no grupo de controlo, também determinada pelo distanciamento temporal existente entre os momentos de aplicação dos dois questionários.

### 7.3 – Conclusões

Depois da análise parcial dos resultados, que fomos fazendo à medida que estes eram apresentados, interessa agora, através de uma visão panorâmica, realçar os aspectos mais importantes e mais significativos dessa análise, para podermos daí retirar algumas conclusões.

Um dos objectivos principais deste projecto era contribuir para o sucesso dos alunos no que diz respeito à aprendizagem da Química. Fazendo a análise dos dados relativos à avaliação da disciplina, estes apontam para um percurso francamente mais positivo para o curso de ERG, em comparação com o de ERH e, de forma ainda mais acentuada, relativamente aos restantes cursos. Esta conclusão fundamenta-se em alguns dados objectivos:

- o mais baixo índice de aprovações apresentado por este curso (ERG) nos três anos anteriores ao início do estudo (Quadro 4.4);
- os piores resultados relativos à auto-avaliação (Quadros 6.1 e 6.2);
- os piores resultados no teste diagnóstico (Quadro 4.5);
- o aumento, bastante significativo, que se verificou no número de aprovações, relativamente aos anos anteriores (Quadros 4.4 e 6.41).

Este percurso representa, por si só, um êxito considerável, que pode ainda ser valorizado se cruzarmos estes dados com o facto deste curso apresentar a mais baixa média de entrada na Universidade (Quadro 4.13) e com o facto de pouco mais de metade dos alunos terem frequentado a disciplina de Química no 12º ano (Quadro 4.12).

O outro grande objectivo deste projecto era contribuir para uma revalorização do trabalho experimental, através da proposta de uma abordagem alternativa.

Tendo operacionalizado a pesquisa em torno de vários focos de investigação (Cf. **Quadro 4.3 e Anexo IV**), vamos agora sistematizar as conclusões que nos parece legítimo retirar da análise que fomos fazendo dos resultados obtidos.

Relativamente ao tipo de abordagem proposta para o trabalho experimental, os resultados obtidos apontam para uma opinião claramente favorável dos alunos de ERG, particularmente em aspectos relacionados com a existência de sessões pré-laboratoriais, com a elaboração dos projectos e com a eliminação de protocolos experimentais tipo “receita”. É importante realçar aqui que as opiniões nos dois cursos, relativamente a este último aspecto, é idêntica, o que revela um reconhecimento, mesmo da parte daqueles que seguiram esse tipo de protocolos, de que os trabalhos podem ser mais interessantes e úteis se estes não forem fornecidos.

Relativamente à motivação para o estudo da disciplina, podemos realçar, como aspectos mais importantes, que o recurso a trabalhos experimentais, de alguma forma relacionados com os interesses dos alunos de ERG, parece ter tido um efeito positivo na sua motivação.

Apesar de menos positivas as opiniões dos alunos de ERH, são também favoráveis quando se referem ao papel das aulas laboratoriais na motivação para o estudo da Química.

Relativamente à aprendizagem, esta parece ter sido também positivamente influenciada pelo tipo de abordagem proposta. De facto, parece razoável concluir das respostas dos alunos, que uma maior participação na preparação e execução dos projectos experimentais poderá desempenhar um papel importante nas aprendizagens relativas aos conteúdos das disciplinas de Química.

Parece ainda ter havido uma influência positiva no interesse dos alunos pela disciplina, o que pode ter contribuído para o aumento da aprendizagem, e, conseqüentemente, para o aumento do sucesso destes alunos.

Para além disso, regista-se, também, ao nível da aplicabilidade das aprendizagens efectuadas, noutras disciplinas e até no prosseguimento do curso, uma opinião bastante mais favorável por parte dos alunos que seguiram este tipo de abordagem.

Quanto ao contributo que este tipo de abordagem pode dar para a formação científica dos alunos, registam-se opiniões bastante mais favoráveis no curso de ERG.

Em suma, parece resultar desta análise uma avaliação bastante positiva do tipo de abordagem proposta. De facto, quer através dos resultados de natureza quantitativa, quer através da análise dos de natureza qualitativa, podemos verificar que são os alunos de ERG que, de uma forma global, apresentam opiniões mais favoráveis relativamente ao tipo de trabalhos realizados nas aulas laboratoriais.

Estas opiniões favoráveis, relativamente a aspectos considerados fundamentais, neste tipo de abordagem, como sejam a não restrição do trabalho experimental à execução de uma receita, a possibilidade de fazer aprendizagens relacionadas com a fase de planificação dos trabalhos, o contributo para a formação científica dos alunos, a motivação para o estudo da Química e de outras disciplinas do curso, são indicadores bastante positivos de que vale a pena continuar a investir nesta dimensão do trabalho experimental.

Reduzir o trabalho experimental à execução de receitas orientadas para a obtenção de resultados, é amputá-lo de algo, certamente rico e valioso:

*proporcionar a todos os alunos o prazer de aprender Química.*

Sem fazer generalizações e atendendo às limitações do estudo efectuado, condicionadas, sobretudo, pelo contexto particular em que decorreu, parece-nos, no entanto, legítimo concluir que o Trabalho Experimental de Química, enquanto actividade investigativa de resolução de problemas, pode contribuir para melhorar a motivação, a aprendizagem e a formação científica de alunos do 1º ano de cursos universitários.

#### **7.4 – Implicações pedagógicas**

Estamos conscientes de que serão necessários muitos mais estudos desta natureza para que o impacto dos resultados obtidos se faça sentir de forma efectiva. Reconhecemos a dimensão exígua do estudo que fizemos. No entanto, esperamos que, ainda assim, ele possa constituir um contributo importante para revalorizar o ensino da Química, particularmente, na

sua vertente experimental. É nesse sentido que deixamos aqui algumas reflexões que nos parecem significativas:

- é necessário insistir na importância do trabalho experimental no ensino da Química, não aceitando nunca fazer “*Química de giz*” e reduzir o Ensino desta ciência aos seus aspectos formais;
- a substituição dos trabalhos práticos orientados para a ilustração de procedimentos ou simples verificação de princípios ou teorias, por trabalhos de outro tipo, orientados para a resolução de verdadeiros problemas, pode trazer vantagens ao nível da motivação e da aprendizagem;
- a rentabilização do trabalho experimental, poderá ser possível, se o encararmos enquanto recurso que envolve múltiplas etapas e não apenas como uma simples execução de procedimentos;
- o trabalho experimental, encarado na sua dimensão mais abrangente, permite ao aluno fazer aprendizagens e desenvolver competências tão importantes na sua formação como os conteúdos próprios de cada disciplina;
- A implementação deste tipo de trabalhos experimentais, implicará uma organização diferente das aulas laboratoriais, com redução do número de trabalhos a efectuar e a adopção de um critério de qualidade em detrimento do critério de quantidade que muitas vezes prevalece.

## 7.5 – Perspectivas para futuras investigações

O percurso de um professor nunca está completo. Muito menos o do investigador. Nesse sentido, não podemos terminar este trabalho sem referir que, na nossa perspectiva, é necessário investir bastante no enriquecimento das estratégias de ensino da Química, mesmo ao nível do Ensino Superior, onde têm sido particularmente esquecidas.

É nossa intenção insistir em estudos deste tipo, que permitam um aproveitamento, cada vez maior e melhor, das potencialidades do trabalho experimental.

Um dos aspectos que gostaríamos de aprofundar no futuro prende-se com a exploração do conteúdo das gravações, que não foi nesta investigação feita na sua totalidade. Na verdade, apesar de reconhecermos as potencialidades investigativas que este instrumento pode proporcionar ao professor, particularmente numa perspectiva de investigação-acção, optámos pelo seu uso, apenas como elemento esclarecedor do modo como decorreu o desenvolvimento dos projectos experimentais pelos alunos. Uma análise exaustiva do seu conteúdo, poderá permitir alguma quantificação, que, apesar de não se enquadrar, neste momento, no âmbito deste estudo, poderemos efectuar em momento posterior. Aspectos como a dinâmica de funcionamento dos grupos no laboratório, a existência de ideias erradas sobre os conceitos científicos envolvidos em cada um dos trabalhos efectuados, são, apenas, alguns exemplos de estudos que podem ser feitos a partir destes registos.

O alargamento deste tipo de abordagem a outros cursos, com a possibilidade de serem os próprios alunos a escolher os problemas que pretendem investigar, é, também, uma perspectiva que se nos mostra deveras interessante.

A possibilidade de organizar o ensino experimental da Química de forma interdisciplinar, com outras disciplinas da área de formação dos alunos, apresenta-se também como uma perspectiva bastante aliciante. Esta possibilidade, mais adaptada a anos curriculares mais avançados poderia concretizar-se na realização de projectos mais elaborados e certamente mais motivadores para os alunos.

Enquanto professores, devemos estar preparados para grandes mudanças, mas, independentemente do rumo que o ensino da Química tome, nas Universidades do nosso país, o trabalho experimental deverá sempre assumir um papel de relevo. Só assim teremos conseguido que cada estudante goste de aprender Química.

# **BIBLIOGRAFIA**





---

**BIBLIOGRAFIA**

- Alexéev, V. (1983). *Análise Quantitativa*, 3ª edição, Porto: Livraria Lopes da Silva – Editora.
- Almeida, A. M. (1998). Papel do Trabalho Experimental na Educação em Ciências in *Boletim Comunicar Ciência*, Ano I, Nº 1, 4-5. Lisboa: Ministério da Educação, DES.
- Almeida, A. M. (2001). Educação em Ciências e Trabalho Experimental: Emergência de uma nova concepção in *Ensino Experimental das Ciências. (Re)pensar o Ensino das Ciências*, 51-73. Lisboa: Ministério da Educação, DES.
- Alvarez Méndez, J. M. (1985). *Didáctica, Currículo y Evaluación: Ensayos sobre Cuestiones Didácticas*. Barcelona: Alamex
- Anderman, E. M. & Young, A. J. (1994). Motivation and Strategy Use in Science: Individual Differences and Classroom Effects. *Journal of Research in Science Teaching*, 31 (8), 811-831.
- Ashmore, A. D.; Frazer, M. J. & Casey, R. J. (1979). Problem Solving and Problem Solving Networks in Chemistry. *Journal of Chemical Education*, 56 (6), 377-379.
- Atkins, P. W. & Jones, L. (1997). *Chemistry: molecules, matter, and change*, 3ª Ed., New York: W. H. Freeman and Company.
- Atkins, P.W. & Beran, J.A. (1992). *General Chemistry*, 2ª Ed., New York: Scientific American Books.
- Ausubel, D. P.; Novak, J.D. & Hanesian, H.(1983). *Psicología educativa: Un punto de vista cognitivo*. México: Editorial Trillas

- Baker, L.(1991). Metacognition, reading and science education *In* Santa, C. M. & Alvermann, D. ed., *Science learning: Processes and applications*. Newsdale, Delaware: International Reading Association.
- Barberá,O. & Valdés, P. (1996). El Trabajo Práctico en la Enseñanza de las Ciencias: Una Revisión. *Enseñanza de las Ciencias*, 14 (3), 365-379.
- Bardin, L.(1994).*Análise de conteúdo*. Lisboa: Edições 70.
- Barrows, H. S. & Tamblyn, R. M. (1980). *Problem - based learning*. New York: Springer Verlag.
- Bavelas, J. B. (1987). Permitting Creativity in Science, in Jackson, D. N. & Rushton, J. P. ed. *Scientific Excellence*. Newbury Park: Sage.
- Beall, H. (1997). The General Chemistry Course Driven by the Laboratory. *Journal of Chemical Education*, 74 (2), 153-154.
- Belt, S. T. *et al.* (2002). A problem based learning approach to analytical and applied chemistry. *University Chemistry Education*, 6, 65-72.
- Bennett, S. (2000). University practical work; Why do we do it? *Education in Chemistry*, 37 (2), 49-50.
- Bennett, S.W. & O' Neale, K. (1998), Skills Development and Practical Work in Chemistry, *University Chemistry Education*, 2 (2), 58-62.
- Berbaum, J. (1992). *Desenvolver a Capacidade de Aprendizagem*. Lisboa: E.S.E. João de Deus.
- Berry, A. *et al.* (1999). Helping students learn from laboratory work. *Australian Science Teachers Journal*, 45 (1), 27-31.

- Birch, W. (1986). Towards a model for problem-based learning. *Studies in Higher Education*, 11, 73-82.
- Bisquerra, R. (1996). *Métodos de Investigación Educativa*. 2ª ed., Barcelona: Ediciones CEAC.
- Bodner, G. M. & Mcmillen, T. L. (1986). Cognitive restructuring as an early stage in problem solving. *Journal of Research in Science Teaching*, 22 (7), 727-737.
- Bodner, G. M. (1987). The role of algorithms in teaching problem solving. *Journal of Chemical Education*, 64 (6), 513-514.
- Bogdan, R. C. & Biklen, S. K. (1994). *Investigação Qualitativa em Educação*. Porto: Porto Editora.
- Borg, W. & Gall, M. (1989). *Educational Research: An Introduction*. New York: Longman.
- Borrows, P. (1999). The changing face of practical work. *Education in Chemistry*, 36 (6), 158-164.
- Boud, D. & Feletti, G. (1992). *The challenge of problem-based learning*. Londres: Kogan Page.
- Branen, J. (1994). *Mixing Methods: Qualitative and Quantitative Research*. Aldershot: Avebury.
- Breuer, S. W. (2002). Does Chemistry have a future? *University Chemistry Education*, 6, 13-16.
- Brown, D. E. (1994). Facilitating conceptual change using analogies and explanatory models. *International Journal of Science Education*, 16, 201-214.

- Buckley, P. D.; Jolley, K. W. & Watson, I. D. (1997). Projects in the Physical Chemistry Laboratory: Letting the Students Choose. *Journal of Chemical Education*, 74 (5), 549-551).
- Bunce, D. M. & Robinson, W. R. (1997). Research in Chemical Education – The Third Branch of Our Profession. *Journal of Chemical Education*, 74 (9), 1076-1079.
- Burbules, N. C. & Linn, M. (1991). Science Education and Philosophy of Science: Congruence or Contradition? *International Journal of Science Education*, 13 (3), 227-241.
- Bybee, R. (1986). Science-Technology-Society: un essential theme for science Education. In James, R. (Ed). *1985 AETS yearbook; Science, Technology, Society: resources for sciences educators*. Columbus, Ohio: Association for Education of Teachers in Science.
- Byers, W. (2001a). Using Student-led Pre- and Post-Lab Sessions to Promote Active Learning in Practical Classes. *Proceedings of 6<sup>th</sup> ECRICE/ 2<sup>nd</sup> ECCE*, Cachapuz, A. CD-ROM edition, Aveiro.
- Byers, W. (2001b). Using questions to promote active learning in lectures. *University Chemistry Education*, 5 (1), 24-30.
- Byers, W. (2002). Promoting active learning through small group laboratory classes. *University Chemistry Education*, 6, 28-34.
- Byrne, M. S. (1990). More effective practical work. *Education in Chemistry*, 27(1), 12-13.
- Caamaño, A. (1992). *Los trabajos prácticos en ciencias experimentales*. Aula, 9, 61-68.
- Cachapuz, A. (1989). Por um Ensino relevante da Química: Que papel para o Trabalho Experimental. *Boletim da SPQ*, 36, 25-27.

- Cachapuz, A. (1992). Ensino das Ciências e Formação de Professores, *Projecto MUTARE*, nº1, Universidade de Aveiro, 3-34.
- Calatayud, M. L.; Gil, D. & Gimeno, J. V. (1992). Cuestionando el pensamiento docente espontáneo del profesorado universitario: ¿Las deficiencias en la enseñanza como origen de las dificultades de los estudiantes? *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 14, 71-81.
- Campanario, J. M. (1995). Los problemas crecen: a veces los alumnos no se enteran de que no se enteran. *Aspectos didácticos de Física e Química (Física)*, 6, 87-126. Zaragoza: ICE. Universidad de Zaragoza.
- Campanario, J. M. (1996). Using Citation Classics to study the incidence of serendipity in scientific discovery. *Scientometrics*, 37, 3-24.
- Campanario, J. M. (1997). ¿Por qué a los científicos y a nuestros alumnos les cuesta tanto, a veces, cambiar sus ideas científicas? *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 11, 31-62
- Canter, M. R. (1993). *Soil sampling and methods of analysis*. Boca Raton: Lewis Publishers.
- Cardellini, L. (2001). The Construction of Scientific Reasoning: a Constructivistic Approach to Problem Solving. *Proceedings of 6th ECRICE/ 2nd ECCE*, Cachapuz, A. CD-ROM ed. Aveiro.
- Cárdenas, F. A. & Montealegre, R. (2001). Miniprojects: Un alternative to improve General Chemistry Teaching in Higher Education. *Journal of Science Education*, 2 (2), 100-102.
- Carin, A. A. & Sand, R. B. (1985). *Teaching modern science*. Columbus, Ohio: Merrill.

- Carmo, H. & Ferreira, M. M. (1998). *Metodologia da Investigação. Guia para Auto-Aprendizagem*. Lisboa: Universidade Aberta.
- Carnduff, J. (2001). Pre-lab Exercises. *Proceedings of 6th ECRICE/2nd ECCE*. Cachapuz, A. CD-ROM ed. Aveiro.
- Carrascosa, J. (1995). Trabajos prácticos de Física y Química como problemas. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 5, 67-76.
- Carrascosa, J. & Gil, D. (1985). La «metodología de la superficialidad» y el aprendizaje de las Ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 3, 113-120.
- Carretero, M. (1987). A la búsqueda de la génesis del método científico: Un estudio sobre la capacidad de eliminar hipótesis. *Infancia y Aprendizaje*, 38, 53-68
- Carter, G. S. & Simpson, R. D. (1978). Science and reading: A basic duo. *The Science Teacher*, 45, 20.
- Chalmers, A.F. (1982). *¿Qué es esa cosa llamada ciencia?* Madrid: Siglo XXI Editores.
- Champagne, A. B. & Klopfer, L. E. (1977). A sixty year perspectives on three issues in Science Education: I. Whose ideas are dominant?; II. Representation of women; III. Reflexive thinking and problem solving. *Science Education*, 61 (4) 431-452.
- Champagne, A. B., Klopfer, L. E. & Gunstone, R. F. (1982). Cognitive research and the design of science instruction. *Educational Psychologist*, 17, 31-53.
- Chang, R., (1994). *Química*. 5ª Ed., McGraw-Hill, Trad. portuguesa por Ramos, J.M. e outros. I.S.T..
- Clackson, S. G. & Wright, D. K. (1992). An appraisal of practical work in science education. *School Science Review*, 74 (266), 39-42.

- Clement, J., Brown, D. E. & Zietsman, A. (1989). Not all preconceptions are misconceptions: finding «anchoring conceptions» for grounding instruction on students' intuitions. *International Journal of Science Education*, 11, 554-565.
- Coelho, F. S. (s.d.). *Fertilidade do solo*. Brasil: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola.
- Cohen, L. & Manion, L. (1994). *Research methods in Education*. London: Routledge.
- Coll, C. (1990). *Aprendizaje Escolar y Construcción del Conocimiento*. Barcelona: Paidós
- Cook, T. & Campbell, D. (1979). *Quasi Experimentation Design & Analysis Issues for Field Settings*. Boston: Houghton Mifflin Company.
- Costa, J. B. (1975). *Caracterização e constituição do solo*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.
- D'Unrug, M. (1974). *Analyse de contenu et acte de parole*. Paris: Editions Universitaires.
- De Jong, O. (1996) La investigación activa como herramienta para mejorar la enseñanza de la Química: Nuevos Enfoques. *Enseñanza de las Ciencias*, 14 (3), 279-288.
- De Jong, O. (1998). Los Experimentos que plantean problemas en las aulas de Química: Dilemas y Soluciones. *Enseñanza de las Ciencias*, 16 (2), 305-314.
- Domin, D. S. (1999). A content analysis of general chemistry laboratory manuals for evidence of higher order cognitive tasks. *Journal of Chemical Education*, 76 (1), 109-112.
- Dourado, L. (2001). Trabalho Prático (TP), Trabalho laboratorial (TL), Trabalho de Campo (TC) e Trabalho Experimental (TE) no Ensino das Ciências – contributo para uma clarificação de termos in *Ensino Experimental das Ciências. (Re)pensar o Ensino das Ciências*, 13-18. Lisboa: Ministério da Educação, DES.

- Dreyfus, A.; Jungwirth, E. & Eliovitch, R. (1990). Applying the «cognitive conflict» strategy for conceptual change- some implications, difficulties and problems. *Science Education*, 74, 555-569
- Driver, R. & Erickson, G. (1983). Theories-in-Action: some theoretical and empirical issues in the study of students' conceptual frameworks in science. *Studies in Science Education*, 6, 37-60.
- Driver, R. & Oldham, V. (1986). A Constructivist Approach to Curriculum Development in Science. *Studies in Science Education*, 13, 105-122.
- Driver, R. (1988). Un enfoque constructivista para o desarrollo del currículo de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 6, 109-120.
- Duit, R. (1991). Students' conceptual framework consequences for learning science in Glynn, S., Yeany, R. & Britton, B. ed. *The Psychology of learning Science*. Hillsdal: Lawrence Erlbaum.
- Duschl, R. & Gitomer, D. (1991). Epistemological perspectives on conceptual changes: implications for educational practice. *Journal of Research in Science Teaching*, 28 (9), 839-858.
- Esler, W. K. & Esler, M. K. (1985). *Teaching elementary science*. Belmont: Wadsworth.
- Estrela, A. (1994). *Teoria e Prática de Observação de Classes. Uma Estratégia de Formação de Professores*, 4ª ed., Porto: Porto Editora.
- Evans, E. W. & Lewis, Rh. (1998). The Teaching of Basic Chemistry to University Foundation Students. *University Chemistry Education*, 2 (2).

- Figueiredo, M. R. D. T.; Viana C. A. N.; Maia, M. E. (2001a). Experimental work and the teaching of Chemistry at University. *Proceedings of 6th ECRICE/2nd ECCE*. Cachapuz, A. CD-ROM ed. Aveiro
- Figueiredo, M. R. D. T.; Viana C. A. N.; Maia, M. E. (2001b). O Papel Motivador do Trabalho Experimental no Ensino da Química a Alunos Universitários. *Enseñanza de las Ciencias*, Número Extra, VI Congreso Internacional sobre Investigación en la Didáctica de las Ciencias. Barcelona.
- Figueiredo, M. R. D. T.; Viana C. A. N.; Maia, M. E. (s.d.) Teaching and Practical work of Chemistry at the University. *Chemistry Education: Research and Practice* (Submetido para publicação)
- Francisco, J. S. *et al.* (2002). Assessing Student Understanding of General Chemistry with Concept Mapping. *Journal of Chemical Education*, 79 (2), 248-257.
- Francisco, J. S., Gayle, N. & Trautmann, M. (1998). Integrating Multiple Teaching Methods into a General Chemistry Classroom. *Journal of Chemical Education*, 75 (2), 210-213.
- Frazer, M. J. (1982). Solving Chemical Problems. *Chemical Society Reviews*, 11 (2), 171-190
- Freire, A. M. (1993). Um Olhar Sobre o Ensino da Física e da Química nos últimos cinquenta anos. *Revista da Educação*, 3 (1), 37-48.
- Furió, C. J., Iturbe, J. & Reyes, J. V. (1995). ¿Cuánto contaminará una central térmica que funciona con fuel? *Alambique Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 5, 27-36.
- García García, J. J. (2000). La solución de situaciones problemáticas: Una estrategia didáctica para a enseñanza de la Química. *Enseñanza de las Ciencias*, 18 (1), 113-129.

- García Sastre, P; Insausti M. J. & Merino, M. (1999). Propuesta de un modelo de trabajos prácticos de Física en el nivel Universitario. *Enseñanza de las Ciencias*, 17 (3), 533-542.
- García, J. J. & Cañal, P. (1995). ¿Cómo enseñar? Hacia una definición de las estrategias de enseñanza por investigación. *Investigación en la Escuela*, 25, 5-16.
- Garrat, J. & Tomlinson, J. (2001). Experimental design – Can it be taught or learned? *University Chemistry Education*, 5, 74-79.
- Garrett, R. M. (1986). Problem Solving and creativity in Science Education. *Studies in Science Education*, 13, 70-95.
- Garrett, R. M. (1987). Issues in Science Education: problem solving, creativity and originality. *International Journal of Science Education*, 9 (2), 125-137.
- Garrett, R. M. (1988). Resolución de problemas y creatividad: implicaciones para el currículo de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 6 (3), 224-230.
- Garrett, R. M. (1995). Resolver problemas en la enseñanza de las Ciencias. *Alambique Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 5, 6-15.
- Garritz, A. & Chamizo, J. A. (1994). Chemistry Teaching through the Student's World. *Journal of Chemical Education*, 71 (2), 143-145.
- Gee, B. & Clackson, S. G. (1992). The origin of practical work in the English school science curriculum. *School Science Review*, 73 (265), 79-83.
- Ghiglione, R. & Matalon, B. (1992). *O inquérito. Teoria e Prática*. Oeiras: Celta Editora.
- Gil Pérez, D & Martínez Torregrosa (1987). *La resolución de problemas de física: una didáctica alternativa*. Madrid/Barcelona: M.E.C./Ediciones Vicens-Vives.

- Gil Pérez, D. & Martínez Torregrosa, J. & Senent, F. (1988). El fracaso en la resolución de problemas de física: Una investigación orientada por nuevos supuestos. *Enseñanza de las ciencias*, 6, 131-146.
- Gil Pérez, D. & Valdés Castro, P., (1995). Contra la distinción clásica entre «teoría», «prácticas experimentales» y «resolución de problemas»: el estudio de las fuerzas elásticas como ejemplo ilustrativo. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 9, 3-25.
- Gil Pérez, D. & Valdés Castro, P., (1996). La orientación de las prácticas de laboratorio como investigación: Un ejemplo ilustrativo. *Enseñanza de las Ciencias*, 14 (2), 155-163.
- Gil Pérez, D. (1983). Tres paradigmas básicos en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 1, 26-33.
- Gil Pérez, D. (1987). Los programas- guía de actividades: Una concreción del modelo constructivista de aprendizaje de las ciencias. *Investigación en la Escuela*, 3, 3-12.
- Gil Pérez, D. (1993). Contribución de la historia y de la filosofía de las ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza- aprendizaje como investigación. *Enseñanza de las Ciencias*, 11, 197-212.
- Gil Pérez, D. (1994). Relaciones entre conocimiento escolar y conocimiento científico. *Investigación en la Escuela*, 23, 17-32.
- Gil Pérez, D. *et al.* (1992). La didáctica de la resolución de problemas en cuestión: Elaboración de un modelo alternativo. *Didáctica de las ciencias experimentales y sociales*, 6, 73-85.

- Gil Pérez, D. *et al.* (1999). ¿Tiene sentido seguir distinguiendo entre aprendizaje de conceptos, resolución de problemas de lápiz y papel y realización de prácticas de laboratorio? *Enseñanza de las Ciencias*, 17 (2), 311-320.
- Gil Pérez, D., Carrascosa, J., Furió, C., & Martínez Torregrosa, J. (1991). *La enseñanza de las ciencias en la educación secundaria*. Barcelona: ICE. Universitat Autònoma de Barcelona.
- Gil Pérez, D., Martínez- Torregrosa, J.(1983). A model for problem solving in accordance with scientific methodology. *European Journal of Science Education*, 54 (4), 448-457.
- Goedhart, M. & Dierikx, L. (2001). Reflection on investigations by first year university students in chemistry. *Proceedings of 6th ECRICE/2nd ECCE*. Cachapuz, A. CD-ROM ed. Aveiro.
- Gott, R. & Dugann, S. (1995). *Investigative Work in the science Curriculum*. Buckingham: OUP.
- Gott, R.; Welford, G & Foulds, K. (1988), APWIS: Assessment of Practical Work in Science, Basil Blackwell.
- Grawitz, M. (1993). *Méthodes des Sciences Sociales*. 9ª ed. Paris: Éditions Dalloz.
- Gunstone, R. F. & Northfield, J. (1994). Metacognition and learning to teach. *International Journal of Science Education*, 16, 523-537.
- Gunstone, R. F. & White, R. (1981). Understanding of gravity. *Science Education*, 65, 291-299.
- Gutwill-Wise, J. P. (2001). The impact of Active and Context-Based Learning in Introductory Chemistry Courses: An Early Evaluation of the Modular Approach. *Journal of Chemical Education*, 78 (5), 684-690.

- Hammer, D. (1994). Epistemological beliefs in introductory Physics. *Cognition and Instruction*, 12, 151-183.
- Harris, D. C. (1995). *Quantitative Chemical Analysis*, 4ª edição, New York: W.H. Freeman & Comp.
- Hart, C. *et al.* (2000). What is the Purpose of this Experiment? Or Can Students Learn Something from Doing Experiments? *Journal of Research in Science Teaching*, 37 (7), 655-675.
- Heppert, J. *et al.* (2002). Problem Solving in the Chemistry Laboratory. *Journal of College Science Teaching*, 31 (5), 322-325.
- Herron, J.D. (1996). *The Chemistry Classroom- Formulas for Successful Teaching*. Washington: Morehead Sate University, American Chemical Society.
- Hewson, P. & Hewson, M. (1984). The role of conceptual conflict in conceptual change and the design of science instruction. *Instructional Science*, 13, 1-13.
- Hewson, P. W. & Beeth, M. E. (1995). Enseñanza para un cambio conceptual: Ejemplos de fuerza e movimiento. *Enseñanza de las Ciencias*, 13, 25-35.
- Hewson, P. W. & Thorley, N. R. (1989). The conditions of conceptual changes in the classroom. *International Journal of Science Education*, 11, 541-553.
- Hewson, P. W.; Beeth, M. E. & Thorley, N. R. (1998). Teaching for Conceptual Change. in Barry J. Fraser & Kenneth G. Tobin ed. *International Handbook of Science Education*, Part one. London: Kluwer Academic Publishers.
- Hewson, P.W. (1985). Epistemological commitments in the learning of science: Examples for dynamics. *European Journal of Science Education*, 7, 163-172.

- Hodson, D. (1988). Experiments in science teaching. *Educational Philosophy and Theory*, 20 (2), 53-66
- Hodson, D. (1990). A Critical Look at Practical Work in School Science. *School Science Review*, 70 (256), 33-40.
- Hodson, D. (1992a). Assessement of Practical Work-Some Consideration in Philosophy of Science. *Science & Education*, 1, 115-144.
- Hodson, D. (1992b). 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 de laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias*, 12, 299-313.
- Hodson, D. (1996). Practical work in school science: Exploring some Directions for Change. *International Journal of Science Education*, 18 (7), 755-760.
- Hodson, D. (2001). *Research on practical work in school and universities: In pursuit of better questions and better methods*. Proceedings of 6th ECRICE/2nd ECCE. Cachapuz, A. CD-ROM ed. Aveiro
- Hofstein, A. & Lunetta, V. N. (1982). The role of laboratory in science teaching: neglected aspects of research. *Review of Educational Research*, 52, 201-217.
- Hofstein, A. (2001). The development, Implementation and Assessment of Inquiry-Type Experiments in High School Chemistry. *Proceedings of 6th ECRICE/ 2nd ECCE*, Cachapuz, A. CD-ROM ed. Aveiro.

- Hugerat, M. Zidani, S. & Kurtam, N. (2003). Teaching Science Through Research. *Journal of Science Education*. 4 (1), 35-38.
- Hunter, C.; McCosh, R. & Wilkins, H. (2001), Integrating Learning and Assessment in Laboratory Work. *Proceedings of 6th ECRICE/ 2nd ECCE*, Cachapuz, A. CD-ROM ed. Aveiro.
- Hunter, C.; Wardell, S. & Wilkins, H. (2000), Introducing first year students to some skill of investigatory laboratory work, *University Chemistry Education*, 4 (1), 12-15.
- Hunter, C.; Wardell, S. & Wilkins, H. (2001), Introducing investigatory laboratory work to first year students. *Proceedings of 6th ECRICE/ 2nd ECCE*, Cachapuz, A. CD-ROM ed. Aveiro.
- Insausti, M. J. (1997). Análisis de los trabajos prácticos de Química General en un primer curso de Universidad. *Enseñanza de las Ciencias*, 15 (1), 123
- Izquierdo, M.; Sanmartí, N. & Espinet, M. (1999). Fundamentación y diseño de las prácticas escolares de ciencias escolares de ciencias experimentales. *Enseñanza de las Ciencias*, 17 (1), 45-59.
- Janiuk, R. M. (2001). How to Introduce some basic Chemical Concepts in the Constructivist Approach? *Proceedings of 6th ECRICE/ 2nd ECCE*, Cachapuz, A. CD-ROM ed. Aveiro.
- Jeffery, G. H. *et al.* (1992). Vogel – *Análise Química Quantitativa*. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan.
- Jiménez, J. M. S. (1995). Comprender el enunciado. Primera dificultad en la resolución de problemas. *Alambique Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 5, 37-45.

- Johnstone, A. H. & Al-Shuaili, A. (2001). Learning in the laboratory; some thoughts from the literature. *University Chemistry Education*, 5, 42-51.
- Johnstone, A. H. & Letton, K. M. (1990). Investigating undergraduate laboratory work. *Education in Chemistry*, 27 (1), 9-11.
- Johnstone, A. H. & Letton, K. M. (1991). Practical measures for practical work. *Education in Chemistry*, 28 (3), 81-83.
- Johnstone, A. H. (2000). Chemical Education Research: Where from Here? *University Chemistry Education*, 4 (1), 34-38.
- Johnstone, A. H. (2001). Can Problem solving be taught? *University Chemistry Education*, 5, 69-73.
- Johnstone, A. H., & Whan, J. B. (1982). The demand of practical work. *Education in Chemistry*, 19, 71-74.
- Jones, L. *et al.* (1994). Chemical Education Research. The Task Force on Chemical Education Research of the American Chemical Society Division of Chemical Education. *Journal of Chemical Education*, 71 (10), 850-852.
- Josephsen, J. (2001), Elements of experimental work in the Sciences- which are essential to Chemistry, *Proceedings of 6th ECRICE/ 2nd ECCE*, Cachapuz, A. CD-ROM ed. Aveiro.
- Keeler, J. (2000). Comment 2000. *Education in Chemistry*, 37 (4), 95.
- Kempa, R. (1986a). *Assesment in Science*. Cambridge: Cambrigde Science Education Series

- Kempa, R. (1986b). Resolución de problemas de Química y estructura cognoscitiva. *Enseñanza de las Ciencias*, 4 (2), 99-110.
- Kempa, R. (2001). Research and Research Utilization in Chemical Education. *Proceedings of 6<sup>th</sup> ECRICE/ 2<sup>nd</sup> ECCE*, Cachapuz, A. CD-ROM edition, Aveiro.
- Kempa, R. F. & Nicholls, C. E. (1983). Problem solving ability and cognitive structure: an exploratory investigation. *European Journal of Science Education*, 5, 171-184.
- Kenneth, S.L. & Robinson, W. R. (2001). Teaching Science Problem Solving: An Overview of Experimental Work. *Journal of Chemical Education*, 78 (9), 1162-1163.
- Kerr, J. F. (1963). *Practical work in school science: An account of an inquiry into the nature and purpose of practical work in school science teaching in England and Wales*. Leicester: Leicester University Press.
- Kharas, G. B. (1997). A New Investigative Sophomore Organic Laboratory Involving Individual Research Projects. *Journal of Chemical Education*, 74 (7), 829-831.
- Kirkwood, V. & Symington, D. (1996). Lecturer Perceptions of Student Difficulties in a first-year Chemistry Course. *Journal of Chemical Education*, 73 (4), 339-343.
- Kirschner, P.A. (1992). Epistemology, practical work and academic skills in science education. *Science and Education*, 1, 273-299.
- Lazarowitz, R. & Tamir, P. (1994). Research on using laboratory instruction in science, in Dorothy L. Gabel ed. *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*. New York: Macmillan.
- Lederman, N. G. (1992). Students and teachers' conceptions of the nature of science: a review of the research. *Journal of Research in Science Teaching*, 29, 331-359.

Lefour, J. M. (1992). *Sciences & Vie*, 180.

Leite, L. (2000). As actividades laboratoriais e a avaliação das aprendizagens dos alunos *in Trabalho Prático e Experimental na Educação em Ciências*, 91-108. Braga: Departamento de Metodologias da Educação, Instituto de Educação e Psicologia, Universidade do Minho.

Lenox, R.S. (1985). Education for the serendipitous discovery. *Journal of Chemical Education*, 62, 283-285.

Linder, C. (1993). A challenge to conceptual change. *Science Education*, 77, 293-300.

Lledó, A.I. & Cañal, P. (1993). El diseño y desarrollo de materiales curriculares en un modelo investigativo. *Investigación en la Escuela*, 21,10-19.

Lock, R. (1988). A history of practical work in school science and its assessment, 1860-1986. *School Science Review*, 70 (250), 115-119.

Lombardi, O. I. (1997). La pertinencia de la historia en la enseñanza de las ciencias: argumentos y contra argumentos. *Enseñanza de las Ciencias*,15, 343-349.

Lopes, B. & Costa, N. (1996). Modelo de enseñanza-aprendizaje centrado en la resolución de problemas: Fundamentación, presentación e implicaciones educativas. *Enseñanza de las Ciencias*, 14 (1), 45-61.

Mahan, C. (1978). *Química um Curso Universitário*, 2ª Ed, São Paulo: Ed. Edgard Blucher.

Maia Pestana,. M E. (1986). *Students' difficulties with chemical problem solving*. Tese de doutoramento. University of East Anglia.

- Maia, M. E. (2000). Trabalho Experimental no Ensino da Química in *Trabalho Prático e Experimental na Educação em Ciências*, 497- 505. Braga: Departamento de Metodologias da Educação, Instituto de Educação e Psicologia, Universidade do Minho.
- Martínez Aznar, M. M. & Ovejero Morcillo, P. (1997). Resolver o problema abierto: Tefir lanas a partir de productos colorantes naturales. La actividad investigativa par la enseñanza secundaria obligatoria. *Enseñanza de las Ciencias*, 15 (3), 401-422.
- Mazlo, J. *et al.* (2002). What Motivates Students in the Lab?. *Journal of College Science Teaching*, 31 (5), 319-321.
- Mc Niff, J. (1988). *Action Research: Principles and Practice*. London: MacMillan Education.
- Meester, M. A. M. & Maskill, R. (1993). *First-year practical classes in undergraduate chemistry courses in England and Wales*. Londres: The Royal Society of Chemistry.
- Meester, M. A. M. & Maskill, R. (1994). *Second year practical classes in undergraduate chemistry courses in England and Wales*. Londres: The Royal Society of Chemistry.
- Meester, M. A. M. & Maskill, R. (1995a). First-year chemistry practicals at universities in England and Wales: aims and scientific level of the experiments. *International Journal of Science Education*, 17, 575-588.
- Meester, M. A. M. & Maskill, R. (1995b). First-year chemistry practicals at universities in England and Wales: organizational and teaching aspects. *International Journal of Science Education*, 17, 705-719.
- Mellado, V. & Carracedo, D.(1993). Contribuciones de la filosofia de la ciencia a la didáctica de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 11, 331-339.

- Meneses, J. A. (1992). Un modelo didáctico con enfoque constructivista para la enseñanza de la física en el nivel universitario. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 14, 93-106.
- Mettes, C. T.; Pilot, A.; Roossink, H. J. & Kramers-Pals, H. (1980). Teaching and learning problem solving in science (Part I: a general strategy). *Journal of Chemical Education*, 57 (12), 882-885.
- Metz, P. A. (1994). Introduction to the Symposium: What is Research in Chemistry Education? *Journal of Chemical Education*, 71 (3), 180-183.
- Miguéns, M. & Cáceres, S. (2001) The teacher as researcher in the lecture room: an experience of active learning. *Journal of Science Education*, 2 (2), 96-99.
- Miguéns, M. & Garrett, R. M.(1991). Prácticas en la enseñanza de las Ciencias. Problemas y posibilidades. *Enseñanza de las Ciencias*, 9 (3), 229-236.
- Millar, R. (1991). A means to an end: The role of processes in science education, In Woolnough, B. Ed., *Practical Science*, Milton Keynes: Open University Press.
- Moreira, C. D. (1994). *Planeamento e estratégias da investigação social*. Lisboa: Instituto Superior de Ciências Sociais e Políticas.
- Moreira, M. A. & Buchweitz, B. (1993). *Novas estratégias de Ensino e Aprendizagem. Os mapas conceptuais e o Vê epistemológico*. Lisboa: Plátano Edições Técnicas.
- Mulford, D. R. & Robinson, W. R. (2002). An Inventory for Alternate Conceptions among First-Semester General Chemistry Students. *Journal of Chemical Education*, 79 (6), 739-744.

- Neto, A. J. (1995). *Contributos para uma nova didáctica da resolução de problemas: um estudo de orientação metacognitiva em aulas de Física no ensino secundário*. Tese de doutoramento não publicada. Universidade de Évora.
- Nico, J. B. (2000). *Tornar-se estudante universitário(a): Contributo do Conforto Académico na definição de uma estratégia curricular de sucesso*. Tese de doutoramento. Universidade de Évora.
- Novak, J. D. & Gowin, D. B. (1988). *Aprendiendo a aprender*. Barcelona: Martínez Roca
- Novak, J. D. (1982). *Teoría y práctica de la educación*. Madrid: Alianza Universidad.
- Nussbaum, J. & Novick, S. (1982). Alternative frameworks, conceptual conflict and accommodation: towards a principled teaching strategy. *Instructional Science*, 11, 183-200.
- Oliveira, L. (1993). *A responsabilidade social como finalidade na educação em Química*. Dissertação de Mestrado não publicada, Universidade de Évora, Departamento de Pedagogia e Educação, Évora.
- Oppenheim, A. N. (1966). *Questionnaire Design and Attitude Measurement*. London: Open University Set Book.
- Osborne, J. F. (1996). Beyond constructivism. *Science Education*, 80, 53-82.
- Osborne, R. & Freyberg, P. (1985). *Learning Science*. Auckland: Heineman.
- Otero, J. C. & Campanario, J. M. (1990). Comprehension, evaluation and regulation in learning from science texts. *Journal of Research in Science Teaching*, 27, 447-460.

- Overton, T. L. (1997). Creating critical chemists. *University Chemistry Education*, 1, 28-30.
- Overton, T. L. (2001). Teaching Chemists to think: from parrots to professionals. *University Chemistry Education*, 5, 62-68.
- Pedrosa, M. A. (2001). Ensino das Ciências e Trabalhos Práticos – (Re)Conceptualizar... in *Ensino Experimental das Ciências. (Re)pensar o Ensino das Ciências*, 19-33. Lisboa: Ministério da Educação, DES.
- Pella, M. O. (1961). The laboratory and science teaching. *The science teacher*, 28, 20-31.
- Pereira, M. P. (1991) Trabalho Experimental. Finalidades e recursos. *Boletim da SPQ*, 46, 75-79.
- Pestana, M & Gageiro, J. (1998). *Análise de dados para ciências sociais – a complementaridade do SPSS*. Lisboa: Edições Sílabo
- Phelps, A (1994). Qualitative Methodologies in Chemical Education Research. *Journal of Chemical Education*, 71 (3), 191-194.
- Phelps, A. J. (1996). Teaching to enhance problem solving. *Journal of Chemical Education*, 73 (4), 301-307.
- Pickering, M (1980). Are lab courses a waste of time? *Chronicle of Higher Education*, 19, 44-50.
- Pintó, R., Aliberas, J. & Gómez, R. (1996). Tres enfoques de la investigación sobre concepciones alternativas. *Enseñanza de las Ciencias*, 14, 221-232.
- Popper, K. (1992). *Em busca de um mundo melhor*. Lisboa: Ed. Fragmentos.
- Posner, G. J., Strike, K.A., Hewson, P.W. & Gertzog, W.A. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66, 211-227.

- Pozo, J. I. & Carretero, M. (1987). Del pensamiento formal a las concepciones espontáneas: ¿Qué cambia en la enseñanza de la ciencia? *Infancia y aprendizaje*, 38, 35-52.
- Pozo, J. I., Postigo, Y. & Crespo, M. A. G. (1995). Aprendizaje de estrategias para la solución de problemas en ciencias. *Alambique Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 5, 16-26.
- Pozo, J. I., Sanz, A. Gómez, M. A. & Limón, M. (1991). Las ideas de los alumnos sobre la ciencia: Una interpretación desde la psicología cognitiva. *Enseñanza de las Ciencias*, 9, 83-94
- Pribyl, J. R. (1994). Using Surveys and Questionnaires. *Journal of Chemical Education*, 71 (3), 195-196.
- Raghavan, K. & Glaser, R. (1995). Model-based analysis and reasoning in science: The MARS curriculum. *Science Education*, 79, 37-61.
- Reichardt, C. S. & Cook, T. D. (1986). Hacia una superación del enfrentamiento entre los métodos cualitativos y los cuantitativos in Reichardt, C. S. & Cook, T. D. *Métodos cualitativos y cuantitativos en investigación evaluativa*. Madrid: Ediciones Morata.
- Reid, N. (2001). Problem Solving Some New Thoughts and Challenges. Proceedings of 6thECRICE/ 2ndECCE, Cachapuz, A. CD-ROM ed. Aveiro.
- Reigosa Castro, C. E. & Jiménez Aleixandre, M. P. (2000) La Cultura Científica en la Resolución de Problemas en el Laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias*, 18 (2), 275-284.
- Resnick, L. B. (1983). Toward a cognitive theory of instruction, en Paris, S. Olson, G. & Stevenson, H. ed. *Learning and motivation in the classroom*. Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum

- Roth, W. M. & Roychoudhury. (1993). The development of science Process skills in authentic contexts. *Journal of Research in Science Teaching*, 30 (2), 127-152.
- Rowell, J. A. & Dawson, C. J. (1983). Laboratory counter-examples and the growth of understanding in science. *European Journal of Science Education*, 4, 299-309.
- Russel, J., (1982). *Química Geral*. São Paulo: McGraw-Hill,.
- Ryan, J. & Hess, R. (1991). *Handbook of Statistical Procedures and Their Computer Applications to Education and the Behavioural Science*. New York: American Council on Education and McMillan Publishing Company.
- Ryder, J. Science and the public: Teaching about Chemistry on Universities courses. *University Chemistry Education*, 5, 36-38.
- Salcedo Torres, L. E. & García García, J. J. (1997). Los suelos en la enseñanza de la teoría ácido-base de Lewis. Una estrategia didáctica de aprendizaje por investigación. *Enseñanza de las Ciencias*, 15 (1), 59-71.
- Santos, J. Q. (1974). *Aspectos Gerais da Fertilização*. Lisboa: AMPOR.
- Santos, J. Q. (1995). *Fertilização e Poluição*. Lisboa
- Santos, J. Q. (1996). *Fertilização*. Lisboa: Publicações Europa América.
- Santos, M. E. M. (1991). *Mudança conceptual na sala de aula – Um desafio pedagógico*. Lisboa: Livros Horizonte.
- Schmidt, K. G. (1995). Problem-based learning: An introduction. *Instructional Science*, 22, 247-250.

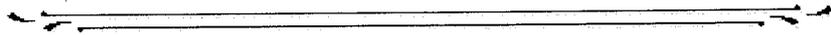
- Schultz, E. (2000). A Chemistry Course with a Laboratory for Non - Science Majors. *Journal of Chemistry Education*, 77 (8), 1001-1006.
- Segura, D. (1991). Una premisa para el cambio conceptual: El cambio metodológico. *Enseñanza de las ciencias*, 9, 175-180.
- Sequeira, M. (1995). *Metodologia do ensino das ciências no contexto Ciência-Tecnologia-Sociedade*. Comunicação apresentada no III Encontro Nacional de Didáctica/Metodologia da Educação, Braga.
- Shibley Jr. I. A. & Zimmaro, D. M. (2002). The Influence of Collaborative Learning on Students Attitudes and Performance in an introductory Chemistry Laboratory. *Journal of Chemical Education*, 79 (6), 745-748.
- Shiland, T. W. (1999). Constructivism: The implications for laboratory work. *Journal of Chemical Education*, 76 (1), 107-109.
- Skoog, D. A; West, D. M. & Holler, F. J. (1996). *Fundamentals of Analytical Chemistry*, 7<sup>th</sup> Edition, Forth Worth: Saunders College Publishing.
- Smith, E. L., Blakeslee, T.D. & Anderson, C.W. (1993). Teaching strategies associated with conceptual change learning in science. *Journal of Research in Science Teaching*, 30, 111-126.
- Solbes, J. & Vilches, A. (1992). El modelo constructivista y las relaciones Ciencia/Técnica /Sociedad (C/T/S). *Enseñanza de las Ciencias*, 10 (2), 181-186.
- Solomon, J. (1994). The Laboratory Comes Age, in Levinson, R. ed. *Teaching Science*. Open University, 7-12.
- Sparks, D. L. (1995). *Environmental soil chemistry*. San Diego: Academic Press.

- Strike, K. A. & Posner, G. J. (1990). A revisionist theory of conceptual change, in Duschl, R. & Hamilton, R. ed. *Philosophy of Science, Cognitive Science and Educational Theory and Practice*. Albany, New York: SUNY Press.
- Svehla, G. (1996). *Vogel's Qualitative Inorganic Analysis*, 7ª edição, New York: Longman Scientific & Technical.
- Taber, K. S. (2000). Chemistry lessons for universities? A review of constructivist ideas. *University Chemistry Education*, 4 (2), 63-72.
- Tamir, P. & Luneta, V. N. (1981). Inquiry related tasks in high school science laboratory handbooks. *Science Education*, 65, 477-484.
- Teixeira, J. M. G. (1996). *Doseamento do Ferro em amostras de Sólidos por Titulação Potenciométrica Redox – Dicromatometria*. Relatório para uma aula prática, Universidade de Évora, Évora.
- Thiberghien, A., Psillos, D., & Koumaras, P. (1995) Physics instruction from epistemological and didactical bases. *Instructional Science*, 22, 423-444.
- Tobin, K. & Fraser, B. J. (1990). What does it mean to be an exemplary science teacher?. *Journal of Research in Science Teaching*, 27, 3-25.
- Tobin, K. (1986). Secondary science laboratory activities. *European Journal of Science Education*, 8, 199-211.
- Toothacker, W. S. (1983). A critical look at introductory laboratory instruction. *American Journal of Physics*, 51, 516-520.
- Tsaparlis, G. & Kampourakis, K. (2001). A preliminary study of the effect of a practical activity on problem solving in chemistry. *Proceedings of 6th ECRICE/ 2nd ECCE*, Cachapuz, A. CD-ROM ed. Aveiro.

- Valadares, J. & Costa Pereira, D. (1991). *Didáctica da Física e da Química*, I. Lisboa: Universidade Aberta.
- Valente, M. O., Neto, A. J. & Valente, M. (1989). Resolução de problemas em Física: necessidade de uma ruptura com a didáctica tradicional. *Gazeta de Física*, 12 (3), 70-78.
- Varela Nieto, M. P. & Martínez Aznar, M. M. (1997). Una estrategia de Cambio Conceptual en la enseñanza de la Física: La resolución de problemas como actividad de investigación. *Enseñanza de las Ciencias*, 15 (2), 173-188.
- Viana, C. A.V. (1967-1968). Termodinâmica e Cinética de Reacções de Hidrólise. *Revista da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa*, 2ª série, Vol XI, 23-50.
- Vygotsky, L. S. (1979). *El desarrollo de los procesos psicológicos superiores*. Barcelona: Editorial Crítica. (Tradução do original russo).
- Vygotsky, L. S. (1986). *Pensamiento y language*. Buenos Aires: Editorial la Pléyade. (Tradução do original russo).
- Walton, P. H. (2002). On the use of chemical demonstrations in lectures. *University Chemistry Education*. 6, 22-27.
- Watson, J. R. (1994). Students' engagement in practical problem solving: a case study. *International Journal of Science Education*, 16 (1), 27-43.
- Watson, J. R. & Prieto, T. (1994). Secondary science in England and Spain. *Education in Chemistry*, 31, 40-41.
- Watson, J. R.; Prieto, T. & Dillon, J. S. (1995). The effects of practical work on students' understanding of combustion. *Journal of Research in Science Teaching*, 32, 487-502.

- Watson, R. & Fairbrother, B. (1993). Open – ended work in Science (OPENS) Project: managing investigations in the laboratory. *School Science Review*, 75 (271), 31-38.
- Watts, M. & West, A. (1992). Progress through problems, not recipes for disaster. *School Science Review*, 73 (265), 57-65.
- West, L. H. T. & Pines, A. L. (1983). How «rational» is rationality?. *Science Education*, 67, 37-39.
- White, R. T. (1979). Relevance of practical work to the comprehension of physics. *Physics Education*, 14, 384-387.
- White, R. T. (1991). Episodes and the purpose and conduct of practical work. In Woolnough, B. Ed., *Practical Science. The role and reality of practical work in school science*. Milton Keynes: Open University Press.
- Woolnough, B. & Allsop, T. (1985). *Practical Work in Science*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Woolnough, B. (1991). Setting the scene. In Woolnough, B. Ed., *Practical Science*, Milton Keynes: Open University Press.
- Yager, R. E. & Lutz, M. V. (1994). Integrated Science: The importance of “How” Versus “What”. *School Science and Mathematics*, 94 (7), 338-346.
- Yates, P. C. (1998). Improving Students’ Data Analysis Skills in the Laboratory. *University Chemistry Education*, 2 (2), 37-39.

# **ANEXOS**





# **ANEXO I**

## **PROGRAMA DA DISCIPLINA DE QUÍMICA I**





**UNIVERSIDADE DE ÉVORA**  
**DEPARTAMENTO DE QUÍMICA**

**DISCIPLINA DE QUÍMICA / QUÍMICA I / N.B.Q.**

**Ano 98/99**

**-Programa da Disciplina**

*Teórica*

*Prática não-laboratorial*

*Prática laboratorial*

- Calendarização**
- Bibliografia**
- Avaliação**
- Datas de Avaliação**
- Horário de Atendimento dos Docentes**

## CONTEÚDOS PROGRAMÁTICOS DA COMPONENTE TEÓRICA

### 1. LIGAÇÃO QUÍMICA

#### 1.1. Ligação iónica

Símbolo de Lewis para átomos e iões

Energia de rede cristalina

Número de coordenação

Propriedades dos compostos iónicos

#### 1.2. Ligação covalente

Regra do octeto e estrutura de Lewis

Conceito de carga formal

Conceito de ressonância

Excepções à regra do octeto

Bases e ácidos de Lewis

Ligação covalente coordenada - complexos e quelatos

Teoria da ligação de valência e teoria das orbitais moleculares

Hibridação das orbitais atómicas  $sp^3$ ,  $sp^2$ ,  $sp$

Configuração das orbitais moleculares

Geometria molecular

Modelo de repulsão dos pares electrónicos da camada de valência

Moléculas sem pares não ligantes no átomo central

Moléculas com pares não ligantes no átomo central

Distribuição de cargas nas moléculas - momento dipolar

Força da ligação covalente

Propriedades dos compostos covalentes

#### 1.3. Ligação metálica

Propriedades dos metais

#### 1.4. Ligação química e estados físicos da matéria

#### 1.5. Forças intermoleculares

#### 1.6. Ligação por pontes de hidrogénio

## **2. SOLUÇÕES**

- 2.1. Tipos de soluções. Solvente e soluto
- 2.2. Unidades de concentração das soluções
- 2.3. Perspectiva molecular do processo de dissolução
  - Solvatação
  - Dissociação dos compostos iónicos
  - Ionização dos compostos covalentes polares - constante dieléctrica do solvente
- 2.4. Efeito da temperatura na solubilidade
- 2.5. Efeito da pressão na solubilidade de gases
  - Lei de Henry
- 2.6. Propriedades coligativas de soluções de não electrólitos
- 2.7. Propriedades coligativas de soluções de electrólitos
  - Factor de van't Hoff

## **3. TERMODINÂMICA QUÍMICA**

- 3.1. Primeira lei da termodinâmica
  - Sistema, meio exterior e universo
  - Sistema aberto, fechado e isolado
  - Estado de um sistema - propriedades e funções de estado
  - Calor, trabalho e variação de energia - convenção de sinais
  - Transferência de calor a volume constante e a pressão constante
  - Entalpia e calorimetria
  - Processos endotérmicos e processos exotérmicos
- 3.2. Variação de entalpia das transformações químicas
  - Entalpia de reacção e entalpia padrão de reacção
  - Entalpia de formação
  - Combinando entalpias de reacção - lei de Hess
- 3.3. Segunda lei da termodinâmica
  - Direcção das transformações espontâneas
  - Variação da entropia do universo
  - Entropia e desordem

### 3.4. Terceira lei da termodinâmica

Valor absoluto de entropia

Interpretação molecular de entropia

### 3.5. Energia de Gibbs

Varição da energia de Gibbs do sistema e transformação espontânea

Varição da energia de Gibbs e equilíbrio

Varição de entalpia, entropia e energia de Gibbs nas mudanças de estado e nas reacções químicas

Varição da constante de equilíbrio de reacções endotérmicas e de reacções exotérmicas com a temperatura

## 4. EQUILÍBRIO QUÍMICO

### 4.1. Definição de equilíbrio químico

Equilíbrio homogéneo

Equilíbrio heterogéneo

Equilíbrio múltiplo

### 4.2. Informações com base na constante de equilíbrio

Sentido da reacção

Estimativa das concentrações de equilíbrio

### 4.3. Propriedades que afectam o equilíbrio químico

Princípio de Le Chatelier

Varição das concentrações

Variações no volume e na pressão

Varição na temperatura

## 5. EQUILÍBRIOS IÓNICOS EM SISTEMAS HOMOGÉNEOS- ÁCIDOS-BASES

### 5.1. Propriedades dos ácidos e bases

Ácidos e bases segundo Brønsted-Lowry - pares ácido-base conjugados

Propriedades ácido-base da água - produto iónico da água

A escala de pH

Forças de ácidos e bases

### 5.2. Equilíbrio ácido-base

---

Ácidos fracos e constante de ionização  
Bases fracas e constante de ionização  
A relação entre o par conjugado ácido-base e a constante de ionização  
Ácidos dipróticos e ácidos polipróticos  
Propriedades ácido-base dos sais  
Efeito do ião comum  
Soluções tampão  
Indicadores ácido-base

## **6. EQUILÍBRIO EM SISTEMAS HETEROGÉNEOS**

### **6.1. Solubilidade de sais em água**

Constante do produto de solubilidade  
Determinação da solubilidade de sais  
A formação de precipitados  
O efeito do ião comum  
A solubilização de precipitados

### **6.2. Estabilidade de complexos em solução aquosa**

A constante de instabilidade de um complexo  
O papel dos complexos na dissolução de precipitados - compostos de coordenação  
Nomenclatura dos compostos de coordenação

### **6.3. Reacções de oxidação-redução**

Número de oxidação  
Pares redox - oxidante e redutor  
Exemplos de reacções de oxidação-redução - reacções redox  
Acerto de reacções redox

## **7. ELECTROQUÍMICA**

### **7.1. Células electroquímicas**

Célula electrolítica  
Pilhas galvânicas  
Diagrama de representação de uma pilha galvânica

### **7.2. Potencial de eléctrodo**

### **7.3. Força electromotriz de uma pilha**

Espontaneidade das reacções redox

Efeito da concentração na força electromotriz de uma pilha - equação de Nernst

7.4. A influência do pH nos potenciais redox

## 8. CINÉTICA QUÍMICA

8.1. Velocidade de reacção

Constante de velocidade

Estequiometria e velocidade reaccional

Influência da concentração sobre a velocidade reaccional

8.2. Equações cinéticas

Relação entre o tempo,  $t$ , e a concentração dos reagentes - ordem das reacções

8.3. Molecularidade e ordem de reacção

8.4. Mecanismos de reacção

Teoria das colisões

Teoria do complexo activado

Energia de activação e influência da temperatura

8.5. Variação da constante de velocidade com a temperatura - equação de Arrhenius

8.6. Catálise

Catálise homogénea

Catálise heterogénea

## **CONTEÚDOS PROGRAMÁTICOS DA COMPONENTE PRÁTICA NÃO-LABORATORIAL**

### **NOMENCLATURA**

Nomenclatura das substâncias orgânicas e inorgânicas.

### **SOLUÇÕES E SUAS PROPRIEDADES**

Resolução de problemas de aplicação das leis de Raoult, Henry e Dalton.

Propriedades Coligativas.

### **TERMODINÂMICA E TERMOQUÍMICA**

Resolução de problemas de aplicação dos Princípios da Termodinâmica.

Resolução de problemas sobre a Lei de Hess.

### **EQUILÍBRIO QUÍMICO**

Aplicação do Princípio de Le Chatelier.

Resolução de problemas envolvendo constantes de equilíbrio e concentrações no equilíbrio.

### **EQUILÍBRIO IÔNICO EM SISTEMAS HOMOGÊNEOS - ÁCIDOS E BASES**

Cálculos envolvendo  $K_a$  e  $pK_a$ ,  $K_b$  e  $pK_b$ ,  $K_w$  e  $pK_w$ .

Problemas de pH.

Determinação de pH de soluções tampão.

Cálculos para preparação de soluções tampão.

## **EQUILÍBRIO HETEROGÉNEO - SAIS POUCO SOLÚVEIS E COMPLEXOS**

Solubilidade de um sal. Constante do produto de solubilidade (Kps).

Resolução de problemas sobre os efeitos do ião comum e da formação de complexos na solubilidade de um sal.

Constantes de estabilidade e instabilidade de iões complexos.

## **REACÇÕES REDOX**

Conceitos de oxidação e de redução, oxidante e redutor. Sua aplicação.

Determinação de números de oxidação de elementos em compostos.

Acerto de equações redox

Determinação do título de uma solução por titulação redox.

## **ELECTROQUÍMICA**

Resolução de problemas sobre a Lei de Nernst.

Resolução de problemas tendo em conta a relação entre a energia livre de Gibbs, potencial da célula e constante de equilíbrio.

## **CINÉTICA QUÍMICA**

Resolução de problemas sobre lei da velocidade, constante de velocidade e ordem de uma reacção química.

Resolução de problemas sobre a equação de Arrhenius.

Resolução de problemas sobre mecanismos da reacção.

---

## CONTEÚDOS PROGRAMÁTICOS DA COMPONENTE PRÁTICA LABORATORIAL

### TÉCNICAS LABORATORIAIS

Normas de segurança a ter em conta quando se trabalha num laboratório de Química.

Material corrente existente num laboratório de química e sua utilização adequada.

Pesagem e medição de volumes

### UNIDADES DE CONCENTRAÇÃO DE SOLUÇÕES

Massa atómica relativa, massa molecular relativa e massa molar.

Unidades de concentração de soluções.

Cálculos para determinar a concentração de uma solução.

Cálculos para preparar uma solução de determinada concentração.

### PREPARAÇÃO DE SOLUÇÕES

Cálculos e preparação de soluções sólido-líquido e líquido-líquido para utilização em trabalhos posteriores.

### ENTALPIA DE UMA REACÇÃO

Determinação da variação de entalpia de neutralização do ácido clorídrico e do ácido sulfúrico.

### PRINCÍPIO DE LE CHATELIER

Aplicação do Princípio de Le Chatelier ao equilíbrio homogéneo  $\text{CrO}_4^{2-} / \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$  e o ao equilíbrio heterogéneo  $\text{BaCrO}_4 /$  seus iões em solução aquosa.

## **VOLUMETRIA ÁCIDO-BASE**

Determinação do título rigoroso de uma solução de hidróxido de sódio.

Indicadores.

Determinação do teor de acidez em gorduras.

## **SOLUÇÕES TAMPÃO**

Preparação de uma solução tampão ácido acético-acetato de sódio a partir de soluções de ácido acético e acetato de sódio.

Estudo da variação de pH deste tampão após a adição de ácido ou base forte.

## **TITULAÇÃO REDOX**

Titulação de uma solução de tiosulfato de sódio por iodometria.

Cálculo do título da solução.

## **CINÉTICA QUÍMICA**

Determinação da constante de velocidade para a reacção de decomposição do peróxido de hidrogénio.

## CALENDARIZAÇÃO

<b>Semana</b>	<b>Prática não-laboratorial</b>	<b>Prática laboratorial</b>
6-9 Outubro	-	-
12-16	Nomenclatura	-
19-23	Nomenclatura	Apresentação Segurança e Material de Laboratório
26-30	Soluções	Cálculos Concentração
2-6 Novembro	Termoquímica	Cálculos Concentração e Preparação Soluções
9-13	Termoquímica	Entalpia
16-20	Equilíbrio Químico	Princípio Le Chatelier
23-27	Ácido Base	Ácido-Base
30 Nov-4 Dezembro	Ácido Base	Feriado (Frequência)
7-11	Equilíbrio Heterogéneo	-
14-18	Oxidação Redução	Soluções Tampão
4-8 Janeiro	Electroquímica	Oxidação Redução
11-15	Cinética	Cinética

## BIBLIOGRAFIA

Chang, R., 1994. Química. 5ª Ed., McGraw-Hill, Tradução portuguesa por Ramos, J.M. e outros. I.S.T.

Atkins, P. W. e Jones, L., 1997, Chemistry: molecules, matter, and change, 3ª Ed., W. H. Freeman and Company, New York

Atkins, P.W. e Beran, J.A., 1992, General Chemistry, 2ª Ed., Scientific American Books, New York.

Russel, J., 1982, Química Geral, McGraw-Hill, São Paulo.

Brady, J., 1981, Química Geral, LTC Editora S. A., Rio de Janeiro.

Mahan, C., 1978, Química um Curso Universitário, 2ª Edição, Ed. Edgard Blucher, São Paulo.

## AVALIAÇÃO DE CONHECIMENTOS

A **nota final** da disciplina será o resultante da média ponderada da componente teórica e da componente prática. **Os alunos ficarão aprovados caso as classificações das componentes, prática e teórica, forem positivas.**

A **nota da componente teórica**, para os alunos que optem pela frequência, será a média aritmética das duas frequências; para os alunos que optem pelo exame final, será a nota do exame final. O aluno, que optar pela frequência, terá de obter média positiva nas duas frequências, não obtendo em nenhuma nota inferior a oito (8) valores. Os alunos que obtiverem classificação inferior a oito (8) valores na primeira frequência serão automaticamente remetidos para exame final.

A **nota da componente prática**, para os alunos que obrigatoriamente têm de frequentar as aulas práticas (laboratoriais e não-laboratoriais), será o resultante da média aritmética da avaliação contínua nas aulas práticas; para os alunos dispensados das aulas práticas, será a classificação prática obtida nos anos lectivos transactos.

**Classificação final = 0,8xNota teórica + 0,2xNota prática**

## **DATAS DE AVALIAÇÃO**

### **1ª FREQUÊNCIA**

**2 de Dezembro de 1998, 20:30 h**

Engenharia Agrícola, Engenharia Recursos Geológicos, Engenharia Biofísica e Engenharia dos Recursos Hídricos.

**3 de Dezembro de 1998, 20:30 h**

Arq. Paisagista, Biologia, Ciências do Ambiente, Engenharia Zootécnica, e Ensino de Biologia e Geologia.

### **2ª FREQUÊNCIA / EXAME FINAL**

**1ª Chamada: 26 de Janeiro de 1999, 10h**

**2ª Chamada:**

**11 de Fevereiro de 1999, 10h**

Arq. Paisagista, Biologia, Ciências do Ambiente, Engenharia Zootécnica, e Ensino de Biologia e Geologia.

**12 de Fevereiro de 1999, 10h**

Engenharia Agrícola, Engenharia Recursos Geológicos, Engenharia Biofísica e Engenharia dos Recursos Hídricos.

### **EXAME DE RECURSO ANTECIPADO**

**9 de Julho de 1999, 10h**

### **EXAME DE RECURSO**

**22 de Setembro de 1999, 10h**

**HORÁRIO DE ATENDIMENTO DOS DOCENTES**

<b>Docente</b>	<b>Horário de Atendimento</b>
<b>Responsável pela Disciplina:</b> Professor Doutor António Manuel Neto Vaz	Quarta-Feira 9:30- 12:30 h
Professor Doutor Vítor Hugo Palma Rosa	Quinta-Feira 10- 13 h
Dr. António Pereira	Sexta-Feira 10- 12 h
Dr. António Teixeira	Quinta-Feira 11- 13 h
Dr. <sup>a</sup> Célia Antunes	Quinta-Feira 11- 13 h
Dr. <sup>a</sup> Dora Martins Teixeira	Terça-Feira 11-13 h
Dr. Henrique Chaveiro	Quinta-Feira 16-17 h
Dr. Henrique Vicente	Quinta-Feira 10-11 e 15-16 h
Dr. <sup>a</sup> Margarida Figueiredo	Quinta-Feira 16-18 h
Dr. <sup>a</sup> Rosário Martins	Segunda-Feira 14-16 h

## **ANEXO II**

**Q/T – QUESTIONÁRIO/TESTE DIAGNÓSTICO**







## QUÍMICA I

### Questionário/ Teste diagnóstico

No Desenvolvimento do projecto de investigação em que estamos envolvidos, pretendemos fazer um levantamento inicial dos conhecimentos em Química que possuem os alunos que frequentam a primeira disciplina de Química do plano curricular do respectivo curso. Nesse sentido, solicitamos a sua colaboração, agradecendo a resposta a este pequeno teste.

Asseguramos a confidencialidade das respostas e a não utilização das mesmas para efeitos de avaliação.  
MUITO OBRIGADO!

1-Sexo F  M  2-Estado Civil \_\_\_\_\_ 3-Idade \_\_\_\_\_

4-Universidade \_\_\_\_\_

5- Curso \_\_\_\_\_ 6- Ano em que entrou na Universidade \_\_\_\_\_

7- Situação profissional: Só estuda  Estuda e trabalha  Outra  Qual \_\_\_\_\_

8 - Anos em que frequentou a disciplina de 8º ano 9º ano 10º ano 11º ano  
Ciências Físico-Químicas:

8.1 - Nos anos em que frequentou a disciplina de Ciências Físico-Químicas:  
8º ano 9º ano 10º ano 11º ano

8.1.1 - foi leccionada maioritariamente Química

8.1.2 - foi leccionada maioritariamente Física

8.1.3 - foram leccionadas equitativamente Física e Química

8.2- Anos em que obteve aprovação na disciplina de: 8º ano  9º ano  10º ano  11º ano   
Ciências Físico-Químicas

9 - Frequentou a disciplina de Química no 12º ano? Sim  Não

10- Classificação com que se candidatou à Universidade \_\_\_\_\_

11- O curso que frequenta foi: 1ª opção  2ª opção  3ª opção  Outra  Qual \_\_\_\_\_

12- A Universidade que frequenta foi: 1ª opção  2ª opção  3ª opção  Outra  Qual \_\_\_\_\_

13- Já frequentou, anteriormente, outra Universidade? Sim  Não  Qual \_\_\_\_\_

O presente teste é constituído por duas partes.

Na **I PARTE** deve posicionar numa escala de 1 a 5 o seu conhecimento sobre as matérias que aí estão indicadas, de acordo com a seguinte tabela:

- |    |                                     |
|----|-------------------------------------|
| 1- | não sei nada sobre essa matéria     |
| 2- | sei muito pouco sobre essa matéria  |
| 3- | sei pouco sobre essa matéria        |
| 4- | sei alguma coisa sobre essa matéria |
| 5- | sei muito sobre essa matéria        |

Na **II PARTE** deve assinalar com um **V** as afirmações verdadeiras e com um **F** as afirmações falsas.

### I PARTE

	1	2	3	4	5
Ligação química	<input type="checkbox"/>				
Estados de agregação da matéria	<input type="checkbox"/>				
Soluções	<input type="checkbox"/>				
Equilíbrio Químico	<input type="checkbox"/>				
Reacções ácido-base	<input type="checkbox"/>				
Reacções de oxidação-redução	<input type="checkbox"/>				
Equilíbrio de Precipitação	<input type="checkbox"/>				
Termodinâmica do equilíbrio	<input type="checkbox"/>				
Electroquímica	<input type="checkbox"/>				
Velocidade das reacções químicas (Cinética Química)	<input type="checkbox"/>				

### II PARTE

1-As substâncias são formadas à custa de diversos tipos de ligações químicas que se estabelecem entre as entidades atómicas ou moleculares que as formam.

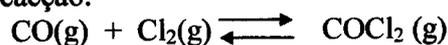
Sobre essas ligações podemos dizer que:

- Quanto menor for a diferença de electronegatividade entre dois átomos ligados entre si, maior é o carácter iónico da ligação.
- A ligação covalente do tipo ( $\sigma$ ) resulta de sobreposição de orbitais atómicas.
- Uma ligação covalente tripla entre dois átomos apresenta um comprimento de ligação menor do que uma ligação covalente simples entre os mesmos átomos.
- Os compostos sólidos apresentam um único tipo de ligação química, a ligação iónica

2-Recorde o que aprendeu sobre as propriedades das soluções e classifique as seguintes afirmações:

- A temperatura de ebulição de uma solução aquosa de cloreto de sódio é mais baixa que a temperatura de ebulição da água, à pressão atmosférica normal.
- A pressão de vapor de uma solução aquosa diminui quando a temperatura aumenta.
- A uma determinada temperatura, a pressão de vapor do álcool é inferior à pressão de vapor da água.
- Soluções equimolares de glicose e sacarose no mesmo solvente apresentam a mesma pressão de vapor a uma determinada temperatura.

3-Considere a seguinte reacção:

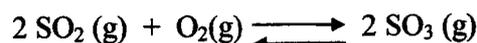


$$\Delta H_r^\circ = -112,78 \text{ KJmol}^{-1} \quad K_c = 1,68 \times 10^{16}$$

De acordo com os dados fornecidos pode afirmar-se:

- que a reacção directa é muito rápida.
- que a reacção directa é exotérmica.
- que a reacção directa é muito extensa.
- que ao atingir o equilíbrio apenas temos no vaso reaccional  $\text{COCl}_2$ .

4-Considere a seguinte reacção exotérmica em equilíbrio



e classifique as seguintes afirmações:

- A adição de oxigénio à mistura reaccional provoca a evolução da reacção no sentido directo.
- Um aumento da pressão total dos gases não afecta a posição de equilíbrio.
- A adição de um catalisador provoca a evolução da reacção no sentido directo.
- Um aumento de temperatura favorece a formação de produtos.

5-Considere as soluções

- A- solução de cloreto de sódio(NaCl), 0,2 M
- B- solução de cloreto de amónio(NH<sub>4</sub>Cl), 0,2 M
- C- solução de ácido clorídrico(HCl), 0,01 M
- D- solução de ácido acético(CH<sub>3</sub>COOH), 0,01 M

e classifique as seguintes afirmações:

- A e B são soluções de sais.
- A e B têm pH aproximadamente igual a 7.
- A concentração em iões H<sub>3</sub>O<sup>+</sup> é igual em C e D.
- C e D têm pH menor que 7

6-Considere dois sais pouco solúveis que a, 25°C, apresentam os seguintes valores de produto de solubilidade:

$$K_s (\text{AgCl}) = 1,6 \times 10^{-10}$$

$$K_s (\text{AgI}) = 8,3 \times 10^{-17}$$

e classifique as seguintes afirmações:

- O cloreto de prata é mais solúvel em água do que o iodeto de prata.
- A solubilidade dos dois sais diminui quando se adiciona um pouco de cloreto de sódio.
- Se aumentarmos a temperatura, a solubilidade varia.
- A concentração de iões prata é igual nas duas soluções quando saturadas.

7-Um método de obter cobre metálico consiste em fazer passar lentamente uma solução que contém iões Cu<sup>2+</sup> sobre sucata de ferro.

$$\varepsilon^\circ(\text{Fe}^{2+} / \text{Fe}) = - 0,44 \text{ V}$$

$$\varepsilon^\circ(\text{Cu}^{2+} / \text{Cu}) = 0,34 \text{ V}$$

Classifique as seguintes afirmações:

- Os iões Cu<sup>2+</sup> da solução são reduzidos pelo ferro.
- O cobre é um redutor mais forte do que o ferro.
- No final do processo a quantidade de ferro metálico é maior.
- A concentração de iões Cu<sup>2+</sup> aumenta ao longo do processo.

## **ANEXO III**

**QF – QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO  
FINAL DA METODOLOGIA SEGUIDA NAS  
AULAS LABORATORIAIS**

---



**QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO FINAL DA METODOLOGIA SEGUIDA NAS AULAS  
LABORATORIAIS DE QUÍMICA I**

O presente questionário destina-se a recolher a opinião dos alunos sobre a disciplina de Química I, nomeadamente no que se refere à sua componente laboratorial.

Por favor responda com a máxima sinceridade, de acordo com a opinião que tem, independentemente daquela que acha que seria correcto manifestar.

Asseguramos a confidencialidade e o anonimato das respostas e agradecemos desde já a sua colaboração. **MUITO OBRIGADO!**

1- Sexo F <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/>
2 - Idade _____
3 - Curso _____
4 - Ano em que entrou na Universidade _____
5 - Classificação com que se candidatou à Universidade _____
6 - O curso que frequenta foi: 1ª opção <input type="checkbox"/> 2ª opção <input type="checkbox"/> 3ª opção <input type="checkbox"/> Outra <input type="checkbox"/>
7 - A Universidade que frequenta foi: 1ª opção <input type="checkbox"/> 2ª opção <input type="checkbox"/> 3ª opção <input type="checkbox"/> Outra <input type="checkbox"/>
8 - Já frequentou, anteriormente, outra Universidade? Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Qual _____
9 - Já frequentou, anteriormente, outro Curso? Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Qual _____
10 - Frequentou as aulas práticas de Química I : Em 98/99 <input type="checkbox"/> Em 99/00 <input type="checkbox"/>
11 - Já obteve aprovação na disciplina de Química I? Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>
12 - Obteve aprovação na disciplina de Química I: Antes de 98/99 <input type="checkbox"/> Em 98/99 <input type="checkbox"/> Em 99/00 <input type="checkbox"/> Depois de 99/00 <input type="checkbox"/>

Vão surgir-lhe a seguir vinte afirmações relacionadas com a disciplina de Química I que frequentou. Para cada uma delas deve assinalar, com uma cruz, a posição que melhor traduz o que pensa, de acordo com a seguinte chave:

TD Totalmente em Desacordo  
 D Em Desacordo  
 A/D Por vezes em Acordo e por vezes em Desacordo  
 A De Acordo  
 TA Totalmente de Acordo

		TD	D	A/D	A	TA
1	As aprendizagens que eu fiz nesta disciplina foram-me úteis para outras disciplinas do curso.					
2	As aulas laboratoriais não têm grande interesse quando apenas tenho que seguir instruções.					
3	As aulas laboratoriais foram essenciais para a aprendizagem de algumas matérias de Química.					
4	Consegui adquirir conhecimentos de outras disciplinas usando as aprendizagens feitas na Química I.					
5	O fornecimento de uma técnica experimental tipo receita impede o aluno de fazer algumas aprendizagens.					
6	Nada do que aprendi nesta disciplina me foi útil em disciplinas mais avançadas.					
7	Nas sessões destinadas à elaboração dos projectos experimentais fiz aprendizagens importantes.					
8	Nos trabalhos práticos é importante incluir problemas abertos.					
9	Os trabalhos práticos devem servir apenas para os alunos aprenderem alguns procedimentos usados no laboratório.					
10	A realização de trabalhos ligados à área do curso motivou-me para o estudo da Química.					
11	A possibilidade de participar na elaboração dos projectos experimentais facilitou-me algumas aprendizagens sobre a construção da Ciência.					
12	Nos problemas abertos a participação do aluno é importante.					
13	A componente laboratorial foi uma perda de tempo.					
14	As aulas laboratoriais foram um contributo importante para a minha formação científica.					

		TD	D	A/D	A	TA
15	Sem a componente laboratorial ter-me-ia sido mais difícil aprender Química.					
16	O número de trabalhos realizados foi demasiadamente reduzido.					
17	Nas aulas laboratoriais não consegui aprender nada.					
18	O aluno deve limitar-se a seguir as instruções fornecidas e a obter bons resultados.					
19	Sem as aulas laboratoriais teria sido mais difícil sentir-me motivado para estudar química.					
20	Eu adquiri a minha formação científica nas aulas teóricas e não nas aulas laboratoriais.					

Em seguida expresse a sua opinião sobre a componente laboratorial da disciplina de Química I, que frequentou, abordando cada um dos aspectos indicados:

*i-* Os trabalhos realizados

---



---



---



---

*ii-* A metodologia seguida na elaboração dos projectos

---



---



---



---

*iii-* A metodologia seguida na execução experimental

---



---



---



---

*iv-* A motivação para o estudo da Química

---



---



---



---

v- A motivação para o prosseguimento do curso

---

---

---

---

vi- A aprendizagem da Química

---

---

---

---

vii- Outras aprendizagens realizadas

---

---

---

---

viii- A utilidade, noutras disciplinas do curso, das aprendizagens que fez

---

---

---

---

ix- A utilidade, na futura profissão, das aprendizagens que fez

---

---

---

---

x- A compreensão do processo de construção da Ciência

---

---

---

---

Muito Obrigado!

## **ANEXO IV**

**ESTRUTURA DO QUESTIONÁRIO QF**  
**Focos de investigação, categorias e sub-categorias**  
**de análise**

---



**Questionário de avaliação final da metodologia seguida nas aulas laboratoriais**  
**Focos de investigação, categorias, subcategorias e número das questões**

FOCOS DE INVESTIGAÇÃO	CATEGORIAS	SUBCATEGORIAS	Número das questões
Tipo de abordagem ao trabalho experimental	I- Número e tipo de trabalhos realizados	<b>A1 - Interessantes</b> <b>A2 - Importantes</b> <b>A3 - Relacionados com o curso</b> <b>A4 - Motivadores</b> <b>A5 - Relacionados e/ou complemento da teórica</b> <b>A6 - Fáceis</b> <b>A7 - Adequados à comp. prática</b> <b>A8 - Contributo para formação científica</b> <b>A9 - Problemas</b> <b>A10 - Extensos</b> <b>A11 - Poucos</b> <b>A12 - Não motivaram</b> <b>A13 - Falta de relação com o curso</b> <b>A14 - Falta de ligação com a teórica</b> <b>A15- Aprendizagem insuficiente</b> <b>A16 - Não me recordo dos trabalhos</b>	8, 12, 16, <i>i</i>
	II- Metodologia seguida na elaboração dos projectos	<b>B1 - proporcionou aprendizagens</b> <b>B2 - Interessante</b> <b>B3 - Adequada</b> <b>B4 - Deu muito trabalho</b> <b>B5 - Fácil</b> <b>B6 - Útil</b> <b>B7 - Eficaz</b> <b>B8 - Essencial para perceber a execução experimental</b> <b>B9 - Motivadora</b> <b>B10 - Devia existir sempre</b> <b>B11 - Difícil</b> <b>B12 - Precisava de mais tempo</b>	7, <i>ii, iii</i>
	III- Metodologia seguida na execução experimental	<b>C1 - proporcionou aprendizagens</b> <b>C2 - Interessante</b> <b>C3 - Adequada</b> <b>C4 - Fácil</b> <b>C5 - Útil</b> <b>C6 - Eficaz</b> <b>C7 - Motivadora</b> <b>C8 - Precisava de mais tempo</b> <b>C9 - Falta de apoio aos alunos</b>	2, 5, 9, 18

		<b>C10</b> - Podia ser melhor <b>C11</b> - Falta de motivação <b>C12</b> - houve pouca participação dos alunos	
Motivação	<b>IV</b> - Motivação para estudar Química  <b>V</b> - Motivação para o prosseguimento do curso	<b>D1</b> - Houve bastante motivação <b>D2</b> - Alguma motivação <b>D3</b> - Pouca motivação <b>D4</b> - A motivação é feita nas aulas teóricas <b>D5</b> - Não me senti motivado  <b>E1</b> - Influência positiva na motivação <b>E2</b> - Influência negativa na motivação <b>E3</b> - A influência podia ser maior <b>E4</b> - Não houve influência nenhuma	10, 19, <i>iv</i>  <i>v</i>
Aprendizagem	<b>VI</b> - Aprendizagem de matérias de Química  <b>VII</b> - Outras aprendizagens	<b>F1</b> - Houve aprendizagem <b>F2</b> - Podia ter havido mais aprendizagem <b>F3</b> - Complemento da aprendizagem feita na teórica <b>F4</b> - Não houve aprendizagem  <b>G1</b> -Aprendizagens não especificadas <b>G2</b> -No domínio do método científico <b>G3</b> -Trabalho em laboratório <b>G4</b> -Trabalho em grupo <b>G5</b> -Elaboração de relatórios <b>G6</b> -Resolução de problemas <b>G7</b> -Controle de variáveis <b>G8</b> -Pesquisa bibliográfica <b>G9</b> -Métodos de estudo e/ou trabalho <b>G10</b> -Não se efectuaram outras aprendizagens	3, 15, 17, <i>vi</i>  13, <i>vii</i>
Utilidade das aprendizagens efectuadas noutros contextos	<b>VIII</b> - Utilidade, no curso, das aprendizagens efectuadas  <b>IX</b> - Utilidade, na futura profissão, das aprendizagens efectuadas	<b>H1</b> - No curso em geral <b>H2</b> - Em disciplinas da especialidade <b>H3</b> - Pouca utilidade <b>H4</b> - Inúteis  <b>I1</b> - Como conhecimento geral <b>I2</b> - Em actividades específicas <b>I3</b> - Do trabalho laboratorial <b>I4</b> - Pouca utilidade <b>I5</b> - Nenhuma utilidade <b>I6</b> - Não sei	1, 4, 6, <i>viii</i>  <i>ix</i>

Formação Científica	X- Contributo para a formação Científica	<b>J1</b> - Foi o aspecto fundamental <b>J2</b> - Contribuiu bastante <b>J3</b> - Contributo da elaboração dos projectos  <b>J4</b> - Contributo dos trabalhos <b>J5</b> - Contributo da componente laboratorial <b>J6</b> - Contribuiu pouco <b>J7</b> - Não contribuiu	11, 14, 20, x
---------------------	--	---	------------------



## **ANEXO V**

**GRELHA DE ANÁLISE DE RESULTADOS  
QUALITATIVOS DO QUESTIONÁRIO QF**

---



## Análise de conteúdo do Questionário Final QF – 3ª parte

### As opiniões dos alunos de ERG

Categorias	Indicadores
<p><b>Os trabalhos realizados</b></p>	<p>3.1.1- em geral foram interessantes            3.1.2- talvez tenham sido poucos            4.1.1- uns mais interessantes que outros            4.1.2- no geral foram importantes            5.1.1- todos os trabalhos eram interessantes            5.1.2- quase todos tinham relação com a matéria leccionada na teórica            6.1.1- foram interessantes            6.1.2- fáceis de realizar            8.1.1- tiveram algum interesse            8.1.2- se houvesse mais trabalhos ligados com o curso seria melhor            9.1.1- foram bons            9.1.2- adequados à componente prática            11.1.1-completaram a teórica            12.1.1-foram poucos            12.1.2-muito extensos            13.1.1-importantes            13.1.2-interessantes            14.1.1-foram importantes            15.1.1-foram importantes porque tomei contacto com métodos e técnicas ainda não experimentadas anteriormente            15.1.2-facilitaram a compreensão das matérias das aulas teóricas            16.1.1-foram um grande incentivo para os alunos, de modo a motivar para a Química            17.1.1-foram importantes para motivar para a Química            17.1.2-são um grande contributo para a formação científica dos alunos            18.1.1-coerentes e de fácil percepção            19.1.1-gostei dos trabalhos porque estavam relacionados com o curso            20.1.1-foram interessantes            21.1.1-foram muito motivadores            22.1.1-gostei particularmente daqueles em que partimos de materiais ligados ao nosso curso            23.1.1-foram interessantes principalmente porque fomos nós que os planeámos            24.1.1-acho que foram poucos            25.1.1- motivaram-me, mostraram-me que a Química pode ser interessante            26.1.1-simples mas importantes            28.1.1-facilitaram a compreensão da matéria das aulas teóricas            29.1.1-foi pena terem sido poucos            30.1.1-foram bastante interessantes            32.1.1-motivaram-me para estudar Química            33.1.1-foram diferentes dos que eu estava habituado, porque aqui tínhamos problemas para resolver            34.1.1-fáceis de realizar            35.1.1-quase todos tinham relação com a matéria leccionada na teórica            37.1.1-ao princípio não foi fácil porque estávamos habituados a seguir uma técnica já feita e aqui só nos foram dados os problemas que devíamos trabalhar            38.1.1-foram mais interessantes do que eu esperava            39.1.1-gostei, foram interessantes            40.1.1-bem articulados com a matéria teórica            42.1.1-foram importantes pois permitiram-me usar técnicas que nunca tinha usado            43.1.1-havia uma ligação entre todos os trabalhos e o curso            45.1.1-nunca foram difíceis            46.1.1-foram adequados ao curso            47.1.1-foram simples mas muito importantes            48.1.1-foi interessante encará-los como problemas            49.1.1-estavam muito ligados à matéria teórica            52.1.1-foram importantes para a nossa formação</p>

<p><b>A metodologia seguida na elaboração dos projectos</b></p>	<p>3.2.1- acho que foi a mais correcta  3.2.2- eu percebi sempre o que tinha que fazer  4.2.1- acho que foi boa  6.2.1- foi positiva  6.2.2- a elaboração dos projectos foi razoavelmente fácil de executar  9.2.1- foi apropriada  10.2.1-como não tínhamos só que seguir as instruções foi mais motivador  10.2.2-...e interessante  11.2.1-acho que foi a mais indicada  12.2.1-eficaz  13.2.1-obrigou-nos a ganhar conhecimentos  14.2.1-foi boa  15.2.1-o facto de nós próprios elaborarmos os projectos fez com que tivéssemos que efectuar alguma pesquisa bibliográfica e assim melhor compreendermos e dominarmos determinada matéria  15.2.2-apesar de não realizarmos muitas experiências ficámos a compreender bem aquelas que realizamos  15.4.3-a preparação dos projectos e a elaboração dos relatórios facilitam a compreensão da Química  16.2.1-foi correcta e bem conseguida  17.2.1-penso que foi a correcta  18.2.1-bem elaborada  19.2.1-gostei de perceber como se chega a uma técnica experimental  21.2.1-foi interessante fazer a pesquisa  22.2.1-diferente mas muito interessante  23.2.1-acho que devia existir sempre esta preparação  23.2.2-...porque assim percebemos melhor o que fazemos  24.2.1-as experiências que realizámos não foram muitas mas ficámos a compreendê-las bem  25.2.1-o facto de termos que elaborar a técnica levou-nos a aprofundar mais os conhecimentos  28.2.1-foi essencial para percebermos bem a parte experimental  29.2.1-motivou-me bastante e aprendi que não adianta fazer trabalhos só por fazer  30.2.1- se todos os assuntos fossem tratados desta forma aprenderíamos mais  32.2.1-a pesquisa bibliográfica que tivemos que fazer ajudou-nos a compreender melhor algumas matérias  33.2.1-foi interessante ter a oportunidade de discutir com os colegas de grupo o modo como devíamos projectar a experiência  35.2.1-foi enriquecedora.  35.2.2-...É pena que não se repita noutras disciplinas  37.2.1-bastante útil  38.2.1-penso que foi adequada ao tipo de trabalhos que nos foram propostos  39-2.1-ao principio não foi fácil porque não estávamos habituados a este tipo de trabalho  40.2.1-acho que precisava de mais tempo pois tivemos que fazer trabalho extra aula muitas vezes  42.2.1-aprendi bastantes coisas nestas aulas  43.2.1-acho que ajuda muito na compreensão dos trabalhos  44.2.1-achei um pouco difícil para um aluno do 1º ano  45.2.1-penso que a metodologia foi acessível  46.2.1-motivou-me bastante  47.2.1-foram aulas diferentes mas úteis porque aprendemos coisas importantes  48.2.1-para este tipo de trabalhos esta metodologia foi boa  49.2.1-acho que foi adequada  52.2.1-gostei bastante apesar do trabalho que deu</p>
<p><b>A metodologia seguida na execução experimental</b></p>	<p>3.3.1- acho que foi a mais correcta  4.3.1- acho que foi adequada  6.3.1- foi bem dada  6.3.2- não era difícil compreender o que era necessário fazer  6.3.3- o método da professora ajudou-nos bastante  6.3.4- foi bastante acessível trabalhar no laboratório  9.3.1- foi apropriada  10.3.1-gostei  11.3.1-acho que foi a mais indicada  12.3.1-eficaz  13.3.1-obrigou-nos a trabalhar os conhecimentos já adquiridos</p>

<p><b>A metodologia seguida na execução experimental (continuação)</b></p>	<p>14.3.1-foi boa  15.3.1-foi correcta  15.3.2-[porque] apesar de não estarmos muito familiarizados com as técnicas laboratoriais realizámos com sucesso as experiências idealizadas  16.3.1-foi a correcta  17.3.1-foi a correcta  18.3.1-bem conseguida  19.3.1-conseguimos executar o que nos propusemos fazer por isso acho que foi a certa  21.3.1-foi importante poder executar a técnica que tínhamos elaborado  22.3.1-foi bem conseguida  23.3.1-foi importante para pôr em prática o trabalho realizado nas sessões de preparação  24.3.1-foi a oportunidade de ver se o trabalho de preparação que já tínhamos feito resultava  25.3.1-foi a mais correcta  26.3.1-foi boa pois conseguimos atingir os nossos objectivos  28.3.1-foi bem conseguida  29.3.1-gostei bastante  30.3.1-permitiu-me aprender muitas coisas  32.3.1-devíamos ter mais tempo para poder fazer o relatório na aula  33.3.1-foi a correcta  34.3.1-permitiu-me aprender coisas que não sabia  35.3.1-foi proveitosa  37.3.1-depois da parte de preparação foi fácil executar os trabalhos  38.3.1-foi muito motivadora  39.3.1-foi fácil de seguir  40.3.1-permitiu-nos realizar com sucesso as experiências idealizadas  42.3.1-foi útil para todos  43.3.1-foi muito motivadora  45.3.1-gostei bastante  46.3.1-gostei da execução experimental dos trabalhos  47.3.1-foi fácil de compreender  48.3.1-serviu para fazer algumas aprendizagens  49.3.1-foi bastante acessível trabalhar no laboratório  52.3.1-deu para aprender algumas coisas que não sabia</p>
<p><b>A motivação para o estudo da Química</b></p>	<p>3.4.1- não foi muita porque não é uma das áreas que eu mais gosto  3.4.2- a professora sempre nos motivou muito  4.4.1- uns trabalhos foram mais motivadores do que outros  5.4.1- a parte prática é sempre mais interessante e por isso mais motivadora para o aluno e para a aprendizagem da disciplina  6.4.1- a componente laboratorial ajudou para a motivação do estudo da Química  6.4.2- só com a componente teórica tornava-se mais aborrecido  7.4.1- não é muita. Há que criar formas para além dos trabalhos realizados  8.4.1- tenho mais motivação nas aulas teóricas  9.4.1- foi elevada  10.4.1-aprendi a gostar mais de Química  10.4.2- os trabalhos motivaram-me para estudar mais  11.4.1-a componente prática foi essencial para um conhecimento da Química  12.4.1-os docentes motivam os alunos para estudar  13.4.1-a motivação foi grande, as aulas foram dadas de forma inovadora  14.4.1-foi ótima  15.4.1-é uma grande ajuda para a motivação do estudo da Química  15.4.2-a falta de bases do ensino secundário é um forte obstáculo à motivação para o estudo da Química  16.4.1-as aulas laboratoriais foram a principal motivação para o estudo da Química  17.4.1-penso que as aulas laboratoriais são muito importantes para a motivação para o estudo da Química  18.4.1-levam-nos[os trabalhos] a estudar assuntos que por vezes a preguiça não deixa  19.4.1-motivou-me bastante  21.4.1-foi uma grande ajuda na motivação para estudar Química  22.4.1-senti-me motivado porque fizemos todas as aulas partindo de materiais que primeiro identificámos  23.4.1-achei bastante motivadora esta forma de fazer aulas práticas  24.4.1-as aulas laboratoriais foram a principal motivação para o estudo da Química  25.4.1-motivou-me bastante até porque os meus conhecimentos de Química eram poucos</p>

<p><b>A motivação para o estudo da Química (continuação)</b></p>	<p>26.4.1-ajudaram na motivação pois os assuntos estavam sempre ligados com a matéria teórica  28.4.1-ajudou porque tive que estudar alguns assuntos  29.4.1-senti-me motivado pelo desafio de fazer uma coisa diferente  30.4.1-foi talvez o aspecto mais importante destas aulas  32.4.1-quando se tem sucesso fica-se sempre mais motivado  33.4.1-talvez por serem diferentes estas aulas motivaram-me bastante  34.4.1-aprendi a gostar mais de Química  35.4.1-motivou-me bastante  37.4.1-só com as aulas teóricas era mais difícil  38.4.1-bastante  39.4.1-motivadoras acho que sim, mas deram bastante trabalho  40.4.1-acho que sim pois já era um ponto de partida para estudar a matéria teórica  42.4.1-acho que motivou a maior parte dos alunos  43.4.1-começar por descobrir que materiais íamos usar nos trabalhos foi suficiente para me sentir motivado  45.4.1-se fossem trabalhos um pouco mais elaborados acho que a motivação seria maior  46.4.1-nas aulas práticas os docentes motivam sempre os alunos  47.4.1-uns trabalhos foram mais motivadores do que outros  48.4.1-foi bastante boa  49.4.1-para mim que não tinha experiência de trabalho no laboratório foi muito motivador  52.4.1-sinto-me mais motivado com as aulas teóricas</p>
<p><b>A motivação para o prosseguimento do curso</b></p>	<p>3.5.1- foi positiva  4.5.1- em relação ao meu curso não acho que tenha muita importância na motivação  5.5.1- a componente laboratorial de Química deu-nos a oportunidade do contacto com o trabalho de laboratório, mas no curso há poucas cadeiras com componentes práticas e as poucas que há são desorganizadas, com falta de material e pessoal pouco prático  6.5.1- acho que não é uma das cadeiras que mais motive para o curso, mas isso depende do gosto da pessoa  8.5.1- o facto de haver experiências relacionadas com o curso dá-nos uma motivação maior  10.5.1-ajudou...a ver melhor o futuro a nível profissional e não só  11.5.1-acho que dá motivação para o prosseguimento do curso  11.5.2-devia acontecer o mesmo[ a motivação] com outras disciplinas  13.5.1-a forma como a disciplina foi leccionada fez-me sentir mais motivado para fazer esta e outras cadeiras  15.5.1-sendo a Química uma matéria de difícil compreensão faz com que alguns alunos abandonem o curso. As aulas práticas podem contrariar esta tendência porque facilitam a compreensão da Química  16.5.1-a parte laboratorial foi importante porque nos motiva para o prosseguimento do curso  17.5.1- as aulas laboratoriais são importantes porque nos preparam para o resto do curso  18.5.1-existe motivação também num sentido mais alargado de modo a prolongar esse “querer saber”  19.5.1-sentimo-nos envolvidos nas aulas e isso ajuda-nos a ir em frente  21.5.1-nas aulas laboratoriais conseguimos ter sucesso e isso motiva sempre  22.5.1-as experiências relacionadas com o curso dão-nos uma motivação maior  23.5.1-aprender coisas que nos serão úteis no curso motiva-nos bastante  24.5.1-podia ser maior  24.5.2-poderiam ser explorados mais trabalhos que tivessem utilidade directa noutras cadeiras do curso  26.5.1-penso que motivou bastante  28.5.2-a componente laboratorial ajudou-me a fazer a disciplina e por isso contribuiu para que eu me sentisse motivado para o curso  29.5.1-quando nos sentimos desanimados este tipo de aulas ajuda muito...  29.5.2-[motiva-nos] porque nestas aulas conseguimos fazer coisas  30.5.1-quando comecei a aprender coisas que não sabia achei que ia conseguir  32.5.1-ajudou alguma coisa também a este nível  33.5.1-não tanto como as cadeiras da especialidade  33.5.2-mas também ajudou [na motivação]  35.5.1-acho que ajudou  37.5.1-foi bastante positiva  38.5.1-o facto de haver experiências relacionadas com o curso dá-nos uma motivação maior  39.5.1-penso que não é muito significativa  40.5.1-conseguir fazer a Química já é uma motivação muito grande  42.5.1-para quem sabe pouca Química estas aulas motivam muito</p>

<p><b>A motivação para o prosseguimento do curso (continuação)</b></p>	<p>45.5.1-se houvesse mais trabalhos ligados à Geologia a motivação seria ainda maior  46.5.1-ganhei mais vontade de estudar por isso estou motivado  47.5.1-fiquei um pouco mais motivado</p> <p>48.5.1-foi boa  49.5.1-apesar das dificuldades consegui  49.5.2-com o curso vai acontecer o mesmo [vou conseguir]  52.5.1-a disciplina no seu conjunto motivou-me alguma coisa</p>
<p><b>A aprendizagem da Química</b></p>	<p>3.6.1- foi facilitada com as aulas práticas  4.6.1- assimilei alguns conhecimentos que na aula teórica não tinha conseguido  5.6.1- as aulas práticas elucidaram-me um pouco sobre a aplicação da teoria à prática  6.6.1- a componente laboratorial ajudou na aprendizagem da Química  6.6.2- aprendemos Química sem que isso se tornasse “saturante”  9.6.1- muito boa  10.6.1-aos poucos e poucos mas com resultados  12.6.1-foi bastante trabalhosa mas valeu a pena  15.6.1-as aulas práticas facilitam bastante a aprendizagem da Química  16.6.1-as aulas laboratoriais dão grande contributo para a aprendizagem da Química  17.6.1-as aulas laboratoriais facilitam a aprendizagem da Química porque tornam-na mais interessante  18.6.1-excelente...  18.6.2-ao conhecermos melhor a Química também nos tornamos mais sensíveis a questões de outros ramos onde esta também se aplique  19.6.1-as aulas práticas facilitaram a aprendizagem da Química  21.6.1-aprendi alguma coisa  22.6.1-gostei de aprender desta forma  23.6.1-quando há uma utilização imediata dos conhecimentos é mais fácil aprender  24.6.1-acho que podia ter aprendido mais coisas  26.6.1-nunca tinha percebido Oxidação-redução e consegui aprender ( acho que foi porque queria mesmo caracterizar aquele minério de ferro)  28.6.1-é mais fácil quando as aulas práticas e teóricas estão orientadas para um mesmo objectivo  29.6.1-às vezes pensamos que as aulas práticas são só para dar trabalho, mas desta vez acho que serviram para aprender  29.6.2- como fizemos poucos trabalhos tivemos mais tempo para aprender os assuntos que estavam relacionados  30.6.1-acho que resultaram muito positivas [as aulas] em termos de aprendizagem  32.6.1-como tivemos que pesquisar e estudar as matérias antes da aula, acabámos por aprender algumas coisas  33.6.1-muito boa  34.6.1-razoável  34.6.2-não gosto muito de Química mas aprendi alguma coisa  35.6.1-compreendi melhor alguns assuntos que na aula teórica não tinha conseguido  37.6.1-ajudou bastante  39.6.1-se a finalidade era aprender acho que conseguimos  40.6.1-ao estudar para preparar os trabalhos acabamos por aprender  42.6.1-aprendi algumas matérias  44.6.1-quando não se prepara os trabalhos não aprendemos nada com eles, mas assim conseguimos aprender alguma coisa  45.6.1-os trabalhos eram fáceis mas deram para aprender  46.6.1-foi bastante boa  47.6.1-a Química é uma disciplina difícil por isso qualquer ajuda é importante  48.6.1-foi uma ajuda bastante importante para conseguir fazer a cadeira  49.6.1-como os trabalhos estavam muito ligados à matéria teórica serviram para aprender algumas matérias  52.6.1-as aulas teóricas são mais importantes, as práticas são um complemento</p>
<p><b>Outras aprendizagens realizadas</b></p>	<p>3.7.1- as outras aprendizagens foram mais ao nível científico ...  3.7.2-....e laboratorial  4.7.1-o trabalho em laboratório  4.7.2-a forma de estar  4.7.3-os cuidados a ter no laboratório</p>

<p><b>Outras aprendizagens realizadas (continuação)</b></p>	<p>5.7.1-houve outros trabalhos, não relacionados com a matéria leccionada, com muito interesse  12.7.1-com a utilização da Química foi mais fácil compreender certos fenómenos  15.7.1-a elaboração dos projectos  15.7.2-[a elaboração] dos relatórios referentes às experiências deu-nos alguma experiência o que é útil em trabalhos futuros  18.7.1-penso que a frase “ tudo serve enquanto conhecimento” descreve bem o que se pretende para que todos os dias sejamos melhores a nível pessoal e a nível laboral  19.7.1-aprendemos como se faz trabalho experimental em Ciência  24.7.1-aprendi que planear uma investigação, mesmo muito simples como as que fizemos é um processo complicado  25.7.1-como se faz trabalho experimental em Ciência  30.7.1-a resolver problemas sem ser com lápis e papel  35.7.1-a trabalhar no laboratório  37.7.1-a planear uma experiência  42.7.1-tudo o que está por detrás da execução experimental  43.7.1-aprendemos que é muito importante controlar as variáveis  45.7.1-a fazer uma pesquisa bibliográfica  46.7.1-a trabalhar em grupo  47.7.1-como se faz a elaboração dos projectos  47.7.2-e os relatórios  48.7.1-as outras aprendizagens que fiz foram mais ao nível científico...  48.7.2-...e laboratorial  49.7.1-a pesquisar bibliografia sobre os assuntos a investigar  49.7.2-a elaborar uma técnica experimental  52.7.1-a trabalhar em grupo</p>
<p><b>A utilidade, noutras disciplinas do curso, das aprendizagens efectuadas</b></p>	<p>3.8.1- foi importante para disciplinas como Geoquímica  4.8.1- até agora ainda não fiz grandes aplicações noutras disciplinas, mas vou fazê-lo no futuro  5.8.1- nas outras disciplinas do curso não vejo qualquer utilidade da componente prática da Química I  6.8.1- de vez em quando são necessárias para compreender as matérias de outras disciplinas  7.8.1- foi bastante útil para Geoquímica  8.8.1- existe sempre utilidade mas não tanta como se fala  9.8.1- até agora têm sido muito úteis  10.8.1-foi muito útil em cadeiras como Mineralogia, Petrologia, etc.  11.8.1-foi muito útil, embora as práticas de outras disciplinas sejam muito diferentes  12.8.1-por exemplo em Mineralogia, Petrologia, etc.  13.8.1-foi importante para fazer outras disciplinas  14.8.1-é da maior proficuidade mormente para as disciplinas de Mineralogia I e II, Petrologia, Geoquímica e Prospecção Geoquímica  15.8.1-é importante para disciplinas como Mineralogia, Petrologia  15.8.2-dum modo geral é importante para qualquer curso de Geologia  16.8.1-a Química é bastante importante porque nos dá uma preparação bastante útil na aprendizagem de outras disciplinas  17.8.1-a Química é uma ciência que interage com outras disciplinas por isso é importante saber Química para fazer outras disciplinas  18.8.1-a utilidade fez-se sentir ao nível da aprendizagem em cadeiras como Mineralogia, Geoquímica, Petrologia, etc.  19.8.1-são necessárias para compreender as matérias de outras disciplinas  21.8.1-em cadeiras como Mineralogia, Geoquímica, Petrologia  22.8.1-foi muito útil em cadeiras como Mineralogia, Petrologia, etc.  23.8.1-existe sempre utilidade mas não tanta como eu pensava  24.8.1-em cadeiras mais avançadas penso que devem ter aplicação  25.8.1-sim, por exemplo em Geoquímica  26.8.1-até agora ainda não vi grande aplicação  28.8.1-Mineralogia I e II, Petrologia, Geoquímica e Prospecção Geoquímica  29.8.1-foi importante para fazer outras disciplinas  30.8.1-até agora têm sido muito úteis  34.8.1-penso que vou ter oportunidade de aplicar o que aprendi  37.8.1-ainda não me serviram de muito  38.8.1-acho que sim , devem ser úteis  42.8.1- em cadeiras como Mineralogia, Geoquímica, Petrologia, etc.  43.8.1-em algumas cadeiras tem utilidade</p>

<p><b>A utilidade, noutras disciplinas do curso, das aprendizagens efectuadas (continuação)</b></p>	<p>46.8.1-todos os conhecimentos são úteis  47.8.1-foi pena que tivesse feito algumas dessas disciplinas antes de frequentar a sério a Química I pois acho que me tinha ajudado  49.8.1-foi pena que já tivesse feito a maior parte delas mas acho que ajuda muito na Mineralogia e na Geoquímica  52-8.1-este tipo de conhecimentos são sempre úteis</p>
<p><b>A utilidade, na futura profissão, das aprendizagens efectuadas</b></p>	<p>3.9.1-só talvez os conhecimentos aprendidos no laboratório  4.9.2- não irá ser uma utilização directa, mas é importante ter alguns conhecimentos  5.9.1- conhecimento do material de laboratório  5.9.2- elaboração do plano de trabalho  6.9.1- não sabemos se será necessário, por isso foi bom ter aprendido  8.9.1- é útil mas existem outras cadeiras mais úteis para nós  9.9.1- muito útil  10.9.1-vai ser muito útil pois temos que saber a composição dos minerais e das rochas  11.9.1-acho que é útil para qualquer Engenharia o conhecimento prático laboratorial  12.9.1-toda a utilidade na explicação dos fenómenos químicos  13.9.1-é muito grande pois as áreas deste curso com mais viabilização de emprego são Pedreiras e Geotecnia  14.9.1-extrema utilidade. Sem Química o curso e a profissão eram impossíveis  15.9.1-dependendo da colocação que os alunos venham a ter no mercado de trabalho assim a aprendizagem da Química poderá ser mais ou menos útil, isto porque o curso permite várias saídas profissionais, ligadas ou não com a área da Química.  15.9.2-estas aprendizagens são sempre importantes  16.9.1-a Química é útil na minha futura profissão  17.9.1-as aprendizagens feitas em química são muito úteis na Geologia( a minha área)  18.9.1-em possíveis ensaios ou análises que necessite executar  19.9.1-penso que vai ser muito útil pois temos que saber a composição dos minerais e das rochas  21.9.1-como em qualquer profissão ligada à Ciência penso que a Química é muito útil  22.9.1-pelo menos os métodos de trabalho aprendidos serão úteis  23.9.1-há determinados conhecimentos básicos da Química que deverão vir a ser úteis  24.9.1-penso que terá bastante utilidade  25.9.1-qualquer profissão envolve uma certa interdisciplinaridade por isso acho que serão úteis os conhecimentos adquiridos  26.9.1-depende da área em que se trabalhar  28.9.1-se necessitar de realizar ensaios penso que terei que usar alguns conhecimentos que adquiri  29.9.1-acho que sim  30.9.1-penso que serão úteis  30.9.2-porque se um dia tiver que projectar um ensaio sei como começar  32.9.1-vão ser úteis com certeza pois não nos limitámos a fazer trabalhos só por fazer  33.9.1-penso que a Química será útil na minha profissão  34.9.1- talvez não seja uma utilização directa, mas a formação que tivemos será muito útil  37.9.1-não sei bem, depende da profissão  38.9.1-mesmos que as matérias não se apliquem, o que aprendemos ao trabalhar no laboratório já será muito útil  39.9.1-se tivermos que fazer investigação, todos os conhecimentos ligados à execução dos trabalhos serão úteis  40.9.1-tem toda a utilidade na explicação dos fenómenos químicos e nas rochas há muitos  42.9.1-vai ser muito útil pois temos que saber a composição dos minerais e das rochas  43.9.1-é útil mas existem outras cadeiras mais úteis para nós  46.9.1- o conhecimento prático laboratorial acho que é útil para qualquer profissão na área da Engenharia  47.9.1-acho que terá utilidade tudo o que aprendemos para além da execução dos trabalhos  48.9.1-tudo o que aprendemos virá a ser útil no futuro  52.9.1-embora haja outras matérias mais úteis a Química também faz falta</p>
<p><b>A compreensão do processo de construção da Ciência</b></p>	<p>3.10.1- neste aspecto a Química foi relativamente importante. Talvez mais que o esperado  4.10.1- a minha relação com a Química não é das melhores, não é a Ciência que eu mais gosto, mas dentro do possível não foi má  6.10.1- foi importante a componente laboratorial para sabermos o essencial e como se pode trabalhar para a Ciência</p>

<b>A compreensão do processo de construção da Ciência</b> (continuação)	<p>8.10.1- este foi o passo mais importante que demos nas aulas de Química I</p> <p>11.10.1-acho que permite uma visão mais aberta e muito prática na construção da Ciência</p> <p>12.10.1-facilita bastante</p> <p>13.10.1-foi interessante na medida em que me permitiu ganhar conhecimentos e observar a Ciência de uma forma menos rígida</p> <p>14.10.1-paulatinamente tenho vindo a crescer, tendo maior background hoje, e subsequentemente, grande capacidade e motivação para aprender</p> <p>15.10.1-a realização de experiências laboratoriais...</p> <p>15.10.2-...e a elaboração de projectos abre-nos novas perspectivas para a construção da Ciência, nomeadamente para a investigação científica em áreas pouco exploradas</p> <p>18.10.1-damo-nos conta de que nem sempre tudo é fácil de fazer</p> <p>19.10.1-acho que ficamos com uma visão mais abrangente do que é a Ciência</p> <p>21.10.1-este foi um dos aspectos que achei mais interessante nesta abordagem</p> <p>22.10.1-penso que é importante receber este tipo de formação na Universidade</p> <p>24.10.1-foi bastante interessante</p> <p>25.10.1-foi muito mais interessante do que seguir uma receita fornecida pelo professor sem questionar o que se está a fazer</p> <p>26.10.1-penso que foi muito bom termos oportunidade de trabalhar desta forma</p> <p>29.10.1-foi mais uma aprendizagem importante que fizemos</p> <p>32.10.1-foi bom percebermos que a Ciência tem que ser construída</p> <p>35.10.1-foi bastante construtivo</p> <p>38.10.1-foi importante a componente laboratorial para sabermos o essencial sobre como se pode trabalhar em Ciência</p> <p>40.10.1-também nesse aspecto foi importante pois fiquei com uma ideia diferente sobre o trabalho experimental</p> <p>43.10.1-este aspecto também foi importante porque me pode ajudar no futuro</p> <p>46.10.1-foi interessante como, com trabalhos tão simples, foi possível desenvolver um aspecto tão importante</p> <p>52.10.1-estes aspectos também são importantes</p>
--	---

## As opiniões dos alunos de ERH

Categorias	Indicadores
<b>Os trabalhos realizados</b>	53.1.1-são importantes 53.1.2-elucidam-nos da realização prática da Química 53.1.3-solidificam os conhecimentos teóricos, mostrando como as coisas funcionam 54.1.1-foram trabalhos que me permitiram associar a matéria dada na teórica com a prática 56.1.1-são importantes 56.1.2-gostei apesar de não existir muita coordenação entre a componente prática e a teórica 56.1.3-a aprendizagem nas aulas é insuficiente para a extensão da matéria 57.1.1-foram interessantes 58.1.1-alguns bastante importantes 58.1.2-...e motivadores 58.1.3-...outros pouco relevantes para o meu curso 59.1.1-não me recordo dos trabalhos realizados 60.1.1-num primeiro contacto acho que me intimidavam um pouco 61.1.1-simples mas eficazes 62.1.1-foram adequados 63.1.1-poderiam ter mais em comum com a área de cada curso 63.1.2-[deviam] motivar mais os alunos para o curso e fazê-los entender a Química que pode estar envolvida 64.1.1-serviram para aplicar a teoria à prática 66.1.1-alguns foram interessantes 67.1.1-deveriam ter alguma coisa a ver com o nosso curso, mas não tiveram 69.1.1-foram fáceis 70.1.1-os trabalhos eram giros mas tinham pouco a ver com o curso 72.1.1-já não me recordo muito bem quais foram os trabalhos 75.1.1-as aulas de laboratório são sempre motivadoras 78.1.1-achei fáceis 79.1.1- preferia que tivéssemos feito alguma coisa mais ligada ao curso como por exemplo análises de controle da qualidade da água 81.1.1-tinham a ver com aplicações da matéria teórica 83.1.1-não me motivaram muito 85.1.1-foram simples de executar 86.1.1-serviram para ilustrar a matéria teórica 89.1.1-alguns foram pouco relevantes para o meu curso 93.1.1-já não me lembro bem quais foram 96.1.1-achei interessantes 98.1.1-penso que foram importantes
<b>A metodologia seguida na elaboração dos projectos</b>	<p style="text-align: center;"><b>Nota</b></p> <p style="text-align: center;"><b>não foram analisadas as respostas a este item pois para estes alunos não houve aulas destinadas à elaboração dos projectos</b></p>
<b>A metodologia seguida na execução experimental</b>	53.3.1-considero que deveria haver um pouco mais de raciocínio, em vez de se apresentar uma sequência daquilo que se deve fazer 54.3.1-poderia ser melhor 56.3.1-os alunos deviam ter mais apoio 57.3.1- a metodologia seguida na aula foi adequada 58.3.1-bastante acessível 60.3.1-foi interessante 61.3.1-boa 62.3.1-boa 63.3.1-poderia ser um pouco mais desenvolvida sem se limitar à apresentação dos trabalhos 64.3.1-o aluno não se devia limitar a obedecer passo a passo ao que lhe é indicado sem perceber bem porquê 65.3.1-devia haver mais intervenção do aluno 66.3.1-o aluno deveria entender melhor e participar mais activamente na experiência

<p><b>A metodologia seguida na execução experimental (continuação)</b></p>	<p>67.3.1-o aluno não devia limitar-se aos dados que lhe são fornecidos          69.3.1-foi boa          70.3.1- o aluno deveria entender melhor o trabalho e participar mais na experiência          72.3.1-gostei das aulas          75.3.1-penso que os alunos deviam ter mais apoio do professor          78.3.1-foi adequada          81.3.1-foi bastante acessível          83.3.1-podia ser melhor, nem sempre compreendemos o que tínhamos que fazer          85.3.1-funcionava um bocado mal quando não tínhamos lido a técnica antes da aula          86.3.1-a maior parte das vezes correu bem          89.3.1-foi por vezes pouco motivadora          96.3.1-gostei bastante          98.3.1-acho que devia ser mais participada pelos alunos</p>
<p><b>A motivação para o estudo da Química</b></p>	<p>53.4.1-penso que a componente laboratorial é uma tábua para a motivação          54.4.1-esta motivação por vezes é muito difícil de alcançar por falta de apoio dos docentes          56.4.1-da forma como é leccionada, nenhuma          56.4.2-devia haver mais coordenação entre os docentes da prática laboratorial e da teórica          57.4.1-não tive muita motivação          58.4.1-pessoalmente pouca motivação, só mesmo as aulas práticas para ajudarem a motivação          59.4.1-existe pouca motivação para o estudo da Química devido à pouca compreensão do que é leccionado          60.4.1-quando me deparei com esta disciplina vinha pouco motivado          61.4.1-média          62.4.1-não tinha          63.4.1-o estudo da Química poderia beneficiar se conforme a área/curso lhe fossem apresentados mais exemplos ( o que se torna difícil quando as aulas teóricas são dadas em conjunto, no entanto as aulas práticas poderiam ser dirigidas a cada curso pois são dadas separadamente)          66.4.1-pouca ou nenhuma          67.4.1-os trabalhos que foram realizados não me motivaram muito          69.4.1-nenhuma          70.4.1-as aulas práticas conseguem motivar-nos um pouco          75.4.1-sim, acho que as aulas laboratoriais ajudaram a sentir-me mais motivado          78.4.1-razoável          79.4.1-acho que a motivação podia ser maior se os trabalhos tivessem mais a ver com o curso          81.4.1-despertaram interesse para estudar algumas matérias das aulas teóricas          83.4.1-penso que existe pouca motivação para o estudo da Química          85.4.1-pessoalmente senti-me pouco motivado, provavelmente porque gosto pouco de Química          86.4.1-a Química é encarada como mais uma cadeira que é preciso fazer, penso que não é feito um esforço para motivar os alunos          89.4.1-gostei das aulas práticas, mas não me senti motivado por elas          96.4.1-a suficiente          98.4.1-não há grande motivação porque já sabemos que é uma cadeira muito difícil</p>
<p><b>A motivação para o prosseguimento do curso</b></p>	<p>53.5.1-não considero que se repercute a nível do prosseguimento do curso          54.5.1-por vezes é difícil a motivação para o prosseguimento do curso, é difícil enquadrar a matéria no nosso curso          56.5.1-a componente laboratorial não influenciou a minha motivação          57.5.1-tenho alguma motivação          58.5.1-a Química não me trouxe nada de novo para o prosseguimento do meu curso          59.5.1-acho que foi pouco importante para o prosseguimento do curso          60.5.1-consegui perceber que o atraso que eu tinha nos conhecimentos de Química eram recuperáveis          61.5.1-boa          62.5.1-não interfere</p>

<p><b>A motivação para o prosseguimento do curso</b> (continuação)</p>	<p>63.5.1-a motivação para o prosseguimento do curso revela-se negativa visto a disciplina estar no currículo logo no 1º ano e ter uma taxa de reprovações muito elevada. Isto pode ser um factor de peso para os “caloiros” começarem a desmotivar muito em relação ao próprio curso.</p> <p>64.5.1-o laboratório não influencia positivamente a motivação dos alunos</p> <p>66.5.1-penso que não tem nada a ver</p> <p>69.5.1-não há nenhuma motivação para o curso</p> <p>70.5.1-eu sinto-me motivado mas penso que a Química não interfere com essa motivação</p> <p>75.5.1-talvez tenha ajudado um pouco</p> <p>78.5.1-acho que não interfere em nada na motivação para o curso</p> <p>79.5.1-podia ajudar mas era preciso que os trabalhos tivessem alguma aplicação directa no curso</p> <p>81.5.1-a componente laboratorial motivou-me relativamente ao curso uma vez que contribuiu para eu fazer a disciplina de Química I</p> <p>85.5.1 não alterou em nada</p> <p>86.5.1-acho que não houve motivação nenhuma</p> <p>89.5.1-penso que não afecta o prosseguimento do curso</p> <p>96.5.1-acho que não alterou a motivação que eu tinha</p> <p>98.5.1-a Química só diminui a motivação relativamente ao curso porque é difícil de fazer</p>
<p><b>A aprendizagem da Química</b></p>	<p>56.6.1-pouco influenciou</p> <p>57.6.1-a indispensável</p> <p>58.6.1-o essencial para tirar 10. Não gosto nada de Química</p> <p>59.6.1-em alguns aspectos podemos relacionar as aulas teóricas e as aulas práticas, aplicando os conceitos e visualizando esses conceitos</p> <p>60.6.1-foi dos primeiros contactos (a sério) que tive com a Química, mas aprendi alguma coisa</p> <p>61.6.1-média</p> <p>62.6.1-razoável</p> <p>63.6.1-as aulas laboratoriais ajudam um pouco na aprendizagem da Química, não sendo, no entanto, fundamental a sua compreensão</p> <p>64.6.1-os alunos participam e aprendem mas é nas teóricas</p> <p>66.6.1-nem sempre aproveitamos ao máximo o que podemos aprender com os trabalhos práticos</p> <p>67.6.1-acho que não aprendi grande coisa</p> <p>69.6.1-as aulas práticas pouco influenciaram o que tive que aprender na teórica</p> <p>70.6.1-aprendi alguma coisa nas aulas práticas, mas acho que o que aprendi não ajudou muito para fazer a cadeia</p> <p>75.6.1-sim, aprendi algumas coisas</p> <p>78.6.1-nada de importante</p> <p>79.6.1-acho que não influenciou em nada</p> <p>81.6.1-aprendi algumas coisas</p> <p>86.6.1-tendo em conta o tempo que ocupa o que se aprende é insignificante</p> <p>89.6.1-acho que o que aprendi foi muito pouco</p> <p>96.6.1-pouco</p> <p>98.6.1-não há aprendizagem porque os alunos investem pouco nas aulas práticas</p>
<p><b>Outras aprendizagens realizadas</b></p>	<p>55.7.1-todas as possíveis visto que vinha de uma área sem Química</p> <p>56.7.1-pouco porque consigo adquirir determinados conhecimentos sem ser em Química I</p> <p>57.7.1-aprendi um pouco a adequar o meu método de estudo</p> <p>61.7.1-boa</p> <p>62.7.1-razoáveis</p> <p>63.7.1-nada a dizer</p> <p>66.7.1-nada de importante</p> <p>69.7.1-não me lembro de nada</p> <p>70.7.1-aprendi alguns procedimentos de laboratório</p> <p>75.7.1-aprendi a fazer relatórios</p> <p>79.7.1-nada que me ajude no meu curso</p> <p>81.7.1-aprendemos a organizar o trabalho</p> <p>86.7.1-tive que aprender a rentabilizar o tempo</p> <p>89.7.1-aprendemos algumas técnicas experimentais</p>

<p><b>A utilidade, noutras disciplinas do curso, das aprendizagens efectuadas</b></p>	<p>53.8.1-em cadeiras similares como é o caso da Hidrogeologia II  54.8.1-muito pouca utilidade  54.8.2-... importante para algumas optativas  56.8.1-pouco porque as outras disciplinas também me dão esses conhecimentos  57.8.1-teve alguma utilidade em Hidrogeologia II  59.8.1-acho que têm alguma utilidade porque a Química relaciona-se com várias outras disciplinas  60.8.1-para análises de água e outros conhecimentos de carácter geral  61.8.1-boa  62.8.1-boa  63.8.1-a Química surge como ferramenta nalgumas disciplinas do curso, se fosse mais aprofundada nessas áreas então ainda se tornaria mais útil  66.8.1-até agora não vi grande utilidade  67.8.1-poderão ser úteis em análises de águas por exemplo  69.8.1-acho que pode vir a ser útil em cadeiras mais avançadas  70.8.1-pouca, quando são necessários alguns conhecimentos de Química também nos são dados noutras disciplinas  75.8.1-acho que não tem utilidade  79.8.1-em Hidrogeologia II  81.8.1- muito pouca utilidade  85.8.1-penso que será útil em algumas optativas  86.8.1-insignificante  89.8.1-nada de muito necessário  96.8.1-penso que algumas matérias serão úteis  98.8.1-acho que pode vir a ser útil porque a Química está relacionada com muitas disciplinas</p>
<p><b>A utilidade, na futura profissão, das aprendizagens efectuadas</b></p>	<p>53.9.1-dependerá um pouco do ramo que se seguir  54.9.1-penso que pouca, penso que no nosso ramo a Química é melhor desempenhada pelos alunos de Química  56.9.1-pouca  57.9.1-neste momento ainda não sei a sua utilidade  58.9.1-irrelevante  59.9.1-as aprendizagens que fiz vão servir-me futuramente  60.9.1-penso que vai ser importante  61.9.1-muito eficaz  62.9.1-boa  63.9.1-a utilidade da Química numa futura profissão depende muito da área de trabalho  64.9.1-nalgumas áreas de trabalho passa completamente despercebida  65.9.1-pode ter um papel fundamental em algumas áreas  66.9.1-ainda não sei se terão alguma utilidade  67.9.1-penso que não será muito importante  69.9.1-neste momento ainda não sei se serão úteis ou não  70.9.1-penso que será pouca  72.9.1-depende da área em que exercermos a profissão  75.9.1-irrelevante  79.9.1-não faço ideia se terá ou não utilidade  81.9.1- dependerá um pouco do ramo que se seguir  83.9.1-acho que será pouca  85.9.1-nalgumas áreas de trabalho não é necessária  86.9.1-penso que os alunos não têm bem a noção da utilidade que pode vir a ter  89.9.1-em algumas áreas de trabalho pode ter um papel fundamental  96.9.1-não sei  98.9.1-penso que isso dependerá da área que se seguir</p>
<p><b>A compreensão do processo de construção da Ciência</b></p>	<p>53.10.1-talvez nos dê as bases essenciais  54.10.1-ajudou a perceber algumas vertentes da Ciência que não era alcançada por mim noutras cadeiras  56.10.1-pouca  57.10.1-aprendi um pouco[...]  58.10.1-sim, visto a Ciência ser composta por muitas áreas científicas  59.10.1-não. Através das aulas práticas não se consegue fazer a construção dos processos científicos</p>

<b>A compreensão do processo de construção da Ciência</b> (continuação)	62.10.1-podia ser melhor 63.10.1-ajudam na compreensão da Ciência mas mais a nível teórico 66.10.1-não é muito o que se aprende nesse aspecto 69.10.1-acho que essas aprendizagens só são possíveis com outro tipo de aulas 75.10.1-sim, aprendi algumas coisas que têm a ver com esse aspecto 81.10.1-nada de importante 83.10.1-não ajudou em nada 85.10.1-acho que não foi abordado esse aspecto 96.10.1-não se explorou essa vertente nas aulas práticas 98.10.1-acho que nas aulas práticas se pode fazer esse tipo de aprendizagens mas no nosso caso acho que não houve
--	---



# **ANEXO VI**

**NOTAS DE APOIO AOS TRABALHOS**







# DEPARTAMENTO DE QUÍMICA

## QUÍMICA I

### LICENCIATURA EM ENGENHARIA DE RECURSOS GEOLÓGICOS

#### CALORIMETRIA

Experimentalmente o calor de uma reacção pode ser determinado usando um calorímetro. Este permite isolar termicamente o meio ambiente do sistema em estudo e é fundamentalmente constituído por um frasco de Dewar, um termómetro, um agitador e uma rolha.

Quando uma dada reacção exotérmica ocorre num calorímetro, que se encontra à temperatura  $T_o$ , haverá um aumento de temperatura ( $\Delta T = T_f - T_o$ ) devido ao calor libertado pela reacção. Parte desse calor é gasto a aquecer os diversos componentes do calorímetro, portanto torna-se necessário conhecer previamente a capacidade calorífica do calorímetro,  $C$ , e da solução. A capacidade calorífica é definida como a quantidade de calor necessária para elevar de um grau Celsius a temperatura de um dado corpo.

Experimentalmente a capacidade calorífica de um calorímetro pode ser determinada colocando uma massa,  $m$  de água quente à temperatura  $T_A$  no seu interior, que contém igual quantidade de água fria à temperatura  $T_a$ . O calor perdido pela água quente,  $q_A$ , será absorvido pela água fria,  $q_a$ , e pelo calorímetro,  $q_c$ , isto é:

$$-q_A = q_c + q_a \text{ ou } q_c = -q_A - q_a$$

Como  $q_c = C \cdot \Delta T_c$ ;  $q_a = m \cdot c \cdot \Delta T_a$ ;  $q_A = m \cdot c \cdot \Delta T_A$  e  $\Delta T_a = \Delta T_c$

a capacidade calorífica do calorímetro pode então ser calculada através da expressão:

$$C = [- m \cdot c \cdot (\Delta T_A + \Delta T_a)] / \Delta T_a$$

onde  $c$  é o calor específico da água e é igual a  $4,184 \text{ Jg}^{-1}\text{K}^{-1}$ .

Conhecida a capacidade calorífica do calorímetro, o calor da reacção pode então ser calculado, uma vez que  $\Delta H = - (q_{\text{água}} + q_{\text{hidróxido de cálcio}} + q_{\text{calorímetro}})$ .