

MARIA DO CARMO LOPES RODRIGUES SERRANO

**FORMAÇÃO DE PROFESSORES DE CIÊNCIAS
(GEOLOGIA E QUÍMICA) E ABORDAGEM DE
TEMAS MULTIDISCIPLINARES**

**UNIVERSIDADE DE AVEIRO
DEPARTAMENTO DE DIDÁCTICA E TECNOLOGIA EDUCATIVA**

1996

MARIA DO CARMO LOPES RODRIGUES SERRANO



UNIVERSIDADE DE AVEIRO
SERVIÇO DE DOCUMENTAÇÃO

**FORMAÇÃO DE PROFESSORES DE CIÊNCIAS (GEOLOGIA E
QUÍMICA) E ABORDAGEM DE
TEMAS MULTIDISCIPLINARES**

Dissertação apresentada para a obtenção
do grau de Mestre, sob a orientação da
Professora Doutora M. Isabel Pinheiro Martins

Mestrado Supervisão,
UNIVERSIDADE DE AVEIRO
DEPARTAMENTO DE DIDÁCTICA E TECNOLOGIA EDUCATIVA

1996

AGRADECIMENTOS

Cabe-me agradecer antes de tudo à Professora Doutora Maria Isabel Pinheiro Martins que aceitou orientar este trabalho e o fez com dedicação e espírito crítico. Agradeço-lhe os ensinamentos e também o apoio moral e o incentivo sem os quais este trabalho não teria, porventura, chegado a bom porto.

Cumpro-me agradecer a todos os professores de quem fui aluna neste mestrado, Professores Doutores Domingos Fernandes, Francisco Cachapuz, Isabel Alarcão, José Tavares e Nilza Costa, e Dr^a Ângela Pereira pois de todos recebi conhecimentos que foram pertinentes para a elaboração desta tese.

Agradeço ainda ao Doutor Luís Ferreira Marques, amigo de longa data e com quem tenho colaborado nos últimos anos em trabalhos do foro da Didáctica da Geologia a sua participação na validação dos questionários e ainda a palavra de incentivo que nunca regateou e que, por conseguinte, deve ser aqui mencionada.

Aos Professores Doutores António Soares de Andrade, Cristina Bernardes e Clara Magalhães a sua contribuição desinteressada para a validação do questionário.

É devido um agradecimento aos Professores das várias Universidades envolvidas na administração dos questionários, pela gentileza que tiveram em submeter os inquéritos por nós elaborados aos seus alunos.

Aos alunos futuros professores, que aceitaram responder ao questionário, pela generosidade e empenho com que o fizeram deixo aqui o meu agradecimento sincero.

Aos quatro professores do ensino secundário Dr^a Isabel Cerqueira, Dr. José Fernando Pires Baptista, Dr^a Susana Catela e Dr^a Maria da Piedade Gomes, que não regatearam dar a sua opinião sobre eventuais dificuldades do tema científico quando lhe foi solicitada, o meu obrigada.

Aos meus familiares mais próximos, devo antes de tudo agradecer a paciência com que têm *aguentado* estes dois anos de *trabalhos forçados* e também a ajuda que me deram no processamento do texto e bem assim o apoio moral, tão importante, sobretudo, na última fase.

A todos aqueles que sempre tiveram uma palavra amiga de confiança e de incentivo eu deixo aqui o meu *bem hajam*.

RESUMO

A nível mundial entende-se como prioritário que o ensino das ciências incida sobre a resolução do triângulo ciência-tecnologia-sociedade, isto é, parece ser a compreensão das interacções entre estes três vértices o ponto mais importante desse ensino.

Motivar os jovens, levá-los a preservar o património que receberam e um dia passarão é, certamente, corolário do que atrás ficou dito Ora, isto para ser feito obriga a que o ensino das ciências tenha, na prática, *de dar uma volta de 180°*. ou seja: que de aprender conceitos para resolver problemas, passe a aprender os conceitos a partir da resolução de problemas. Questionamos, neste trabalho, se a formação dos futuros professores (FP) está a ser adequada para estes fins. Não basta nesta perspectiva saber muito; é necessário saber utilizar os conhecimentos de modo a utilizá-los em estratégias de sala de aula, centradas em abordagens de problemas do dia a dia, que são, normalmente, multidisciplinares.

O estudo realizado, de natureza empírica e do tipo qualitativo, envolveu uma amostra de 122 futuros professores de ciências (92 da licenciatura em Ensino de Biologia/Geologia e 30 da licenciatura em ensino de Física/Química) de várias universidades portuguesas no fim da sua formação. O instrumento colector de dados foi um questionário escrito, de resposta individual, constituído por seis questões de resposta aberta construído para este fim. Com ele, procurámos saber como é que os FP utilizavam os conhecimentos científicos quando confrontados com situações-problema que, hoje em dia, se colocam, cada vez com maior pertinência, e que são *v.g.* os da degradação e preservação do património arquitectónico. Do questionário fazia ainda parte uma última questão que lhes proporcionava uma auto-reflexão sobre a sua preparação.

As respostas obtidas foram sujeitas a uma análise de conteúdo indentificando-se diversas categorias de resposta as quais foram depois utilizadas na construção de modelos interpretativos. Verificou-se que os futuros professores tiveram, em geral, dificuldade em mobilizar o conhecimento científico previsto como adequado para o seu nível, sendo as suas

interpretações ou redutoras ou de senso comum ou mesmo com erros científicos dizendo respeito aos processos físicos e químicos e/ou bioquímicos que ocorrem durante a alteração das rochas.

Verificou-se ainda que, exceptuando uma das questões, não se observaram diferenças significativas nas respostas dadas pelos dois grupos, tendo em conta a sua formação, apesar do pendor acentuadamente geológico das questões-problema apresentadas.

Os resultados foram discutidos e apontadas algumas razões para a sua existência, a partir das quais emergem sugestões para a formação de professores.

ÍNDICE

CAPÍTULO 1	1
A PROBLEMÁTICA EM ESTUDO	1
<i>1.1. Introdução</i>	<i>1</i>
<i>1.2. Perspectivas actuais no ensino/aprendizagem das ciências</i>	<i>2</i>
1.2.1. Prioridades para a educação em ciência	5
1.2.2. A reforma educativa à luz das novas propostas	9
1.2.3. A inserção da geologia nos currículos dos ensinos básico e secundário	11
<i>1.3. A formação de professores face às novas propostas</i>	<i>15</i>
<i>1.4. O problema em investigação</i>	<i>20</i>
1.4.1. Escolha do tema científico e do tema contextualizador	20
1.4.2. Escolha da fase de formação dos FP	24
1.4.3. Objectivos do estudo	25
1.4.4. Plano do estudo	26
CAPÍTULO 2	28
REVISÃO DE LITERATURA	28
<i>2.1. Introdução</i>	<i>28</i>
<i>2.2. Propostas Curriculares e Educação CTS</i>	<i>29</i>
<i>2.3. O Desenvolvimento da Educação CTS</i>	<i>34</i>
<i>2.4. Problemas a nível da formação de professores</i>	<i>42</i>
2.4.1. A compreensão dos professores sobre o ensino CTS	42
2.4.2. Relevância da componente científica da especialidade	44
2.4.3. Redefinição do conceito de formação científica da área de especialidade	49

CAPÍTULO 3	54
METODOLOGIA DA INVESTIGAÇÃO	54
3.1. <i>Introdução</i>	54
3.2. <i>Seleção e caracterização da amostra</i>	54
3.2.1. Critérios usados na seleção da amostra	54
3.2.2. Caracterização da amostra	55
3.3. <i>Escolha do instrumento de recolha de dados</i>	57
3.4. <i>Construção do questionário</i>	59
3.4.1. Organização do questionário	60
3.4.2. Construção das questões	62
3.4.3. Construção das hipóteses de trabalho	66
3.4.4. Validação do questionário	67
3.5. <i>Administração do questionário</i>	69
3.5.1. Estudo piloto	69
3.5.2. Estudo principal	70
CAPÍTULO 4	72
RESULTADOS	72
4.1. <i>Introdução</i>	72
4.2. <i>Modelo de análise dos dados</i>	72
4.3. <i>Resultados</i>	75
4.3.1. Questão 1	76
4.3.2. Questão 2	86
4.3.3. Questão 3	94
4.3.4. Questão 4	102

4.3.5. Questão 5	107
4.3.6. Questão 6	115
CAPÍTULO 5	124
DISCUSSÃO DOS RESULTADOS E CONCLUSÕES	124
<i>5.1. Introdução</i>	<i>124</i>
<i>5.2. Discussão dos resultados</i>	<i>124</i>
5.2.1. Modelos Interpretativos (MI)	125
5.2.2. Natureza das CR face à versão científica	130
5.2.3. Comparação entre os dois grupos envolvidos	133
5.2.4. Dificuldades conceptuais	141
<i>5.3. Conclusões</i>	<i>144</i>
<i>5.4. Limitações do estudo</i>	<i>148</i>
<i>5.5. Implicações educacionais do estudo</i>	<i>149</i>
<i>5.6. Propostas para futuras investigações</i>	<i>152</i>
BIBLIOGRAFIA	154
ANEXO I	160
ANEXO II	161

CAPÍTULO 1

A PROBLEMÁTICA EM ESTUDO

1.1. Introdução

O estudo que se apresenta insere-se na problemática da formação de professores de ciências, que adquire cada vez maior pertinência por todo o mundo, e também no nosso país, face aos desafios que as actuais orientações para a educação em ciências lançam aos professores.

A inserção equilibrada e responsável dos cidadãos numa sociedade científico-tecnológica em permanente mudança tornou-se uma preocupação para a comunidade da educação científica surgindo, então, uma corrente (ou um movimento) que questiona a adequabilidade dos currículos tradicionais em termos de finalidades (aprender ciências para quê?). As propostas avançadas, subjacentes às reformas educativas que ocorrem à escala mundial, apelam para novos conteúdos e para estratégias de tal maneira inovadoras, que torna importante o questionarmos os moldes em que, actualmente, é feita a formação de professores. Tudo aponta para que, tal como Rutherford e Ahlgren (1990) referem, as reformas educativas em curso sejam indissociáveis de reformas na formação de professores.

Assim, neste capítulo procuraremos:

- * clarificar, ainda que de forma modesta, as actuais perspectivas da educação em ciências, as razões que lhe estão subjacentes, os seus reflexos na reforma educativa (RE) do ensino básico (EB) e do ensino secundário (ES) em curso no nosso país, e ainda os seus reflexos na formação de professores

- * definir o problema em estudo, os pressupostos sobre que assenta e os objectivos a atingir
- * justificar algumas das opções metodológicas tomadas.

1.2. Perspectivas actuais no ensino/aprendizagem das ciências

O mundo contemporâneo encontra-se indissolúvelmente ligado ao desenvolvimento da ciência e da tecnologia. A actividade científica é uma das principais características que distingue a nossa era dos séculos anteriores (Rutherford e Ahlgren, 1990). É a ciência que nos fornece a nossa visão do mundo e que pela mão da tecnologia afecta de modos variados a vida quotidiana de todos os indivíduos. Ambas são já parte da nossa cultura.

Desde o nascimento da ciência moderna, no século XVII, que a evolução da sociedade e a evolução da própria ciência vão a par. Esta última teve de início um papel inovador e revolucionário. A procura do domínio da natureza e a sua exploração em proveito do ser humano tornou-se a força motora do desenvolvimento tecnológico, que influenciou e continua a influenciar, o rumo da história e da humanidade (Rutherford e Ahlgren, 1990), humanidade que foi usufruindo ao longo do tempo os bens resultantes desse progresso científico/tecnológico, e tendo depositado toda a confiança na ciência, acreditou assim que ela resolveria todos os seus problemas.

A relação, inicialmente linear, em que a ciência desenvolveu a tecnologia em proveito da sociedade, sofreu de então para cá, modificações profundas e complexas.

A imagem de ciência veiculada pelo paradigma positivista, que atribuíra ao cientista o estatuto de ser especial, altruista, que vive à margem do contexto social e cuja preocupação é

a procura da verdade (e este era o cientista que correspondia ao modelo romântico), não faz já sentido no momento actual. A ligação da actividade científica aos poderes económicos e estatais tornou-a uma poderosa instituição no seio da sociedade (Morin, 1982) e a sua neutralidade tornou-se, para muitos, um mito (Catalán Fernandez e Catany Escandell, 1986).

No entanto, entre os alunos, a visão positivista parece persistir ainda hoje. Estudos de investigação como os de Solbes e Vilches (1992) feitos com o objectivo de caracterizar as relações que os alunos de ciências (de idades compreendidas entre os 15 e os 17 anos) desenvolvem face à ciência e à tecnologia, revelaram que estes:

- * têm uma imagem negativa da ciência (acham-na monótona, inútil, incompreensível...) e uma imagem deformada dos cientistas (são imparciais, objectivos, possuidores da verdade, génios, um pouco loucos, que lutam pelo bem da humanidade)
- * têm poucos conhecimentos sobre as aplicações técnicas da ciência e sobre a sua influência na sociedade revelando-se o seu desconhecimento ainda maior no que se refere à influência que a sociedade possa ter tido no desenvolvimento da ciência
- * têm uma grande incapacidade para valorizar as implicações da ciência na vida do ser humano encontrando-se cada vez mais arredados do mundo da ciência.

O desenvolvimento científico/tecnológico acelerado que ocorreu a partir dos meados do século XX fez surgir, a par dos aspectos positivos, alguns aspectos negativos que abalaram a imagem da ciência, vindo as primeiras reacções do interior da própria comunidade científica. Passaremos, em revista e já de seguida alguns deles.

1. O lançamento da primeira bomba atómica, a morte de populações pela fome, a extinção de espécies animais e vegetais (bem como a ameaça que continua a pesar sobre outras), a

degradação acelerada dos solos, a degradação do património cultural são, entre muitos outros, problemas sociais que afligem, hoje em dia, a humanidade e que estão a pôr em causa o conceito de progresso, alertando para a necessidade de controlo da actividade científica por parte do público em geral. Poderemos dizer com Morin (1982) que, hoje em dia, é o domínio do domínio da natureza que causa problemas.

2. A necessidade de conhecer até ao último pormenor, privilegiou o raciocínio analítico e conduziu a uma fragmentação e especialização do saber e da linguagem. Isto dificultou, não só a comunicação entre os próprios cientistas, como ainda a acessibilidade do conhecimento científico pelo cidadão comum, fazendo com que este se afastasse da ciência cada vez mais. Actualmente, apesar do inegável peso que a ciência e a tecnologia têm nas nossas vidas, grande parte das pessoas considera o conhecimento científico convencional de pouca ou nenhuma utilidade para agir no seu contexto social (Jenkins, 1994).
3. A fragmentação da ciência traduziu-se ainda a nível do seu ensino/aprendizagem:
 - * numa fragmentação cada vez maior dos currículos, surgindo um maior número de disciplinas
 - * numa teorização, abstracção e especialização dos conhecimentos, em detrimento do seu lado pragmático, dificultando a sua compreensão e possivelmente uma retenção e mobilização futura desses conhecimentos, retirando-lhes o sentido de utilidade
 - * numa preocupação exagerada em utilizar terminologia específica das diferentes áreas do saber, tornando mais difícil para os alunos relacionar e integrar os conceitos dessas mesmas áreas (Santos, 1994).

Isto são razões para que em Portugal e, muito provavelmente, um pouco por todo o mundo os programas escolares de ciências se tenham tornado, aos olhos dos alunos, cada vez mais inacessíveis, menos úteis e mais desmotivantes (Santos,1994), o que se reflecte num insucesso escolar elevado e num desinteresse pela aprendizagem das ciências. Os saberes escolares são rapidamente esquecidos e deixam de ser funcionais.

Num momento em que tudo aponta para a necessidade dos cidadãos terem conhecimentos científicos e tecnológicos que lhes permitam utilizar em seu proveito a tecnologia desenvolvida (Gago, 1996), temos de convir que o quadro traçado para tomar decisões sobre problemas sociais ou escolher entre uma série de produtos que a publicidade, de uma forma mais ou menos aliciante mas muitas das vezes enganosa lhes oferece, não é o mais desejável.

É, tendo por base referências como estas, que se torna notório o desfasamento entre as aprendizagens escolares e as necessidades de ordem pessoal e social. Poder-se-á dizer que a educação em ciências não está a acompanhar as mudanças sociais caindo no descrédito do público (Bybee, 1993).

1.2.1. Prioridades para a educação em ciência

Em face do que atrás ficou dito, repensa-se, hoje, à escala mundial, as finalidades da formação científica dos jovens, com mais relevância para as daqueles que não prosseguem estudos científicos quer a nível secundário, quer a nível superior e que são a maioria.

Surge então uma nova dimensão no ensino das ciências cujo objectivo primordial é a compreensão da ciência e da tecnologia pelo público em geral. Atribui-se à educação em ciências, nos diferentes níveis, o papel de preparar os estudantes para enfrentar um mundo sócio-tecnológico em mudança, no qual os valores sociais e éticos são factores relevantes

(Fleming,1989), proporcionando-lhes uma formação que possa contribuir para que possam levar uma vida responsável e realizarem-se pessoalmente (Rutherford e Ahlgren, 1990).

Em termos de finalidades a educação em ciências deverá, então, deixar de se preocupar somente com a aprendizagem de um corpo de conhecimentos ou mesmo com a aprendizagem dos métodos de trabalho dos cientistas, passando a assumir igual relevância a formação de cidadãos cientificamente cultos, que tenham sido capazes não só de aprender conceitos científicos mas de os aprender de modo a torná-los úteis no seu dia a dia. Tornou-se fundamental que o desenvolvimento pessoal e o desenvolvimento social dos jovens não sejam esquecidos em detrimento da meta que era mais valorizada até então (desde as reformas dos anos 70): formar cientistas e técnicos.

Também, no nosso país, a L.B.S.E., lei nº 46/86 de 14 de Outubro, no artigo 2º, consigna esta perspectiva ao afirmar que *a educação promove o desenvolvimento do espírito democrático e pluralista formando cidadãos capazes de julgarem com espírito crítico e criativo o meio social em que se integram e de se empenharem na sua transformação sucessiva.*

São vários os argumentos que os autores das propostas que defendem a importância de haver uma compreensão pública da ciência, utilizam para as justificar mas os mais inovadores em relação às perspectivas tradicionais consideramos ser aqueles que se referem à necessidade que, hoje em dia, todo o cidadão tem de:

- * usar conhecimento científico básico para tomar decisões individuais e sociais
- * conhecer, valorizar e usar a tecnologia na sua vida pessoal
- * reconhecer as vantagens e as limitações da ciência e da tecnologia

* adquirir capacidades, atitudes e valores que lhe permitam adaptar-se a um mundo em mudança

Relativamente a este último aspecto aponta o objectivo *aprender a aprender* (presente nos novos currículos a nível mundial) (Hurd, 1994) como a melhor resposta a essa necessidade.

Se parece haver um consenso quanto à pertinência destas propostas no que se refere aos seus fins, o mesmo não acontece já quanto ao modo de pô-las em prática. São disso exemplo os próprios epítetos usados para as traduzir tais como *ciência para todos*, *alfabetização científica*, *cultura científica*, *literacia científica*, *educação para a acção* e as variadas propostas a nível dos currículos que vão surgindo um pouco por toda a parte.

Se não houver uma definição clara destes conceitos, e parece não ter sido encontrada até agora, correm-se riscos de diferentes interpretações, das mais simplistas às mais ambiciosas, desvirtuando a pertinência das propostas e vindo a reforçar os problemas que pretendem resolver.

Apesar da polémica e da controvérsia que possa estar a ocorrer à volta das propostas de mudança curricular, há já algumas pistas apontadas pelos investigadores que trabalham nesta área, mais ou menos consensuais, e que passaremos a referir.

1. É prioritária a aprendizagem de conceitos que sejam relevantes para as necessidades dos estudantes, para o progresso social e para o *bem comum* (Hurd, 1994) e que cubram um leque mais amplo de áreas científicas (são disso exemplo conceitos de interface de química, física, biologia e geologia) de modo a poderem interrelacioná-las (Royal Society, 1987).

2. É fundamental que a aprendizagem dos conceitos científicos (Santos, 1994):

- * não seja demasiado especializada, segundo uma disciplinaridade excessiva, mas que contemple momentos de interdisciplinaridade, integradores de saberes que privilegiem visões mais holísticas
- * ocorra a partir de exemplos da vida quotidiana, que têm um cariz multidisciplinar, podendo tornar a ciência mais motivante e mais útil ao aproximar-se mais da vida real
- * não se limite ao conhecimento de factos e de princípios científicos, mas também ao desenvolvimento de atitudes e valores
- * aborde a história da ciência e bem assim os papéis da ciência e da tecnologia na sociedade
- * desenvolva capacidades de tomar decisões e resolver problemas na interface ciência/tecnologia/sociedade (CTS).

Creemos que se pretendêssemos resumir, segundo estas perspectivas, as orientações para o ensino das ciências, fá-lo-íamos em termos de dois apelos.

1. Apelo à abordagem de situações/problema do quotidiano que irão permitir reflectir sobre os processos da ciência e da tecnologia bem como das suas inter-relações com a sociedade (temas CTS) facultando-lhes uma aprendizagem científica e tecnológica, uma possibilidade de tomar decisões informadas, de agir responsabilmente (Vaz e Valente, 1995) e desenvolvendo atitudes e valores.
2. Apelo à interdisciplinaridade decorrente da necessidade de compreender o mundo na sua globalidade e complexidade e também de conciliar a tendência fragmentadora e analítica do saber (característica da organização dos currículos actuais) com momentos em que se utilizem os diversos fragmentos para a construção de um saber mais global; esta

interdisciplinaridade irá propiciar, assim, situações nas quais se privilegia um raciocínio sintético (Pombo, 1993).

Em suma, tal como Hurd (1994), diríamos que tudo aponta para a necessidade de um novo modelo de desenvolvimento curricular que seja mais holístico na sua concepção; para uma aprendizagem contextualizada que está para lá do âmbito do laboratório e das fronteiras das disciplinas (Hurd, 1994; Millar, 1996). Pretende-se com isto que a aprendizagem das ciências se torne atraente, estimulante e importante para a maior parte dos alunos, que transmita da ciência uma visão humanizada (Good, 1994) e que desenvolva conhecimentos e capacidades de tomar decisões e resolver problemas na interface ciência/tecnologia/sociedade (CTS) (Bingle e Gaskel, 1994)

1.2.2. A reforma educativa à luz das novas propostas

Estamos, então, face a propostas actuais para o ensino/aprendizagem das ciências, que no contexto da complexidade social presente, e naquilo que se prevê venha a ser a sua evolução são, a nosso ver, da maior pertinência. Apontam um caminho que, muito provavelmente, é imprescindível trilhar embora esses trilhos não estejam ainda bem definidos. Por isso mesmo, permitem uma flexibilidade de acção aos professores que, se por um lado pode fomentar a criatividade, a reflexão, a autonomia e o sentido crítico, pode também, se os professores não tiverem os *instrumentos* necessários para os compreender, redundar numa situação caótica em termos de práticas. Isto, pensamos, deve ser um motivo prioritário de reflexão e de preocupação, para os formadores de professores, não só a nível mundial como a nível do nosso país uma vez que a Reforma Educativa em curso, ainda que de uma forma incipiente, revela já algumas destas orientações. Assim, por exemplo:

- * Uma das grandes finalidades explícita nos programas de ciências é *estimular a visão humana da ciência, fomentando a compreensão das relações entre ciência - tecnologia - sociedade* (programas de Ciências da Terra e da Vida, 10º e 11º anos; Biologia e Geologia do 12º ano).
- * Há um apelo à interdisciplinaridade através de abordagem de problemas do quotidiano que tem a sua expressão máxima na implementação da Área-Escola em todos os níveis de ensino e que é institucionalizada pelo Decreto-Lei 286/89, de 29 de Agosto, como uma "área curricular não disciplinar" que tem como finalidades fundamentais a concretização dos saberes através de actividades e projectos multidisciplinares.

Não pretendemos aqui alongar-nos sobre os problemas que a forma como foi implementada a Área-Escola tem levantado; iremos antes ocupar-nos de algumas razões que, a nosso ver, poderão contribuir para o insucesso desta ou de qualquer outro tipo de proposta que vise a interdisciplinaridade. Apesar dos impedimentos de várias ordens, alguns dos quais tendo a ver com a própria organização escolar, diríamos que são obstáculos de primordial importância para as pôr em prática:

1. a não existência de uma definição consensual de interdisciplinaridade; esta indefinição, aliada a uma vulgarização do termo decorrente da sua aplicação em contextos pedagógicos variados acrescida da sua aplicação em contextos não pedagógicos, tem desvirtuado o seu sentido, levando-o a cair em descrédito (bem visível em frases vulgarmente ouvidas, como por exemplo, "isto afinal é o que nós já fazíamos") ou a ser olhado como inatingível (Pombo, 1994)
2. o problema da comunicação e compreensão entre as várias disciplinas (Levy, 1994)

3. a dificuldade de conciliação destas propostas, com o modelo disciplinar em que decorreu a formação dos professores, com a estrutura disciplinar e desarticulada dos actuais currículos e com a organização dos conteúdos segundo uma lógica e visão tradicionais hierarquizada e não temática.

Para Santos (1994), esta conciliação passa por os professores conseguirem estruturar os programas segundo áreas temáticas que integrem os conceitos científicos e construam estratégias adequadas ao tratamento desses temas. Para tal, torna-se necessário que os professores sejam capazes de:

- * compreender qual a função da sua disciplina na formação global dos alunos
- * identificar temas/problemas multidisciplinares.

Estas exigências ultrapassam uma formação científica de nível meramente cognitivo, apelando para a capacidade de instrumentalização do conhecimento da especialidade (Ribeiro, 1990; Santos, 1994) o que requer que nos debrucemos sobre o modo como tem decorrido a formação de professores no nosso país, e, bem assim, a sua adequação para estes fins.

1.2.3. A inserção da geologia nos currículos dos ensinos básico e secundário

A nível mundial, a inserção dos conteúdos e métodos da geologia nos currículos de ciências dos ensinos básico e secundário tem sido muito restrita. Esta situação parece estar condizente com uma política de desenvolvimento da ciência baseada na Revolução Industrial, mas não se coaduna já com a nova ordem social em que é necessário resolver os problemas gerados por esse mesmo desenvolvimento.

A degradação do planeta em que vivemos assume aspectos diversificados (pluridisciplinares e por vezes transnacionais) muitos dos quais caem dentro da esfera de actuação da geologia. Basta pensarmos em problemas como a degradação da camada de ozono, o eventual aquecimento global da Terra, a destruição dos solos com a consequente desertificação de vastas áreas do globo, a poluição das águas e dos solos, a degradação do património arquitectónico, a perturbação nos ciclos sedimentológicos dos grandes rios pela construção desenfreada de barragens, a construção de canais com o consequente desvio de águas (afectando por vezes os interesses dos países quando estes ou uma parte deles cai dentro da mesma bacia hídrica - pense-se na polémica que se tem vindo a gerar a propósito de eventuais modificações a operar no rio Douro).

Ora, todos estes problemas exigem resoluções concertadas a nível político e competência da parte de todos com destaque para aqueles que têm poder decisório (políticos, empresários, economistas, engenheiros, cientistas, etc.). É necessário e urgente assegurar uma Terra que seja habitável e produtiva para as gerações futuras (Mayer, 1995).

É nos ensinamentos básico e secundário que todos os cidadãos poderão vir a aprender, em contexto formal, os conceitos fundamentais que lhes permitam desenvolver uma atitude compreensiva em face do funcionamento global do sistema Terra.

Os programas a estes níveis deverão contemplar uma maior representação da geologia (dado o seu carácter transdisciplinar) centrando-se no estudo e compreensão de modelos globalizantes como o do sistema Terra - Lua, o da Tectónica Global, o da Evolução da Vida (Millar, 1996) e em conceitos como o de Tempo Geológico que todos ou quase todos esses modelos assentam na noção de *ciclo* e permitem ao ser humano compreender, que não sendo

senhor absoluto do planeta, pode por via do seu estudo encontrar no mesmo, o entendimento filosófico, em termos espaço-temporais, da sua presença no mundo.

Em suma, se o desenvolvimento científico nos conduziu no sentido de saber cada vez mais, isto é, no sentido da desintegração dos saberes, a resolução dos problemas resultantes do desenvolvimento transporta-nos para a necessidade de compreender o mundo como um todo e, portanto, orientado para a integração dos saberes.

Os problemas são os da própria Terra (perdoe-se-nos a redundância), caindo portanto na área da geologia, sistema que engloba sub-sistemas físicos, químicos e biológicos que interagem. Isto revela-nos a geologia como uma ciência integradora, quase diríamos como uma área transdisciplinar já assim atrás designada.

A geologia, numa fase de desenvolvimento do saber, fragmentou-se numa variedade de disciplinas ou áreas de especialidade (mineralogia, paleontologia, petrologia, etc). O aprofundamento das descobertas científicas revelou também a existência de relações entre fenómenos aparentemente desligados. Reconheceu-se, então, a necessidade de ultrapassar as fronteiras disciplinares surgindo então disciplinas de interface como a geoquímica, a geofísica, a geomatemática.

Entre alguns aspectos específicos da geologia que a afastam das outras ciências, contam-se a dimensão tempo cuja unidade é, na geologia, o milhão de anos. Ora bem, uma unidade como esta que se contrapõe de uma forma nítida ao tempo de vida dos seres vivos, nomeadamente do Homem, dá-nos a percepção de que a reversibilidade das transformações quando existe não se compadece com o nosso tempo de vida. Dito de outro modo: o que destruimos num ano pode exigir milhares de anos para se reconstituir.

Um segundo aspecto para o qual julgamos dever chamar a atenção é o da escala em que o geólogo trabalha: abrange um leque tão vasto que vai desde o angström (ordem de grandeza das distâncias interatómicas) até ao milhar de quilómetros passando pela escala das observações microscópicas (o milímetro) à das amostras de mão (o centímetro ou a dezena de centímetros) e à dimensão do afloramento (o metro ou a dezena ou centena de metros), escala que pela sua variedade se contrapõe à de outras ciências. Esta variabilidade obriga em cada interpretação a fazer um esforço, necessário para a compreensão da integração dos vários subsistemas da Terra com sistemas mais abrangentes que atingem o próprio universo.

Um terceiro e último aspecto diz respeito ao fenómeno de interacção que em termos de geologia pode assumir aspectos dramáticos. Quando se perturba um sistema, isso vai ter ou pode vir a ter, mais cedo ou mais tarde, implicações noutros sistemas em diferentes zonas do globo. Tal realidade deve desempenhar um papel de sensibilização junto de diferentes comunidades (dentro ou fora de um país ou de um continente) no sentido de resolver com preocupação de sentido colectivo problemas que, efectivamente são, de todos. Isso, repita-se, exige, muito acentuadamente, a compreensão científica dos mesmos.

Se outro argumento nos faltasse, este deve ser suficiente para fazer compreender que o futuro da humanidade pressupõe que os cidadãos se formem nas escolas com sentido de responsabilidade e com cultura científica adequada e isso exige, obviamente, modificações nos curriculos escolares de modo a atribuir também maior importância à geologia.

1.3. A formação de professores face às novas propostas

As inovações para serem postas em prática necessitam da adesão dos professores. Eles são os agentes privilegiados nas mudanças propostas pelas perspectivas que podem fornecer, decorrentes da sua experiência directa na sala de aula. Não basta, contudo, uma adesão que resulte da imposição legal, antes é necessário que os professores estejam convictos dos méritos das mudanças, que as compreendam e que estejam bem preparados para as implementar (Rutherford e Ahlgren, 1990).

Prevêem-se, no entanto, dificuldades de vária ordem para que os professores possam responder a esses desafios. Algumas delas têm a ver com aspectos de organização da escola, mais adequados às práticas antigas, e uma incongruência com os sistemas de avaliação a que os alunos são sujeitos para poderem progredir. Outras são inerentes à própria formação dos professores e são estas as que mais nos interessa abordar atendendo aos objectivos deste estudo.

Tem havido nos últimos anos alguma preocupação com a formação de professores, em especial com a formação dos que estão em exercício, preocupação que em Portugal foi regulamentada pelo Decreto-Lei nº 249/92, de 11 Novembro, que estabelece o Regime Jurídico da Formação Contínua de Professores que preconiza a sua relevância em termos de progressão na carreira docente. Mas será que ela tem decorrido sempre nos moldes mais adequados? Será que após os fragmentos de formação, os professores estão mais convictos do mérito das inovações e mais sabedores dos princípios que as orientam? É importante que a formação de professores de ciências ofereça oportunidades para que os futuros professores e

os professores já em exercício, tenham as mesmas experiências que propõem aos alunos (Good, 1994). Será que tem havido esta preocupação?

Pensamos por experiência própria e pela opinião de outros professores que, na maior parte dos casos, isto não acontece. Sem pretendermos fazer aqui um levantamento exaustivo dos problemas de que enferma a formação de professores em Portugal, iremos referir apenas alguns pela pertinência que têm neste estudo:

1. Falta de articulação entre as situações de formação e as situações de trabalho

A formação tem-se alicerçado em modelos de racionalidade técnica que reduzem o papel do professor ao de um técnico, anulando a vertente criativa e reflexiva, não permitindo assim adaptar a sua intervenção às situações reais que são sempre diferentes (Amiguinho, 1993; Canário, 1993)

Tais modelos são caracterizados por uma visão dicotómica e uma concepção cumulativa e hierarquizada do processo de formação que se alia à uniformidade e à rotina nos programas e nas estratégias desse mesmo processo.

Fala-se em *formação inicial e formação contínua*, em *formação científica e formação pedagógica* como fragmentos de formação que se irão acumular. Na maior parte dos casos, a formação decorre sem que tenha havido uma reformulação dos processos tradicionais, esperando-se que os professores assimilem as mudanças sem mudar os seus quadros de referência.

A formação de professores é um processo de desenvolvimento de competências profissionais que deve ser, cada vez mais, encarado como um processo permanente e contínuo

(Benavente, 1992). A formação inicial e a formação contínua (ou em serviço) são dois momentos desse processo que, embora com características próprias, estão intimamente interligados.

Segundo Ribeiro (1990), a formação inicial é uma fase prévia ao exercício das funções docentes, cuja finalidade é apetrechar os futuros professores com os conhecimentos e capacidades necessárias ao desempenho das suas funções e a um contínuo desenvolvimento profissional. A formação contínua é uma fase que decorre durante o exercício da profissão e que se caracteriza por um conjunto de actividades formativas que visam o aperfeiçoamento das competências profissionais, o acompanhamento das inovações com vista à melhoria da qualidade da educação.

2. A reduzida articulação entre a investigação e a prática quotidiana nas escolas

Esta falta de articulação aliada a uma falta de reflexão sobre a inadequação das propostas tradicionais e sobre a clarificação das novas propostas, fazem com que haja um desfasamento entre os programas de formação e os problemas reais de ensino. Ela é provavelmente responsável por uma incompreensão das propostas inovadoras e por uma certa desconfiança dos professores para com estas - encaram-nas, muitas das vezes, como mais uma *moda* (Canário, 1993; Cachapuz, 1995).

3. A inexistência de recursos didácticos adequados

A inexistência de manuais escolares e de outros materiais organizados segundo a lógica das novas propostas, e convenientemente validados, não facilita nem o esclarecimento nem o enquadramento dos professores.

4. A exiguidade de momentos de formação que visem a componente científica da especialidade

As estratégias inovadoras, como já foi referido, não se coadunam com o ensino/aprendizagem de um corpo organizado de conhecimentos e são mais exigentes relativamente à preparação científica da especialidade dos professores. Trabalhos de investigação científica revelam haver já uma consciencialização disto por parte de professores em serviço (Pereira, 1994).

Não é esta, no entanto, a única preocupação que se levanta, hoje, no que se refere à formação científica na área da especialidade em Geologia.

As informações de 65 representações de vários países à I Conferência Internacional de Educação em Geociências, realizada em Southampton em Abril de 1993, revelaram que a aprendizagem das Geociências está a começar a adquirir uma relevância cada vez maior a nível mundial (King, Orion e Thompson, 1995). Em Portugal, a aprendizagem de Geociências antes da implementação da actual reforma educativa ocorria: no Ensino Básico, em tópicos inseridos nos programas de Geografia e de Ciências Naturais; no Ensino Secundário, como disciplina independente, mas de opção. Nos actuais currículos de ciências, encontra-se integrada nas disciplinas de Ciências Naturais e Ciências da Terra e da Vida (CTV), do E.B. e do E.S. (10º e 11º anos), respectivamente. Existe ainda como disciplina independente (Geologia) no 12º ano.

Até à actual reforma, dado o número exíguo de disciplinas da área da Geologia, estas eram leccionadas por licenciados em Geologia ou também por professores licenciados em Biologia pelos cursos clássicos (cujos currículos contemplavam disciplinas da área da

Geologia). A actual integração dos conteúdos de Geologia e Biologia na disciplina de Ciências da Terra e da Vida (CTV), faz com que um elevado número de professores sem formação em Geologia (caso, por exemplo, das actuais licenciaturas em Biologia), tenham, por imposição legal, de leccionar matérias de Geociências. Este é, então, um aspecto relevante que alerta para a necessidade de repensar a formação científica da especialidade dos alunos caso eles pretendam vir a ser professores de CTV.

Por estas razões, parece inegavelmente pertinente a relevância que vem sendo atribuída, nos últimos anos, à formação científica dos professores na sua área da especialidade como critério indispensável de competência profissional pelos diversos intervenientes no processo.

A necessidade de redefinir o conceito de formação da especialidade adequada, embora desejada, tem sido polémica porque ela depende de um consenso sobre *para quê ensinar?*.

Formação científica adequada para futuros cientistas não é muito provavelmente a mesma que formação científica adequada para cidadãos cultos cientificamente (Millar, 1996). Sendo assim, pensa-se que uma adequada formação científica não é aquela que obedece à lógica de que quanto mais se sabe de uma área científica, melhor professor se é. Um cientista altamente qualificado não é forçosamente um bom professor de ciências (Royal Society, 1987).

Muitos autores consideram que há diferenças entre *o que sabe* e *o como sabe*.

A concepção que o professor tem da funcionalidade da sua área de especialidade é muito importante, pois a escolha das tarefas que realiza com os alunos tem muito a ver com esta concepção. Por outro lado, nem todos os professores de uma mesma disciplina têm, quanto à sua funcionalidade, as mesmas concepções, provavelmente em consequência da formação que tiveram.

1.4. O problema em investigação

A preocupação central do estudo que se apresenta tem a ver com a seguinte questão: como é que os alunos futuros professores (FP) de ciências (Geologia e Química), são capazes no fim do seu curso de formação, de gerir o conhecimento para interpretar situações-problema do quotidiano que sejam perfeitamente enquadráveis em propostas curriculares dos Ensinos Básico e Secundário, Ciências Naturais - CN - (7º ano), Físico-Química - FQ - (8º ano), Ciências da Terra e da Vida - CTV - (11º ano) e Geologia (12º ano).

Nesta secção e de seguida iremos referir:

- * As razões que fundamentam, quer a escolha do tema que contextualiza as situações/problema com que confrontámos os alunos FP, quer do tema científico que lhe está subjacente, quer ainda das áreas de formação e da fase de formação em que se encontravam.
- * A clarificação dos objectivos do estudo e dos seus pressupostos.
- * Finalmente, far-se-á uma apresentação sumária do plano de estudo desenvolvido.

1.4.1. Escolha do tema científico e do tema contextualizador

As situações/problema com que pretendíamos confrontar os FP exigiram a escolha de uma área de problemas sociais que mobilizasse conceitos científicos das duas áreas de formação, geologia e química. A consulta de artigos como os de Fyfe (1989), King e outros (1995) e Mayer (1995), entre outros, ajudaram-nos neste sentido. Grande parte dos problemas que ensombram o nosso planeta (e a que já fizemos referência anteriormente), são consequência das mudanças que estão a ocorrer na interface litosfera - atmosfera - hidrosfera -

biosfera. Estas mudanças sempre foram ocorrendo naturalmente; o que há de novo é a sua aceleração. O futuro da Terra, à escala global, irá depender da nossa compreensão destas mudanças e dos processos que lhe estão subjacentes. Uma evidência destas preocupações é, por exemplo, o facto de o International Council of Scientific Unions ter lançado em 1986 o projecto *International Geosphere Biosphere Program - A Study Global Change (IGBP)* cujo objectivo era *descrever e compreender os processos interactivos físicos, químicos e biológicos que regulam o sistema Terra, o único que é capaz de ter vida, as mudanças que nele estão a ocorrer e a maneira pela qual estão a ser influenciados pela acção humana* (Fyfe, 1989, p. 90)

Escolhemos, então, o tema científico - *a alteração das rochas* - porque se enquadra na problemática referida. Há, no entanto, outras razões que pesaram nesta escolha e que passamos a apresentar:

* Sendo processos que ocorrem à superfície e que parecem, à partida, de mais fácil compreensão por parte de professores e alunos, revestem-se de algumas dificuldades que têm a ver com a identificação da natureza das rochas, com interpretações em escalas temporais e espaciais diferentes das que habitualmente se usam e ainda com a compreensão dos processos físicos e químicos que lhe são inerentes.

Não sendo conhecidos trabalhos de investigação que tenham feito um levantamento de dificuldades de professores nesta área, a convicção da sua existência fundamenta-se na nossa experiência como docente e na opinião de outros professores experientes, junto dos quais fizemos uma recolha informal de opiniões sobre eventuais dificuldades. Foram eles um professor de Didáctica da Geologia do ensino superior e quatro professores do ensino secundário. Deste último grupo faziam parte uma professora de Física e Química, duas

professoras de Biologia e Geologia, sendo uma delas orientadora de estágio e um professor de Geologia, autor de vários manuais escolares.

- * É um tema que está inserido no programa de Ciências Naturais - CN (7º ano), Ciências da Terra e da Vida - CTV (11ºano), e Geologia (12º ano).
- * É um tema que integra saberes de outras áreas disciplinares, Física, Química, Biologia.
- * É um tema que suporta aprendizagens de outras áreas, nomeadamente, da Química, como por exemplo as reacções de ácido-base, referência que podemos recolher dos próprios programas.
- * É um tema subjacente a um problema de ordem social que é o da degradação e conservação do património arquitectónico que urge preservar porque faz parte da nossa herança cultural; como diz Aires-Barros (1991, p.72), *a cultura não nasce por geração espontânea*.

Os monumentos são construídos com rochas, e como tal estão sujeitos a alterações que ocorrem ao longo do tempo pela interacção destas com o ambiente. No entanto, a degradação acelerada deste património, nas últimas décadas, e num grande número de casos tem muito a ver com o aumento de poluentes na atmosfera resultantes, especialmente, da industrialização e da expansão das cidades. Assim, este é um problema que o ser humano criou, sobrepondo-se à degradação lenta provocada pela natureza.

Esta tomada de consciência fez dele um tema de grande actualidade, que tem mobilizado a opinião pública nacional e internacional, o que se tornou visível pela importância concedida pelos *mass-media* e pelas revistas da especialidade das áreas científicas e educacionais envolvidas. Estas últimas apresentam, já, propostas de estratégias de ensino em que a

preservação do património cultural arquitectónico é o motivo para aulas de campo e para a aprendizagem de conceitos científicos (Borrows 1994; Dove, 1994; Robinson, 1994).

Digamos, então, que a necessidade sentida de preservar o nosso património alargou as suas fronteiras. A uma preocupação mais antiga com a preservação do património ambiental juntou-se, actualmente, uma preocupação com a preservação do património cultural, arquitectónico e arqueológico. Em relação a este último caso recorde-se o impacto que teve na opinião pública, nacional e internacional, a actual polémica sobre a preservação das gravuras de Foz Côa (Lima, 1996) com fortes repercussões a nível político e sócio-económico.

Os métodos tradicionais, mais ou menos artesanais, usados na conservação e restauro dos monumentos, foram ultrapassados e há necessidade de estudar novos processos que tenham em conta este facto novo e acelerador como já referimos que é a poluição, exigindo os esforços conjuntos de técnicos de várias áreas do saber. Isto torna-o um tema multidisciplinar (Pina, 1994) e também por isso integrador de saberes.

Em suma, diríamos que o tema escolhido para contextualização das questões, *degradação e conservação do património arquitectónico* foi por nós considerado adequado por:

- proporcionar interpretações para as quais se tornava necessário mobilizar conhecimentos científicos sobre *alteração das rochas*, ou seja, sobre os processos físicos e químicos resultantes da interacção entre as rochas, a atmosfera e a biosfera
- ser exemplar de uma abordagem CTS que ilustra a contribuição da ciência e da tecnologia na preservação da nossa herança cultural
- permitir o desenvolvimento de valores estéticos e éticos em relação a questões científicas
- ser actual

- ser tipicamente de cariz multidisciplinar e por isso mesmo gerador de controvérsias
- permitir uma abordagem, quer em programas de CN, de CTV e de Geologia, nos quais o tema alteração das rochas está explícito, quer em programas de Química, como se pode ver pelos exemplos seguintes que referem objectivos programáticos da disciplina de Físico-Químicas do 3º Ciclo do E.B.: *Reconhecer que algumas transformações de interesse geológico ocorrem por acção do calor...*; (DEB, 1995, p. 53) *Caracterizar alguns fenómenos com relevância biológica, geológica, industrial e ambiental em termos de comportamento de ácido-base.* (DEB, 1995, p. 59).

1.4.2. Escolha da fase de formação dos FP

Numa perspectiva desenvolvimentista da formação, o professor é um aprendiz permanente (Alarcão e Tavares, 1987) e o seu desenvolvimento profissional será tanto mais rico quanto mais enriquecidas tiverem sido as aprendizagens anteriores. Numa perspectiva construtivista, o que aprenderam e o modo como aprenderam vai influir em aprendizagens posteriores. Sendo a Universidade a instituição escolar que tem a função de proporcionar a formação avançada na área de intervenção do futuro profissional, será de admitir que o conhecimento construído nesta fase se vai repercutir forçosamente na realização prática da profissão. Assim, considerando importante a formação contínua, não podemos deixar de considerar a extrema relevância da formação inicial, e encarar esta como uma fase em que o que se aprende deve aprender-se de modo a tornar-se útil na fase seguinte. Tal como Ribeiro (1990) e Fenshman e Northfield (1993) pensamos que há necessidade de testar ou validar os programas da formação inicial confrontando-os com as exigências actuais da profissão, isto é, ver se os modelos explicativos dos FP estão de acordo com as visões actualizadas sobre os

problemas sócio-científicos do momento. Pensamos que o fim da sua formação académica é um momento crucial e de viragem na sua formação profissional, formação que segundo Fenshman e Northfield (1993) tem sido a menos questionada. Mais ainda, pensamos ser oportuno avaliar os produtos dos actuais modelos de formação inicial de professores. Pareceu-nos ser particularmente relevante fazê-lo numa fase terminal da formação curricular. Optámos (ver capítulo 3) por inquirir os alunos FP no fim dos cursos de Didáctica Específica, não porque pensemos que a Didáctica tenha por função colmatar as lacunas da formação científica da especialidade, mas sim porque são disciplinas que permitem aos FP uma auto-reflexão e um auto-questionamento sobre essa mesma formação, tornando-os mais críticos e mais responsáveis nesse sentido. Assim, a população a que diz respeito este estudo é constituída pelos alunos FP das licenciaturas em ensino de Física e Química e em ensino de Biologia e Geologia.

Apesar do tema contextualizador se situar na interface de várias áreas científicas, como já anteriormente referimos, escolhemos para a nossa amostra os FP da área de Geologia e os FP da área de Química por razões que têm a ver com os objectivos do estudo e que a seguir se discriminam.

1.4.3. Objectivos do estudo

Tendo por base o seguinte pressuposto:

- * Uma formação excessivamente disciplinar poderá não facilitar a mobilização dos conhecimentos na resolução/interpretação de situações-problema multidisciplinares, conduzindo a uma apreciação redutora das diferentes variáveis do problema.

Definimos os objectivos que se seguem:

- identificar lacunas na formação científica da especialidade dos FP de Geologia e de Química num tema interdisciplinar - *a alteração das rochas*
- averiguar em que medida o modo de encarar os problemas se relaciona com as áreas de formação dos FP.
- fundamentar propostas de currículos de futuros professores de ciências com vista a minimizar os problemas identificados.

1.4.4. Plano do estudo

O estudo decorreu em quatro fases, cada uma delas com objectivo e procedimentos que serão desenvolvidos de forma mais alargada nas respectivas secções, e que passaremos a referir sucintamente.

1ª Fase - Construção da Problemática - através de leituras, entrevistas informais e de experiência pessoal (fase exploratória) definiram-se o problema, os objectivos e a metodologia de trabalho.

2ª Fase - Recolha de Dados - procedeu-se à selecção da amostra, construiu-se o instrumento de investigação que se aferiu (estudo piloto) e procedeu-se à recolha de dados.

3ª Fase - Análise e discussão dos resultados. Compararam-se os resultados obtidos com respostas adequadas previstas e interpretaram-se as diferenças.

4ª Fase - Elaboração das conclusões e algumas das suas consequências práticas. Fez-se a revisão do trabalho tendo-se discutido as suas limitações e procurado pistas para novas investigações.

**1ª
ETAPA**

DELIMITAÇÃO DO PROBLEMA

- Fase de exploração
- Fase de explicitação do problema
- Definição dos objectivos
- Definição da metodologia

**2ª
ETAPA**

RECOLHA DE DADOS

- Selecção da amostra
- Construção do questionário
- Estudo piloto - aferição
- Estudo principal - administração

**3ª
ETAPA**

ANÁLISE DE DADOS

- Construção dos resultados
- Discussão dos resultados

**4ª
ETAPA**

CONCLUSÕES

- Elaboração das conclusões
- Limitações do estudo
- Pistas para novos trabalhos

CAPÍTULO 2

REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Introdução

Desconhecendo-se estudos que foquem questões próximas do problema agora em referência, optámos por descrever neste capítulo:

- * numa primeira parte, alguns trabalhos seleccionados de entre os que nos ajudaram a dar significado às inovações propostas na actual RE e a melhor compreender os desafios lançados aos professores que pretendam pô-las em prática. São desafios porque apontam caminhos que os professores terão de construir de acordo com o contexto em que trabalham
- * numa segunda parte, estudos que se debruçam sobre problemas que se colocam a nível da formação de professores, no contexto das inovações, nomeadamente:
 - O que os professores de ciência pensam sobre abordar temas/problemas controversos, ou seja, que envolvem polémica
 - O modo como os professores compreendem as relações CTS
 - Mudanças na formação de professores - a relevância do conteúdo científico da especialidade
 - A necessidade de melhorar o nível conseguido na formação inicial.

2.2. Propostas Curriculares e Educação CTS

A implementação da educação CTS impõe uma reformulação dos actuais currículos. Apesar dos esforços já realizados neste sentido por alguns investigadores interessados, o seu trabalho tem-se revelado pouco frutífero.

Iremos referir aqui as contribuições de Gardner (1994), Hurd (1994) e Millar (1996) como três exemplos paradigmáticos e complementares das tentativas que têm vindo a ser levadas a cabo no que se refere à construção de um currículo abrangente para a educação CTS.

Gardner (1994) centra-se na escolha dos conceitos que devem fazer parte do currículo. Essa escolha recai sobre conceitos sócio-científicos e sócio-tecnológicos. Define estes conceitos como ideias que envolvem situações socialmente negociáveis. Para uma melhor clarificação serve-se do seguinte exemplo: o papel e o plástico são conceitos objectivamente definíveis enquanto que material reciclável é uma ideia socialmente negociável porque para decidirmos quando é que um determinado material pode ser reciclado ou não, é necessário um julgamento que relacione os aspectos económicos e ambientais. Para este autor, a inserção destes conceitos no currículo pode ajudar a reconhecer que ciência, tecnologia e sociedade não são conceitos rigorosamente distintos. As suas fronteiras são difusas.

Hurd (1994) centra-se nas razões que devem levar à mudança do currículo tradicional e que são:

1. as características da sociedade contemporânea
2. as características dos jovens adolescentes actuais
3. a natureza e a ética da ciência pós-moderna.

As propostas deste autor demonstram uma preocupação muito centrada no aluno: há um forte apelo no sentido de se ter em conta a mentalidade dos jovens actuais e as directrizes que aponta vão no sentido de interessar os jovens pela ciência. Assim, para ele, um currículo actual deve:

- ir de encontro ao objectivo pedagógico de tornar a ciência mais compreensível para os estudantes de maneira a prepará-los melhor para lidar com as realidades da vida diária e planear o seu próprio futuro
- proporcionar uma educação em ciências que apresente a ciência e a tecnologia como uma parte da nossa cultura com significado na vida dos jovens
- atenuar as actuais diferenças entre a escola e o mundo real
- seleccionar conteúdos sobre conceitos que sejam relevantes para a vida dos estudantes, para o progresso social e para o bem de todos.

Hurd considera que a organização de um currículo que tem em conta as características da sociedade, a mentalidade dos jovens e a natureza e a ética da ciência pós-moderna requer os esforços conjuntos dos estudantes, educadores em ciências, pais, sociólogos da ciência, historiadores, filósofos de tecnologia/ciência, em diálogo com educadores em ciências.

Millar (1996) faz já propostas mais concretas que as dos dois autores anteriores contendo directrizes para a acção. Isto não é provavelmente alheio ao empenhamento que este autor tem tido como membro do projecto *SALTERS*¹, no sentido de construir materiais curriculares que ponham em prática as directrizes teóricas CTS. Segundo o autor a construção de um currículo

¹Salters' Science é um projecto que decorre na Universidade de York (UK), Departamento de Química, cujo lema é aprender ciências através de contextos CTS. O contexto CTS serve como organizador do conteúdo científico.

que conduza a uma compreensão pública da ciência impõe como aspectos prioritários as respostas às três questões seguintes.

1. **porquê** se quer ensinar ciências a todos?
2. **o que é** que se quer ensinar?
3. **como é** que se ensina melhor?

Para responder à primeira questão Millar faz uma discussão crítica da validade dos cinco argumentos mais vulgarmente usados para justificar a importância de ensinar ciência a todos.

- * O *argumento económico* - existiria uma ligação estreita entre a compreensão pública da ciência e o desenvolvimento económico da nação.
- * O *argumento de utilidade* - o conhecimento científico seria importante para lidar com aspectos do dia a dia.
- * O *argumento democrático* - o conhecimento científico seria importante para o indivíduo participar em discussões e tomar posições sobre acontecimentos sócio-científicos.
- * O *argumento cultural* - todos os jovens deveriam ser ajudados a compreender que a ciência é o maior empreendimento da nossa cultura.
- * O *argumento social* - da importância em manter os laços entre a ciência e a cultura em sentido mais lato.

Quanto ao argumento económico Millar não o considera válido em termos de ciência para todos. Poderá quando muito ser válido para os alunos que vão seguir carreiras técnicas e científicas. Todos os restantes argumentos são por ele considerados válidos; no entanto, para que o argumento de utilidade se torne válido, o ensino-aprendizagem deverá ter numa forte componente tecnológica. O argumento democrático coloca, segundo ele, um problema

relevante (mas para o qual não nos parece fácil encontrar resposta) e que é o seguinte: qual o nível de compreensão necessário para que o cidadão tome posição e decisões?

Relativamente à segunda questão, *o que ensinar*, Millar propõe que o currículo gire à volta de três aspectos:

- * compreensão do conteúdo científico
- * compreensão dos métodos de inquérito usados em ciências
- * compreensão da ciência como um empreendimento social.

Segundo ele, um currículo de ciências para alunos dos 5 aos 16 anos deve preocupar-se, em termos de conteúdo científico, em fazer menos mas melhor. Considera da maior relevância que ele contemple os dois aspectos seguintes:

- uma ênfase mais tecnológica que ajude os estudantes a tornarem-se mais capazes nas suas interações com o mundo material
- a utilização de modelos importantes na explicação de fenómenos naturais (como por exemplo: sistema Terra-Lua e sistema Terra-Sol, modelos de evolução da Terra - formação de rochas e placas tectónicas). Estamos de acordo com Millar de que estes modelos poderão desenvolver, nos estudantes, a compreensão do mundo que os rodeia.

Quanto à compreensão dos métodos das ciências, refere o autor que há poucas evidências que suportem este argumento; não só porque não há uma maneira única e simples dos cientistas produzirem o conhecimento, mas também porque está longe de ser claro que uma abordagem científica seja útil ou apropriada na maior parte das situações em que é necessário tomar decisões. Mesmo assim, relativamente a este aspecto, apresenta algumas sugestões que nos parecem interessantes para aplicação na prática lectiva, tais como, proporcionar aos alunos: visitas a lugares onde a ciência é feita; leitura de resultados de conferências, de

publicações, de jornais; estudo com alguma profundidade de um número específico de trabalhos de investigação que ilustrem progressivamente diferentes modos de trabalhar cientificamente - colheita de dados de uma forma sistemática e cuidadosa, utilização de raciocínio indutivo, testagem de ideias ou elaboração de previsões baseadas nela, proposta de um novo ponto de vista numa determinada área.

Compreender a ciência como um empreendimento social é, segundo o autor, o aspecto mais difícil de clarificar especificamente num currículo. Considera, no entanto, que pode conseguir-se de duas maneiras:

- Fazendo emergir as ideias dos alunos através da acção sobre problemas concretos do mundo real e não falando somente sobre eles.
- Proporcionando aos alunos trabalho de grupo, que lhes permita defender opiniões e tomar decisões com consequências práticas.

Estas propostas assentam, respectivamente, nos dois pressupostos seguintes: há diferenças cruciais entre a ciência no laboratório e no mundo real e o conhecimento científico é o produto de um trabalho social.

Apesar destas propostas de Millar apresentarem directrizes já mais específicas, a construção de um currículo CTS está no dizer do próprio autor muito aquém do desejável. Há ainda muito trabalho a fazer.

Vemos assim que quase duas décadas passadas de tentativas para definir um currículo CTS, continua a haver investigadores empenhados nesta tarefa e levantam-se ainda indefinições que urge clarificar; no entanto outros investigadores fazem já o balanço da situação ao mesmo tempo que procuram explicações para este insucesso através da análise crítica das origens e evolução do próprio movimento da educação CTS.

Em Portugal as orientações curriculares com um pendor CTS são ainda muito incipientes (nos programas de Físico-Químicas do 3º Ciclo do E.B. existem algumas tentativas)

2.3. O Desenvolvimento da Educação CTS

A necessidade de clarificar as diferenças entre ciência e tecnologia bem como a necessidade de compreender as suas interrelações com a sociedade tem as suas raízes mais profundas num amplo movimento social ao qual os educadores em ciências também aderiram (nos anos 70) e que foi designado por movimento CTS. Este movimento teve o seu embrião numa geração de cientistas que sofreram o impacto moral da primeira bomba atómica e teve como primeiras preocupações problemas de carácter ambiental.

Layton (1994) e González Garcia, López Cerezo e Luján López (1996)² dão-nos essa perspectiva histórica do movimento CTS. Segundo eles, este movimento deu origem, na comunidade para a educação em ciência, primeiramente a uma linha de investigação académica de estudos sociais da ciência que surgiu simultaneamente em alguns países da Europa e da América do Norte e só posteriormente teve repercussões na aplicação ao ensino/aprendizagem das ciências. De acordo com as diferentes tradições destes dois pólos apareceram duas linhas de investigação com características diferentes: a europeia de pendor mais académico, centrava-se na ciência enquanto processo e bem assim no modo como os factores sociais contribuem para a génese e consolidação do desenvolvimento científico e tecnológico; a americana, de pendor mais prático, centrava-se no modo como os produtos do

²A obra destes autores (ver bibliografia) é de grande interesse actual pois proporciona-nos uma visão geral, a nível mundial, sobre os estudos e educação CTS, bem como a sua inserção no ensino secundário e universitário.

desenvolvimento científico e tecnológico influenciavam as formas de vida e de organização social, tendo um alcance valorativo e ético. Na prática, os estudos nos países europeus incidiam mais na natureza e história da ciência enquanto que na América do Norte incidiam mais na tecnologia. Com o decorrer dos tempos estas duas perspectivas vieram a revelar-se complementares.

Logo de início, este movimento abrangeu investigadores de campos muito heterogéneos do saber como por exemplo sociólogos, antropólogos, filósofos, pedagogos, historiadores e economistas e a sua importância é hoje reconhecida pelo grande número de revistas, de livros, de conferências e de projectos de investigação que foram surgindo nos últimos 20 anos. Movimentos assim tão amplos estão normalmente recheados de indefinições e de interesses contraditórios. O movimento para a educação CTS nunca teve uma definição muito clara porque resultou de uma variedade grande de motivações (Layton, 1994) e evoluiu tomando várias direcções o que faz com que ainda hoje não possa descrever-se como um todo (Ziman, 1994), sendo as suas propostas fundamentais diversas e incoerentes. Note-se, no entanto, que nenhum destes autores considera isto desvantajoso. Bem pelo contrário, tem a vantagem de poder imprimir ao movimento uma dinâmica que lhe permite seguir por várias direcções, como de facto parece que veio a acontecer. Para compreendermos a evolução da educação CTS parecem-nos importantes as reflexões destes dois autores.

Layton (1994), cujas preocupações se têm centrado na organização de um currículo CTS abrangente, parece considerar que esta é, hoje em dia, uma tarefa impossível. A sua posição resulta da análise e reflexão sobre os principais aspectos do movimento em termos das origens e do modo como foi posto em prática e que passaremos a referir.

As suas origens em países desenvolvidos industrializados e a sua inserção posterior em outros países, nomeadamente os que estariam em vias de desenvolvimento, teve como consequência que nesses países as propostas CTS se revelassem com diferenças significativas. O conteúdo cultural de cada país exerceu uma grande influência no modo como as propostas originais foram postas em prática. As funções da educação CTS foram distintas, nos diferentes tipos de sociedade. Nos países altamente desenvolvidos e industrializados em que os padrões de vida eram elevados, os interesses centraram-se no *controlo da qualidade de vida* e nos restantes centraram-se na *acção para a sobrevivência e para a auto-suficiência e elevação dos padrões de vida*. Relativamente ao modo como a educação CTS foi posta em prática, Layton (1994) chama a atenção para aspectos, tais como mudanças em relações aos princípios orientadores originais e que dizem respeito ao público a quem se dirigiam, ao desfasamento do modo como foi implementada nos diferentes níveis de ensino e à relevância dada nos diferentes currículos:

- * O público a que a educação CTS se dirigia era formado, de início, pelos alunos dos últimos anos do ensino secundário e actualmente envolve já as idades entre os 8 e os 14 anos
- * A sua fraca inserção nas escolas primárias e o modo como foi implementado no ensino superior (incidindo, normalmente, em estudos sociológicos) mantem-os desligados dos projectos das escolas secundárias
- * O seu desajuste no modo como está inserido nos currículos. Para alguns bastará uma "*injecção*" de 10 a 20% de *ciência académica cuidadosamente controlada* (p.37); para outros é *a educação pela ciência* e para outros ainda é o *ensino e aprendizagem da ciência no contexto da experiência humana*.

Para Layton (1994), parece possível que o movimento CTS já tenha sido ultrapassado ou pelo menos desafiado pela história, se atendermos às mudanças que têm vindo a processar-se a nível do ensino-aprendizagem da ciência, como por exemplo:

- a importância e reconhecimento actual da tecnologia em oposição ao modo como era subestimada no passado
- a mudança global da escolarização no sentido de privilegiar a prática
- a diversidade cultural, já que um papel da educação pela ciência nos países em desenvolvimento é, entre outros, a formação e a manutenção das culturas nacionais.

E numa previsão para o futuro, este autor considera que das duas uma, ou a educação CTS tem dentro de si potencialidades e flexibilidade para sobreviver a estes e outros desafios e se adaptar com sucesso às várias modificações contextuais ou então será banida ou diluída noutras áreas. Parece-nos, neste momento, que reconhecidas como estão as potencialidades da perspectiva CTS e a sua necessidade para o mundo actual, a saída possível será a sua adaptação aos vários contextos nacionais tal como tem vindo a acontecer.

Parece-nos ser também este o entendimento de Ziman (1994) quando refere que a educação CTS se traduziu numa multiplicidade de abordagens. Este autor refere que (p.22) *a fraqueza fundamental da ciência "válida" como é vulgarmente ensinada não é o que diz acerca do mundo, mas o que deixa por dizer*. A educação CTS poderá preencher esta falha através de diferentes abordagens. Cada abordagem é planeada para ser como que uma ponte que atravessa o fosso que envolve a ciência *válida*, separando-a do mundo real.

Existem múltiplas abordagens, consideradas pelo autor como complementares com as suas vantagens e as suas desvantagens que vamos referir já de seguida. Cada abordagem tenta introduzir os alunos num aspecto particular da ciência no seu contexto social.

- *a abordagem pela relevância* - centra-se na tecnologia e noutras aplicações práticas da ciência
- *a abordagem vocacional* está mais orientada para o ensino universitário do que para o secundário e para aqueles que se destinam a seguir carreiras na investigação científica, engenharia, medicina, etc.
- *a abordagem transdisciplinar* é aquela pela qual se pretende quebrar as barreiras entre as várias disciplinas. Tem o objectivo de integrar as ciências e apresentar o conhecimento como uma unidade. Revela uma concepção holística de ciência
- *a abordagem histórica* - pode mostrar que a ciência e a tecnologia cresceram e evoluíram com a sociedade
- *a abordagem filosófica* - refere-se à natureza da ciência
- *a abordagem social* - diz respeito à ciência e à tecnologia como instituições sociais
- *a abordagem "problemática"* - abordagem através dos grandes problemas do nosso tempo.

Segundo Ziman é esta última abordagem a mais seguida, talvez porque permite um contacto directo com o mundo tal como ele é ao representar a ciência, a tecnologia e a sociedade em termos concretos. À abordagem transdisciplinar que nos parece demasiado ambiciosa para aplicar nas nossas escolas marcadamente disciplinares, contraporíamos a *abordagem multidisciplinar* que é inerente à *abordagem problemática*, uma vez que a resolução de problemas exige a convergência de várias áreas do saber. Quer os professores, quer os alunos, podem envolver-se na resolução de uma causa comum. É a abordagem menos académica e a mais motivante. Esta visão de Ziman, no que se refere à evolução da educação CTS, sendo menos céptica que a de Layton parece-nos mais realista.

A fragmentação da educação CTS em diversas abordagens ou aspectos particulares da ciência, alargando a educação científica convencional, embora não pensada inicialmente, surgiu naturalmente da sua implementação prática. A existência de várias abordagens parece-nos vantajosa porque permite aos professores envolvidos em educação CTS, escolher aquela que se revele mais coerente com o contexto no qual trabalham.

A propósito ainda da *abordagem problemática* achamos da maior pertinência apresentar neste momento o ponto de vista de Yager (1992), para quem um programa CTS se centra neste tipo de abordagem. Os cinco domínios relevantes em termos de ciências para todos (fig. 2.1.), considerados por ele áreas que fornecem uma base para a definição de objectivos, de currículos, de instrução e de avaliação são:

Domínio dos conceitos ou do conhecimento científico

Domínio dos processos ou do modo como os cientistas pensam e trabalham

Domínio da criatividade ou da imaginação e de uma forma de pensar criadora

Domínio atitudinal ou dos valores e das capacidades de tomar decisões

Domínio das aplicações/ligações ou das relações entre a ciência e a tecnologia e as situações do dia a dia.

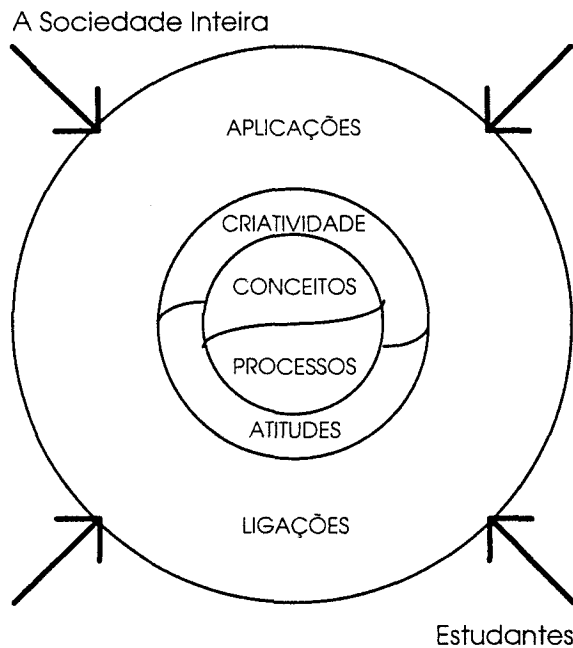


Fig. 2.1. Domínios CTS para o Ensino e a Avaliação

Um ensino tradicional, baseado em programas disciplinares, centra-se na aprendizagem dos conceitos e dos processos como ponto de partida para o desenvolvimento da criatividade e das atitudes só mais tarde entrando no domínio das aplicações/ligações. Parte da aprendizagem dos conceitos para a resolução dos problemas. Neste percurso, muitos dos estudantes perdem-se antes de poderem aplicar os conceitos e os processos à sua própria vida, o que faz com que piorem as suas atitudes e a criatividade decaia.

Um programa CTS, pelo contrário, procura começar no domínio das aplicações/ligações, ou seja, na resolução de problemas que ocorrem no dia a dia. A aprendizagem dos conceitos e dos processos surge, então, como uma necessidade sentida pelos estudantes para lidar com esses mesmo problemas. Assim, os conceitos passam a ter um sentido de utilidade e a sua construção reveste-se de aspectos fundamentais no desenvolvimento da criatividade, das atitudes, dos interesses e das motivações.

Os objectivos da formação pela educação CTS são também de grande abrangência ao ponto de serem razões invocadas por alguns autores para a sua defesa.

Para Solomon (1993) essas razões são:

1. permitir aos alunos falar e agir em matérias que estão relacionadas com as ciências e que podem afectar a sua qualidade de vida
2. poder mostrar aos alunos a falibilidade da ciência proporcionando-lhes uma melhor compreensão da natureza da ciência e da tecnologia e das suas interacções com a sociedade
3. incluir discussão democrática conducentes à acção, educando jovens cidadãos, para que no futuro possam compreender os problemas controversos gerados pela ciência e pela tecnologia
4. ensinar a ciência para formar peritos técnicos servindo as vocações e a economia do país.

Estes enunciados abrangem uma tal gama de objectivos que segundo alguns autores urge escolher os prioritários (Atkin e Helms, 1993).

Rutherford e Ahlgren (1990), Bybee (1993) e Millar (1996) dão actualmente uma grande relevância à formação de cidadãos capazes de enfrentar os problemas sociais controversos e de tomar decisões sobre problemas científicos e tecnológicos. No entanto, Millar (1996) e Layton (1994) consideram este objectivo muito atraente mas ambicioso podendo conduzir na prática a frustrações, a menos que haja melhoria em termos institucionais.

2.4. Problemas a nível da formação de professores

As inovações pedagógicas em curso por todo o mundo, quer as que se dirigem na perspectiva CTS, quer as orientadas segundo a perspectiva construtivista da aprendizagem, conduziram a um recrudescer do interesse pela formação dos professores de ciências. As linhas de investigação orientaram-se no sentido de averiguar como é que os professores compreendiam as inovações, se tinham uma formação profissional adequada e que mudanças introduzir na sua formação. Dentro do tempo disponível e do material que nos foi possível consultar, verificámos que somente um reduzido número de artigos abordava aspectos como estes, relacionados com a inovação CTS. Pensamos, no entanto, que as inovações, quaisquer que elas sejam, têm exigências comuns para com a formação de quem vai procurar implementá-las. Pensamos ainda que essas exigências são comuns aos professores dos diferentes níveis de ensino. Por essa razão iremos aqui referir trabalhos, que embora focando aspectos variados e recaindo sobre sujeitos variados, contêm conclusões julgadas aplicáveis a todos eles.

2.4.1. A compreensão dos professores sobre o ensino CTS

Para Lederman (1986, citado por Rubba e Harkness, 1993) os professores só poderão ensinar aquilo que eles próprios entendem. Isto que nos parece óbvio torna urgente que se investigue a compreensão que os professores têm sobre as interações CTS, o que pensam sobre a sua implementação no ensino e se estão capazes de as levar a cabo.

Rubba e Harkness (1993) procuraram saber quais as concepções dos professores de ciências sobre as abordagens CTS. Para tal compararam as ideias de 26 futuros professores e 19 professores do ensino secundário acerca da natureza da ciência e da tecnologia e das suas

interacções com a sociedade, utilizando um instrumento de escolha múltipla. Os resultados foram equivalentes para os dois grupos: os professores e os futuros professores da amostra conceptualizaram a ciência como uma sequência de passos referindo um método científico; não distinguiram entre ciência e tecnologia; reconheceram a existência de interacções entre ciência, tecnologia e sociedade mas não foram capazes de explicar tais relações. Assim, os autores concluíram que, quer uns, quer outros revelaram ter concepções erradas acerca de ciência e de tecnologia e das suas interacções com a sociedade.

Segundo Catalán Fernandez e Catany Escandell (1986), a maior parte dos professores de ciências parece não ter consciência de que a sua participação no processo educativo se encontra integrada num todo qualitativa e quantitativamente mais amplo, e esqueceu a influência que o contexto social tem sobre os modos de pensamento, normas sociais e princípios de conduta que os jovens desenvolvem para se integrarem facilmente nesse mesmo contexto. De uma maneira geral têm ainda tendência a separar a instrução da educação, a preocupar-se mais com o *ensino dos saberes* esquecendo frequentemente o *ensinar a saber* e sempre o *ensinar a decidir*, e o *ensinar a actuar*. Desenvolveram uma ideia de ciência como um empreendimento neutro face aos poderes e passam essa imagem aos alunos. Isto dificulta a introdução no seu ensino de temas/problemas que envolvam polémica, que mostrem que a neutralidade da ciência não passa, hoje em dia, de um mito.

Cross e Price (1995) procuraram averiguar quais os pontos de vista de um grupo de professores de ciências da Escócia e dos Estados Unidos, relativamente ao ensino de problemas controversos, ou seja, de decisão discutível. Fizeram-no através de entrevistas semi-estruturadas. Os resultados parecem apontar para o facto de o grupo de professores reconhecer a importância de introduzir no seu ensino tópicos que envolvam situações

controversas estando já a começar a fazê-lo. Contudo, os autores puderam averiguar que o fazem em contextos de um ensino tradicional das ciências, dando poucas oportunidades aos estudantes para formular questões, pesquisar, valorizar situações e tomar decisões. A ciência é ainda ensinada como se fosse objectiva e neutra e as teorias ensinadas como factos. Estes resultados parece-nos apoiarem a ideia de que não basta a adesão dos professores às inovações; é necessário que eles as compreendam.

2.4.2. Relevância da componente científica da especialidade

No passado, a formação de professores enfatizou o conhecimento do conteúdo. Depois, durante algumas décadas, os investigadores em formação de professores focaram a sua atenção nos aspectos pedagógicos independentemente do conteúdo. Com o desenvolvimento da investigação em Didáctica reconhece-se hoje a importância de ambos, conhecimento do conteúdo e conhecimento pedagógico. Ambos são considerados fundamentais para o melhor desempenho do professor (Shulman, 1986; Cochran, De Ruiter e King, 1993; Sanders, Borko e Lockard, 1993). Parece ser esta última a ideia subjacente à inserção das disciplinas de didáctica na formação dos FP. A didáctica tornou-se um espaço curricular onde se discute as múltiplas componentes do processo de ensino-aprendizagem tais como planificação, execução e avaliação (Martins, 1995) integrando o conhecimento científico da especialidade com o conhecimento pedagógico. Assim se justifica o crescente interesse em recolher informações sobre a formação científica dos professores de ciência na sua área de saber e a influência que possa ter na implementação de estratégias inovadoras.

Vários estudos exploratórios têm sido feitos nesse sentido com a finalidade de encontrar pistas que possam contribuir para melhorar a formação de professores de ciências. Iremos referir alguns.

Sanders, Borko e Lockard (1993) fizeram um estudo cujo objectivo era comparar o desempenho dos professores quando leccionavam na sua área de especialidade ou numa outra área de ciências pela primeira ou segunda vez.

Neste estudo preocuparam-se em descrever a influência do conhecimento de conteúdo da especialidade, do conhecimento pedagógico e do conhecimento didáctico no modo como os professores planeavam, ensinavam e reflectiam sobre o seu próprio ensino.

Os sujeitos do estudo foram três professores do ensino secundário já com experiência de ensino e considerados bons professores.

Os resultados do estudo revelaram que o conhecimento do conteúdo, o conhecimento pedagógico e o conhecimento didáctico influenciavam todos os aspectos do ensino dos professores da amostra (planificação, interacção na sala de aula e reflexão posterior), quer quando leccionavam na área da especialidade ou noutra. Contudo notaram uma influência maior na interacção da sala de aula. Esta decorria fluentemente quando leccionavam a disciplina da sua área de formação mas quando leccionavam noutra área havia momentos confusos, quer para os professores, quer para os alunos.

Os resultados deste trabalho vieram apoiar, segundo nos parece, a ideia de que existe uma ligação estreita entre o conhecimento do conteúdo da área de especialidade e o modo como se mobiliza esse conhecimento, nas tarefas profissionais.

Gess-Newsome e Lederman (1993) preocuparam-se com o modo como um grupo de futuros professores de Biologia estruturavam os conteúdos de biologia. Partiam do princípio de que isso iria influir não só na coerência com que os apresentavam aos alunos mas também na escolha que fariam relativamente aos tópicos mais apropriados para incluir no currículo. A estrutura do conteúdo (*subject matter structure*) que os autores referem pela sigla SMS, diz respeito ao modo como cada um concebe e/ou organiza o conhecimento de uma área específica do saber.

Trabalharam com dez futuros professores de Biologia do ensino secundário que frequentavam o último ano do curso, e uma ou mais das três disciplinas - Secondary Science Methods and Strategies, Microteaching and Science Praticum.

O propósito desta investigação era saber: se a natureza e a fonte das SMS eram estáveis e ainda qual a sua relação com o acto de ensinar. Os dados foram recolhidos antes e depois de terem frequentado as disciplinas atrás mencionadas. Os resultados do estudo revelaram que:

- * os sujeitos envolvidos não tinham uma visão integrada dos conteúdos. Nas respostas limitaram-se a indicar tópicos das cadeiras dos cursos de Biologia ou dos conteúdos dos manuais escolares, fracamente relacionados e sem qualquer integração ou presença de temas integradores
- * as principais fontes das SMS eram os programas de Biologia que faziam parte dos seus cursos. Estes resultados sugerem que os estudantes de Biologia não tomaram contacto com uma estrutura acessível da Biologia (explícita ou implícita) como parte da sua preparação. O que se deve, segundo os autores, ao facto de nos cursos de ciências, os conteúdos serem ensinados e apresentados como tópicos fragmentados e desarticulados.

- * as SMS mudaram em função das reflexões feitas ao longo do curso sobre o conteúdo científico da especialidade.
- * as SMS influenciaram no modo como estes professores estruturaram os conteúdos de Biologia.

Num momento em que a compreensão integrada dos conteúdos é considerada de importância vital para os estudantes, ela torna-se igualmente importante para os professores. Os resultados deste trabalho revelam que se estes não tiverem essa visão integrada provavelmente também não serão capazes de a passar aos alunos.

As mudanças de SMS, após terem frequentado cadeiras em que tiveram a oportunidade de reflectir sobre os conteúdos, e relacioná-las mais firmemente com abordagens de ensino que podem ser aplicadas na sala de aula parecem apoiar a importância que tem a reflexão que se faz nas disciplinas de Didáctica.

Em suma, o modo como os professores compreendem e estruturam o conteúdo da especialidade parece influenciar a maneira como ensinam esse mesmo conteúdo.

Lederman, Gess-Newsome and Latz (1994) fizeram um estudo semelhante ao anterior em termos de metodologia e com uma amostra de doze FP. Nele procuraram avaliar a natureza, desenvolvimento e mudança das concepções dos sujeitos não só no que se refere ao conteúdo científico da especialidade mas também no que se refere ao conteúdo pedagógico. Procuraram averiguar também as concepções dos FP no que diz respeito à relação entre os dois tipos de conhecimento, em termos de práticas lectivas.

Os resultados referentes à natureza das SMS foram semelhantes aos do estudo anterior. O que nos parece interessante assinalar neste último estudo diz respeito às concepções dos FP no

que se refere à relação entre o conhecimento científico da especialidade e o conhecimento pedagógico.

Para este grupo de FP:

- o conhecimento científico da especialidade e o conhecimento pedagógico são entidades separadas que são aplicadas de uma forma integrada durante o ensino
- o conhecimento pedagógico é o mais importante para tomar decisões instrucionais, ou seja, é muito mais importante saber como ensinar uma vez que, como professores, sabem sempre mais do que os alunos.

Estas opiniões revelam que as visões deste grupo de FP são tradicionais, ao considerá-los como dois compartimentos estanques e também pela maior relevância que atribuem ao conhecimento pedagógico.

Stofflett e Stoddart (1994) procuraram examinar a influência que o modo como os futuros professores aprendem o conteúdo científico e o modo como compreendem as inovações. No caso presente, a inovação era a pedagogia por mudança conceptual.

Dos 27 FP da escola elementar que faziam parte da amostra, dezassete foram sujeitos a um ensino que visava uma aprendizagem por mudança conceptual e 10 foram sujeitos a métodos tradicionais de ensino. O conteúdo científico seleccionado foi *o ciclo da água* porque fazia parte de todos os currículos das escolas elementares.

Os resultados mostraram que os FP sujeitos à aprendizagem do conteúdo por mudança conceptual, ao contrário dos que foram sujeitos a um ensino tradicional, desenvolveram uma compreensão desta metodologia que lhes poderia facilitar a sua utilização posterior. Os resultados deste estudo parecem-nos apoiar a ideia de que é importante que os professores

aprendam segundo os métodos previstos para a aprendizagem dos seus próprios alunos. Apoiam ainda a existência de currículos abertos que se vão actualizando, introduzindo dimensões novas

2.4.3. Redefinição do conceito de formação científica da área de especialidade

Pelas razões atrás expostas, parece inegavelmente pertinente a relevância que vem sendo atribuída, nos últimos anos, à formação científica dos professores na sua área da especialidade como critério de competência profissional.

Há hoje em dia um consenso público de que a competência do professor nas matérias que ensina é um factor primordial para a sua qualidade profissional (Shulman, 1986). Este autor refere também que se a aceitação deste ponto de vista não é polémico, o mesmo não se passa com a definição do que é uma formação científica adequada na área de especialidade.

As necessidades dos professores instrumentalizarem o conhecimento da especialidade levou a investigação científica actual a deixar de se preocupar somente com *o que* o professor sabe, mas a investigar também *o como sabe* (é nesta linha de investigação que se situa o nosso estudo). Nesta óptica procura-se hoje definir o que se entende por formação científica adequada na área de especialidade.

Já Smith (1969, citado por Ribeiro, 1990) refere que há três dimensões na componente de formação científica de professores:

1ª dimensão - conhecimento dos conteúdos científico-disciplinares de uma área de docência ou disciplina curricular. Recai sobre o conhecimento das áreas disciplinares.

2ª dimensão - conhecimento dos conteúdos programáticos a que se associa indissolúvelmente o conhecimento de metodologias de ensino adequadas. Refere uma concepção da preparação científica do professor em termos operacionais e directamente utilizáveis na situação de ensino.

3ª dimensão - conhecimento de processos de aquisição, organização e tratamento de informações e conhecimento em geral. É nesta terceira modalidade de preparação científica que se poderiam incluir aspectos relacionados com a importância que os conteúdos científicos possam ter em termos da sua adequação às necessidades e interesses dos alunos e às exigências sociais.

Para Shulman (1986) o conhecimento que o professor tem da sua especialidade terá que se transformar em conhecimento ensinável - *o conhecimento didáctico do conteúdo*.

Este autor refere, então, como dimensões da formação científica dos professores:

- * a compreensão dos conteúdos da especialidade - *conhecimento da matéria*
- * o entendimento do modo como os conteúdos das áreas disciplinares são ou não compreendidos, aprendidos e esquecidos - *conhecimento didáctico*
- * a compreensão de processos de estruturação e apresentação dos conhecimentos para fins didácticos - *conhecimento curricular*.

Ainda segundo Marcelo Garcia (1996), o conhecimento didáctico do conteúdo tal como é visto por Shulman envolve:

- a escolha dos temas que o professor ensina
- a forma mais útil de apresentar as ideias (que exemplos, que metáforas, que imagens, que representações)



- um conhecimento do que dificulta a aprendizagem, as concepções e pré-concepções que os alunos têm relativamente ao conteúdo.

Autores como Cochran, De Ruiter e King (1993) propõem algumas alterações ao conceito de *conhecimento didático do conteúdo* proposto por Shulman.

Começam por alterar o próprio nome para o *conhecer didático do conteúdo* pois consideram que a palavra *conhecer* em relação à palavra *conhecimento* tem um carácter mais dinâmico e portanto mais de acordo com uma perspectiva construtivista.

Definem o *conhecer didático do conteúdo* como uma compreensão integrada, por parte do professor, de quatro componentes: pedagogia, conteúdo da área da especialidade, características dos estudantes e contexto ambiental da aprendizagem. O modelo que propõem destina-se à formação inicial de professores e pode fornecer aos FP um conjunto de capacidades e compreensão de ensino coerente e integral.

Os professores devem desenvolver o seu conhecimento pedagógico e conhecimento do conteúdo da especialidade, no contexto de outras duas componentes do conhecimento: a compreensão dos estudantes e do contexto em que decorre a aprendizagem. É a ênfase maior nestas duas componentes que distingue este modelo do de Shulman. Para ilustrar o seu modelo, os autores apresentam um esquema como o da figura 1.

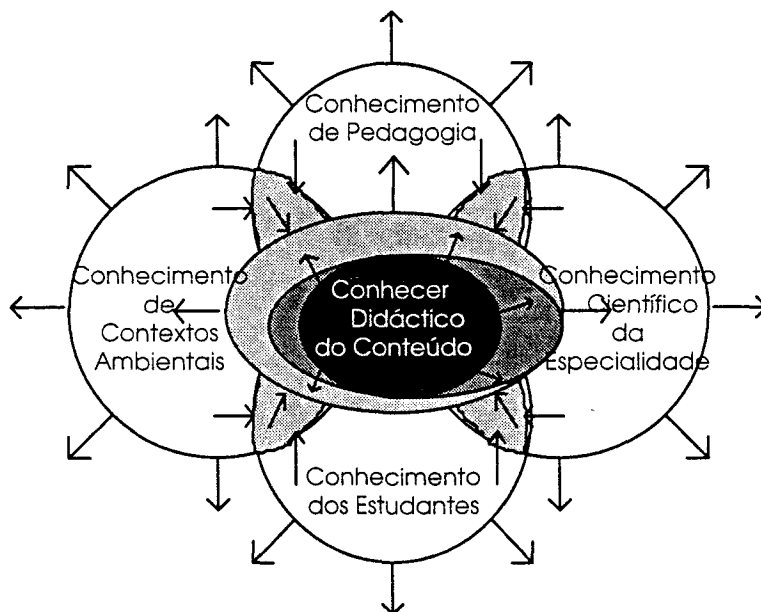


Fig. 2.2. Modelo de Desenvolvimento do Conhecimento Didático do Conteúdo como Enquadramento para a Preparação de Professores

Os círculos maiores representam as mudanças na compreensão dos futuros professores nas quatro componentes. O desenvolvimento em cada área começa com um foco relativamente limitado e torna-se mais elaborado através de programas, experiências e actividades de reflexão. As setas pretas e o núcleo em expansão do modelo indicam o crescimento do *conhecer didático do conteúdo*. As áreas sobrepostas dos círculos representam a integração simultânea das quatro componentes. Estes processos de integração conceptual fazem com que o *conhecer didático do conteúdo* se torne distinto e qualitativamente diferente da compreensão da cada uma das componentes a partir das quais foi construído.

Apesar dos círculos do modelo parecerem mostrar um desenvolvimento simétrico das quatro componentes, estas poderão ser desenvolvidas de forma desigual, de FP para FP (atendendo às características individuais de cada um) e durante o processo de formação, em

que deve desenvolver-se de forma integrada, como por exemplo: enquanto os FP observam uma aula devem desenvolver não só a compreensão do conteúdo mas também do contexto.

Segundo os autores, a aplicação deste modelo na formação dos futuros professores requer:

- * uma instrução conceptualmente integrada que passe pelos campos da arte, da pedagogia e do conteúdo da área de especialidade
- * a construção do *conhecer didáctico do conteúdo* resulta de múltiplas oportunidades de ensinar, observar, reflectir sobre o próprio ensino e o ensino de outros numa determinada área
- * aos FP deve ser proporcionada uma prematura, continuada e autêntica experiência de campo com oportunidades para um ensino real e seguidas de reflexão e *feed-back*. Parece-nos interessante a ideia dos autores, quando sugerem que talvez seja vantajoso para que isto possa ser assegurado, o envolvimento directo de professores experientes na preparação dos programas de formação.

Este modelo revela uma visão construtivista da formação de futuros professores e uma preocupação com uma formação integrada, preocupação esta que é actualmente, quase poderíamos dizer, universal. Parece-nos por isso relevante. Vemos no entanto dificuldades em pô-lo já em prática, se atendermos à actual organização dos currículos das nossas universidades e à falta de ligação destas com os outros níveis de ensino, mas tal deverá tornar-se possível no futuro.

CAPÍTULO 3

METODOLOGIA DA INVESTIGAÇÃO

3.1. Introdução

Neste capítulo iremos descrever e fundamentar os procedimentos e as opções tomadas na recolha de dados. Tais descrições recairão sobre:

- A selecção e caracterização da amostra.
- A construção do instrumento de recolha de dados.
- A aplicação do instrumento no estudo piloto e no estudo principal.

3.2. Selecção e caracterização da amostra

Nesta secção iremos referir os critérios gerais utilizados na selecção da amostra envolvida no estudo e bem assim a sua caracterização.

3.2.1. Critérios usados na selecção da amostra

Na selecção da amostra utilizaram-se critérios gerais, que foram aplicados a todos os FP envolvidos em qualquer das etapas do estudo. Para além de frequentarem uma das Universidades já referidas no capítulo 1, deveriam ainda:

- * ter frequentado a disciplina de Didáctica Específica de cada área de formação;
- * revelar disponibilidade para realizar a tarefa.

A população que poderia ser abrangida por este estudo era de 260 alunos FP sendo 186 de B/G e 74 de F/Q. Destes foram inquiridos os que se mostraram disponíveis para realizar a tarefa. A amostra final ficou constituída por 122 alunos FP (cerca de metade da população que poderia ser abrangida), 92 dos quais de B/G e os 30 restantes de F/Q. A dimensão da amostra foi considerada adequada atendendo à natureza exploratória do estudo, à extensão das respostas a analisar e ao limite de tempo aceitável para a conclusão do trabalho de investigação. A amostra corresponde a uma população cujos elementos são alunos de quatro Universidades -Aveiro, Évora, Minho, Trás-os-Montes e Alto Douro (UTAD)- conforme consta da tabela 31.

3.2.2. Caracterização da amostra

Para a caracterização da amostra escolheram-se as seguintes variáveis: idade e sexo; área de estudos frequentada no ensino secundário; número de anos de frequência da disciplina de Geologia no Ensino Secundário; disciplinas frequentadas no 12º Ano; curso que frequenta na Universidade; ano da primeira matrícula na Universidade. Estas decisões tiveram em conta os seguintes aspectos:

- * A idade e o sexo permitem averiguar se a amostra corresponde a uma composição típica de estudantes neste nível escolar na normalidade referida para Portugal em termos de uma maior percentagem de professores do sexo feminino;
- * As restantes variáveis, ao fornecerem elementos sobre o perfil científico dos sujeitos, poderão ser úteis na interpretação dos resultados da investigação.

Pela análise dos quadros 3.1. a 3.5. poderemos dizer que a amostra em estudo, constituída por um total de 122 FP, pode considerar-se homogénea em termos de idade (cerca de 82% têm

idades compreendidas entre os 20 e os 25 anos) e a sua distribuição em termos de sexo (cerca de 79% do sexo feminino e 21% do sexo masculino) está dentro da normalidade portuguesa. Apesar de predominarem os alunos da licenciatura em Ensino de Biologia e Geologia (76%) relativamente aos alunos da licenciatura em Ensino de Física e Química (24%), o seu percurso no Ensino Secundário foi semelhante: a maior parte (88%) frequentou a área de Saúde e muito poucos a área de Quimicotecnia (4%); a maior parte (86%) não frequentou a disciplina de Geologia no Ensino Secundário. Por isto, pensamos poder dizer que em termos académicos a Universidade terá sido a instituição que teve o papel (quando teve algum) mais relevante na formação dos sujeitos em termos de Geologia.

Universidade	Curso	Nº de Alunos de Biologia/Geologia	Nº de Alunos de Física/Química	Totais
Aveiro		32	11	43
Évora		8	0	8
Minho		10	11	21
UTAD		42	8	50
Totais		92	30	122

Tabela 3.1.-Caracterização da amostra em termos de instituição frequentada e área de formação: cerca de 3 FP (B/G): 1 FP (F/Q)

Idade	20-25	25-30	30-35	35-40	40-45	Não indicada
Sexo						
Feminino	80	10	3	0	1	3
Masculino	19	2	1	0	1	2

Tabela 3.2.-Caracterização da amostra em termos de idade e de sexo (nº de alunos): cerca de 3 do sexo feminino : 1 FP do sexo masculino sendo o grupo etário predominante o dos 20-25 anos

Ano	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	Não indicada
Nº FP	1	1	1	1	1	6	10	39	57	1	1	3

Tabela 3.3.-Caracterização da amostra relativamente ao ano da 1ª matrícula na Universidade (nº de alunos): a maioria dos FP fizeram a sua primeira matrícula na Universidade nos anos de 1990 e 1991, o que cai dentro da escolaridade normal

Curso	Curso liceal	P.P.Agricultura	Desporto	Saúde	Indust. Alimentares	Agropecuária	Químico-tecnia	Electro-tecnia	N/respondeu
Nº de FP	1	1	3	105	1	2	5	1	3

Tabela 3.4.-Caracterização da amostra relativamente à área de estudos frequentada no Ensino Secundário (nº de alunos): predominância clara de frequência na área de Saúde

Frequência de Geologia/ES	10º/11º anos	12º ano
Nº de FP	8	11

Tabela 3.5.-Caracterização da amostra relativamente à frequência da disciplina de Geologia no Ensino Secundário (nº de alunos): somente 17 FP (uma vez que dois deles frequentaram Geologia no 10º/11º anos e no 12º ano) tiveram a disciplina de Geologia no Ensino Secundário.

3.3. Escolha do instrumento de recolha de dados

Nesta secção faremos em primeiro lugar uma avaliação das técnicas disponíveis e depois exporemos as razões que nos levaram a optar pelo questionário de resposta aberta.

Reconhece-se que são diversas as técnicas que poderiam ser utilizadas para a recolha de dados. Desde técnicas não directivas (entrevista não directiva) a técnicas totalmente directivas (questionário fechado) existe todo um continuum (Ghiglione e Matalon, 1992) diferindo uns dos outros quanto ao grau de liberdade das respostas. Não é possível dizer que uma é melhor ou pior do que as outras, todas têm vantagens relativas e limitações que as condicionam. Nenhuma técnica é absoluta e por isso muitas das vezes usam-se mais do que uma conjuntamente (Martins, 1989). Mas sempre que temos de escolher uma delas, os critérios que devem estar na base desta selecção são: os objectivos da investigação; as características da amostra envolvida; o modelo de análise; os recursos de que dispomos; as capacidades e o treino do investigador (Quivy e Campenhoudt, 1992).

Atendendo a que se trata de um estudo exploratório, em que o investigador desconhece à partida estudos que refiram eventuais dificuldades dos alunos FP em mobilizar conhecimentos

científicos face a situações-problema do quotidiano na área temática escolhida, duas técnicas rejeitámos desde logo:

- * O questionário fechado porque, fixando à partida uma lista de respostas, limita o universo de referência do entrevistado e pode influenciar fortemente a resposta dada, lembrando aos inquiridos aspectos do problema que eles, talvez, não tivessem pensado espontaneamente (Ghiglione e Matalon, 1992).
- * A entrevista não directiva porque, sendo a resposta totalmente livre (pois o entrevistador coloca o tema e deixa o entrevistado expor sobre ele não interferindo senão para encorajar), não nos permite ter a certeza, à partida, de que o entrevistado vá referir conteúdos que interessem ao investigador.

As técnicas julgadas, então, mais adequadas são:

- * A entrevista semi-directiva, também chamada por vezes entrevista clínica (Ghiglione e Matalon, 1992), que permite uma resposta livre já que as questões não estão formuladas de uma forma fixa, podendo o entrevistador interferir para esclarecer pontos menos claros, ou ainda, para obter resposta a aspectos importantes que possam não estar a ser referidos;
- * O questionário de resposta aberta no qual a formulação das questões é fixa permite, no entanto, respostas livres em conteúdo e em extensão, mais profundas, e que podem revelar um quadro de referência ou razão para a resposta (Pribyl, 1994). Permitem-nos respeitar a riqueza de pensamento das pessoas inquiridas e recolher um material mais complexo do que aquele que obteríamos se a questão fosse fechada (Ghiglione e Matalon, 1992).

Preferimos o questionário aberto em vez da entrevista porque:

- * É uma técnica menos exigente em termos de treino do investigador e de capacidades a mobilizar durante a administração;
- * Permite recolher os dados em menos tempo pois pode ser administrado em grupos de alunos e evita a transcrição de protocolos, actividade que é sempre morosa;
- * Permite ao inquirido expressar-se o mais livremente possível quanto à forma, aos aspectos terminológicos e à extensão das respostas.

Não nos referimos à entrevista directiva porque é estruturalmente semelhante ao questionário de resposta aberta mas tem as limitações inerentes a todas as entrevistas: só pode ser aplicado individualmente, exige preparação específica do entrevistador e o seu tratamento é muito moroso.

Temos, no entanto, consciência de que existem algumas limitações nesta escolha como por exemplo, a impossibilidade de esclarecer alguns aspectos das respostas, porventura menos claros, para efeitos de análise.

A opção pelo questionário escrito teve ainda em conta as características da amostra - indivíduos adultos de formação académica avançada, habituados a exprimir as suas ideias em formato escrito.

3.4. Construção do questionário

Nesta secção, iremos descrever e fundamentar os procedimentos e opções tomadas na construção do questionário desde o seu planeamento à concepção das questões e hipóteses de

trabalho, à sua validação por um painel de juízes e à redacção da versão final do questionário após aferição num estudo piloto.

3.4.1. Organização do questionário

Nesta fase tomaram-se decisões sobre a estrutura do questionário e ainda sobre o tipo, a ordem, o número e o conteúdo das questões, que passamos a referir:

- * Do questionário constariam três partes. Uma primeira parte (PARTE I) destinada a recolher os elementos julgados necessários para a caracterização da amostra em termos do objectivo do trabalho e ainda informar os FP, através de um pequeno texto, sobre as finalidades do estudo, o tempo disponível para a resposta, a garantia de anonimato e um apelo à utilização de conhecimentos científicos na organização da resposta.

Uma segunda parte (PARTE II) na qual constam as questões propriamente ditas.

Uma terceira parte (PARTE III) com um apelo à reflexão e à explicitação das dificuldades sentidas ao responder, com a intenção de recolher informações adicionais a este questionário que pudessem ser relevantes e não tivessem sido contempladas nas respostas às questões.

- * Pelas razões já atrás apontadas (capítulo 1), de não inventariação de dificuldades evidenciadas por público em situação equivalente, optámos por questões abertas que permitem ao inquirido expressar-se o mais livremente possível. Temos consciência de que com este tipo de questões se pode correr o risco de o inquirido dar a primeira resposta que lhe ocorra (Ghiglione e Matalon, 1992, p 111). Para minorar esta situação pedia-se, sempre que apropriado, a fundamentação da resposta.

- * Para não sugerir qualquer pista sobre a extensão da resposta adequada foi deixado igual espaço para a resposta de todas as questões.
- * O tempo previsto para a resolução de um questionário é um tema controverso, havendo, no entanto, autores que defendem propostas concretas. Ghiglione e Matalon (1992, p. 113) por exemplo, defendem que não deve ultrapassar uma hora, ainda que o tema seja do agrado de quem responde, porque pode tornar-se cansativo ou suscitar respostas menos reflectidas. Optámos, então, por seis questões por considerarmos este número adequado para explorar as ideias dos FP na área em estudo e eventualmente apropriado para ser respondido numa hora. No entanto, foi dada liberdade para usarem o tempo considerado necessário para que as respostas fossem tão completas quanto possível.
- * Alguns autores defendem que a ordem das questões pode influenciar as respostas. A sua posição no início, ou no fim, antes ou depois de uma outra questão, pode conduzir a respostas diferentes pois o inquirido à medida que vai respondendo vai ficando familiarizado com o tema e as questões posteriores podem suscitar resposta às que tinham sido formuladas anteriormente (Ghiglione e Matalon, 1992, p.111) e vice-versa. Para eliminar estes efeitos e permitir a comparação das respostas em si, independentemente da ordem de respostas, decidimos que a ordenação das questões, aquando da aplicação do questionário individualmente (quer no estudo piloto, quer na versão final) seria aleatória. Assim, cada questionário apresentava as 6 questões ordenadas ao acaso. Para este efeito as questões eram não numeradas (a numeração que se apresenta tem como intenção facilitar a atribuição da resposta para análise posterior), e uma em cada página.

3.4.2. Construção das questões

A construção das questões resultou de reflexão sobre pontos variados: trabalhos de investigação recentes na área de Geoquímica; notícias de jornais; revistas de divulgação de temas científicos; textos mais avançados de Geoquímica.

Os critérios usados na construção das questões em termos de conteúdo foram os seguintes:

- Cada questão deve corresponder a uma situação-problema, referente ao tema escolhido, para cuja interpretação ou explicação os FP teriam que mobilizar conceitos científicos plausíveis para o seu grau de formação.
- As situações-problema escolhidas seriam próprias para serem utilizadas pelos FP de ambas as áreas de formação na sala de aula (E.B. e E.S.).

Apesar de as seis questões terem conteúdos e objectivos específicos, podemos dizer que, globalmente, elas diferem umas das outras porque quatro (Q2, Q3, Q4 e Q5) estão mais viradas para a interpretação dos processos de alteração das rochas, debruçando-se cada uma sobre um aspecto particular não sendo, portanto, repetitivas, enquanto que as outras duas ou visam uma reflexão sobre a abrangência do problema (disciplinar ou multidisciplinar - Q1) ou sobre as questões relacionadas com a conservação (Q6).

De seguida iremos referir os aspectos específicos, em termos de conteúdos e de objectivos, de cada uma das seis questões.

Q1. Suponha que tinha de elaborar um documento fundamentando a necessidade de restauro e conservação de monumentos em pedra e para tal necessitava de pareceres técnicos.

Indique a que técnicos especialistas (formação científica) se dirigiria. Fundamente a sua escolha.

Pretendia-se com esta questão averiguar se os FP seriam capazes de reconhecer a complexidade de problemas deste tipo para cuja solução deverão contribuir áreas científicas variadas (Geologia, Física, Química, História, Arquitectura...) ou se pelo contrário têm dele visões redutoras, não ultrapassando uma visão meramente disciplinar.

Q2. Duas lápides tumulares, uma em mármore e outra em granito, ambas polidas, foram colocadas próximas uma da outra, na mesma ocasião, num cemitério.

O que prevê poder verificar-se nas inscrições que contêm, alguns anos depois? Fundamente de modo tão completo quanto lhe for possível, a sua previsão.

As lápides tumulares, por serem datadas, são consideradas por alguns autores bons motivos para se estudar a alteração das rochas (Dove, 1994; Robinson, 1994). Ao pedirmos a previsão do que aconteceria, ao fim de alguns anos, às inscrições de duas pedras tumulares que foram colocadas no mesmo ambiente (que, note-se, não é caracterizado na questão) mas construídas com rochas diferentes (não se referindo no enunciado o estado de alteração inicial das duas rochas), colocamos os FP face a uma complexidade de variáveis, apesar de parecer através do enunciado que só variaria a natureza das rochas.

Com esta questão pretendíamos, então, averiguar se os FP eram capazes de reconhecer e interpretar esta complexidade, ou seja, se atribuíam importância aos aspectos relacionados com a natureza das rochas (composição mineralógica/química, textura e estrutura) mas também se reconheciam a necessidade de definir:

- o ambiente (clima, poluição) uma vez que a mesma rocha terá comportamentos diferentes consoante estes factores;
- o estado inicial da rocha em termos de alteração (poderiam não ser rochas 100% inalteradas) que é um factor importante na aceleração da alteração.

Q3. Dois edifícios com fachada em calcário do mesmo tipo, contíguos e construídos na mesma ocasião, têm arquitectura diferente: um tem a fachada lisa enquanto que a do outro apresenta "rendilhados" esculpidos.

O que prevê que aconteça em termos de alteração aos dois edifícios ao fim de alguns anos?

As variáveis em jogo neste problema são os elementos arquitectónicos ("rendilhados") e a orientação geográfica das fachadas que não é referida.

Pretendíamos com esta questão averiguar se os FP reconheciam:

- a relevância dos "rendilhados" como factores aceleradores da alteração, uma vez que aumentam a área de exposição aos agentes de alteração, e favorecem o aparecimento de microclimas e microambientes.
- a relevância que pode ter a orientação geográfica das duas fachadas (será a mesma ou será diferente?) em termos das diferenças que possam vir a ter lugar, relativamente à alteração no futuro, das duas fachadas.

Q4. Um obelisco egípcio, com cerca de 3500 anos, construído em granito e em bom estado de conservação, foi levado do Egipto para Nova Iorque. Nos primeiros anos após a transferência, observou-se uma considerável lascagem. Posteriormente, em cerca de 50 anos, a degradação do obelisco foi de tal modo acentuada no lado sul que as inscrições nele gravadas se tornaram quase ilegíveis.

Como interpreta esta ocorrência?

Nesta questão fazíamos referência a um processo de alteração física que é a lascagem, num material granítico, que só se tornou observável em Nova Iorque, mas que tinha tido o seu começo, embora não observável, no Egipto.

Pretendíamos averiguar se os FP reconheciam:

- a lascagem como um processo físico de alteração e quais as suas causas;
- que o factor responsável teria sido a mudança de clima (de um clima quente e seco passou a um clima frio e húmido e com maiores amplitudes térmicas);
- a provável existência de uma alteração física, ainda que não observável, sofrida durante a estadia no Egipto;
- que a maior degradação sofrida no lado sul do obelisco deveria estar relacionada com a existência, nesse lado, de condições mais favoráveis à lascagem e à própria erosão, tais sejam a predominância dos ventos e/ou o grau de insolação.

Q5. Um monumento totalmente construído com o mesmo calcário, apresenta degradações diferentes, em tipo e em grau.

Em seu entender como se distribui o tipo e grau de alteração em todo o monumento?

Fundamente a sua resposta.

Nos monumentos, ainda que sejam construídos com a mesma rocha, a alteração não é a mesma em toda a sua extensão, nem em tipo (física, química, biofísica, bioquímica) nem em grau (maior ou menor).

O grau de alteração atribui-se normalmente a uma maior ou menor exposição aos agentes de alteração.

É vulgar associar-se o conceito de alteração mais a transformações químicas, esquecendo as transformações físicas e ainda a interferência que em ambas podem ter os seres vivos.

Assim, ao introduzirmos esta questão pretendíamos averiguar se os FP reconheciam:

- a existência destes tipos de alteração e tinham deles um conceito adequado;

- que a interpretação da degradação de um monumento é feita através de múltiplas interpretações de microambientes nos quais se geram diferentes tipos de alteração.

Q6. Uma das preocupações dos técnicos ligados à conservação dos monumentos restaurados tem a ver com a sua protecção em relação a alterações posteriores. Para tal, têm sido aplicadas várias substâncias com funções consolidantes.

Em seu entender, quais as características que devem ter as substâncias usadas para este fim?

A conservação dos restauros feitos nos monumentos e, portanto, as características dos materiais empregues para estes fins é hoje uma preocupação de todos. É uma área considerada da responsabilidade dos químicos, que os obriga a conhecer as características dos materiais e as interacções destes com os factores ambientais, pois para além de isolantes, estas substâncias não devem ser reactivas com os constituintes atmosféricos nem com as próprias rochas (Piacenti, 1991). Era esta visão globalizante que desejaríamos que os FP tivessem.

3.4.3. Construção das hipóteses de trabalho

Cada uma das seis questões tinha como intenção recolher dados cuja análise permitisse testar (confirmar ou infirmar) uma hipótese de trabalho específica. As hipóteses estabelecidas foram as que se seguem, uma por questão.

HT1 - O entendimento dos processos de alteração das rochas não implica, forçosamente, interligação de conceitos de diferentes áreas, por exemplo, de Geologia, de Química, de Física.

HT2 - As alterações verificadas em materiais com aplicações idênticas dependem, essencialmente, do meio em que se encontram.

HT3 - As alterações verificadas em rochas ocasionadas por agentes atmosféricos dependem, essencialmente, da natureza das rochas.

HT4 - A alteração das rochas é devida, fundamentalmente, à maior poluição do meio em que se encontram.

HT5 - As alterações dos monumentos são sobretudo interpretadas à custa da interferência de agentes exteriores, por exemplo, água das chuvas e insolação.

HT6 - A eficácia das substâncias protectoras é devida, sobretudo, à sua impermeabilidade a agentes externos.

Cada hipótese representa uma interpretação inadequada ou incompleta para a situação-problema definida na área em estudo.

Na construção destas hipóteses, foi também particularmente importante a experiência da autora como professora de Geologia e o seu conhecimento sobre abordagens correntes em manuais escolares de Química e Geologia do Ensino Secundário.

A definição das H.T. e a construção das questões colectoras de dados foi um processo profundamente articulado onde se procurou eliminar intersecções e, ao mesmo tempo, garantir a cobertura de aspectos/conceitos relevantes para o estudo.

3.4.4. Validação do questionário

Foi feita a validação do questionário por um painel de cinco juízes todos professores universitários e especialistas respectivamente em Sedimentologia, Jazigos Minerais, Didáctica da Geologia, Química Inorgânica e Didáctica da Química.

A cada juiz foi entregue um documento (Anexo I) que se encontra em anexo. Foi-lhes então pedido para se pronunciarem sobre os seguintes aspectos:

- * As questões (Q) são adequadas para recolher informações sobre o conhecimento dos alunos (FP) na área em estudo?
- * Quais os conceitos de resposta adequada (RA) que poderão considerar-se plausíveis para alunos no final do 4º ano da licenciatura em Ensino de Biologia e Geologia e da licenciatura em Ensino de Física e Química?

A consulta aos juízes foi feita individualmente, fazendo estes o comentário por escrito.

Referimos de seguida os comentários feitos:

- * Aspectos que têm a ver com a estrutura dos questionários:

“Passar a Parte II para a 2ª folha”

“A reflexão final da parte II deve passar a ser independente, numa Parte III”

- * Aspectos terminológicos:

“Na questão Q5, substituir o termo *degradação* por *alteração*.”

- * Aspectos que têm a ver com a redacção:

“Na parte II substituir *nas outras questões utiliza* por *nas questões seguintes utiliza.*”

“Na HT3 retirar *verificado nas rochas* por ser redundante.”

- * Variáveis utilizadas na caracterização da amostra:

“Acrescentar às disciplinas frequentadas no 12º ano, História e Desenho.”

Os comentários feitos pelos juízes foram tidos em conta na versão do questionário que foi administrado, à excepção da proposta de substituição, na Q5, do termo *degradação* por *alterações* por aquele ser um termo utilizado por especialistas em trabalhos publicados e ainda porque, embora *degradação* seja um caso particular da *alteração*, não é sinónimo.

Conclui-se da validação que as questões foram julgadas plausíveis para os indivíduos a inquirir e os conceitos eram pertinentes.

3.5. Administração do questionário

A administração do questionário decorreu em duas etapas, o estudo piloto e o estudo principal.

Os contactos com todos os inquiridos para pedir a sua colaboração, foram feitos em todas as Universidades, através dos professores de Didáctica Específica, durante o período normal de uma aula. No caso particular da Universidade de Aveiro, a autora esteve presente. Neste contacto procurou-se:

- * Informar os alunos FP dos objectivos do estudo e da sua importância educacional futura;
- * Solicitar colaboração voluntária para responder ao questionário;
- * Esclarecer aspectos de organização do trabalho, nomeadamente marcação da data e do local para realizarem esta tarefa.

O contacto com os inquiridos nas restantes Universidades, decorreu na ausência da autora por razões de indisponibilidade sua. Houve, no entanto, um contacto prévio (pessoal num caso e telefónico nos outros) com os professores de Didáctica Específica informando-os dos objectivos do estudo e pedindo-lhes a sua colaboração. Uma vez esclarecidos, foram estes que fizeram os contactos com os alunos, pediram a sua colaboração e administraram o questionário.

3.5.1. Estudo piloto

O questionário foi aplicado a um grupo piloto. Os objectivos deste estudo eram:

Obj.1 - testar a adequação da linguagem e estimar o tempo médio necessário para responder às questões;

Obj. 2 - detectar eventuais dificuldades dos inquiridos.

A amostra piloto era constituída por quatro alunos da Universidade de Aveiro por serem de acesso mais rápido. Eram das duas áreas envolvidas, dois alunos da licenciatura em Ensino de Biologia e Geologia e dois alunos da licenciatura em Ensino de Física e Química, que se mostraram interessados e disponíveis na data prevista para a sua realização. Os inquiridos responderam individualmente e não foi dado qualquer esclarecimento durante a administração do questionário.

- Os quatro inquiridos responderam a todas as questões e somente um inquirido referiu desconhecer o significado de *tipo de degradação*. O tempo utilizado nas respostas oscilou entre 45 minutos e 1 hora e 20 minutos.

De acordo com os objectivos do estudo e com as respostas obtidas concluímos que:

- A linguagem utilizada nas questões se revelou clara e compreensível e o número de questões adequado.
- As dificuldades reveladas pelos inquiridos na **Parte III** estavam relacionadas, sobretudo, com conhecimentos de índole geológica, nomeadamente a identificação de rochas e suas características físicas e químicas.

3.5.2. Estudo principal

A versão final do questionário foi aplicada à amostra principal por administração presencial de resposta individual. Escolheu-se a administração presencial porque garante uma

resposta individual e poderá envolver o inquirido num maior comprometimento perante o investigador.

Em termos temporais, a administração do questionário decorreu em duas fases. Uma realizou-se durante o mês de Junho de 1994, na Universidade de Aveiro. A outra, durante o mês de Junho de 1995 nas Universidades de Aveiro, Évora, Minho e Trás-os Montes e Alto Douro.

A sua aplicação na primeira fase tem a ver com o seguinte:

- Questões relacionadas com as características da amostra só tornariam possível a administração do questionário no final do ano lectivo de 1994/1995 mas na altura em que se aprontou o questionário, no final do ano lectivo de 1993/94, era ainda possível aplicá-lo na Universidade de Aveiro. Aproveitámos esta oportunidade com a intenção de otimizar e rentabilizar o modelo de análise.

Pensa-se que o facto de ter ocorrido este intervalo de tempo entre as duas fases de colheita de dados não terá interferido nos resultados, porque foi pedido sigilo sobre o assunto. Além disso os inquiridos também não teriam facilidade em contactar.

CAPÍTULO 4

RESULTADOS

4.1. Introdução

A construção dos resultados é uma etapa de especial relevância para o prosseguimento de qualquer investigação. É um processo criativo em que segundo Vala (1986) se procede à desmontagem de um discurso e à produção de um novo que permita tornar os dados produzidos mais compreensíveis dentro do quadro de referência teórico da investigação.

Neste capítulo iremos descrever os procedimentos seguidos na construção dos resultados a partir das respostas ao questionário, referindo sucessivamente:

- o modelo de análise de dados escolhido
- os critérios e procedimentos usados na construção dos resultados
- os resultados obtidos para cada uma das questões.

4.2. Modelo de análise dos dados

Tendo em conta que os dados recolhidos são respostas elaboradas pelos inquiridos a questões abertas, a técnica de tratamento de informação a utilizar considerada mais adequada para este tipo de respostas foi a análise de conteúdo.

Esta técnica assenta em dois princípios que apesar de distintos se articulam entre si.

- * o reconhecimento das respostas às questões colocadas

- * a inferição das ideias que terão estado por detrás das respostas dadas.

Desconhecendo-se a existência de um método de análise de conteúdo que seja consensual, optámos, neste estudo, pelo proposto por Erickson (1979 e 1981) de construção de categorias de resposta (CR) ou *inventários conceptuais*. É um método indutivo, essencialmente descritivo e vantajoso em relação a outros porque reduz o número de inferências a fazer e não exige tratamentos de análise demasiado complexos. Para além disto tem sido usado em trabalhos que abordam áreas conceptuais variadas com resultados altamente consistentes (Erickson, 1979 e 1981; Martins, 1989; Pereira, 1994).

O método baseia-se na identificação de ideias comuns que terão estado na base da explicitação das respostas dadas e desenvolve-se em três fases:

- * Selecção de segmentos de informação que correspondam a tentativas de resposta à situação - problema apresentada
- * Listagem dos segmentos seleccionados utilizando, tanto quanto possível, a linguagem dos respondentes, que se agrupam de seguida por categorias de conteúdo
- * Construção das categorias de resposta por um processo inferencial.

As CR representam, pois, interpretações das ideias dos alunos FP a um nível mais geral do que a resposta individual.

Construção dos Resultados ou Categorias de Respostas (CR)

Referiremos de seguida os pressupostos subjacentes à análise das respostas, os critérios e procedimentos seguidos na construção das CR.

A análise das respostas assenta em pressupostos já tidos em conta noutros trabalhos de investigação (Martins, 1989; Correia, 1990):

- todo o conteúdo das respostas é relevante para a análise
- os alunos FP utilizaram, na interpretação que fizeram das situações/problema apresentadas, os conhecimentos conceptuais que consideraram relevantes
- quando responderam, os alunos FP foram sinceros, imparciais e procuraram fazer o seu melhor

A perspectiva teórica em que se insere a análise de conteúdo neste estudo é fundamentalmente do tipo ideográfico, pois tal análise foi conduzida segundo padrões e critérios dos próprios alunos FP (Driver e Easley, 1978).

No processo de construção das categorias de resposta teve-se em conta a articulação das ideias inferidas a partir das respostas dadas e das ideias que faziam parte da resposta adequada.

A construção das CR foi um processo moroso e não linear. As CR construídas durante a 1ª fase de análise (que se seguiu à 1ª fase de administração do questionário) tiveram que ser reformuladas na 2ª fase de análise (após a 2ª fase de administração do questionário) para conseguir ajustamentos na interpretação das respostas obtidas nas duas fases.

Ao longo do tempo em que decorreu a análise de conteúdo das respostas, as CR sofreram ainda reajustes resultantes de reinspeções sucessivas das respostas, feitas em momentos variados, aplicando-se os princípios da contínua comparação e da saturação propostos por Spector (1984), segundo os quais a análise só se dá por concluída quando a partir de reinspeções e comparações sucessivas se deixa de obter informações pertinentes.

As ideias inferidas das respostas bem como a sua classificação constituem os resultados deste estudo. A versão final destas CR teve em conta as sugestões apresentadas por um júz, investigador experiente em análise de conteúdo.

4.3. Resultados

Os resultados da análise de conteúdo realizada são as categorias de resposta (CR), constituídas para cada questão. Para cada categoria de resposta apresentam-se: os atributos que a caracterizam; alguns exemplos de respostas a partir das quais se inferiram tais ideias; e ainda a extensão dessas ideias na amostra de futuros professores inquiridos. Com vista a melhor apreciar a natureza das CR obtidas, apresenta-se a resposta adequada (RA), prevista para cada questão.

A cada categoria de resposta atribuiu-se uma designação que se procurou aproximar o mais possível do(s) atributo(s) definicional(is) mais relevante(s). Desse modo, pretendeu-se criar uma maior aproximação linguística entre o conteúdo da CR e a respectiva designação.

Nas CR designadas por "outras" incluem-se as respostas que traduzem ideias idiossincráticas.

Nas CR designadas por "não identificadas" incluem-se as respostas em que as evidências necessárias para inferir a opinião dos futuros professores são insuficientes ou mesmo inexistentes.

Nas CR designadas por "não resposta" incluem-se as situações em que não houve qualquer tipo de resposta.

Sempre que os FP declararam "não sei" foram incluídas numa categoria com esta mesma designação "não sei".

Nas CR "não fundamentadas" incluem-se as respostas que manifestam uma opinião mas não apresentam justificação ou fazem-no de modo a não ser possível tomar decisões.

A ordem pela qual são apresentadas as CR é aleatória e portanto não traduz qualquer afastamento ou aproximação à resposta adequada.

4.3.1. Questão 1

Referiremos de seguida a resposta adequada (RA) e os resultados (CR) correspondentes à questão 1 que está enunciada no capítulo 3 (secção 3.4.2).

Resposta Adequada (RA)

O que um monumento é num dado momento, resulta das transformações decorrentes da sua interacção com a atmosfera e com a biosfera, ao longo do tempo e local onde se encontra. Assim, a conservação e restauro de um monumento exige que, logo de início, se proceda à avaliação do seu grau de alteração. Para tal é necessário conhecer o seu passado (saber que transformações nele ocorreram), o seu presente (que transformações estão a ocorrer no momento) e como evitar uma degradação maior no futuro.

Saber identificar as transformações sofridas até ao momento em que se vai proceder à avaliação do seu estado de degradação, obriga a um estudo histórico/arqueológico e arquitectural.

Para definir e caracterizar as transformações em curso no presente, é necessário conhecer a natureza e grau de alteração das rochas utilizadas na sua construção, as características climáticas e grau de poluição atmosférica no local onde foi construído o monumento e as interações (físicas, químicas e bioquímicas) que ocorrem entre as rochas e a atmosfera e entre as rochas e a biosfera.

Saber como travar a alteração de modo a evitar maior degradação no futuro passa pelo conhecimento de técnicas de conservação e de substâncias conservantes inócuas para o monumento e que possam estar em equilíbrio com os factores ambientais.

Uma compreensão dos fenómenos físicos, químicos e bioquímicos que ocorreram e/ou que estão a ocorrer e como evitar a sua continuação, requer o parecer conjunto de técnicos de várias áreas do saber.

Um modelo de resposta adequada seria então:

Pediria o parecer de vários técnicos:

- * um historiador e um arqueólogo que informariam sobre as origens do monumento
- * um arquitecto que informaria sobre os aspectos arquitecturais nomeadamente a morfologia das zonas degradadas
- * um meteorologista que informaria sobre o clima da região
- * um geólogo que informaria sobre as alterações do material rochoso (interacção rocha/ambiente)
- * um biólogo que informaria sobre a acção de seres vivos nas rochas constituintes
- * um químico que informaria sobre os materiais de conservação e ajudaria a interpretar as reacções químicas resultantes da interacção rocha/ambiente
- * um engenheiro da construção civil que informaria sobre os aspectos relacionados com a reconstrução e respectivas técnicas.

Na resposta adequada (RA) pretendia-se que os FP referissem a necessidade da opinião de vários técnicos (abordagem multidisciplinar) pela necessidade de ter em conta as três áreas do problema, que são: factores e causas actuais da alteração dos materiais rochosos; conservação do monumento como documento histórico e arquitectónico; técnicas de intervenção utilizadas na conservação.

Como factores e causas de alteração das rochas, entende-se:

- as características químicas, mineralógicas, texturais, estruturais e grau de alteração inicial
- as condições climáticas - temperatura, amplitude térmica, insolação, pluviosidade e orientação dos ventos predominantes
- a biodegradação devido à existência de bactérias, algas, líquenes, plantas superiores e dejectos animais.

Por conservação do monumento como documento histórico e arquitectónico entende-se manter a traça e funcionalidade que teve ao longo dos tempos.

Por natureza dos materiais de conservação entende-se as características físicas e químicas das substâncias impregnantes das rochas que têm a função de as isolar dos agentes atmosféricos.

Natureza das categorias de resposta

Os critérios usados para estabelecer as CR foram:

- O modo como encaram o problema, segundo uma perspectiva monodisciplinar ou multidisciplinar
- O modo como encaram a multidisciplinaridade: envolvendo as três áreas do problema ou somente duas dessas áreas.

As categorias de resposta encontradas foram em número de seis. Destas, somente uma apresenta uma visão mais holística e mais próxima da resposta adequada (CR6). As restantes revelam visões redutoras do problema no que se refere às áreas do conhecimento que consideram relevantes envolver na sua resolução. No entanto, uma distingue-se por revelar uma visão monodisciplinar ou bidisciplinar que se centra na

necessidade de conhecer os factores e as causas de alteração das rochas (CR5). As outras revelam visões multidisciplinares. Estão nesta última situação as que se centram: na natureza da rocha e nos factores de alteração (CR1); no restauro, referindo a necessidade de preservar a arquitectura e de conhecer técnicas de intervenção (processos, materiais, etc.) (CR2); na natureza da rocha e na necessidade de conhecer técnicas de intervenção (CR3); na natureza da rocha, nos factores de alteração e no restauro pela necessidade que há de preservar a arquitectura (CR4).

Noutros casos, ou não fundamentam de forma adequada (CR7), ou são idiossincráticas (CR8).

Definem-se de seguida as categorias de resposta e apresentam-se alguns exemplos de respostas que suportam a classificação.

CR1 - Condições actuais da alteração

As respostas incluídas nesta categoria apresentam uma visão bidisciplinar (pois escolhem sempre um técnico de geologia e um técnico de química) e revelam uma visão parcial do problema. Centram-se na necessidade de conhecer o presente, ou seja, as características das rochas, as condições ambientais (nomeadamente o grau de poluição atmosférica), para definir os factores e causas de alteração dos materiais rochosos. Todos reconhecem a importância do parecer de um técnico com formação em geologia, pelos seus conhecimentos sobre a natureza das rochas e os processos de alteração. Quase todos reconhecem a importância do parecer de um químico por considerarem relevante conhecer os níveis de poluição. Há, no entanto, dois FP que atribuem esta função aos engenheiros do ambiente e um que não refere o grau de poluição mas refere somente a importância do clima e sendo assim pediria o parecer do meteorologista.

Exemplos: "Um geólogo, uma vez que ... estudam a constituição das rochas e as alterações que elas poderão sofrer.

... um químico pois a sua formação científica também inclui estudos sobre o comportamento das rochas em variadas condições." (FP24)

"Dirigia-me a geólogos, pelas características das rochas, e a químicos pelo tipo de poluentes." (FP59)

CR2 - Condições de restauro e preservação da arquitectura

Nesta CR os alunos FP revelam preocupações que têm a ver com a manutenção das características históricas e arquitectónicas do monumento, e também com as técnicas de intervenção, envolvendo processos de reconstrução, materiais para reconstruir e para preservar. Para tal referem a necessidade de pedir parecer a vários técnicos. No entanto, nem sempre atribuem aos técnicos os papéis convenientes.

Exemplos: "Os técnicos seriam: Engenheiros; geólogos; arqueólogos; arquitectos; restauradores em construção civil; ou outro tipo de pessoas mas com conhecimento nestes campos. A meu ver, todas as opiniões destas pessoas eram importantes para assim se fazer a análise sobre o assunto e estudar-se como seria a melhor maneira de fazer o restauro do monumento de modo a ficar bem restaurado, com boa conservação e não se alterar a arquitectura de designer (sic) do monumento." (FP01)

"Provavelmente, dirigir-me-ia a um Arquitecto devidamente credenciado com a finalidade de me informar sobre as características inerentes não só à sua própria história, como também da sua construção - em ordem a manter o mais fielmente possível a imagem histórica do monumento. Neste sentido, um especialista entendedor sobre as melhores substâncias existentes no mercado, seria a pessoa indicada, para de uma forma eficaz se utilizarem produtos que garantam a conservação e manutenção do edifício em si." (FP14)

CR3 - Características das rochas e melhores técnicas de restauro

As respostas incluídas nesta categoria revelam que os inquiridos correspondentes encaram o problema somente do ponto de vista da necessidade de preservar o monumento de uma degradação acelerada no futuro. Para tal é necessário recorrer a

técnicos que, conhecendo bem as rochas da construção, estejam em melhores condições para indicarem as técnicas e os materiais de conservação (em todas as respostas é referido um técnico em geologia) e a técnicos conhecedores dos processos de intervenção.

Há um grande apelo, nestas respostas, à importância do parecer dos engenheiros civis pelo que estes conhecem de técnicas de construção e ainda porque serão capazes de avaliar a possibilidade do monumento ser reconstruído.

Exemplo: "Geólogo, porque à partida ele sabe a constituição da rocha e logo as alterações que ela poderá sofrer. Ao saber isto o geólogo pode aconselhar algumas substâncias que evitem uma degradação acelerada do monumento em causa. O próprio geólogo poderia explicitar melhor se realmente determinado monumento está em acelerado estado de alteração ou não. Talvez pedisse também conselhos a um arqueólogo, pois julgo que eles possuem alguma formação sobre conservação de objectos em pedra." (FP79)

"Geólogos para saber as características das rochas em questão (características físicas e químicas).

Químicos para elaborar ou indicar compostos ou substâncias com os fins desejados. Físicos para fazer um estudo das propriedades físicas relacionadas com o tipo de trabalho a executar. E Engenheiros Civis para fazer a aplicação do produto." (FP60)

"Recorria a um geólogo, para saber as características mineralógicas das pedras utilizadas no monumento; a um engenheiro químico para avaliar as propriedades físicas; a um engenheiro civil para fazer um estudo dos materiais que se poderão utilizar, dependendo das características mineralógicas, físicas e químicas, para não provocar alteração posterior da rocha." (FP78)

CR4 - Condições de alteração e de preservação da arquitectura

As respostas incluídas nesta categoria consideram importante o parecer de técnicos que conheçam as características das rochas, que sejam capazes de interpretar os processos de alteração e técnicos capazes de garantir a reconstrução preservando as características arquitectónicas do monumento.

Exemplos: "Geólogos para que fornecessem indicação sobre as características das rochas e dos seus processos de alteração.

- Historiadores de Arte para que me indicassem a forma mais correcta de actuar sem alteração da traça original do edifício." (FP27)

"Os técnicos especialistas a que recorreria seriam:

- geólogos, porque conhecem o tipo de rocha de que o monumento é feito e por isso podem indicar quais os materiais adequados para o restauro desse monumento.

- especialistas em restauração, pois estes sabem identificar o estilo arquitectónico, para assim o restaurarem de acordo com o estilo desse monumento." (FP65)

CR5 - Natureza das rochas

Incluíram-se nesta categoria as respostas que revelam uma visão monodisciplinar do problema e como tal pediriam parecer a um técnico com formação geológica, pois são os técnicos que melhor conhecem as características e origem das rochas e por isso mesmo capazes de avaliar o grau de alteração e prever como esta evoluirá no futuro e dar parecer sobre como restaurar e conservar

Exemplos: "Primeiro deveria dirigir-me a um técnico que tivesse bons conhecimentos de geologia. Uma pessoa que conhecesse bem o tipo de material que constituía o monumento para aplicar as técnicas mais adequadas." (FP11)

"Dirigir-me-ia a geólogos, visto que são especialistas que percebem de pedras, nomeadamente quanto à sua constituição, natureza, quais são os processos físico-químicos que permitem a sua destruição e quais os meios que permitem a sua conservação." (FP33)

CR6 - Resposta adequada

Incluem-se nesta categoria as respostas que mais se aproximam da RA porque apresentam justificações que revelam uma visão mais global. Técnicos para conhecer o passado, o presente e preservar o futuro.

Exemplos: "Recorria a: geólogos (que me dariam indicações acerca das constituições das rochas e informações ao nível de "resistência", pontos de fraqueza, etc.).

Químicos, que me indicariam possíveis produtos de conservação e estudariam os seus efeitos de modo a não danificar o monumento.

Um arquitecto também seria necessário para as operações de restauro, de modo a preservar as linhas originais do monumento, sem pôr nada em risco (solidez, estrutura, etc.)

Necessitaria também de um perito que me desse as indicações do tipo de ambiente da zona em que se encontra o monumento para saber de que agentes possíveis de erosão teria que proteger o monumento." (FP39)

"Geólogos: porque têm conhecimentos dos vários tipos de rochas e das suas características, permitindo estudar o tipo de alteração que a rocha pode sofrer e de que factores temos que proteger determinado ambiente.

Físico-químicos: para estudar as reacções possíveis, procurando substâncias que permitem a protecção em determinado caso particular.

Engº do ambiente: para um estudo do meio ambiente em questão, estudo das condições naturais e não naturais (situações criadas pelo homem), futura evolução da situação, permitindo uma prevenção mais adequada.

Arquitectos: permitindo a restauração dentro do estilo..." (FP89)

CR7 - Não fundamentadas

As respostas incluídas nesta categoria - não apresentam razões para a escolha dos técnicos ou fazem-no de uma forma muito simplista (óbvia) como, por exemplo, porque são aqueles que têm melhor preparação para ...

Exemplos: "Geólogos, Geofísicos, Geoquímicos, etc." (FP02)

"Dirigia-me a pessoas especializadas nesta matéria, nomeadamente, engenheiros civis, arquitectos." (FP12)

CR8 - Outras

Incluem-se nesta categoria as respostas idiossincráticas.

Exemplos: "- IPPAR (técnicos do IPPAR)

- LNEC

O IPPAR é uma instituição pública que se destina à protecção e restauro de monumentos e todo um conjunto de demais obras de interesse arqueológico e cultural. Para o efeito está "munido" de alguns técnicos que são especialistas no restauro e conservação de monumentos" (FP118)

"Técnicos de restauro com formação específica, não sei exactamente em quê, suponho que existe mesmo uma especialização em restauro feita a nível de cursos de Arqueologia, História, Belas Artes ou Química.

Porquê? Porque é necessário complementar conhecimentos "científicos" (de química, mineralogia) com conhecimentos de arte, tecnologia, história de arte, etc.. E que isso deve ser feito por indivíduos com uma especialização após a formação mais geral." (FP32)

Extensão das categorias de resposta

A tabela 4.1. mostra a distribuição das respostas dos alunos FP pelas categorias de resposta definidas.

Categorias de respostas	Identificação dos FP							% total	
	B/G			%	F/Q				%
CR1	FP10	FP59	FP61	6,5	FP19	FP21	FP23	13,3	8,2
	FP90	FP100	FP107		FP24				
CR2	FP01	FP14	FP54	9,8	FP22	FP44	FP51	10,0	9,8
	FP55	FP66	FP67						
	FP86	FP98	FP119						
CR3	FP08	FP13	FP57	13,1	FP20	FP42	FP77	13,3	13,1
	FP60	FP78	FP79		FP120				
	FP81	FP88	FP105						
	FP114	FP115	FP117						
CR4	FP04	FP05	FP07	17,4	FP72	FP73	FP121	13,3	16,4
	FP25	FP27	FP30		FP122				
	FP65	FP80	FP84						
	FP85	FP91	FP93						
	FP94	FP101	FP104						
	FP112								
CR5	FP03	FP06	FP09	21,7	FP71			3,4	17,2
	FP11	FP15	FP16						
	FP26	FP31	FP33						
	FP34	FP36	FP40						
	FP52	FP82	FP83						
	FP92	FP99	FP102						
	FP108	FP113							
CR6	FP39	FP89		2,2	FP17			3,4	2,5
CR7	FP02	FP12	FP28	20,6	FP18	FP41	FP43	43,3	26,2
	FP29	FP37	FP38		FP45	FP46	FP47		
	FP53	FP62	FP63		FP48	FP49	FP50		
	FP68	FP69	FP95		FP70	FP74	FP75		
	FP96	FP97	FP103		FP76				
	FP109	FP110	FP111						
	FP116								
CR8	FP32	FP35	FP56	8,7				-	6,6
	FP58	FP64	FP87						
	FP106	FP118							

Tabela 4.1. Distribuição das respostas dos FP pelas categorias de resposta definidas.

Uma visão global da tabela revela que:

- o grupo mais populoso de FP (26,2%) não tem ideias muito precisas quanto às funções dos vários técnicos especialistas a quem pediria parecer (CR7)
- de entre as respostas que envolvem justificação, a ideia mais saliente (17,2%) é a de que um técnico com formação em Geologia bastaria para resolver os problemas (CR5)
- somente 2,5% dos FP revelam visões mais holísticas aproximando-se da RA (CR6).

Analisando os resultados obtidos para cada uma das áreas de formação, podemos ver que:

- na área de formação em B/G a ideia mais saliente para os FP (21,7%) é a de que um técnico de geologia resolveria todos os problemas (CR5); há um número elevado (20,6%) que não revela ter ideias precisas quanto às funções dos técnicos a quem pediria parecer (CR7); somente 2,2% revelam visões que se aproximam das da RA (CR6)
- na área de formação em F/Q verifica-se que não há nos FP uma ideia que sobressaia de forma relevante em relação às outras. Há, no entanto, um grande número de FP (43,3%) que não fundamenta a função dos técnicos a que solicitaria parecer (CR7) e um grupo diminuto de FP (3,4%) que se aproximou da resposta adequada (CR6).

O parecer dos geólogos (com várias áreas de especialização) é quase sempre considerado importante, pois atribuem uma grande importância ao conhecimento das rochas e nalguns casos aos processos de alteração. É, no entanto, quase sempre pouco claro que tipos de conhecimentos sobre as rochas consideram ser importante conhecer. Mesmo os futuros professores que mencionam a necessidade de haver interacção entre

conhecimentos de áreas diferentes referem quase sempre a importância do parecer dos geólogos.

4.3.2. Questão 2

Referimos de seguida a resposta adequada (RA) e os resultados (CR) correspondentes à questão 2 que está enunciada no Capítulo 3 (secção 3.4.2).

Resposta Adequada (RA)

O tipo e grau de alteração de uma determinada rocha dependem das características climáticas do local onde ela se encontra. A mesma rocha comportar-se-á de forma diferente num clima seco ou num clima húmido, por exemplo. Por outro lado, a velocidade de alteração está ainda dependente do grau de alteração inicial da rocha, uma vez que se este for maior irá aumentar a sua porosidade. Se duas rochas diferentes estão sujeitas ao mesmo clima e têm o mesmo grau de alteração, o factor condicionante de alteração posterior será a sua natureza.

Um modelo de resposta adequada seria então:

A degradação que poderá ocorrer nas inscrições das duas lápides tumulares está dependente da interacção que vier a ocorrer entre o mármore ou o granito de que são construídas e o ambiente em que estão inseridas. Nestas interacções têm papel relevante os factores climáticos (insolação, pluviosidade, exposição aos ventos dominantes) e as características da rocha (composição mineralógica, textura, porosidade, grau de alteração).

Desconhecendo-se à partida os factores climáticos predominantes no cemitério onde foram colocadas as lápides tumulares bem como o grau inicial de alteração das rochas com que estas foram construídas, torna-se difícil garantir o que aconteceria em termos de alteração da rocha e consequente degradação das inscrições.

Partindo do princípio que o mármore e o granito de que foram construídas as lápides tumulares estavam não alteradas, podem prever-se duas situações consoante a humidade do local:

- * Num local seco em que a insolação fosse o factor climático dominante, o granito seria a rocha menos resistente. O facto de ser constituído por minerais com um coeficiente de dilatação diferente favorece a sua desagregação. As suas inscrições tornar-se-iam, então, ilegíveis mais rapidamente do que as da lápide em mármore.
- * Num local chuvoso, o mármore seria a rocha menos resistente atendendo à sua composição mineralógica/química que o torna mais reactivo com a água das chuvas. Seriam, então, as suas inscrições aquelas que desapareceriam mais rapidamente.

Na RA pretendia-se que os FP referissem a relevância não só das características ambientais mas também das características das próprias rochas (granito e mármore), uma vez que estas foram colocadas num mesmo local. Dentre as características litológicas seria de salientar, consoante as condições ambientais, a menor resistência do mármore pelo facto de reagir com constituintes da água das chuvas (solução ácida), em contraposição com os feldspatos do granito e a fraca resistência do granito pelo facto de ser constituído por minerais com coeficientes de dilatação diferentes. Consoante fosse maior o grau de alteração das duas rochas, assim a sua porosidade aumentava facilitando a acção da água das chuvas.

Natureza das categorias de resposta

Os critérios utilizados para definir as categorias de resposta foram os seguintes:

- * Relevância das características climáticas do local onde se instalaram as lápides tumulares

- * Relevância do grau inicial de alteração das rochas antes da construção das lápides
- * Outras características consideradas fundamentais para a definição da resistência das duas rochas e que seriam, portanto, responsáveis pelas diferenças apontadas em termos de degradação das inscrições

As categorias de resposta encontradas foram em número de quatro. Diferem da RA porque revelam visões redutoras do problema. Estão nesta situação as que se centram: na heterogeneidade mineralógica (CR1); na reacção com as chuvas ácidas (CR2); na génese das rochas (CR3); e na dureza das rochas (CR4).

Noutros casos: não fundamentam de forma adequada qualquer das opções feitas quanto à resistência das rochas (CR5) ser igual (CR5A) ou diferente (CR5B); são idiossincráticas (CR6); e declaram "não sei" (CR7).

Definem-se em seguida as categorias de resposta e apresentam-se alguns exemplos de respostas que fundamentam a classificação.

CR1 - Heterogeneidade mineralógica das rochas

Para os FP cujas respostas estão incluídas nesta categoria, a menor resistência à alteração deve-se à heterogeneidade mineralógica das rochas. As respostas incluídas nesta categoria consideram então que as inscrições se tornariam mais rapidamente ilegíveis no granito por este ser menos resistente à alteração. O facto deste ter vários minerais faz com que a coesão seja menor e a água se infiltre facilmente nas suas superfícies de contacto ou nas zonas que se criaram após a alteração dos minerais mais facilmente alteráveis.

Exemplos: "Prevejo que com o tempo as suas inscrições se vão degradando e desaparecendo, talvez mais rapidamente no granito porque este é constituído por muitos minerais sendo alguns deles mais frágeis e degradando-se mais facilmente. Assim,

começando a haver falhas depressa se desenrola um processo de erosão mais rápido. ..." (FP35)

"... Já o granito apresenta cristais visíveis entre os quais existem espaços minúsculos por onde a água se pode infiltrar alterando a rocha, dissolvendo os seus constituintes e fazendo com que os cristais se vão libertando." (FP15)

CR2 - Reacção das rochas com as chuvas ácidas

Os FP cujas respostas estão incluídas nesta categoria consideram que a resistência da rocha à alteração depende da sua reacção com as chuvas ácidas. As inscrições tornar-se-iam mais rapidamente ilegíveis na pedra em mármore porque este, pela sua constituição química, carbonato de cálcio, reage mais facilmente com as chuvas ácidas.

Exemplos: "o mármore irá ser alterado em primeiro lugar devido à queda da chuva ácida. ..." (FP57)

"A lápide de mármore vai apresentar as inscrições deformadas (corroídas). ... O mármore tem na sua constituição carbonato de cálcio (CaCO_3). Este vai-se dissolvendo pela acção das chuvas ácidas." (FP24)

CR3 - Génese das rochas

Incluem-se nesta categoria as respostas que consideram que a resistência das rochas à alteração está dependente das condições de pressão e de temperatura que presidiram à sua génese. A rocha menos resistente será aquela que se formou em condições de pressão e temperatura mais afastadas das da superfície. Para uns são as rochas metamórficas e consequentemente o mármore, para outros são as rochas magmáticas e por conseguinte o granito.

Exemplos: "A lápide de granito, por este ser uma rocha plutónica (ígnea, formada a grandes profundidades no interior da Terra altera mais depressa, por estar num local diferente do da formação). ..." (FP115)

"Penso que o mármore se vai alterar muito mais facilmente que o granito, pois o mármore é uma rocha metamórfica e as condições de pressão e temperatura a que se formou são muito diferentes das que existem à superfície. ..." (FP65)

CR4 - Dureza das rochas

Para os FP cujas respostas estão incluídas nesta categoria, a resistência à alteração está dependente da dureza da rocha. Para uns o mármore é menos duro e como tal menos resistente, para outros é o granito. Alguns dos FP não indicam qual a rocha que consideram mais dura.

Exemplos: "As letras na lápide de mármore apresentarão maior alteração do que as da lápide de granito uma vez que esta rocha é bastante mais "mole" do que o granito." (FP27)

"As inscrições no granito conservar-se-ão melhor do que no mármore. Porque o granito é a rocha ígnea com maior dureza do que o mármore." (FP86)

CR5 - Não fundamentadas

Incluem-se nesta categoria as respostas que não apresentam justificação para a opção por uma das rochas, no caso de preverem comportamento diferente ou para comportamento igual.

CR5A - Igual resistência

Nesta categoria incluem-se as respostas que consideram que as inscrições se tornaram ilegíveis em ambas as lápides tumulares.

Exemplos: "Estas inscrições, com o passar do tempo, vão-se alterando em ambos os casos devido à erosão." (FP02)

"Penso que a erosão nesta situação irá actuar de igual modo, visto serem materiais muito parecidos no aspecto físico; mesmo assim com um tempo longo as inscrições desaparecerão." (FP28)

CR5B - Diferentes resistências

Incluem-se nesta categoria as respostas que consideram que as inscrições se tornariam mais ilegíveis numa das rochas (mármore para uns e granito para outros) porque a consideram menos resistente sem contudo justificarem.

Exemplos: "As inscrições no mármore vão-se degradar mais depressa do que no granito pois este é mais resistente." (FP51)

"Penso que no granito, as inscrições irão desaparecer mais rapidamente do que no mármore, visto este ser um tipo de pedra mais resistente às condições adversas do meio." (FP33)

CR6 - Outras

As respostas incluídas nesta categoria são idiossincráticas.

Exemplos: "... que na lápide tumular do granito as inscrições se venham a notar muito menos do que na lápide de mármore. A justificação para esta previsão é talvez baseada no facto de os componentes minerais, do granito em relação ao mármore, poderem não formar redes cristalográficas tão estáveis quanto do mármore." (FP38)

"Eu penso que as inscrições na lápide tumular de granito vai desaparecendo ao longo do tempo.

Devido ao clima que se vai fazendo sentir, a influência das chuvas cada vez mais ácidas que vão de certa forma "corroendo" o granito provocando um desgaste na inscrição da lápide. Quer também devido ao sol (raios ultravioletas) que irão provocar um desgaste." (FP44)

"O mármore e o granito são rochas completamente diferentes apresentando portanto diferentes graus de sensibilidade aos diferentes tipos de agentes meteóricos: o mármore é mais sensível a uma meteorização química e o granito a uma meteorização física. Dependendo muito do tipo de meteorização que predomina vai ocorrer maior degradação na lápide de mármore ou na de granito (respectivamente meteorização química e meteorização física)." (FP61)

CR7 - Não sei

Nesta categoria incluem-se respostas que declaram "não sei".

Exemplos: "... Contudo não sei sinceramente em qual delas desaparecerá primeiro ..."

(FP30)

"Não sei." (FP77)

Extensão das CR

A tabela 4.2. mostra a distribuição das respostas pelas categorias de resposta definidas

Categorias de respostas	Identificação dos FP						% total			
	B/G			%	F/Q			%		
CR1	FP14	FP15	FP32	18,5	FP45	FP47	FP48	13,3	17,2	
	FP34	FP35	FP39		FP49					
	FP40	FP79	FP82							
	FP84	FP88	FP89							
	FP90	FP99	FP104							
	FP107	FP111								
CR2	FP01	FP06	FP07	24,0	FP17	FP18	FP19	36,7	27,0	
	FP10	FP13	FP16		FP20	FP21	FP22			
	FP25	FP52	FP53		FP23	FP24	FP42			
	FP57	FP58	FP60		FP120	FP121				
	FP67	FP78	FP83							
	FP85	FP87	FP92							
	FP93	FP98	FP112							
	FP119									
CR3	FP03	FP08	FP37	12,0				-	9,0	
	FP62	FP65	FP66							
	FP80	FP94	FP110							
	FP115	FP117								
CR4	FP27	FP69	FP86	4,3	FP41	FP46	FP71	10,0	5,8	
	FP116									
CR5	CR5A	FP02	FP28	FP59	4,3			-	3,3	
		FP109								
	CR5B	FP04	FP05	FP09	31,5	FP43	FP50	FP51	33,4	32,0
		FP11	FP12	FP26		FP70	FP72	FP73		
		FP29	FP31	FP33		FP74	FP75	FP76		
		FP36	FP54	FP55		FP122				
		FP63	FP64	FP68						
		FP81	FP91	FP95						
		FP96	FP97	FP100						
		FP101	FP102	FP103						
FP105	FP108	FP113								
FP114	FP118									
CR6	FP38	FP56	FP61	4,3	FP44			3,3	4,1	
	FP106									
CR7	FP30			1,1	FP77			3,3	1,6	

Tabela 4.2. Distribuição das respostas dos FP pelas categorias de resposta definidas.

Uma visão global da tabela revela que:

- * cerca de um terço dos FP (32,0%), embora considere que a resistência das duas rochas aos factores de alteração é diferente, ignora ou tem ideias pouco claras sobre as razões para que assim seja (CR5B)
- * a ideia mais dominante nos FP (27,0%) é a de que o mármore é menos resistente, atendendo à sua reactividade química com as chuvas ácidas (CR2).

Uma visão da tabela, por área de formação, revela que para ambas as áreas de formação (B/G e F/Q) se mantém a tendência geral.

Grande parte dos futuros professores centram a sua resposta no agente externo - as chuvas ácidas associadas à poluição. Ignoram praticamente quaisquer outros factores que não sejam a facilidade de reagir com as chuvas ácidas. Todos omitem na sua resposta a importância do grau de alteração inicial das rochas que é fundamentalmente relevante no caso do granito.

Poderemos ainda afirmar que para os FP cujas respostas estão incluídas nas categorias CR1 e CR2 (17,2% + 27,0%), o factor mais relevante para as diferenças que poderão ocorrer em termos de alteração nas duas lápides tumulares é a chuva ácida. Alguns deles procuram uma característica física da rocha que facilite a actuação das chuvas ácidas (fenda e poros que aumentam a área de exposição) enquanto outros atribuíram mais importância a uma característica química a - *a fácil reactividade do carbonato de cálcio* existente no mármore.

É curioso notar que os FP de F/Q cujas respostas se incluem na CR1 utilizam uma terminologia que possivelmente terá a ver com a sua área de formação "energia de coesão menor".

4.3.3. Questão 3

A seguir refere-se a resposta adequada e os resultados ou categorias de resposta da questão 3 que está enunciada no Capítulo 3 (secção 3.4.2).

Resposta Adequada (RA)

Face a um monumento antigo, todos podemos observar que as zonas trabalhadas (esculpidas) se apresentam mais alteradas do que as superfícies lisas. Isto deve-se ao facto daquelas zonas apresentarem uma maior área específica (área por unidade de massa) e criarem, também, zonas com diferentes graus de exposição a esses mesmos agentes de alteração, dadas as diferenças de relevo. Assim, um modelo de resposta adequada seria:

Ao fim de alguns anos, ambos os edifícios terão sofrido alteração, mas ela será mais notória no edifício que apresenta "rendilhados" esculpido, se as fachadas tiverem a mesma orientação geográfica. Estas zonas trabalhadas alteram-se mais facilmente do que as superfícies lisas porque nelas apresentam maior área específica e criam zonas que facilitam a alteração: nas saliências, a água das chuvas escorre facilmente removendo o calcário modificado e que por isso se torna mais solúvel; nas reentrâncias, a água das chuvas, por falta de escorrência e por ser lenta a evaporação, permite uma retenção maior da água e das partículas sólidas da atmosfera facilitando as sulfatações e a retenção dos resíduos resultantes da alteração. Estes vão criar um ambiente propício à fixação de seres vivos.

Na resposta adequada pretendia-se que os FP referissem que ambos os edifícios sofreriam alteração, mas que o grau de degradação seria mais notório na fachada com "rendilhados" (desde que ambas as fachadas tivessem a mesma orientação geográfica e estivessem igualmente expostas à chuva) porque nesta:

– é maior a área exposta

- criam-se zonas de retenção da água e zonas de diferentes velocidades de evaporação aumentando o tempo de exposição aos factores de alteração naquelas onde o processo é mais lento
- a acumulação dos resíduos da alteração, nas reentrâncias dos esculpidos, permite a fixação de alguma flora e favorece a biodegradação
- há diferentes exposições ao sol e aos ventos.

Em suma, no edifício com "rendilhados" há maior área de exposição e zonas de diferente exposição aos agentes externos, facilitando, por isso, uma erosão diferenciada.

Natureza das categorias de resposta

Os critérios usados na construção das categorias de resposta foram:

- o relevo ser ou não importante na alteração
- a razão pela qual consideram relevantes os esculpidos como factores aceleradores da alteração.

As categorias de resposta encontradas foram em número de três. Duas diferem da RA porque não atribuem relevância aos "rendilhados". Estão nesta situação: a CR que considera a alteração independente da forma da superfície exposta (CR1) e a que considera que a alteração é maior na superfície mais lisa (CR2). A terceira aproxima-se mais da RA porque atribui relevância aos "rendilhados" (CR3), contudo, difere dela fundamentalmente pelo papel atribuído aos esculpidos: estão mais salientes, logo mais expostos (CR3A); apresentam uma maior área de contacto (CR3B); o maior relevo facilita, nas depressões, um maior tempo de contacto (CR3C); são zonas de maior fragilidade (CR3D).

Noutros casos: não fundamentam a opção feita (CR4); são idiossincráticas (CR5); declaram "não sei" (CR6); não respondem (CR7).

Definem-se de seguida as categorias de resposta encontradas e apresentam-se alguns exemplos de respostas que as fundamentam.

CR1 - Alteração independente da forma da superfície

Incluem-se nesta categoria as respostas que consideram que a forma da superfície exposta não influencia o grau de alteração; logo, ao fim de alguns anos a alteração será igual nos dois edifícios, ou porque são construídos com a mesma rocha ou por estarem sujeitos aos mesmos agentes de alteração.

Exemplos: "Provavelmente seguem a mesma evolução sem diferenciação. Estiveram sujeitos às mesmas condições; a alteração será provavelmente idêntica nos dois edifícios. (FP03)

"o edifício que apresenta "rendilhados", tal como o liso sofrerão alteração com o tempo, uma vez que a natureza do material com que são construídos é o mesmo." (FP08)

"... ou seja, o desgaste vai ser igual nos dois edifícios mas no que apresenta "rendilhados" nota-se mais do que no que tem fachada lisa." (FP122)

CR2 - Alteração maior na superfície mais lisa

As respostas incluídas nesta categoria consideram que a superfície exposta sendo lisa fica mais sujeita à alteração, logo, ao fim de algum tempo estará mais alterada.

Exemplos: "A fachada lisa vai sofrer a interferência do tempo, como a chuva, vento, etc. de modo muito mais acentuado que a da fachada que apresenta rendilhados esculpidos." (FP50)

"A fachada de calcário lisa, penso ser mais susceptível à alteração que a fachada de calcário rendilhado." (FP80)

CR3 - Alteração maior na superfície menos lisa

Estão incluídas nesta categoria as respostas que consideram que a superfície exposta sendo esculpida fica mais sujeita à alteração, logo, os “rendilhados” são zonas mais favoráveis à alteração. A fundamentação apresentada é diferente podendo então formar-se os seguintes subgrupos:

CR3A - Mais saliente mais exposto

As zonas mais expostas, mais salientes estão mais desprotegidas dos agentes de alteração.

Exemplos: "... a parede é lisa e por isso a superfície que vai estar em contacto com a erosão vai ser uniforme. ...a superfície que apresenta o edifício "rendilhado" é irregular e as zonas mais salientes, mais saídas, estão mais em contacto com o ar (erosão, vento) ..." (FP01)

"o edifício com a fachada com "rendilhados" poderá tender a ficar liso porque os agentes erosivos vão atacar primeiro as protuberâncias." (FP35)

"... pois estes ["rendilhados"] tendem a ser destruídos pois estão mais salientes na estrutura e por isso mesmo mais expostos ..." (FP120)

CR3B - Maior área, maior contacto

As zonas trabalhadas aumentam a área de contacto com os agentes de meteorização.

Exemplos: "... os "rendilhados" permitem que haja uma superfície de contacto com as chuvas maior e portanto uma maior degradação." (FP24)

"O edifício com "rendilhados" está naturalmente mais exposto a agentes de erosão, tal como a chuva e o vento, pois tem maior superfície de contacto com eles ..." (FP39)

CR3C - Maior relevo, maior tempo de contacto

As zonas trabalhadas facilitam a retenção por mais tempo da água, de partículas poluentes e de microorganismos.

Exemplos: "... porque a água e muitos microorganismos tentam alojar-se nestes pontos do "rendilhado" provocando alteração, coisa que não acontece na fachada lisa com tanta facilidade." (FP28)

"... o prédio com paredes lisas também vai sofrer erosão, mas como as paredes são lisas não permitem ao poluente ficar muito tempo em contacto com a parede porque este escorre, os danos vão ser menores." (FP59)

"... Penso que este tipo de construção com desenhos e figuras esculpidas estão mais sujeitos à degradação devido às reentrâncias que possui aonde se vão acumulando poeiras, etc. ..." (FP83)

CR3D - Maior relevo, maior fragilidade

As zonas trabalhadas favorecem a infiltração da água nos poros da rocha ou em fendas que se formaram quando foram esculpidas.

Exemplos: "... pois ao esculpir esses rendilhados, isso poderia provocar algumas fendas no calcário." (FP82)

"... pois quando se trabalhou a pedra criam-se planos de fractura e estes planos vão facilitar a degradação. Quando a rocha está lisa é mais difícil a actuação dos agentes de erosão (água, ácidos, etc.)." (FP116)

CR4 - Não fundamentadas

Incluem-se nesta categoria as respostas que não apresentam uma justificação ou fazem-no de um modo não compreensível.

Exemplos: "A fachada trabalhada, com o tempo deve apresentar maior grau de degradação." (FP02)

"O edifício que apresentará maior erosão será o que apresenta "rendilhados" esculpidos." (FP48)

CR5 - Outras

Incluem-se nesta categoria as respostas idiossincráticas

Exemplos: "... Com o desfazer do material e dado que no caso dos rendilhados - o material é menos homogéneo, menos compacto e por isso mais exposto - o efeito final vai ser

que o edifício de fachada lisa vai conservar a sua arquitectura primitiva, ou aspecto, por mais tempo." (FP04)

"Prevejo que o edifício que tem na fachada "rendilhados" esculpido se degrada mais rapidamente pois apresenta uma superfície mais trabalhada de modo aos constituintes do calcário reagirem mais e se libertarem para reagirem com o ar e com os agentes causadores de poluição." (FP22)

"... Assim o edifício liso resistirá mais à alteração do que o que apresenta "rendilhados esculpido" porque o gesso localizado nos espaços esculpido vai aumentar de volume e logo quebrar esses rendilhados." (FP115)

CR6 - "Não sei"

Incluem-se nesta categoria as respostas que declaram "não sei".

Exemplos: "Um dos edifícios degradar-se-á mais depressa que o outro, mas sinceramente não sei qual deles é." (FP30)

CR7 - Não resposta

Incluem-se nesta categoria as respostas em branco.

Extensão das categorias de resposta

A tabela 4.3. mostra a distribuição das respostas dos alunos FP pelas categorias de resposta definidas.

Categorias de respostas	Identificação dos FP						% total			
	B/G		%	F/Q		%				
CR1	FP03 FP88	FP08 FP36	FP11	5.4	FP122	3.3	4,9			
CR2	FP69	FP80		2.2	FP50	3.3	2,5			
CR3	CR3A	FP01 FP35 FP64	FP29 FP52 FP118	FP34 FP55	8.7	FP71 FP120	6.7	8,2		
		CR3B	FP07 FP27 FP40 FP65 FP86 FP91 FP98 FP105 FP117	FP16 FP31 FP57 FP66 FP89 FP92 FP101 FP106	FP26 FP39 F.P62 FP68 FP90 FP94 FP102 FP107	27.2	FP17 FP24 FP41 FP42 FP73 FP77	20.0	25,4	
			CR3C	FP05 FP13 FP56 FP67 FP84	FP10 FP28 FP58 FP79 FP104	FP12 FP37 FP59 FP83 FP111	16.3	FP18 FP20 FP21 FP23	13.3	15,6
	CR3D			FP25 FP82	FP38 FP116	FP63	5,4	FP75 FP121	6.7	5,8
	CR4			FP02 FP14 FP54 FP78 FP93 FP97 FP103 FP110 FP114	FP06 FP32 FP60 FP81 FP95 FP99 FP108 FP112 FP119	FP09 FP33 FP61 FP87 FP96 FP100 FP109 FP113	28.3	FP19 FP43 FP44 FP45 FP46 FP47 FP48 FP49 FP51 FP70 FP72	36.7	30,3
CR5				FP04 FP85	FP15 FP115	FP53	5,4	FP22	3.3	4,9
CR6		FP30			1.1	-	-	0.8		
CR7			-		-	FP74 FP76	6.7	1,6		

Tabela 4.3. Distribuição das respostas dos FP pelas categorias de resposta definidas.

Uma análise global da tabela revela que:

- Para um pouco mais de metade (55,8%) dos FP, os "rendilhados" facilitam a alteração (CR3). Quanto às razões para que assim seja, a mais saliente (25,4%) é a de que aumentam a área de contacto com os agentes de meteorização (CR3B); um

número razoável de FP (30,3%) ignora ou revela ideias pouco claras quanto ao modo como os "rendilhados" interferem (CR4); há ainda 7,4% de FP que não atribuem relevância aos rendilhados (CR1+CR2).

Analisando os resultados obtidos para cada uma das áreas de formação podemos ver que:

- na área de formação em B/G, o maior número de respostas (28,3%) ignora ou revela ideias pouco claras quanto ao papel dos “rendilhados” (CR4);

Para aqueles que lhe atribuem um papel relevante, são em maior número, (27,2%) os que consideram que eles aumentam a área de exposição aos agentes de meteorização (CR3B); 7,6% dos FP não atribui relevância aos “rendilhados” como factor de alteração (CR1+CR2).

- na área de formação em F/Q é também maior o número de respostas (36,7%) que não apresenta razões quanto ao papel dos "rendilhados", ou então fá-lo de forma pouco clara (CR4); 20,0% atribui-lhe papel relevante porque aumentam a área de exposição aos agentes de meteorização (CR3B); 6,6% não atribui relevância aos “rendilhados” como factor de alteração (CR1+CR2).

As respostas incluídas na categoria CR3 procuram uma explicação que tem a ver com a razão mais profunda da alteração das rochas que é o facto de as substâncias constituintes dos minerais serem mais estáveis para certas pressões e temperaturas. Face a pressões e temperaturas diferentes tornam-se mais sensíveis à alteração. Para estes o factor relevante é a diferença de pressão e temperatura entre os dois meios (o da profundidade onde ocorreu a génese e o da superfície onde se encontram actualmente).

4.3.4. Questão 4

Referimos de seguida a resposta adequada e os resultados (CR) da questão 4 que está enunciada no Capítulo 3 (secção 3.4.2).

Resposta Adequada (RA)

O tipo e o grau de alteração de uma rocha são condicionados pelo clima. Em climas secos, a alteração é muito lenta e predominam os processos mecânicos (físicos) com consequente aumento da porosidade da rocha.

A lascagem é, segundo alguns autores *a separação da rocha em escamas e placas com alguns centímetros de espessura, paralelas à superfície da rocha e devidas, sobretudo, à insolação e a fortes variações de temperatura* (Aires-Barros, 1991, p.74).

Estes factores influem na secagem e molhagem da rocha, na dissolução e cristalização de sais, no gelo e degelo da água contida nos microporos. Estes processos são fundamentais na alteração/desagregação da rocha devida a acções mecânicas sobre a textura da rocha.

Um modelo de RA seria:

A desagregação em lascas do granito com o qual foi construído o obelisco, deve-se, muito provavelmente, à mudança climática. Do clima quente e seco do Egipto, propício à microfissuração, o obelisco passou para o clima húmido de Nova Iorque. Aqui as variações térmicas favorecem a dissolução e cristalização de sais e ainda a solidificação/fusão da água retida nas microfissuras. Estes fenómenos vão contribuir para uma rápida desagregação mecânica da rocha (crioclastia e gelivação) responsável pela lascagem do granito. A degradação maior da face exposta a sul deve-se talvez à predominância de ventos que por corrasão e deflacção contribuirão para uma maior erosão desse lado.

Na resposta adequada pretendíamos, pois, que se referissem:

- a mudança de clima como factor mais relevante nas transformações ocorridas no obelisco

- a alteração física ocorrida no Egito e a sua influência na rápida evolução da alteração ocorrida em Nova Iorque
- a lascagem como um processo de desagregação mecânica da rocha que tem a ver com a variação de temperatura sofrida e de humidade retida nos poros desta
- o vento como um agente de erosão, retirando o material desagregado.

Natureza das Categorias de Resposta

Os critérios usados na construção das categorias surgiram das respostas e foram os factores considerados responsáveis pela degradação observada no obelisco quando mudou do Egito para Nova Iorque.

As categorias de resposta encontradas, em número de três, diferem da resposta adequada porque revelam visões do problema redutoras ou cientificamente incorrectas (em quase todas os fenómenos são descritos como resultado de alteração química). Diferem umas das outras porque escolhem factores diferentes como responsáveis pelas transformações ocorridas no obelisco: clima (CR1); poluição (CR2); o clima e a poluição (CR3). Noutros casos: são idiossincráticas (CR4); não fornecem elementos que permitam atribuir-lhes significado (CR5).

Definem-se a seguir as CR encontradas e apresentam-se alguns exemplos de respostas.

CR1 - As transformações devem-se ao clima.

Incluem-se nesta categoria as respostas que consideram que o aumento acelerado da alteração do obelisco, quando foi colocado em Nova Iorque, se deve fundamentalmente a características climáticas desta cidade

Exemplos: "Esta ocorrência foi devida principalmente a uma mudança de clima. No Egípto o obelisco estava num clima quente e seco o que impedia a sua desagregação. Em Nova Iorque fez-se sentir um tempo frio e húmido, com chuva frequente. Este clima favoreceu a sua degradação uma vez que a água é um dos principais agentes de degradação"(FP 103)

"(...)Enquanto esteve no Egípto o obelisco (...) estava num clima quente e seco, que permitiu a sua manutenção. Quando foi deslocado para N.York, (...) havia (...) períodos muito quentes e períodos muito frios, era um ambiente muito húmido o que favoreceu a degradação (...)

Como o lado sul foi o mais afectado, este era provavelmente o menos protegido, o que estava mais sujeito à acção dos factores climáticos como por ex^o a chuva"(FP 89)

CR2 - As transformações devem-se à poluição.

Incluem-se nesta categoria as respostas que consideram que o aumento acelerado da alteração do obelisco ocorrida, em Nova Iorque, se deve fundamentalmente ao elevado grau de poluição existente nesta cidade.

Exemplos: "...Em meu entender, uma das possíveis causas, pode ter sido a poluição, tornando as águas da chuva ácidas"(FP 28)

"No Egípto, o obelisco apresentava um bom estado de conservação, visto que praticamente não há poluição que promova uma degradação. Quando levado para Nova Iorque, degradou-se bastante devido à poluição que é enorme, à corrosão"(FP 33)

"Os fenómenos erosivos abundam em todo o mundo, mas há alguns casos em que o meio pode influenciar, nomeadamente a chuva ácida. Pois penso ter sido este o motivo que levou a uma maior degradação, pois Nova Iorque é uma cidade muito poluída. Esta poluição é causadora de chuvas ácidas que degradam o granito facilmente"(FP 37)

CR3 - As transformações devem-se ao clima e à poluição

Incluem-se nesta categoria as respostas que consideram que o aumento acelerado da alteração do obelisco quando colocado na cidade de Nova Iorque tem a ver com aspectos climáticos e com o elevado grau de poluição existentes nesta cidade.

Exemplos: "Devido ao clima. No Egito as condições climáticas são diferentes de Nova Iorque. Além disso Nova Iorque tem muito mais poluição, o que vai provocar alterações, o que não ocorria no Egito"(FP 95)

"Deve-se à mudança de clima, e às agressões atmosféricas, poluição, a que ficou sujeito com esta radical mudança"(FP 72)

CR4 - Outras

Incluem-se nesta categoria as respostas que apresentam interpretações idiossincráticas.

Exemplos: "... o granito dada a sua constituição mineralógica pode também contribuir para que a alteração se processe mais rapidamente num ambiente que não seja favorável à estabilidade da sua rede cristalográfica." (FP38)

"Foi transportado para um local onde a erosão combinada com a temperatura e humidade permitiu esta ocorrência." (FP69)

"... Frio e ar salgado, terão tido grande importância para a aceleração do desgaste do obelisco." (FP79)

"A degradação acentuada nos últimos 50 anos deve ter sido devida a ventos vindos do sul predominantemente, estando os outros lados protegidos por prédios bastante altos que anteriormente não existiam." (FP41)

CR5 - Não identificadas

Incluem-se nesta categoria as respostas que não apresentam elementos que tornem possível atribuir-lhes um significado.

Exemplos: "A degradação do obelisco pode ser o efeito da falta de cuidados na sua conservação mas não se pode excluir a diferença de meio a que foi sujeito e as condições que passou a sofrer." (FP36)

"O obelisco foi-se degradando após ter sido transferido do Egito para Nova Iorque já que as condições ambientais em Nova Iorque eram diferentes. Assim, o obelisco esteve sujeito a outros agentes erosivos e de forma mais acentuada." (FP82)

Extensão das categorias de resposta

A tabela 4.4. mostra a distribuição das respostas dos FP pelas categorias de resposta definidas.

Categorias de respostas	Identificação dos FP						% total	
	B/G			%	F/Q			%
CR1	FP05	FP08	FP10	32,6	FP23	FP45	FP46	30,0
	FP11	FP12	FP14		FP50	FP71	FP73	
	FP29	FP39	FP57		FP74	FP75	FP77	
	FP59	FP64	FP80					
	FP81	FP87	FP88					
	FP89	FP93	FP94					
	FP101	FP103	FP104					
	FP105	FP106	FP107					
	FP109	FP111	FP114					
	FP115	FP117	FP118					
CR2	FP01	FP28	FP33	14,1	FP17	FP18	FP20	26,7
	FP34	FP37	FP54		FP21	FP22	FP43	
	FP55	FP56	FP62		FP76	FP120		
	FP86	FP96	FP99					
	FP116							
CR3	FP02	FP03	FP04	45,7	FP19	FP24	FP42	40,0
	FP06	FP07	FP09		FP44	FP47	FP48	
	FP13	FP15	FP16		FP49	FP51	FP70	
	FP25	FP26	FP27		FP72	FP121	FP122	
	FP31	FP32	FP35					
	FP40	FP52	FP53					
	FP58	FP60	FP61					
	FP63	FP65	FP66					
	FP67	FP68	FP78					
	FP83	FP84	FP85					
	FP90	FP91	FP92					
	FP95	FP97	FP98					
	FP100	FP102	FP108					
FP110	FP112	FP119						
CR4	FP30	FP38	FP69	4,3	FP41			3,3
	FP79							
CR5	FP36	FP82	FP113	3,3	-			-

Tabela 4.4. Distribuição dos FP pelas categorias de resposta definidas.

Uma análise global da tabela revela-nos:

- que a ideia predominante nos FP (44,3%) é a de que as transformações sofridas pelo obelisco se devem à mudança nas condições climáticas e na poluição (CR3)

- que cerca de metade dos FP atribui as transformações ocorridas no obelisco somente a um factor - para 31,9% seria a mudança de clima (CR1) e para 17,2% seria a mudança para um meio mais poluído (CR2)

Estas tendências mantêm-se pertinentes quando se analisa cada uma das áreas de formação.

Relativamente à lascagem, somente sete FP a reconheceram como processo físico (quatro FP incluídos na CR1 e três na CR3).

Somente catorze FP procuraram uma explicação para a maior degradação do lado sul do obelisco mas apresentam razões variadas que vão desde o maior contacto com a poluição, com a chuva, com o vento, com os sais (por estar voltado para o mar).

Diríamos então que quase todos os FP encaram a lascagem como um processo químico ao escolherem como um factor relevante a poluição e quase sempre referiram como aspecto climático a chuva, quando na realidade os factores climáticos relevantes são as variações térmicas e a humidade (a água retida nas microfissuras e microporos).

De uma maneira geral, as respostas não referem a importância que pode ter tido no processo de lascagem a alteração física ocorrida durante a estadia do obelisco no Egipto. Esta alteração tem como consequência uma micro-fissuração.

4.3.5. Questão 5

Referimos de seguida a resposta adequada e os resultados (CR) da questão 5 que está enunciada no Capítulo 3 (secção 3.4.2).

Resposta Adequada (RA)

Podemos observar que num monumento em calcário, apresentando sinais evidentes de degradação, os efeitos da alteração não são os mesmos em todo o edifício. Assim, as crostas negras, a dissolução do calcário e a sua desagregação são efeitos visíveis em zonas diferentes; as zonas mais preservadas da acção dos agentes de meteorização apresentam um aspecto menos degradado correspondendo, então, a zonas com menor grau de alteração do calcário.

A resposta adequada seria:

A distribuição do tipo e do grau de alteração do calcário, por todo o monumento, é diferenciada.

A exposição aos agentes de meteorização não é a mesma, quer nas diferentes fachadas, quer na mesma fachada.

A orientação das fachadas e os aspectos arquitectónicos proporcionam maior exposição a um ou outro agente de alteração e portanto diferentes tipos de alteração.

* As desagregações mecânicas, ou alterações físicas (por termoclastia e crioclastia) serão mais frequentes nas zonas sujeitas a variações térmicas, a períodos de secagem e molhagem da rocha, e ainda a deflacção e corrasão eólicas, mais frequentes na base dos monumentos.

* Nas zonas em que não há grande escorrência das águas, poderão ocorrer alterações químicas com modificação da calcite para gesso seguida habitualmente de desagregação do calcário.

* As zonas onde se fixaram seres vivos podem estar sujeitas a desagregação mecânica (alteração biofísica) e a alteração bioquímica pela acção de ácidos produzidos e libertados pelos seres vivos.

O grau de alteração será maior nas partes do monumento mais expostas aos agentes de alteração, nomeadamente, à água das chuvas, ao vento, ao Sol e aos seres vivos. Esta maior exposição é consequência da orientação geográfica das fachadas e ainda, dentro de cada fachada, das características arquitectónicas (distância ao solo, às goteiras, aos telhados, às janelas e existência de elementos esculpidos)

Na resposta adequada pretendia-se que os alunos FP referissem

- Que a alteração do monumento difere de fachada para fachada e dentro da mesma fachada, quer em tipo, quer em grau.
- Na fundamentação pretendia-se que justificassem essa diferença pela orientação geográfica das fachadas e pelo papel que os elementos arquitectónicos desempenhavam. Eventualmente, poderiam ainda exemplificar algumas situações.

Natureza das categorias de resposta

Os critérios usados na construção das categorias de resposta basearam-se no(s) factor(es) em que centraram a sua fundamentação (agentes externos, aspectos arquitectónicos e características da rocha).

As categorias de resposta encontradas foram em número de sete. Diferem da RA porque revelam visões redutoras do problema. Estão nesta situação: as que se centram na maior exposição aos agentes de meteorização (CR1), o que se deve à orientação geográfica das fachadas (CR1A), aos elementos arquitectónicos (CR1B), a ambos (CR1C); as que se centram na existência de zonas de maior fragilidade do próprio calcário (CR2). Noutros casos são idiossincráticas (CR4); não fornecem elementos que permitam atribuir-lhes um significado (CR5); declaram "não sei" (CR6); não respondem (CR7); não fundamentam de forma adequada (CR3).

Definem-se de seguida as categorias de resposta.

CR1 - Exposição aos agentes de alteração

Incluem-se nesta categoria as respostas que consideram que a diferente distribuição do tipo e do grau de alteração ao monumento depende da maior exposição aos agentes da alteração. O que se deve:

CR1A - Orientação geográfica das fachadas

Exemplos: "Eu penso que a degradação se relaciona com a situação geográfica; se o monumento está virado a norte ou não. As partes que estão viradas a norte estão muito mais degradadas." (FP 51)

" O tipo e o grau de alteração distribuem-se conforme a direcção para que está virado o lado do monumento.

A vertente que está virada ao sol vai sofrer mais a acção do sol, isto é, a parede desse lado vai sofrer a acção da temperatura ficando assim sujeita a processos de termoclastia.

A parte do monumento que estiver virada para norte vai ser mais sujeita à acção da humidade." (FP 105)

CR1B - Aspectos arquitectónicos

Exemplos: O monumento apresenta degradações diferentes. Por exemplo, nas partes superiores do edifício há uma maior alteração devido à maior exposição ao sol, chuva, vento, etc.. Além disso também nas zonas mais inferiores em que possa haver acumulação de água, há uma maior alteração do calcário devido aos ácidos transportados pelas águas das chuvas e outros agentes corrosivos.

Também em zonas de fracturas ou junções, em que há uma maior infiltração de água, humidade, a alteração é superior. Assim como nas zonas mais trabalhadas com maiores "rendilhados" em que a superfície exposta à erosão é superior, há uma maior alteração." (FP 91)

"A alteração do monumento será mais intensa nas áreas salientes das fachadas e nas partes superiores pois é aqui que se vai sentir com mais intensidade a acção das águas das chuvas. As restantes zonas, em depressão ou mais inferiores, estão mais protegidas.

Porém, as partes inferiores do monumento estão mais sujeitas a alteração devido à actividade humana, pelo que apresentarão um tipo de alteração diferente." (FP 15)

CR1C - Orientação geográfica das fachadas e aspectos arquitectónicos

Exemplos: "A degradação dos monumentos deve-se em grande parte à acidez das chuvas, ou seja, deve-se às chuvas ácidas.

O grau de degradação deve variar uma vez que, consoante os ventos, há partes do monumento (fachadas) nas quais a chuva vai incidir mais. Por outro lado sabe-se que os monumentos têm zonas em que existem partes trabalhadas. Essas partes apresentam uma superfície de contacto maior, e portanto podem sofrer uma degradação em maior extensão." (FP 24)

"A parte virada para a zona onde as condições climáticas são principalmente chuvas, etc., apresenta-se mais degradada.

A parte superior do monumento também se encontra mais degradada porque é onde, por ex^o a chuva cai directamente no calcário, logo há maior erosão - desfazendo-se mais. Na parte inferior essas condições são mais amenas." (FP 71)

CR2 - Zonas de fragilidade do calcário

Incluem-se nesta categoria as respostas que consideram que apesar de a rocha utilizada na construção das diferentes partes do monumento ser a mesma - o calcário - podem existir diferenças na sua estrutura e composição, responsáveis por uma alteração diferencial. A interpretação da situação centra-se nas características da rocha.

Exemplos: "O tipo e grau de alteração distribui-se uniformemente em todo o monumento.

O facto do monumento totalmente construído com o mesmo calcário, apresentar degradações diferentes, em tipo e em grau, deve-se à constituição do próprio calcário. A concentração do carbonato de cálcio é mais elevada numas zonas do que noutras, o que provoca diferentes desgastes quando exposto à acção das chuvas." (FP 23)

"O tipo e o grau de alteração do monumento distribui-se consoante a natureza, presença de impurezas e zonas de fraqueza que a rocha apresenta.

Assim, se numa zona determinada da rocha existirem fracturas, as degradações serão mais evidentes nesta zona, pois aquelas permitem a infiltração de água e outras substâncias que se encontrem dissolvidas (poluentes atmosféricos).

Se a rocha possui elementos impuros mais fácil será portanto a influência de factores erosivos." (FP 88)

CR 3 - Não fundamentada

Incluem-se nesta categoria as respostas que embora considerem que o grau de alteração é tanto maior quanto maior for a exposição aos agentes de meteorização, não referem aspectos que possam ser responsáveis por essa diferença; e ainda aqueles que dizem que o grau de alteração é maior no exterior do que no interior, por considerarmos que subjacente a esta resposta se encontra somente a ideia de maior exposição da parte exterior aos agentes de alteração.

Exemplos: "Tal será possível se diferentes zonas do calcário estiverem diferentemente expostas à acção dos agentes erosivos." (FP 79)

"O calcário do exterior apresenta-se mais alterado do que o calcário do interior do monumento. ... " (FP03)

CR 4 - Outras

Incluem-se nesta categoria as respostas idiossincráticas.

Exemplos: "Possivelmente estão expostos aos factores ambientais diferencialmente. Embora o material seja o mesmo a mão-de-obra era humana. O homem nunca faz dois trabalhos idênticos." (FP63)

"Na parte exposta à chuva há mais degradação. Na parte inferior, o calcário está mais desfeito e degradado devido ao peso, em relação ao que está em cima." (FP59)

"A parte do monumento mais antiga apresenta-se mais degradada, que a parte que foi construída posteriormente. Também a parte mais externa vai apresentar mais alterações que a parte interna pois esta encontra-se protegida de diversos factores de degradação (clima, etc.)." (FP 11)

CR 5 - Não identificadas

Incluem-se nesta categoria as respostas que não fornecem elementos suficientes para a sua classificação.

Exemplos: "Se o tipo de degradação for através de chuvas ácidas (químico), a sua degradação vai ser rápida e forte. Se for um tipo físico (vento), a degradação vai ser grande mas lenta. Se for de tipo mecânica (exº: transporte de areia), também vai ser lenta." (FP 01)

"No monumento, o tipo e grau de alteração depende do tipo de degradação a que este se encontra sujeito. Dependendo esta do tipo de alteração do próprio calcário, quando sujeito a condições adversas. Pode ser do tipo de desgaste puro e simples ou até de corrosão química, o que actualmente é um dos maiores perigos devido à poluição existente e à sua contribuição para as frequentes chuvas ácidas que provocam alteração química do material em causa." (FP 02)

CR 6 - Não sei

Incluem-se nesta categoria as respostas que declaram não saber responder.

Exemplos: "Não tenho conhecimentos científicos sobre rochas calcárias que me permitam dar uma resposta que eu considere correcta." (FP 122)

CR 7 - Não resposta

Incluem-se nesta categoria as respostas em branco.

Extensão das categorias de resposta

A tabela 4.5. mostra a distribuição das respostas dos alunos FP pelas categorias de resposta definidas.

Categorias de respostas		Identificação dos FP								% total
		B/G			%	F/Q			%	
CR1	CR1A	FP13	FP25	FP26	26.0	FP22	FP46	FP48	16.7	23.8
		FP31	FP55	FP57		FP49	FP51			
		FP61	FP68	FP81						
		FP83	FP87	FP89						
		FP90	FP94	FP95						
		FP96	FP99	FP105						
		FP107	FP109	FP111						
		FP112	FP115	FP117						
	CR1B	FP07	FP09	FP10	25.0	FP17	FP19	FP20	46.7	30.3
		FP12	FP14	FP15		FP21	FP42	FP43		
		FP16	FP33	FP40		FP45	FP50	FP70		
		FP52	FP53	FP62		FP72	FP73	FP77		
FP84		FP91	FP93	FP120		FP121				
FP98		FP103	FP104							
FP108		FP110	FP114							
FP116		FP118								
CR1C	FP04	FP05	FP28	9.8	FP18	FP24	FP71	10.0	9.8	
	FP32	FP35	FP54							
	FP58	FP60	FP101							
CR2	FP06	FP27	FP82	5.4	FP23			3.3	4.9	
	FP88	FP113								
CR3	FP03	FP08	FP29	27.2	FP44			3.3	21.3	
	FP30	FP34	FP36							
	FP37	FP38	FP39							
	FP56	FP64	FP65							
	FP66	FP67	FP78							
	FP79	FP80	FP85							
	FP86	FP92	FP97							
	FP100	FP102	FP106							
	FP119									
CR4	FP11	FP59	F.P63		3.3	FP41	FP47			FP76
CR5	FP01	FP02		2.2					1.7	
CR6					FP122			3.3	0.8	
CR7	F.P69			1.1	FP74	FP75		6.7	2.5	

Tabela 4.5. Distribuição dos FP pelas categorias de resposta definidas.

Uma análise global da tabela revela que:

- Cerca de dois terços dos FP considera que a distribuição do tipo e do grau de alteração depende da exposição aos agentes de alteração
- Dentro destes, a ideia mais saliente é a de que os aspectos arquitectónicos (30,3%) são o factor mais relevante (CR1B). Há também 23,8% dos FP que consideram mais

relevante a maior exposição a um ou outro agente de meteorização, aspecto que tem a ver com a orientação das fachadas (CR1A). Somente 9,8% dos FP atribui relevância aos dois aspectos em conjunto (CR1C).

É elevado o número de FP (21,3%) que, embora reconheçam que o maior grau de alteração tem a ver com a maior exposição aos agentes de alteração, não referem características do monumento que possam ser responsáveis pela maior ou menor exposição, e que não foram, portanto, consideradas fundamentadas.

A análise dos resultados obtidos por área de formação revelam que:

- * Na área de formação em B/G 25,0% dos FP atribuiu papel relevante na distribuição do grau de alteração aos aspectos arquitectónicos (CR1B) e aproximadamente igual número, 26,0%, atribuiu esse papel relevante à maior exposição a um ou a outro agente de meteorização (CR1A). Somente 9,8% atribuiu relevância aos dois aspectos conjuntamente (CR1C). O maior número de respostas (27,2%) não refere características do monumento que possam contribuir para a diferente distribuição do grau de alteração (CR3). Na área de formação em F/Q, o grupo mais extenso dos FP (46,7%) considera como factores condicionantes da distribuição do grau de alteração os aspectos arquitectónicos (CR1B); somente 16,7% refere a importância da maior exposição a um ou a outro agente de meteorização (CR1A) e somente 10,0% considera relevantes os dois aspectos (CR1C).

4.3.6. Questão 6

Referimos de seguida a resposta adequada e os resultados (CR) da questão 6 que está enunciada no Capítulo 3 (secção 3.4.2).

Resposta Adequada (RA)

A conservação dos monumentos em pedra envolve três operações principais: limpeza, consolidação e protecção (Piaccenti, 1991). A limpeza é uma operação extremamente crítica. Muitas das vezes tem sido responsável por uma maior degradação ao serem utilizadas técnicas mecânicas agressivas ou líquidos de limpeza agressivos. Os processos normais de limpeza envolvem pulverização com água desionizada e aplicação de pastas de madeira para papel e/ou pasta de sepiolite em soluções de ácido etilenodiaminotetracético ou ainda carbonato de amónio. Podem também ser usados processos mecânicos suaves de limpeza.

As substâncias com funções consolidantes impregnam a rocha impedindo a perda de porções que tendam a desagregar-se. É, contudo, importante que a sua acção seja não só duradoira, mas também que estas substâncias não reajam com a rocha, nem alterem os aspectos estéticos.

Um modelo de resposta adequada seria então:

As substâncias consolidantes para serem eficazes após a sua colocação deverão ser:

- duradoiras, e para tal estarem em equilíbrio com os agentes atmosféricos - serem elas próprias resistentes à alteração;
- protectoras da rocha, e para tal é necessário que não sejam permeáveis à água e outras substâncias - isoladoras; não reactivas com a própria rocha - não agressivas;
- transparentes e incolores para não alterarem a cor do monumento - não agressivas, esteticamente.

Na resposta adequada pretendia-se então que os FP referissem as características das substâncias utilizadas no restauro e conservação dos monumentos, para que estes se tornassem eficazes e duradoiros. Para além de consolidantes, como era referido na pergunta, deveriam ser, isoladoras, resistentes e não agressivas. Por isoladoras entende-se que devem impedir qualquer contacto entre os agentes de meteorização e o material

litológico. Por resistentes entende-se que não devem ser, elas próprias, facilmente alteráveis propiciando um isolamento duradouro. Finalmente, por não agressivas entende-se que não devem reagir com os materiais litológicos, nem interferirem na estética do monumento.

Natureza das categorias de resposta

Os critérios usados na construção das categorias de resposta têm a ver com a escolha feita relativamente às características das substâncias conservantes adequadas: isoladoras, resistentes e não agressivas.

Definem-se a seguir as categorias de resposta encontradas e apresentam-se alguns exemplos de resposta.

As categorias de resposta encontradas foram em número de sete e apenas uma (CR7) se identifica com a RA. As restantes diferem dela porque apresentam visões redutoras. Estão nesta situação: as que se centram apenas numa das características atribuíveis a essas substâncias (isoladoras - CR1, não agressivas - CR2, resistentes - CR3); as que se centram em duas dessas características (resistentes e não agressivas - CR4, isoladoras e resistentes - CR5, isoladoras e não agressivas - CR6). Noutros casos são idiossincráticas (CR8); não contêm elementos que permitam atribuir-lhes significado (CR9); declaram "não sei" (CR10);

* não respondem (CR11)

CR1 - Substâncias isoladoras

Incluem-se nesta categoria as respostas que consideram que as substâncias consolidantes devem impedir o contacto dos materiais litológicos com os agentes de

meteorização, ou seja, deveriam ter uma função isolante impedindo, portanto, a continuidade dos processos de alteração.

Exemplos: “A de conferir protecção, e de tornar o monumento resistente às diversas formas de erosão que o poderão alterar. Devia ser como uma cera ou uma substância gordurosa que o tornasse impermeável às substâncias prejudiciais.” (FP10)

“Devem evitar que as partículas se desagreguem suportando os “choques” térmicos, isto é, têm de ter o efeito de um cimento.

Devem proteger, formando uma película que proteja a rocha do contacto com substâncias corrosivas.” (FP58)

CR2 - Substâncias não agressivas

Incluem-se nesta categoria as respostas que se centram na necessidade de as substâncias utilizadas não reagirem com a rocha do monumento, e/ou não alterarem as características estéticas do monumento. Alguns também referem a não agressividade em relação ao meio.

Exemplos: “Não destruir o monumento, e permitir uma consolidação adequada para o futuro.

Estas substâncias não devem alterar as características arquitectónicas, como por exemplo a cor.” (FP27)

“... devem ser de tal modo que após a sua aplicação sejam imperceptíveis. Devem também ser eficazes contra qualquer tipo de acção destruidora.” (FP98)

CR3 - Substâncias resistentes

As respostas incluídas nesta categoria consideram que é necessário que as substâncias consolidantes sejam resistentes aos vários agentes de meteorização. Centram-se pois na necessidade das substâncias consolidantes utilizadas serem duradoiras.

Exemplos: “Uma vez que estas substâncias consolidantes têm como função evitar alterações posteriores, devem resistir aos agentes que possam, eventualmente, provocar essa alteração.” (FP66)

“... Devem apresentar uma forte resistência aos agentes erosivos. Devem ser resistentes à acção das chuvas, impedir o desgaste pelo vento, pela neve, etc..”
(FP97)

CR4 - Substâncias resistentes e não agressivas

As respostas incluídas nesta categoria consideram que as substâncias consolidantes devem ser duradoiras e como tal resistentes à acção da alteração e também devem preservar os materiais e os aspectos estéticos sendo portanto não agressivas.

Exemplos: “Devem ser resistentes à alteração e ao mesmo tempo não terem efeitos de alteração sobre o material em que são aplicados. Por outro lado têm que ser suficientemente " discretas" para não alterarem a imagem do próprio edifício.”
(FP13)

“... inertes, isto é, que não reajam com o material a proteger; resistentes que baste para cumprirem a sua função; esteticamente correctas, para não interferirem com o ideal estético da obra, arruinando-a.” (FP112)

CR 5 - Substâncias isoladoras e resistentes

As respostas incluídas nesta categoria consideram que as substâncias a utilizar devem ter uma função isolante relativamente aos agentes de alteração e devem elas próprias ser resistentes, não se alterando pela acção desses agentes.

Exemplos: “... material que apresente boa resistência física como química, por isso de difícil alteração; com fraca porosidade, material que não tenha muita afinidade para a água ...” (FP04)

“... ter uma função isolante com o meio exterior, deve ser uma substância que não sofra alterações com o tempo, deve ser pouco reactiva com o meio ambiente. Resistente às chuvas ácidas.” (FP60)

“... ser capaz de impermeabilizar a rocha ... devem ainda evitar que haja reacções químicas entre os constituintes das rochas e o meio ambiente agressor. Por exemplo chuvas ácidas (provocadas pela poluição) podem corroer rochas calcárias com grande facilidade. Por este mesmo motivo a própria substância protectora deve ser quimicamente inerte.” (FP90)

CR 6 - Substâncias isoladoras e não agressivas

As respostas incluídas nesta categoria consideram que as substâncias consolidantes devem isolar as rochas do contacto com os agentes de alteração e devem preservar o material rochoso não reagindo com ele e não alterar ainda os aspectos estéticos.

Exemplos: “... não devem conter ácidos, visto estes corroerem todo o tipo de pedras. Devem permitir uma protecção contra a acção do vento, da erosão e também contra as chuvas ácidas.” (FP33)

“Devem constituir uma “capa” que impermeabilize o monumento sem contudo alterar a sua estética.” (FP61)

CR7 - Substâncias isoladoras, resistentes e não agressivas

Incluem-se nesta categoria as respostas que considerem ser necessário que as substâncias consolidantes isolem o monumento da acção dos agentes de meteorização, resistam elas próprias à acção desses agentes e não reajam com as rochas de construção nem interfiram nos aspectos estéticos. Correspondem portanto à resposta adequada.

Exemplos: “... devem conservar as características do material original e não provocar grandes alterações estéticas, num sentido lato.

Estas devem ainda dar um carácter impermeável à água e ser resistente à alteração dos agentes como o vento ...” (FP05)

“- Resistir à acção dos agentes climáticos de meteorização sem se alterarem protegendo assim a rocha em que são aplicados;

- Proteger os monumentos (...) contra a acção de chuvas ácidas e agentes de poluição;

- Não reagir com o substrato em que são aplicados;

- Não modificar o aspecto do monumento (ser incolor, etc.)” (FP15)

CR8 - Outras

Incluem-se nesta categoria as respostas idiossincráticas.

Exemplos: “Devem ser anti-erosivos aos elementos tais como: vento, chuva, substâncias poluentes, etc..) (FP43)

“As substâncias que são utilizadas para a protecção e restauração de monumentos, devem apresentar uma composição química muito específica, como: terem factores químicos que vão combater factores corrosivos (corrosão); ferrosos (ferro); ácidos (diversos tipos); decomposição; anti-ecológicos (como: tóxicos, poluentes, etc.).

Devem ser substâncias altamente bem estudadas e fabricadas com boas tecnologias e que vão combater todos estes factores que são os grandes responsáveis pela destruição e degradação do nosso património cultural.” (FP01)

CR9 - Não identificadas

Incluem-se nesta categoria as respostas que não contêm elementos a que possa atribuir-se um significado dentro dos critérios estipulados para a construção das categorias.

Exemplos: “- Proteger os monumentos de posteriores alterações.
- Proteger os monumentos dos agentes erosivos.” (FP94)

CR10 - "Não sei"

Incluem-se nesta categoria as respostas que dizem não sei.

Exemplos: “Não faço a mínima ideia” (FP29)

“Não tenho conhecimentos sobre as técnicas de conservação utilizadas.” (FP114)

CR11 - Não resposta

Inclui-se nesta categoria uma resposta que foi entregue em branco (FP74).

Extensão das categorias de resposta

A tabela 4.6. mostra a distribuição das respostas dos alunos FP pelas categorias de resposta definidas.

Categorias de respostas	Identificação dos FP						% total		
	B/G			%	F/Q			%	
CR1	FP08 FP34 FP52 FP58 FP87	FP10 FP35 FP55 FP59 FP88	FP30 FP37 FP56 FP81 FP109	16.3	FP19 FP72	FP42 FP121	FP44	16.7	16.4
CR2	FP09 FP31 FP66 FP93 FP108 FP118	FP14 FP36 FP80 FP97 FP110	FP28 FP65 FP82 FP105 FP116	17.4	FP20 FP45 FP51	FP21 FP47	FP22 FP49	23.4	18.9
CR3	FP02 FP07 FP57 FP86 FP104	FP03 FP25 FP68 FP96	FP06 FP27 FP78 FP98	14.1	FP18	FP71	FP74	10.0	13.1
CR4	FP12 FP62 FP79 FP95	FP13 FP63 FP91 FP101	FP16 FP64 FP92 FP112	13.0	FP24 FP50 FP77	FP41 FP75 FP120	FP48 FP76 FP122	30.0	17.2
CR5	FP04 FP90 FP115	FP60 FP100	FP69 FP106	7.6	FP17	FP23	FP70	10.0	8.2
CR6	FP11 FP38 FP54 FP99 FP111 FP119	FP26 FP39 FP61 FP102 FP113	FP33 FP40 FP67 FP103 FP117	17.4	FP46			3.3	14.0
CR7 RA	FP05 FP53 FP85	FP15 FP83 FP89	FP32 FP84	8.7		-		-	6.6
CR8	FP01			1.1	FP43			3.3	1.6
CR9	FP94	FP107		2.2		-		-	1.6
CR10	FP29	FP114		2.2		-		-	1.6
CR11				-	FP74			3.3	0.8

Tabela 4.6. Distribuição dos FP pelas categorias de resposta definidas.

Uma visão global da tabela revela que:

- quase metade dos FP (48,4%) se centra numa só característica do material (CR1+CR2+CR3)
- apenas 7,4% dos FP escolheram as três características em conjunto (CR7)

A análise dos resultados obtidos por área de formação revela que:

- na área de formação em B/G não há nos FP uma ideia que sobressaia de forma relevante em relação às outras. Há, no entanto, um grupo ainda que diminuto (8,7%) que se identifica com a RA ao considerar que as substâncias devem ser isoladoras, resistentes mas não agressivas (CR7)
- na área de formação em F/Q, a ideia mais extensa nos FP (30,0%) é a de que as substâncias devem ser resistentes e não agressivas (CR4) ou para 23,4% somente não agressivas (CR2). Nenhum referiu a necessidade de as substâncias serem ao mesmo tempo isoladoras, resistentes e não agressivas.

CAPÍTULO 5

DISCUSSÃO DOS RESULTADOS E CONCLUSÕES

5.1. Introdução

Neste capítulo incluem-se 6 secções.

Na secção 5.2., destinada à discussão dos resultados, iremos confrontar os resultados obtidos com a RA, através dos modelos usados pelo grupo de FP na interpretação das situações/problema apresentar e discutir alguns desvios nas respostas, face às versões científicas e confrontar os resultados obtidos nos dois grupos usados no estudo, através de uma abordagem estatística.

Nas secções 5.3, 5.4., 5.5. e 5.6. sumariaremos aquilo que nos parecem ser as principais conclusões do estudo realizado (5.3.) as limitações do estudo (5.4.), algumas implicações educacionais (5.5.), propostas de temas a serem abordados em investigações futuras tendo por base a análise dos resultados obtidos e as conclusões apresentadas (5.6.).

5.2. Discussão dos resultados

As situações/problema com que os alunos FP foram confrontados distinguem-se das situações laboratoriais com que estão habituados a lidar, pela complexidade de variáveis que apresentam.

Na construção da sua interpretação, o grupo de FP deveria usar conhecimento científico da especialidade para reconhecer e relacionar as diferentes variáveis. O modo

como eles utilizaram esse conhecimento face à complexidade proposta (ou seja, a sua visão conceptual do problema) é por nós designado "modelo interpretativo" (MI) e tem uma dimensão (número de variáveis do problema identificadas) e um conteúdo (natureza dessas mesmas variáveis). A construção dos MI baseou-se na comparação dos atributos das CR encontradas com os atributos da RA. Os conteúdos dos MI que correspondem às CR, a maior parte das vezes não são coincidentes com a versão científica, e têm uma natureza determinada (senso comum, visão parcial, erro científico) que se aproxima ou desvia da versão científica. Assim, na discussão iremos ter em conta os modelos interpretativos e ainda a natureza das CR face à versão científica.

5.2.1. Modelos Interpretativos (MI)

Para a caracterização e extensão dos MI usados pelo grupo de FP nas respostas às seis questões construíram-se três tabelas (5.1., 5.2. e 5.3.). Pensamos que estas tabelas poderão ajudar-nos a sintetizar os dados referentes à caracterização dos MI e logo permitir uma mais fácil compreensão da construção destes modelos. Nas tabelas 5.1. e 5.2. inserimos valores percentuais utilizados já nas tabelas do capítulo 4, pelo que estas representam uma extensão das primeiras.

Começaremos por abordar as questões 1 e 6 que se distinguem de todas as outras por não apresentarem situações directamente relacionadas com os processos de alteração das rochas em si mesmos. Faremos em seguida a abordagem conjunta das questões 2, 3, 4 e 5 porque têm em comum o facto de referirem situações mais directamente relacionadas com a alteração como um processo de interacção rocha/agentes externos.

Questão 1

A RA para esta questão (Capítulo 4, secção 4.4.1.) incluía reconhecer:

- a necessidade de haver uma convergência de várias áreas do saber para a resolução do problema (visão multidisciplinar)
- as três vertentes (variáveis) do problema: avaliação do grau de degradação (V1), estudo dos factores e causas actuais da alteração (V2) e conhecimento de técnicas de intervenção para o restauro e conservação (V3).

A tabela 5.1. mostra os modelos interpretativos usados pelos FP na resposta à questão 1, e ainda a sua extensão.

Modelos Interpretativos		CR	% FP por CR			% FP por modelo		
Dimensão	Conteúdo		B/G	F/Q	Total	B/G	F/Q	Total
Monodisciplinar	V2+V3	CR5	21,7	3,4	17,2	21,7	3,4	17,2
Bidisciplinar	V2	CR1	6,5	13,3	8,2	6,5	13,3	8,2
Multidisciplinar	V1+V3	CR2	9,8	10,0	9,8	54,4	33,4	49,2
	V3	CR3	13,1	13,3	13,1			
	V1+V3	CR4	17,4	13,3	16,4			
	V1+V2+V3	CR6	2,2	3,4	2,5			
Outras	-	CR7	29,3	43,3	32,8	-	-	-
		CR8						

Tabela 5.1. Modelos interpretativos subjacentes às diferentes CR

Uma análise da tabela revela que:

- cerca de metade dos FP (49,2%) tem uma visão multidisciplinar (pediria o parecer de vários técnicos) mas somente 2,5% escolhe técnicos que poderiam apresentar soluções para as três vertentes do problema (CR6); há ainda aqueles (13,1%) que pediriam o parecer de vários técnicos mas para solucionar uma só vertente do problema (CR3)

- também os FP que têm uma visão bidisciplinar (8,2%) só reconhecem uma vertente do problema (V2, CR1)
- cerca de 1/6 dos FP (17,2%) apresentam uma visão monodisciplinar, prevista na nossa hipótese de trabalho, mas atribuem ao geólogo um papel que ultrapassa a vertente mais habitualmente ligada à sua área de especialidade (V2) ao considerarem que é o técnico melhor posicionado para dar parecer sobre técnicas de intervenção (V3). Para estes FP o conhecimento das rochas e das suas interações com o ambiente é imprescindível para o restauro do monumento. É o geólogo o que melhor conhece a matéria-prima. Esta posição foi mais defendida no grupo B/G (21,7%).

Em suma, se há metade dos FP que reconhecem a necessidade do parecer conjunto de vários técnicos (visão multidisciplinar), a sua visão é, no entanto, redutora (uni ou bidimensional) no que se refere às vertentes do problema. Apenas 2,5% têm uma visão mais completa do problema. Ter uma visão multidisciplinar não é, neste caso, sinónimo de ter uma compreensão global do problema, ou seja, de reconhecer todas as suas vertentes.

Questão 6

A RA para esta questão (Capítulo 4, secção 4.4.6.) aponta para três características fundamentais (variáveis) das substâncias consolidantes: isoladoras (I), não agressivas (NA), resistentes (R).

A tabela 5.2. mostra os modelos interpretativos usados pelos FP em termos de dimensão e de conteúdo bem como a sua extensão.

Modelos Interpretativos		CR	% FP por CR			% FP por modelo		
Dimensão	Conteúdo		B/G	F/Q	Total	B/G	F/Q	Total
unidimensionais	I	CR1	16,3	16,7	16,4			
	NA	CR2	17,4	23,4	18,9			
	R	CR3	14,1	10,0	13,1	47,8	50,1	48,4
bidimensionais	NA e R	CR4	13,0	30,0	17,2			
	I e R	CR5	7,6	10,0	8,2			
	I e NA	CR6	17,4	3,3	14,0	38,0	43,3	39,4
globais	I, R e NA	CR7	8,7	-	6,6	8,7	-	6,6
Outras	-		5,5	6,6	5,6	5,6	6,6	5,6

Tabela 5.2. Modelos interpretativos subjacentes às diferentes CR

A análise da tabela revela que:

- quase metade dos FP (48,4%) tem visões unidimensionais e portanto simplistas do problema, ou seja, centram-se numa só variável (isoladoras para 16,4%, não agressivas para 18,9%, resistentes para 13,1%)
- somente um número reduzido de FP (8,7% de B/G) tem uma visão mais holística do problema centrando-se nas três variáveis (isoladoras, não agressivas e resistentes)
- outros (39,4%) têm visões redutoras mas bidimensionais, centrando-se em duas características das substâncias consolidantes, embora em termos de conteúdo haja diferenças: para 17,2% deverão ser não agressivas e resistentes, para 8,2% isoladoras e resistentes e para 14,0% isoladoras e não agressivas.

Em suma, os "modelos interpretativos" de 90,0% dos FP são redutores em termos de dimensão e de conteúdo representando então visões parciais do problema: 48,4% centram-se numa só variável e 39,4% centram-se em duas variáveis.

Questões 2, 3, 4 e 5

Estas questões, apesar de alguns aspectos específicos, têm em comum o facto de se centrarem mais no processo de alteração das rochas como resultado da sua interacção com os agentes externos, como já foi referido.

Para a construção das suas interpretações, os alunos FP teriam em primeiro lugar, de reconhecer que a alteração das rochas é um processo bilateral, ou seja, resultante da interacção rocha/agentes externos. Os "modelos interpretativos" construídos através de uma análise transversal das quatro questões têm a ver com o modo como os FP conceptualizaram o processo de alteração: bilateral se centraram as respostas nas duas variáveis (características da rocha/agentes de alteração), e unilateral se centraram somente numa delas (características da rocha ou agentes de alteração).

Dessa distribuição damos conta na tabela 5.3.

Modelos Interpretativos		Questão	CR	% FP por CR			% FP por modelo		
Dimensão	Conteúdo			B/G	F/Q	Total	B/G	F/Q	Total
unilateral	centrado nas características da rocha	Q2	CR1	12,7	8,7	11,6	35,1	34,8	34,9
			CR2	16,4	23,9	18,3			
		Q3	CR1	2,2	-	1,7			
	centrado nos agentes externos	Q5	CR2	3,8	2,2	3,3			
		Q3	CR1	1,5	2,2	1,7			
			CR2	22,3	19,6	21,7			
		CR3	9,7	17,4	11,7	64,9	65,2	65,1	
			31,4	26,0	30,0				

Tabela 5.3. Modelos interpretativos subjacentes às diferentes questões 2, 3, 4 e 5

Os MI foram construídos a partir das CR que nas quatro questões explicitavam este modo de ver e que corresponderam a um total de 180 respostas (134 de B/G e 46 de F/Q). As percentagens que constam da tabela foram determinadas em relação às 180 respostas.

Os dois MI encontrados foram sempre unilaterais, um centrado na natureza da rocha e o outro centrado nos agentes externos. A extensão dos dois modelos repartia-se na

proporção aproximada de 2 para 1 valores que se mantiveram nas duas áreas de formação.

5.2.2. Natureza das CR face à versão científica

Iremos de seguida estabelecer a comparação entre as CR identificadas e a versão científica para as questões 2, 3, 4 e 5 que são aquelas que envolvem conceitos mais ligados aos processos de alteração das rochas. Teremos que entrar aqui em conta com os aspectos mais específicos de cada questão. Globalmente, o grupo de FP optou quase sempre, nas suas interpretações, pela variável que era mais óbvia ou, digamos, aquela que estava mais em evidência: as características da rocha, no caso das lápides tumulares (Q2); o relevo da superfície exposta aos agentes externos, no caso da fachada com "rendilhados" (Q3); as mudanças de clima e/ou de poluição, no caso do obelisco (Q4); a maior exposição aos agentes, no caso da distribuição do tipo e do grau de alteração num monumento (Q5).

A RA para a **questão 2** (Capítulo 4, secção 4.4.2.) centrava-se nos aspectos: definição das características ambientais do local onde foram colocadas as pedras tumulares; definição do grau de alteração das rochas antes da construção das lápides; características (mineralógicas, texturais e estruturais) das rochas, uma vez que se trata de rochas diferentes sujeitas aos mesmos factores.

Os dois primeiros aspectos foram praticamente omitidos nas respostas pelo que as CR identificadas se resumem às características das rochas. A natureza das CR face à RA (versão científica) está explicitada na tabela 5.4. onde se dá simultaneamente conta da sua extensão, inserindo-se percentagens já utilizadas nas tabelas do capítulo 4.

Natureza das CR	Variáveis	CR	% FP por CR			% FP por modelo		
			B/G	F/Q	Total	B/G	F/Q	Total
senso comum	dureza das rochas	CR4	4,3	10,0	5,7	40,1	43,3	41,0
	resistência das rochas	CR5A	4,3	-	3,3			
		CR5B	31,5	33,4	32,0			
visão parcial da versão "científica"	características físicas das rochas	CR1	18,5	13,3	17,2	54,5	50,0	53,2
	reactividade química das rochas	CR2	24,0	36,7	27,0			
	génese das rochas	CR3	12,0	-	9,0			
Outras	-	CR6	5,4	6,6	5,7	5,4	6,6	5,7
		CR7						

Tabela 5.4. Natureza das CR face às versões "científicas"

Uma análise da tabela revela que:

- As categorias CR4, CR5A e CR5B são visões do senso comum; a dureza não é uma propriedade física das rochas mas sim dos minerais; trata-se de um vocábulo utilizado na linguagem vulgar, tal como o termo resistente (não fazem parte do léxico científico).
- CR1, CR2 e CR3 são visões parciais da versão científica.

Podemos dizer que, na generalidade, os alunos FP tiveram interpretações simplistas, centradas sempre numa só característica das rochas.

Dos três aspectos da RA prevista para a **questão 3** (Capítulo 4, secção 4.4.3.): definição da orientação das fachadas (lisa e rendilhada) dos dois monumentos, definição das condições ambientais e relevância da forma da superfície exposta como factor condicionante da rapidez da alteração, apenas o último foi focado.

Natureza da CR	Variáveis	CR	% FP por CR			% FP por modelo		
			B/G	F/Q	Total	B/G	F/Q	Total
visão parcial da versão "científica"	maior relevo mais saliente mais exposto	CR3A	8,7	6,7	8,2	58,7	46,7	55,8
	maior relevo maior área de contacto	CR3B	27,2	20,0	25,4			
	maior relevo maior tempo de contacto	CR3C	16,3	13,3	15,6			
	maior relevo maior fragilidade	CR3D	6,5	6,7	6,6			
erro científico	mais lisa mais alterada	CR2	2,2	3,3	2,5	7,6	6,6	7,4
	lisa ou com relevo a alteração é igual	CR1	5,4	3,3	4,9			
Outras			33,7	46,7	36,8	33,7	46,7	36,8

Tabela 5.5. Natureza das CR face às versões "científicas"

A partir dos dados da tabela podemos constatar que:

- um pouco mais de metade dos FP (55,8%) confere relevância aos "rendilhados" mas as suas concepções são parciais em relação à versão científica
- 7,4% tem modelos interpretativos incorrectos relativamente à versão científica.

As mesmas tendências mantêm-se nas duas áreas de formação.

As **questões 4 e 5**, foram aquelas em que os FP mais se afastaram das versões científicas (quer na natureza das respostas, quer em número de tais respostas).

Na **questão 4** as suas interpretações assentam, de uma maneira geral, num erro científico que foi o considerar a lascagem como um processo químico. Como tal, centraram-se na variável mais óbvia que foi a mudança das condições ambientais quando o obelisco foi transferido do Egipto para Nova Iorque.

Na **questão 5** ignoraram, de uma maneira geral, o tipo de alteração e utilizaram de uma forma simplista a variável mais óbvia, ou seja, a maior exposição aos agentes de alteração, para justificar a distribuição do grau de alteração.

5.2.3. Comparação entre os dois grupos envolvidos

1. Fundamentação do método escolhido

No sentido de averiguar se o facto dos FP serem alunos de B/G ou F/Q teve alguma influência sobre as respostas, isto é, se isso podia "contaminar" ou "inquinar" os resultados procedeu-se à realização de um teste de decisão estatística.

Parte-se do pressuposto de que os FP de B/G e de F/Q integram todos a mesma população (esta é a nossa hipótese) e pela aplicação de um método estatístico de hipótese ou de significância, vamos averiguar se devemos aceitar ou rejeitar a hipótese. O método escolhido foi o do χ^2 (Spiegel, 1976).

Por este método confrontamos os valores encontrados com os valores que se esperariam de acordo com um modelo teórico (o do χ^2).

Na prática constrói-se um quadro de distribuição ou *tabela de contingência* de acordo com as classes de respostas previamente formadas. Sejam as classes CR_1, CR_2, \dots, CR_i , as frequências observadas o_1, o_2, \dots, o_i e as frequências esperadas e_1, e_2, \dots, e_i ; sejam ainda os FP designados por B/G ou F/Q consoante são alunos de Biologia/Geologia ou de Física/Química.

Então o quadro (h linhas x k colunas com h variável e k=2) será:

Categoria de Resposta		B/G	F/Q	Total
CR ₁	valor observado	o ₁	o' ₁	
	valor esperado	e ₁	e' ₁	
CR ₂	valor observado	o ₂	o' ₂	
	valor esperado	e ₂	e' ₂	
.....	
CR _i	valor observado	o _i	o' _i	
	valor esperado	e _i	e' _i	
		N _{B/G}	N _{F/Q}	N

Então

$$\chi^2 = \sum (o_i - e_i)^2 / e_i$$

Este valor de χ^2 calculado é comparado com o valor tabelado para o número de graus de liberdade que é $v = (n^\circ \text{ de linhas} - 1) \times (n^\circ \text{ de colunas} - 1) = (h-1) \times (k-1)$.

Se o valor calculado é inferior ao valor teórico para um certo nível de significância (digamos 95%) dizemos que há acordo entre o valor teórico e o valor prático e por conseguinte não há diferença significativa entre as duas sub-populações. Se o valor calculado é superior ao valor teórico, então devemos concluir que há diferença significativa entre as duas populações, ou se se preferir, que a probabilidade de pertencerem a uma só amostra seria inferior a 5% (nesse caso, as diferenças encontradas poderiam não ter a ver com o carácter B/G ou F/Q mas serem devidas a outras causas como, por exemplo, erros amostrais).

No limite entre as duas situações, devemos aceitar o resultado com alguma reserva.

VALORES TABELADOS DE χ^2

Nível signific	v=4	v=7	v=8	v=9	v=10
99,5%	14,9	20,3	22,0	23,6	25,2
99,0%	13,3	18,5	20,1	21,7	23,2
97,5%	11,1	16,0	17,5	19,0	20,5
95,0%	9,49	14,1	15,5	16,9	18,3
90,0%	7,78	12,0	13,4	14,7	16,0
75,0%	5,39	9,04	10,2	11,4	12,5
50,0%	3,36	6,35	7,34	8,34	9,34
25,0%	1,92	4,25	5,07	5,90	6,74
10,0%	1,06	2,83	3,49	4,17	4,87
5,0%	0,711	2,17	2,73	3,33	3,94
2,5%	0,484	1,69	2,18	2,70	3,25
1,0%	0,297	1,24	1,65	2,09	2,56
0,5%	0,207	0,989	1,34	1,73	2,16

2. Análise das respostas

Questão 1

Categoria de Resposta		B/G	F/Q	Total
CR ₁	valor observado	6	4	10
	valor esperado	(7,54)	(2,46)	
CR ₂	valor observado	9	3	12
	valor esperado	(9,05)	(2,95)	
CR ₃	valor observado	12	4	16
	valor esperado	(12,07)	(3,93)	
CR ₄	valor observado	16	4	20
	valor esperado	(15,08)	(4,92)	
CR ₅	valor observado	20	1	21
	valor esperado	(15,84)	(5,16)	
CR ₆	valor observado	2	1	3
	valor esperado	(2,26)	(0,74)	
CR ₇	valor observado	19	13	32
	valor esperado	(24,13)	(7,87)	
CR ₈	valor observado	8	-	8
	valor esperado	(6,03)	(1,97)	
		92	30	122
		(75,41)	(24,59)	

$$v = (8-1) \times (2-1) = 7$$

$$\begin{aligned} \text{Então } \chi^2 &= (6-7,54)^2 / 7,54 + (9-9,05)^2 / 9,05 + (12-12,07)^2 / 12,07 + (16-15,08)^2 / \\ &15,08 + (20-15,84)^2 / 15,84 + (2-2,26)^2 / 2,26 + (19-24,13)^2 / 24,13 + (8-6,03)^2 / 6,03 + \\ &(4-2,46)^2 / 2,46 + (3-2,95)^2 / 2,95 + (4-3,93)^2 / 3,93 + (4-4,92)^2 / 4,92 + \\ &(1-5,16)^2 / 5,16 + (1-0,74)^2 / 0,74 + (13-7,87)^2 / 7,87 + (0-1,97)^2 / 1,97 = 13,1252 \end{aligned}$$

$$\chi^2 = 13,1252 < 14,1 \text{ (}\chi^2 \text{ calculado para o nível de significação de 95\% com } v = 7\text{)}$$

Questão 2

Categoria de Resposta		B/G	F/Q	Total
CR ₁	valor observado	17	4	21
	valor esperado	(15,84)	(5,16)	
CR ₂	valor observado	22	11	33
	valor esperado	(24,88)	(8,12)	
CR ₃	valor observado	11	-	11
	valor esperado	(8,29)	(2,71)	
CR ₄	valor observado	4	3	7
	valor esperado	(5,28)	(1,72)	
CR _{5A}	valor observado	4	-	4
	valor esperado	(3,02)	(0,98)	
CR _{5B}	valor observado	29	10	39
	valor esperado	(29,41)	(9,59)	
CR ₆	valor observado	4	1	5
	valor esperado	(3,77)	(1,23)	
CR ₇	valor observado	1	1	2
	valor esperado	(1,51)	(0,49)	
		92	30	122
		(75,41)	(24,59)	

$\chi^2 = 8,5999 < 14,1$ (χ^2 calculado para o nível de significância de 95% com $v = 7$)

Questão 3

Categoria de Resposta		B/G	F/Q	Total
CR ₁	valor observado valor esperado	5 (4,53)	1 (1,47)	6
CR ₂	valor observado valor esperado	2 (2,26)	1 (0,74)	3
CR _{3A}	valor observado valor esperado	8 (7,54)	2 (2,46)	10
CR _{3B}	valor observado valor esperado	25 (23,38)	6 (7,62)	31
CR _{3C}	valor observado valor esperado	15 (14,33)	4 (4,67)	19
CR _{3D}	valor observado valor esperado	5 (5,28)	2 (1,72)	7
CR ₄	valor observado valor esperado	26 (27,90)	11 (9,10)	37
CR ₅	valor observado valor esperado	5 (4,52)	1 (1,48)	6
CR ₆	valor observado valor esperado	1 (0,75)	- (0,25)	1
CR ₇	valor observado valor esperado	- (1,51)	2 (0,49)	2
		92 (75,41)	30 (24,59)	122

$$\chi^2 = 8,3082 < 16,9 \text{ (para o nível de significância de 95\% e com } v = 9)$$

Questão 4

Categoria de Resposta		B/G	F/Q	Total
CR ₁	valor observado valor esperado	30 (29,41)	9 (9,59)	39
CR ₂	valor observado valor esperado	13 (15,84)	8 (5,16)	21
CR ₃	valor observado valor esperado	42 (40,72)	12 (13,28)	54
CR ₄	valor observado valor esperado	4 (3,77)	1 (1,23)	5
CR ₅	valor observado valor esperado	3 (2,26)	- (0,74)	3
		92 (75,41)	30 24,59	122

$$\chi^2 = 3,3233 < 9,49 \text{ (para o nível de significância de 95\% e com } v = 4)$$

Questão 5

Categoria de Resposta		B/G	F/Q	Total
CR _{1A}	valor observado	24	5	29
	valor esperado	(21,87)	(7,13)	
CR _{1B}	valor observado	23	14	37
	valor esperado	(27,90)	(9,10)	
CR _{1C}	valor observado	9	3	12
	valor esperado	(9,05)	(2,95)	
CR ₂	valor observado	5	1	6
	valor esperado	(4,525)	(1,475)	
CR ₃	valor observado	25	1	26
	valor esperado	(19,61)	(6,39)	
CR ₄	valor observado	3	3	6
	valor esperado	(4,525)	(1,475)	
CR ₅	valor observado	2	-	2
	valor esperado	(1,51)	(0,49)	
CR ₆	valor observado	-	1	1
	valor esperado	(0,75)	(0,25)	
CR ₇	valor observado	1	2	3
	valor esperado	(2,26)	(0,74)	
		92 (75,41)	30 (24,59)	122

$\chi^2 = 19,1652 > 15,5$ (para o nível de significância de 95% e com $v = 8$)

Questão 6

Categoria de Resposta		B/G	F/Q	Total
CR ₁	valor observado valor esperado	15 (15,08)	5 (4,92)	20
CR ₂	valor observado valor esperado	16 (17,34)	7 (5,66)	23
CR ₃	valor observado valor esperado	13 (12,07)	3 (3,93)	16
CR ₄	valor observado valor esperado	12 (15,84)	9 (5,16)	21
CR ₅	valor observado valor esperado	7 (7,54)	3 (2,46)	10
CR ₆	valor observado valor esperado	16 (12,82)	1 (4,18)	17
CR _{7RA}	valor observado valor esperado	8 (6,03)	- (1,97)	8
CR ₈	valor observado valor esperado	1 (1,51)	1 (0,49)	2
CR ₉	valor observado valor esperado	2 (1,51)	- (0,49)	2
CR ₁₀	valor observado valor esperado	2 (1,51)	- (0,49)	2
CR ₁₁	valor observado valor esperado	- (0,75)	1 (0,25)	1
		92 (75,41)	30 (24,59)	122

$$\chi^2 = 15,4849 < 18,3 \text{ (para o nível de significância de 95\% e com } v = 10)$$

3. Conclusões

No quadro junto faz-se o resumo da aplicação do método do χ^2 às seis questões.

Quadro-Resumo

Questões	Valores de χ^2 calculado	Graus de liberdade v	Observações
Questão 1	13,1252	7	13,1 < 14,1
Questão 2	8,5999	7	8,60 < 14,1
Questão 3	8,3082	9	8,30 < 16,9
Questão 4	3,3233	4	3,32 < 9,49
Questão 5	19,1652	8	19,2 > 15,5
Questão 6	15,4849	10	15,5 < 18,3

Apenas em um caso (o da questão 5), se pode concluir poderem estar as respostas condicionadas pelo facto de os FP serem alunos de F/Q ou de B/G. Nos outros casos, tal situação não parece intervir ainda que no caso da questão 1 se devam manter reservas sobre a decisão final.

É, pois, de excluir ter o curso (F/Q ou B/G) alguma incidência sobre o tipo de respostas desenvolvidas às questões apresentadas.

5.2.4. Dificuldades conceptuais

Há nalgumas respostas aspectos que parecem pôr em evidência uma não compreensão de alguns conceitos científicos. Não consideramos, no entanto, que estas respostas reflectam concepções alternativas subjacentes. Com efeito não têm um grau de estruturação nem uma consistência interna que permitam considerá-las como modos de ver alternativos às versões científicas actualmente aceites (Cachapuz, 1995). Isto vai de encontro à ideia já por nós expressa de que a alteração das rochas é uma área que levanta dificuldades de aprendizagem. Estas dificuldades, algumas das quais foram já assinaladas no Capítulo 1, secção 1.4.1., foram corroboradas nos testemunhos dos FP na auto-reflexão que fizeram por escrito, na resposta à última questão do questionário. Torna-se assim importante referi-las, não só pela relevância que poderão ter na interpretação dos resultados a um nível mais geral do que o da CR, mas também porque pensamos ser de todo o interesse que os formadores de professores tomem disto conhecimento.

Sem sermos exaustivas, uma vez que não é objectivo deste estudo averiguar o que os FP sabem, referiremos de seguida alguns erros científicos expressos nas respostas

com os respectivos exemplos que os fundamentam. Os conceitos relativamente aos quais houve evidência de erro foram *compactação*, *textura*, *porosidade*, *rocha*, *mineral*, *hidrólise*, *hidratação* e *chuvas ácidas*.

A *compactação* é um processo de variação de porosidade dos sedimentos quando sujeitos ao peso de sedimentos suprajacentes pelo que só faz sentido falar em grau de compactação em rochas sedimentares. No entanto, alguns FP referem o grau de compactação no mármore e no granito, sendo mesmo para uns maior no mármore e para outros maior no granito.

Exemplos: "... no mármore uma rocha metamórfica, que sofreu recristalização durante o processo metamórfico, *estará tudo mais compacto, mais agregado* e será difícil a alteração." (FP03 - B/G)

"... o granito é uma rocha dura resultante da consolidação do magma e o *seu grau de compactação é maior*." (FP16 - B/G)³

A *textura*, que nas rochas magmáticas e metamórficas diz respeito ao grau de cristalinidade, forma e tamanho dos cristais, é por vezes confundida com grau de compactação.

Exemplo: "O granito ... apresenta uma *textura compacta* e dura." (FP01 - B/G)

A *porosidade* é por vezes considerada uma característica que distingue o mármore do granito. No entanto, falar em porosidade nestas rochas só faz, praticamente, sentido depois de já ter havido alteração, aspecto que não é referido nas respostas. A porosidade é, assim, um atributo não crítico para qualquer das rochas já que pode haver mármore e granitos com porosidades diferentes.

³ O itálico nos exemplos pretende destacar o erro.

Exemplo: "... o mármore é mais poroso que o granito ..." (FP18 - F/Q)

Há nalguns casos desconhecimento das características que permitem classificar as rochas metamórficas atribuindo ao mármore origem sedimentar.

Exemplos: "... o mármore é uma variedade de calcário ..." (FP11 - B/G)

"... o mármore é uma rocha constituída por grãos agregados por um cimento onde o calcário entra em grande quantidade ..." (FP16 - B/G)

Há confusão entre o conceito de rocha e de mineral. É o caso por exemplo de tomarem o basalto por um mineral.

"... no caso do granito ele é constituído por mica, *basalto* e quartzo essencialmente ..." (FP18 - F/Q)

O quartzo é considerado um mineral do mármore.

"O mármore tem maior quantidade de quartzo que o granito ..." (FP79 - B/G)

Relativamente aos processos químicos, a hidrólise dos feldspatos é, por vezes, confundida quer com a sua dissolução quer com a sua hidratação.

Exemplos: "... devido à acção das águas que vão *dissolvendo os feldspatos* libertando os quartzos e as micas ..." (FP104 - B/G)

"... os *feldspatos por reacção de hidratação* poderão transformar-se nos diversos tipos de argila ..." (FP17 - F/Q)

Há uma resposta que refere que as chuvas chegam a ter pH=1 revelando não só o desconhecimento do valor de pH das chuvas ácidas, como admitindo que tal valor erroneamente poderia ser explicado a partir do CO₂ atmosférico.

Exemplo: "... Acontece que se a concentração de CO₂ na atmosfera for muito elevada *as chuvas chegam a ter pH=1* que é um grau de acidez muito elevado, então os

monumentos vão sofrer degradação acentuada como é o caso do obelisco egípcio...
" (FP24 - F/Q)

Como se vê pelos exemplos atrás citados, conceitos como *textura*, *compactação*, *porosidade*, *mineral*, *rocha* são mal compreendidos. Mal compreendidos são também processos químicos associados aos fenómenos considerados. À luz destes resultados seria desejável que estratégias de recuperação fossem desenvolvidas com vista a tornar compreensível aos futuros professores conceitos que eles são supostos vir a ensinar.

5.3. Conclusões

Houve grande envolvimento da parte dos inquiridos (a percentagem de não-respostas é baixa, 0,8%), o que parece apoiar a ideia de que consideraram as tarefas adequadas à sua formação, incluindo os futuros professores de F/Q: "*...No entanto (apesar das dificuldades sentidas) considero que se trata de um questionário de certo modo adequado a uma professora de Física e Química. É de salientar que este inquérito é um exemplo demonstrativo de que a química está relacionada com as outras ciências*" (FP 121 - F/Q).

Houve respostas adequadas, um dado que apoia a validade educacional do estudo, embora em número reduzido (1,5%); contudo, no conjunto geral diríamos que os FP revelaram dificuldades em mobilizar os conhecimentos científicos na interpretação das situações-problema com que foram confrontados. Esta posição baseia-se nos seguintes factos:

- em quase todas as questões a percentagem de respostas não fundamentadas foi elevada
- revelaram dificuldades em reconhecer o processo de alteração das rochas como uma interacção rocha/ambiente. Os modelos interpretativos foram quase sempre redutores centrando-se, a maior parte das vezes, numa só variável. Isto tem muito provavelmente a ver com o facto de se terem formado num ensino demasiado teórico, desligado dos problemas do dia a dia, ou quando muito, virado para situações laboratoriais (que são simplificadas para melhor serem entendidas). Também parece ser esta a convicção dos FP quando escrevem

"...Com os conhecimentos que possuo foi difícil encadeá-los e relacioná-los uma vez que não estamos habituados a questionar, a encontrar soluções para os problemas do dia a dia..." (FP 08 - B/G)

"...A preparação que já tive e ainda continuo a ter não inclui estes aspectos práticos..." (FP 65 - B/G)

"Ao longo do curso foram mais focados os aspectos teóricos, custando mais relacionar com os aspectos práticos apresentados. Deveria a par da teoria terem sido apresentados mais exemplos práticos de forma a consolidar os conhecimentos" (FP 89 - B/G)

As CR encontradas são simplistas em termos de conteúdo e de terminologia científica e/ou representam visões parcelares, visões do senso comum e nalguns casos erros científicos.

Revelam desconhecer a importância (ou até mesmo a existência) da alteração física para o desencadear dos processos químicos. Nas suas respostas, centram-se quase sempre na alteração química e elegem como factor mais relevante as chuvas ácidas apesar disto não ter sido requisito das RA (somente 10,6% dos FP não as referiram em nenhuma questão). Isto tem a ver, muito provavelmente, com um certo modismo que

leva a atribuir tudo quanto seja degradação ambiental às chuvas ácidas e a que não é alheia a influência, nem sempre criteriosa dos *mass media*.

Ao contrário do que prevíamos, a área de formação não se reflectiu, de uma forma acentuada, nas respostas tal como podemos ver nas conclusões do estudo estatístico (secção 5.2.3.). Pensamos que isto tem a ver com a simplicidade com que os problemas foram encarados.

A diferença encontrada neste estudo, para as duas áreas de formação e no que se refere à questão 5, poderá estar relacionada com uma maior especificidade desta questão, mais própria da geologia.

Revelaram dificuldades em reconhecer a importância (e até a existência) de um grau inicial de alteração das rochas como factor acelerador dos processos de alteração. Isto tem muito provavelmente a ver com a dificuldade de compreensão do conceito de *tempo geológico*.

Reconhece-se a dificuldade dos FP em lidarem com as várias escalas em que os processos ocorrem, nomeadamente, no que se refere à escala microscópica. Tudo se passa como se os FP só conseguissem reconhecer a alteração quando ela assume aspectos claramente visíveis tal como pudemos concluir a partir das suas respostas.

Em suma, o grupo de FP das duas áreas de formação envolvidos neste estudo, revelaram dificuldades em mobilizar o conhecimento científico da especialidade face à complexidade de variáveis dos problemas relacionados com a degradação e conservação do património arquitectónico. Utilizaram modelos interpretativos simplistas, mais compatíveis com situações laboratoriais, em que cada variável se isola da interferência das outras para melhor ser compreendida (Millar, 1996). As respostas foram pobres em

conteúdo científico e em terminologia da especialidade tocando por vezes o senso comum e/ou o erro científico, mais parecendo resultar de aprendizagens não formais.

"...O que respondi - certo ou errado - foi fruto, embora seja trágico dizê-lo, de um contacto mais ou menos assíduo aos *mass media*..." (FP 14 - B/G)

Conhecer o impacto que a resolução do questionário teve nos FP era para nós importante, razão pela qual nele inserimos a última questão. Baseando-nos em observações que nos foram feitas oralmente por alguns FP e ainda através de algumas das suas reflexões escritas, parece-nos lícito poder dizer que a realização da tarefa teve neles um impacto positivo. Pensamos que ela constituiu um momento de reflexão e auto-questionamento (actividades metacognitivas por excelência) quanto à sua preparação a nível dos conceitos científicos e constituiu também um bom momento de aprendizagem.

"Penso que terei de reformular o meu método de estudo ou melhor, terei de ter a preocupação em não apenas saber o que um determinado assunto significa, mas sabê-lo relacionar com outros conhecimentos e saber também aplicá-lo nas realidades do dia a dia. Nesta perspectiva como futura professora na área de ciências quando me referir a temas como os tratados neste questionário, tentarei primeiramente alertá-los para o assunto, talvez por intermédio de um questionário como este, que permite que os alunos se apercebam das suas dificuldades (tal como eu própria as senti). Deste modo, poderei construir estratégias que visem uma melhor aprendizagem por parte dos alunos. Os questionários desta natureza, são também importantes uma vez que fazem a ponte com a realidade observável e é importante que todos nós a conheçamos o melhor possível para que a possamos compreender, conservar e amar." (FP08 - B/G)

"Sinceramente, descobri que em relação a este conteúdo tenho pouca informação, este questionário ajudou-me a tomar consciência disso. Uma vez que a tomei vou procurar informar-me o mais possível neste sentido. Para não passar pela mesma situação de impotência face a este problema. Acho necessário este tipo de iniciativas pois ajudam-nos a apercebermo-nos das dificuldades que temos e não sabemos." (FP37 - B/G)

"... e portanto penso que vou ter imensa dificuldade quando for professora, uma vez que possuo poucos conhecimentos e mal estruturados. Se um aluno me coloca questões deste género e de outro não sei bem o que responder." (FP11 - B/G)

5.4. Limitações do estudo

Além das limitações da própria metodologia já assinaladas no capítulo 3 salientamos as seguintes:

1. as questões formuladas no questionário são discutíveis. Alguns FP, por exemplo, acharam que elas eram ambiciosas.

"... Não sei se o conhecimento científico adquirido mesmo estando presente, seria o suficiente para dar respostas pelo menos completas a todas as questões." (FP31 - B/G)

"... também acho que as perguntas deveriam estar mais clarificadas, pois algumas estão pouco específicas." (FP52 - B/G)

"Algumas perguntas são um pouco técnicas e dependem do tipo de material, o que dificulta as respostas." (FP47 - F/Q)

2. não foi possível esclarecer o significado de algumas dúvidas surgidas na análise das respostas
3. a análise tal como foi por nós realizada neste estudo, constitui, temos consciência disso, apenas um modo possível de interpretar as respostas dos FP envolvidos no estudo, pelo que é discutível.
4. o momento do ano escolar em que se procedeu à colheita de dados poderá não ter sido a mais indicada do ponto de vista dos alunos FP já que iam começar a decorrer os testes finais de avaliação. Pensamos que, se por um lado, existia esta desvantagem, por outro lado também era o momento mais oportuno em termos de formação. Os

alunos tinham concluído disciplinas de Didáctica que lhes terão proporcionado momentos de reflexão e tomada de consciência relativamente às suas competências profissionais futuras.

5.5. Implicações educacionais do estudo

Ao longo deste estudo preocupámo-nos em focar alguns aspectos que nos ajudassem a compreender que os tempos que vivemos são de grandes mudanças sociais a exigir também grandes mudanças na mentalidade do ser humano.

Parece-nos que um dos objectivos prioritários a ter em conta nos currículos de formação será o de formar futuros professores capazes de lidar com as indefinições actuais e as dos tempos que se avizinham, catalisadoras porventura de novas inseguranças e por conseguinte de novas angústias. É necessário que os professores desenvolvam competências que possam contribuir para promover neles a auto-confiança e a autonomia. Destas competências fazem parte uma sólida formação do conteúdo científico e didáctico da sua área de especialidade e capacidades de reflexão. Não é por acaso que se insiste, hoje em dia, em formar professores reflexivos. Os formadores devem ter em conta que os professores devem estar preparados para assumirem, face ao seu ensino, uma postura reflexiva (Schön, 1992; Zeichner, 1993).

Com o nosso estudo, esperamos contribuir para alertar quanto à urgência em reformular os currículos da formação inicial. Tal como Tonucci (1986), diríamos que, em termos de futuro, ou melhor, de êxito numa reforma futura, ela é a possibilidade mais credível e rentável. Não pretendemos com isto menosprezar o empenhamento na

formação contínua dos professores no momento actual, mas se queremos ter uma escola diferente no futuro, teremos de começar já a formar professores diferentes, não perdendo de vista que é na escola que o professor passa grande parte da sua vida.

Faremos, de seguida, algumas reflexões que nos foram suscitadas por tudo o que fizemos e lemos no decurso desta investigação, não esquecendo de referir algumas pistas julgadas conducentes à melhoria da formação inicial, por nos parecerem mais de acordo com o espírito do estudo desenvolvido.

Um ponto de que partiremos, por nos parecer da maior relevância, assenta no facto de que a formação dos professores ao longo de todo o seu percurso escolar deve ser um todo homogéneo. Atendendo a que a etapa escolar de qualquer professor se inicia desde que ele pisa pela primeira vez a escola, passando por todo o ensino básico, secundário e superior, é necessário que haja sintonia entre os currículos destas várias etapas escolares. Queremos com isto dizer que não faz sentido que podendo ter tomado contacto como aluno com algumas inovações no EB e no ES passe a estar sujeito, no ensino superior, a uma aprendizagem mais tradicional e depois venha a ter que introduzir inovações. Para além desta sintonia, a formação deve ainda ser coerente com os modelos de ensino que o futuro professor vai pôr em prática. Se o seu ensino se vai centrar na abordagem de problemas do dia a dia que têm a ver com o desenvolvimento científico ele deveria durante a sua formação também aprender segundo esses modelos. Parece, perante os resultados do nosso estudo, que a passagem pelas disciplinas de Didáctica não será suficiente. Pensamos que é urgente, então, que se revejam as metodologias de ensino na área da especialidade. Esta parece ser também a opinião ou

diríamos mesmo o desejo dos FP, que assim o testemunharam na resposta à última questão.

"...Eu acho que deveria haver, aqui na Universidade, a todos os níveis um maior empenhamento não só dos professores como também dos alunos no ensino e na prática dos ensinamentos teóricos com aplicação a situações reais, quotidianas da vida" (FP 14 - B/G)

"...O ensino é na maior parte das vezes um ensino de simples memorização. Isto permite na hora responder às perguntas do teste, até com boa nota, mas com o tempo a ideia desvanece-se o que impede uma aplicação dos conhecimentos adquiridos" (FP 100 - B/G)

"...Falta explicar sempre alguma coisa que seja palpável e aplicável à realidade. Parece-nos tudo pouco real, embora tratando-se de uma área como a geologia, que nos rodeia e contacta directa e indirectamente" (FP 111 - B/G)

"...Penso que dentro do âmbito do nosso curso faz falta uma disciplina de carácter cultural e ambiental [...] serão muitos os assuntos do dia a dia que teremos que focar e tratar para responder a determinadas questões..." (FP 44 - F/Q).

Tonucci (1986) pensa que os FP, ao longo da sua aprendizagem, deveriam passar algum tempo a observar as actividades que se vão desenrolando numa turma de modo a procurar compreendê-las, recolhendo material de trabalho, cujo tratamento, confrontação e aprofundamento seria feito na Universidade com o contributo dos docentes. Pensamos que esta proposta se complementa com a de Cochran, de Ruitter e King (1993) dado que estes últimos referem que as observações que os FP fazem na sala de aula podem e devem passar para lá dos aspectos pedagógicos dando atenção ao conteúdo, ao contexto e aos estudantes de modo a adquirirem um conhecer integrado.

Talvez a observação de aulas devesse ser mais alargada durante a formação inicial, não se cingindo apenas ao ano de estágio. Estas propostas estão, do nosso ponto de vista, inseridas numa perspectiva mais universal de aprendizagem dos conceitos a partir de contextos reais. São propostas que impõem, contudo, uma maior coordenação entre

os professores do ensino universitário, do ES e do EB tal como estes autores já haviam proposto.

Temos consciência das dificuldades em implementar propostas como estas no momento actual, atendendo à organização das instituições em jogo e à complexidade dos problemas que não se compadecem com soluções simplistas. Pensamos que é, todavia, necessário passar pela mudança das instituições se queremos adaptar a escola às necessidades da sociedade actual e futura. Talvez no presente tenhamos que ser menos ambiciosos, e restringirmo-nos à instituição formadora. Há que fazer um esforço para que não só nas disciplinas de Didáctica mas também em diversas disciplinas do conteúdo da especialidade, as aprendizagens se tornem menos teóricas abordando temas CTS (as questões utilizadas no questionário poderiam ser, por exemplo, um ponto de partida para introdução de temas a definir para tais abordagens) ou em alternativa, a inserção nos currículos de uma disciplina em que os FP pudessem obter formação de pendor CTS. Esta seria, quanto a nós, uma saída de cariz bastante académico, menos motivante mas porventura melhor do que a situação actual.

5.6. Propostas para futuras investigações

A partir dos resultados e conclusões do nosso trabalho podemos sugerir algumas linhas de investigação, a desenvolver futuramente.

Em primeiro lugar, desenvolver estudos como este junto dos professores em serviço, no sentido de identificar dificuldades destes (será que apesar de afastados há

mais tempo da universidade, estarão em melhores condições para resolver as mesmas situações-problema?), e repensar então os moldes de formação contínua mais adequada.

Em segundo lugar, o desenvolvimento de materiais didáticos de qualidade para alunos e professores concebidos numa orientação CTS. Para isso, será importante também que se investiguem os manuais escolares de ciências do 3º ciclo e do ensino secundário, em termos da perspectiva CTS, com a finalidade de esclarecer o que existe e os aspectos a que é preciso dedicar especial atenção. Há já, neste sentido, trabalho em curso a nível do 2º Ciclo (Santos, 1995).

É também nossa opinião que seria do maior interesse desencadear uma investigação que conduzisse a uma modificação dos programas e currículos da formação inicial de professores. Em particular, no nosso País são escassos os estudos envolvendo futuros professores, e as modificações curriculares quando surgem, raramente têm tal base. Não será pois de estranhar que as expectativas nelas depositadas sejam, frequentemente, não satisfeitas. Apesar da falta de estudos globais sobre a recente reforma (iniciada em 93/94) dos cursos de licenciatura em Ciências e Tecnologia na Universidade de Aveiro, os dados já disponíveis são pouco animadores.

Finalmente, pensamos que os resultados deste estudo poderão ser de algum interesse para investigadores em educação em ciência, (nomeadamente aqueles que trabalham na área de elaboração de currículos, formação de conceitos e resolução de problemas), para formadores de professores de ciências (da formação inicial e da formação contínua) e ainda para os próprios professores como motivo de reflexão.

BIBLIOGRAFIA

- AIRES-BARROS, L. (1991), Os Monumentos e a Doença da Pedra, *Colóquio/Ciências*, **9**, 59-74
- AIRES-BARROS, L. (1991); Os monumentos e a doença da pedra, *Colóquio/Ciências*, **9**, 59-74 Fundação Calouste Gulbenkian
- ALARCÃO, I. e TAVARES, J. (1987), *Supervisão da Prática Pedagógica - Uma Perspectiva de Desenvolvimento e Aprendizagem*, Livraria Almedina, Coimbra
- AMIGUINHO, A. (1993), Formação: da Lógica Escolarizante à Articulação com os Processos de Mudança, *Aprender*, **15**, 31-40
- ATKIN, J. M. e HELMS, J. (1993), Getting Serious About Priorities in Science Education, *Studies in Science Education*, **21**, 1-20
- BENAVENTE, A. (1992), As Ciências da Educação e a Inovação das Práticas Educativas, *Decisões nas Políticas e Práticas Educativas*, Sociedade Portuguesa de Ciências da Educação, Porto, 21-43
- BINGLE, W.H. e GASKEL, P.J. (1994), Scientific Literacy for Decision-Making and the Social Construction of Scientific Knowledge, *Science Education*, **78(2)**, 185-201
- BOGDAN, R. e BIKLEN, S. (1994), *Investigação Qualitativa em Educação - Uma Introdução à Teoria e aos Métodos*, Coleção Ciências da Educação, Porto Editora
- BORROWS, P (1994), Chemistry Trails, *Education in Chemistry*, **31(5)**, 63
- BYBEE, R. W. (1993), *Reforming Science Education - Social Perspectives & Personal Reflections*, Ways of Knowing in Science Series, Teachers College Press, Columbia University, New York and London
- CACHAPUZ, A. (1995), Uma Investigação mais Relevante para os Professores, *Noesis*, **34**, 42-45
- CACHAPUZ, A., ROCHA, J. e JESUS, H. (1989), Química e Ambiente - Como de um Problema se Constituiu uma Estratégia de Ensino do Conceito de Reacção Química - Ensino Básico, *Boletim SPQ*, **38**, 61-63
- CANÁRIO, R. (1993), Ensino Superior e Formação Contínua de Professores, *Aprender*, **15**, 11-18

- CASTRO, E. e CRAVO, M. R. (1987), A civilização e a deterioração dos monumentos de pedra - *Boletim da SPQ*, **28**, 46-50
- CATALÁN FERNANDEZ, A. e CATANY ESCANDELL, M. (1986), Contra el Mito de la Neutralidad de la Ciencia: el Papel de la História, *Enseñanza de las Ciencias*, **4(2)**, 163-166
- COCHRAN, K. F., DE RUITER, J. A: e KING, R. A. (1993), Pedagogical Content Knowing: An Integrative Modelo for Teacher Preparation, *Journal of Teacher Education*, **44(4)**, 263-272
- CORREIA, M. R. (1990); *Persistência das ideias alternativas sobre permeabilidade à água em sistemas biológicos*. Tese de Mestrado, não publicada. Universidade do Minho, Braga.
- CROSS, R. T. e PRICE, R. F. (1995), Science Teachers' Social Conscience and the Role of Controversial Issues in the Teaching of Science, *Journal of Research in Science Teaching*, **33(3)**, 319-333
- DOVE, J. (1994), Headstones, Local Churches and Sc3, *SSR*, **75(272)**, 43-50
- DRIVER, R. e EASLEY, J. (1978); Pupils and paradigms: a review of literature related to concept development in adolescent science students, *Studies in Science Education*, **5**, 61-84
- ERICKSON, G.L. (1979); Children's conceptions of heat and temperature, *Science Education*, **63(2)**, 221-230
- ERICKSON, G.L. (1981); Students beliefs about science concepts: A missing ingredient in the instructional process. Paper presentes at the symposium *Early Adolescence: A critical stage for science*, AAAS Meeting, Toronto, Ontario
- FENSHMAN, P.J. e NORTHFIELD, J.R. (1993), Pre-Service Science Teacher Education. An Obvious but Difficult Arena for Research, *Studies in Science Education*, **22**, 67-84
- FERNANDES, D. (1991), Notas sobre os Paradigmas da Investigação em Educação, *Noesis*, **18**, 64-66
- FLEMING, R. (1989), Literacy for a Technological Age, *Science Education*, **73(4)**, 391-404
- FYFE, W.S. (1989), Global Change: New Opportunities for the Earth Sciences, Proceedings Exploration "87", *Ontario Geological Survey*, Special, **3**, 89-92

- GAGO, Mariano, (1996), Portugal Corre o Risco de Ter Doutores a Menos (entrevista), *Expresso* de 9 de Março, p. 14
- GARDNER, P. (1994), Representations of the Relationship between Science and Technology in the Curriculum, *Studies in Science Education*, **24**, 1-28
- GESS-NEWSOME, J. e LEDERMAN, N.G. (1993), Preservice Biology Teachers' Knowledge Structures as a Function of Professional Teacher Education: A Year-Long Assessment, *Science Education*, **77(1)**, 25-45
- GHIGLIONE, R e MATALON, B (1992), *O Inquérito - Teoria e Prática*, Celta-Editora, Oeiras
- GONZÁLEZ GARCIA, M. I., LÓPEZ CEREZO, J. A. e LUJÁN LÓPEZ (1996), *Ciencia, Tecnología y Sociedad - Una Introducción al Estudio Social de la Ciencia y la Tecnología*, Editorial Tecnos, S.A., Madrid
- GOOD, R.G. (1994), Humanizando a Ciência, *Revista da Educação*, **IV**, 1/2, 113-115
- HURD, P. De Hart (1994), New Minds for a New Age: Prologue to Modernizing the Science Curriculum, *Science Education*, **78(1)**, 103-116
- JENKINS, E.W. (1994), Public Understanding of Science and Science Education for Action, *J. Curriculum Studies*, **26(6)**, 601-611
- KING. C., ORION, N. e THOMPSON, D. (1995), Earth Science in Britain and on the World Stage, *SSR*, **77(279)**, 121-124
- LAYTON, D. (1994), STS in the School Curriculum: A Movement Overtaken by History? in *STS Education - International Perspectives on Reform*, Teachers College Press, editado por Joan Solomon e Glen Aikenhead, New York, 32-44
- LEDERMAN, N.G., GESS-NEWSOME, J. e LATZ, M. S. (1994), The Nature and Development of Preservice Science Teachers' Conceptions of Subject Matter and Pedagogy, *Journal of Research in Science Teaching*, **31(2)**, 129-146
- LEVY, T. (1994), Interdisciplinaridade e Comunicação, *Revista de Educação*, **IV**, 1/2, 13-21
- LIMA, P. (1996), Art Paléolithique au Grand Jour, le Site de Gravures en Plein Air de Foz-Côa livré aux scientifiques, *La Recherche*, **284**, 38-41

- MARCELO GARCIA, C. (1996), Conocimiento Didactico del Contenido en la Formación del Profesorado, Comunicação feita no Departamento de Ciências da Educação da Universidade de Aveiro em 1 de Fevereiro
- MARTINS, I. P. (1989), *A energia nas reacções químicas: modelos interpretativos usados por alunos de ensino secundário*, Dissertação de Doutoramento pela Universidade de Aveiro (não publicada)
- MARTINS, I. P. (1995), A ciência e a cultura científica: desafios na formação dos professores *Actas do V Encontro Nacional de Docentes - Educação em Ciências da Natureza, ESE de Portalegre*, 43 a 50.
- MARTINS, I.(1996), TRABALHO PARA AGREGAÇÃO
- MAYER, V. J. (1995), Using the Earth System for Integrating the Science Curriculum, *Science Education*, **79(4)**, 375-391
- MILLAR, R. (1996), Toward a Science Curriculum for Public Understanding, *SSR*, **77(280)**, 7-18
- MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO, DEPARTAMENTO DE EDUCAÇÃO BÁSICA (1995), *Programa de Ciências Físico-Químicas, Programa e Organização Curricular, Ensino Básico 3º Ciclo*, Lisboa, INCM, E.P.
- MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO, DIRECÇÃO GERAL DO ENSINO BÁSICO E SECUNDÁRIO (1991a), *Ciências da Terra e da Vida, Biologia Geologia. Organização Curricular e programas, Ensino Secundário*, Lisboa, INCM, E.P.
- MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO, DIRECÇÃO GERAL DO ENSINO BÁSICO E SECUNDÁRIO (1991b), *Programa de Ciências Naturais, Plano de Organização do Ensino- Aprendizagem, Ensino Básico 3º ciclo*, vol. II, Lisboa, INCM, E.P.
- MORIN, E. (1982), *Ciência com Consciência*, (Tradução de Maria Gabriela de Bragança, s/d), Colecção Biblioteca Universitária, Publicações Europa-América, Mem Martins
- PEREIRA, M. F. (1994), *Formação Contínua de Professores de Biologia: Contributos para um Modelo Construtivista*, Universidade de Aveiro (Tese de Mestrado não publicada).
- PIACENTI, F. (1991), Conservation of monumental buildings *Chemistry International*, **13(4)**, 147-152
- PINA, J.S. (1994), Conservação Histórica: uma Questão de Multidisciplinaridade em *Público*, de 9 de Outubro

- POMBO, O. (1993), A Interdisciplinaridade como Problema Epistemológico e Exigência Curricular, *Inovação*, **6**, 173-180
- POMBO, O. (1994), Problemas e Perspectivas da Interdisciplinaridade, *Revista da Educação*, **IV**, 1/2, 3-11
- PRIBYL, J. R. (1994), Using surveys and questionnaires *Journal of Chemical Education*, **71**, 195-196
- QUIVY, R. e CAMPENHOUDT, L. (1992), *Manual de Investigação em Ciências Sociais*. Col. Trajectos nº17, Gradiva Publicações, Lisboa
- RIBEIRO, A. C. (1990), *Formar Professores - Elementos para uma Teoria e Prática da Formação*, Coleção Educação Hoje, Texto Editora, Lisboa
- ROBINSON, E. (1994), What Happened in the Cemetery, *Teaching Earth Sciences*, **19(1)**, 25-26
- ROYAL SOCIETY (1987), A Compreensão da Ciência pelo Público, *Revista CTS*, Tradução de Teresa Montenegro, **2**, 83-102
- RUBBA, P e HARKNESS, W. L. (1993), Examination of Preservice and In-Service Secondary Science Teachers' Beliefs about Science - Technology - Society Interactions, *Science Education*, **77(4)**, 407-431
- RUTHERFORD, F. J. e AHLGREN, A. (1990), *Ciência para todos*, (tradução de Catarina Caldeira Martins, 1995), Coleção Aprender Fazer Ciência, Gradiva, Lisboa
- SANDERS, L. R., BORKO, H., e LOCKARD, J. D. (1993), Secondary Science Teachers' Knowledge Base When Teaching Science Courses in and out of Their Area of Certification, *Journal of Research in Science Teaching*, **30(7)**, 723-736
- SANTOS, M.E.V.M. (1994), *Área Escola/Escola - Desafios Interdisciplinares*, Coleção Biblioteca do Educador, Livros Horizonte, Lisboa
- SCHÖN, D. A. (1992), Formar professores como profissionais reflexivos, Em Nóvoa, A. (coord.), *Os Professores e a sua Formação*, coleção Temas de Educação, Publicações Dom Quixote e Instituto de Inovação Educacional, Lisboa, 77-91
- SCHULMAN, L. S. (1986), Paradigms and Research Programs in the Study of Teaching: a Contemporary Perspective, em WITTRICK, M. C. (ed.), *Handbook of Research on Teaching*, 3ª ed., Macmillan Publishing Company, New York, 3-36

SOLBES, J. e VILCHES, A. (1992), El Modelo Constructivista y las Relaciones Ciencia/Técnica/Sociedad (CTS), *Enseñanza de las Ciencias*, **10(2)**, 181-186

SOLOMON, J. (1993), *Teaching science, technology and society*, Open University Press, Buckingham

SPECTOR, B. S. (1984), Qualitative research data analysis framework generating grounded theory applicable to the crisis in science education, *Journal of Research in Science Teaching*, **21(5)**, 459-467

SPIEGEL, M. R. (1976), *Estatística* (tradução de Pedro Cosentino, revista por C. J. P. de Lucena), Editora McGraw-Hill do Brasil, Lda

STOFFLETT, R. I. e STODDART, T. (1994), The Ability to Understand and Use Conceptual Change Pedagogy as a Function of Prior Content Learning Experience, *Journal of Research in Science Teaching*, **31(1)**, 31-51

TONUCCI, F. (1986), Contributo para a definição de um modelo educativo: da escola transmissiva à escola construtiva, *Análise Psicológica*, **1(V)** 169-178

VALA, J. (1986); A análise de conteúdo, in *Metodologia das Ciências Sociais*, Biblioteca das Ciências do Homem, Edições Afrontamento, Porto

VAZ, M.E. e VALENTE, M.O. (1995), Atmosfera CTS nos Currículos e Manuais, *Noesis*, **34**, 22-27

YAGER, R. E. (1992), Science-Technology-Society as Reform, in *The Status of Science-Technology-Society Reform Efforts around the World*, ICASE Yearbook, ed. Robert E. Yager, Arlington, 2-8

ZEICHNER, K. M. (1993), *A Formação Reflexiva de Professores: Ideias e Práticas*, (tradução de A. J. C. Teixeira, M. J. Carvalho e M. Nóvoa), Educa, Lisboa

ZIMAN, J. (1994), The Rationale of STS Education is in the Approach, in *STS Education - International Perspectives on Reform*, Teachers College Press, editado por Joan Solomon e Glen Aikenhead, New York, 21-31

LEGISLAÇÃO:

DECRETO-LEI 286/89 de 29 de Agosto

LEI DE BASES DO SISTEMA EDUCATIVO, Lei nº46/86, de 14 de Outubro

REGIME JURÍDICO DA FORMAÇÃO CONTÍNUA DE PROFESSORES, Decreto-Lei nº 249/92, de 11 de Novembro

ANEXO I
DOCUMENTO ENTREGUE AOS JUÍZES PARA VALIDAÇÃO

Concepções sobre a Alteração das Rochas e a Conservação do Património Arquitectónico

Este questionário insere-se num trabalho de investigação e tem como finalidade a recolha de elementos que permitam fundamentar propostas de currículos de formação de futuros professores de ciências, com vista a melhorar a sua preparação a nível científico relativamente ao tema *Alteração das Rochas* o qual está contemplado em programas do Ensino Básico e Secundário.

Solicitamos a sua colaboração respondendo às questões que lhe propomos. *Para o efeito, explicito tanto quanto lhe for possível os seus conhecimentos científicos sobre cada um dos temas.*

Disponha do tempo que achar necessário.

Os dados recolhidos serão anónimos quando divulgados.

Muito obrigado pela sua colaboração

Junho 1994

Parte I Assinale com uma cruz **×** a situação que lhe corresponde ou responda no espaço disponível.

1. Idade anos

F M

2. Sexo

Sim Não

3. Frequentou a disciplina de geologia no 10º ou no 11º ano de escolaridade?

4. Que área de estudos frequentou no 10º e 11º ano?

5. Assinale as disciplinas que frequentou no 12º ano de escolaridade

Física Química Biologia Geologia Geografia

6. Ano da 1ª matrícula na Universidade de Aveiro

Biol/Geol Física/Química

7. Curso que frequenta na Universidade de Aveiro

Parte II Nas outras questões utilize o espaço em branco (e, se necessário, use o verso da folha).

Q1 Suponha que tinha de elaborar um documento fundamentando a necessidade de restauro e conservação de monumentos em pedra e para tal necessitava de pareceres técnicos.

Indique a que técnicos especialistas (formação científica) se dirigiria. Fundamente a sua escolha.

HT1 (a testar)

O entendimento dos processos de alteração das rochas não implica, forçosamente, interligação de conceitos de diferentes áreas, por exemplo, de Geologia, de Química, de Física.

RA Especialistas: Geólogo
 Meteorologista
 Químico
 Físico
 Biólogo

Razões de Escolha

Geólogo: Identificação de processos de degradação
Diagnóstico das causas de degradação
Grau de alteração da rocha
Tipo litológico
Mineralogia da rocha
Propriedades físicas e químicas dos minerais
Porosidade da rocha

Meteorologista: Condições atmosféricas locais
Grau de humidade
Temperatura média ambiente
Amplitude térmica
Orientação dos ventos predominantes
Condições de iluminação

Químico: Interpretação fenomenológica
Matriz química
Concentração dos agentes das reacções
Transformação de minerais
Velocidade das reacções
Análises químicas
 Raios-X
Análise térmica diferencial
Infra-vermelhos

Físico: Propriedades físicas dos materiais
Resistência dos materiais
Deformabilidade dos materiais
Condutibilidade térmica

Biólogo: Biodegradação
Bactérias
Algas
Líquenes
Plantas superiores

Q2 Duas lápides tumulares, uma em mármore e outra em granito, ambas polidas, foram colocadas próximas uma da outra, na mesma ocasião, num cemitério.

O que prevê poder verificar-se nas inscrições que contêm, alguns anos depois? Fundamente de modo tão completo quanto lhe for possível, a sua previsão.

HT2 (a testar)

As alterações verificadas em materiais com aplicações idênticas dependem, essencialmente do meio em que se encontram.

RA	Mármore	Granito
	Composição mineralógica	Granito são
	CO ₂ na atmosfera	Granito alterado
	Dissolução do CaCO ₃	Alteração inicial
	pH atmosférico	Caulinização a partir dos feldspatos
	Solubilidade dos carbonatos	Temperatura
	Compostos de azoto-NO _x e SO _x	
	Temperatura	

Poderá considerar-se também o estado de alteração da rocha

Nota: O estado de alteração inicial do granito deve ser um aspecto a considerar. De facto, no caso de um **granito são** a durabilidade relativamente ao mármore é maior; contudo, no caso de um **granito já alterado** a situação pode inverter-se, isto é, pode vir a ser atacado mais depressa do que o mármore.

Q3 Dois edifícios com fachada em calcário do mesmo tipo, contíguos e construídos na mesma ocasião, têm arquitectura diferente: um tem a fachada lisa enquanto que a do outro apresenta "rendilhados" esculpidos.

O que prevê que aconteça em termos de alteração aos dois edifícios ao fim de alguns anos?

HT3 (a testar)

As alterações verificadas em rochas, ocasionadas por agentes atmosféricos dependem, essencialmente, da natureza das rochas.

RA

- Área exposta
- Criação de superfícies protegidas
- Exposição diferenciada / Alteração diferenciada
- "Rendilhado" cria "nanoclimas"
- Zonas de sombra
- Diferentes velocidades de evaporação
- Quantidade de CO₂ variável
- pH
- Diferente exposição aos ventos predominantes
- Alteração homogénea

Poderá ser considerada também a superfície de exposição

Q4 Um obelisco egípcio, com cerca de 3500 anos, construído em granito e em bom estado de conservação, foi levado do Egito para Nova Iorque. Nos primeiros anos após a transferência, observou-se uma considerável lascagem. Posteriormente, em cerca de 50 anos, a degradação do obelisco foi de tal modo acentuado principalmente no lado sul que as inscrições nele gravadas se tornaram quase ilegíveis.

Como interpreta esta ocorrência?

HT4 (a testar)

A alteração do obelisco é devida, fundamentalmente, à maior poluição de Nova Iorque.

RA Grau / Tipo de alteração quando ocorreu a mudança
O grau de alteração do granito criou condições que aceleraram a degradação
Clima seco do Egito
Variação da temperatura
Clima húmido de Nova Iorque. O que se passou na floresta da Amazónia?
Orientação dos ventos predominantes
Poluição de Nova Iorque

Pode igualmente considerar-se a diferença do clima entre o Egito e Nova Iorque

Q5 Um monumento totalmente construído com o mesmo calcário, apresenta degradações diferentes, em tipo e em grau.

Em seu entender como se distribui o tipo e grau de alteração em todo o monumento?

Fundamente a sua resposta.

HT5 (a testar)

As alterações dos monumentos são sobretudo interpretadas à custa da interferência de agentes exteriores, por exemplo, água das chuvas e insolação.

RA

- Relevância dos factores externos
- Orientação dos ventos predominantes
- Exposição aos raios solares
- Exposição às chuvas
- Zonas de sombra
- Distância ao solo
- Distância às janelas / Distribuição das aberturas
- Distância aos telhados
- Distância às goteiras
- Infiltrações a partir dos telhados
- Capilaridade

Q6 Uma das preocupações dos técnicos ligados à conservação dos monumentos restaurados, tem a ver com a sua protecção em relação a alterações posteriores. Para tal, têm sido aplicadas várias substâncias com funções consolidantes.

Em seu entender quais as características que devem ter as substâncias usadas para este fim?

HT6 A eficácia das substâncias protectoras é devida, sobretudo, à sua impermeabilidade a agentes externas.

RA Os produtos usados têm, fundamentalmente, uma função hidrófoba e consolidante.

Os produtos usados devem ser, de acordo com a terminologia dos especialistas, eficazes, duráveis e não nocivas:

eficazes - impedindo a penetração da água

duráveis - resistentes

não nocivas - não introduzindo propriedades indesejáveis (por exemplo, não provocar variações de CO₂).

Deve haver a preocupação de que os produtos sejam compatíveis com o material litológico sobre o qual estão a ser aplicados.

Os produtos a utilizar deverão aumentar a resistência do material, mas não deverão ser tão "fortes" que criem películas que se venham a destacar

Explicita de modo detalhado, as dificuldades (científicas e/ou outras) sentidas ao responder a este questionário, na perspectiva de futuro(a) professor(a) dos ensinos Básico (3º ciclo) e Secundário.

ANEXO II

QUESTIONÁRIO ADMINISTRADO AOS ALUNOS FP NO

ESTUDO PILOTO E NO ESTUDO PRINCIPAL

Concepções sobre a Alteração das Rochas e a Conservação do Património Arquitectónico

Este questionário insere-se num trabalho de investigação e tem como finalidade a recolha de elementos que permitam fundamentar propostas de currículos de formação de futuros professores de ciências, com vista a melhorar a sua preparação a nível científico relativamente ao tema *Alteração das Rochas* o qual está contemplado em programas do Ensino Básico e Secundário.

Solicitamos a sua colaboração respondendo às questões que lhe propomos. *Para o efeito, explicita tanto quanto lhe for possível os seus conhecimentos científicos sobre cada um dos temas.*

Disponha do tempo que achar necessário.

O anonimato dos inquiridos será mantido aquando da divulgação dos dados.

Muito obrigado pela sua colaboração
Maio 1995

Parte I Assinale com uma cruz **X** a situação que lhe corresponde ou responda no espaço disponível.

1. Idade anos
2. Sexo F M
3. Frequentou a disciplina de Geologia no 10º ou no 11º ano de escolaridade? Sim Não
4. Que área de estudos frequentou no 10º e 11º ano?

5. Assinale as disciplinas que frequentou no 12º ano de escolaridade
Física Química Biologia Geologia Geografia
6. Universidade que frequenta?

7. Ano da 1ª matrícula na Universidade

8. Curso que frequenta Biol/Geol Física/Química

Parte II Nas questões seguintes utilize o espaço em branco (e, se necessário, use o verso da folha).

Q1 Suponha que tinha de elaborar um documento fundamentando a necessidade de restauro e conservação de monumentos em pedra e para tal necessitava de pareceres técnicos.

Indique a que técnicos especialistas (formação científica) se dirigiria. Fundamente a sua escolha.

Q2 Duas lápides tumulares, uma em mármore e outra em granito, ambas polidas, foram colocadas próximas uma da outra, na mesma ocasião, num cemitério.

O que prevê poder verificar-se nas inscrições que contêm, alguns anos depois? Fundamente de modo tão completo quanto lhe for possível, a sua previsão.

Q3 Dois edifícios com fachada em calcário do mesmo tipo, contíguos e construídos na mesma ocasião, têm arquitectura diferente: um tem a fachada lisa enquanto que a do outro apresenta "rendilhados" esculpidos.

O que prevê que aconteça em termos de alteração nos dois edifícios ao fim de alguns anos?

Q4 Um obelisco egípcio, com cerca de 3500 anos, construído em granito e em bom estado de conservação, foi levado do Egito para Nova Iorque. Nos primeiros anos após a transferência, observou-se uma considerável lascagem. Posteriormente, em cerca de 50 anos, a degradação do obelisco foi de tal modo acentuado, principalmente no lado sul, que as inscrições nele gravadas se tornaram quase ilegíveis.

Como interpreta esta ocorrência?

Q5 Um monumento totalmente construído com o mesmo calcário, apresenta degradações diferentes, em tipo e em grau.

Em seu entender como se distribui o tipo e grau de alteração em todo o monumento?

Fundamente a sua resposta.

Q6 Uma das preocupações dos técnicos ligados à conservação dos monumentos restaurados tem a ver com a sua protecção em relação a alterações posteriores. Para tal, têm sido aplicadas várias substâncias com funções consolidantes.

Em seu entender quais as características que devem ter as substâncias usadas para este fim?

Explícite de modo detalhado as dificuldades (científicas e/ou outras) sentidas ao responder a este questionário, na perspectiva de futuro(a) professor(a) dos ensinos Básico (3º ciclo) e Secundário.

