



Universidade do Minho
Instituto de Educação

Márcio Rafael Gonçalves Lopes

A Resolução de Problemas como estratégia de promoção da Educação Ambiental para a Sustentabilidade: uma intervenção com alunos de 11º ano centrada no tópico da exploração de recursos geológicos na disciplina de Biologia e Geologia



Universidade do Minho
Instituto de Educação

Márcio Rafael Gonçalves Lopes

A Resolução de Problemas como estratégia de promoção da Educação Ambiental para a Sustentabilidade: uma intervenção com alunos de 11^o ano centrada no tópico da exploração de recursos geológicos na disciplina de Biologia e Geologia

Relatório de Estágio
Mestrado em Ensino de Biologia e de Geologia no
3^o Ciclo do Ensino Básico e no Ensino Secundário

Trabalho efectuado sob a orientação do
Professor Doutor José Alberto Gomes Precioso

Declaração

Nome: Márcio Rafael Gonçalves Lopes

Endereço eletrónico: marcio.lopez.11@hotmail.com

Número do cartão de cidadão: 13366737

Título do relatório: A Resolução de Problemas como estratégia de promoção da Educação Ambiental para a Sustentabilidade: uma intervenção com alunos de 11º ano centrada no tópico da exploração de recursos geológicos na disciplina de Biologia e Geologia

Supervisor: Doutor José Alberto Gomes Precioso

Ano de conclusão: 2015

Designação do Mestrado: Mestrado em Ensino de Biologia e de Geologia no 3º Ciclo do Ensino Básico e no Ensino Secundário

É AUTORIZADA A REPRODUÇÃO INTEGRAL DESTES RELATÓRIOS APENAS PARA EFEITOS DE INVESTIGAÇÃO, MEDIANTE DECLARAÇÃO ESCRITA DO INTERESSADO, QUE A TAL SE COMPROMETE

Universidade do Minho, ___/___/____

Assinatura: _____

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar não poderia deixar de agradecer ao meu orientador, o Doutor José Precioso, por todo o aconselhamento ao longo da formulação e implementação da intervenção pedagógica.

Por todo o apoio, pela coordenação e pelo otimismo eu agradeço à Dr.^a Fátima Alpoim que sempre esteve presente na implementação da intervenção e que de tudo fez para que esta corresse da melhor forma, quer para os alunos, quer para os professores-estagiários.

Agradeço também ao Doutor Luís Dourado e à Doutora Clara Coutinho por todo o apoio e tempo disponibilizados no tratamento de determinados aspetos metodológicos e investigativos deste estudo.

A todos os meus amigos que me acompanharam ao longo do estágio e da escrita do respetivo relatório: muito obrigado pelo apoio, pelo acompanhamento e por toda a inspiração.

Não poderia deixar de agradecer às minha colegas professoras-estagiárias e aos alunos que participaram na intervenção e que tornaram esta experiência profundamente enriquecedora e fascinante.

A Resolução de Problemas como estratégia de promoção da Educação Ambiental para a Sustentabilidade: uma intervenção com alunos de 11º ano centrada no tópico da exploração de recursos geológicos na disciplina de Biologia e Geologia

RESUMO

O presente estudo, realizado numa turma de 11º ano, teve como objetivos averiguar as ideias, as atitudes e os valores dos alunos a respeito dos impactes da exploração de recursos geológicos nos contextos Científico, Tecnológico, Social e Ambiental (CTSA) e de analisar o impacte da aplicação de um modelo de resolução de problemas no desenvolvimento de conhecimentos no âmbito da Educação Ambiental.

Para averiguar as ideias, as atitudes e os valores dos alunos foi realizado um debate subordinado a problemas ambientais previamente selecionados pelos alunos organizados em grupos. Após o debate, cada grupo de alunos redigiu uma composição coletiva acerca das conceções que os seus integrantes possuíam acerca do problema selecionado. Estas composições foram posteriormente sujeitas a uma análise de conteúdo.

De seguida, os grupos de alunos aplicaram um modelo de resolução de problemas aos problemas ambientais selecionados. Para avaliar a eficácia deste modelo os alunos realizaram um pré e um pós-teste.

Com base na análise das composições, reconheceu-se que a maioria dos alunos possui um nível pouco desenvolvido de conhecimentos ambientais, nomeadamente no que diz respeito ao reconhecimento das consequências dos problemas ambientais abordados. Em relação a estes, os alunos tenderam a abordar essencialmente aspetos relacionados com a Biologia e a Geologia, ignorando, por exemplo, a sua dimensão social, económica e política.

A análise comparativa do pré e do pós-teste sugeriu que o modelo de resolução de problemas aplicado contribuiu para que os alunos reconhecessem um maior número de causas e consequências de determinados problemas ambientais e de medidas a implementar, de acordo com vários níveis de intervenção, no sentido de os resolver.

Problem-solving as a strategy to promote Environmental Education for Sustainability: an intervention with 11th grade students focused on the topic of geolocial resources exploration in Biology and Geology subject

ABSTRACT

The present study, conducted with an 11th grade class, intended not only to investigate the ideas, attitudes and values of students regarding the Scientific, Technological, Social and Environmental (STSE) impact of exploring geological resources but also to analyze the impact of the application of a problem-solving model to promote knowledge on Environmental Education.

In order to investigate the ideas, attitudes and values of students, the class was divided into groups and a debate was made about environmental problems previously selected by them. After the debate, each group wrote a group-essay on the conceptions they had on the selected environmental problems. These essays were then subjected to a content analysis.

Afterwards, the groups applied a problem-solving model to selected environmental problems. So as to evaluate the effectiveness of this model, the students made a pre- and a post-test.

Based on the content analysis, it was recognized that the majority of the students have an undeveloped level of environmental knowledge, particularly in what concerns the consequences of the selected problems. Regarding this problems, the students tended to acknowledge only their biological and geological dimensions, ignoring, for instance, their social, economical and political aspects

The comparative analysis of pre- and post-test suggests that the problem-solving model enhanced student 's recognition of a larger number of causes and consequences of certain environmental problems. Their conscience about the measures to be taken to solve them was improved.

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS.....	iii
RESUMO.....	v
ABSTRACT.....	vii
LISTA DE ABREVIATURAS.....	xi
LISTA DE TABELAS.....	xiii
CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO.....	1
1.1. Introdução.....	1
1.2. Âmbito e tema do projeto de intervenção.....	1
1.3. Pertinência e limitações do projeto.....	2
1.4. Estrutura geral do relatório de estágio.....	4
CAPÍTULO II – CONTEXTO E PLANO GERAL DA INTERVENÇÃO.....	7
2.1. Introdução.....	7
2.2. Contextualização da intervenção pedagógica.....	7
2.2.1 Caracterização da escola.....	7
2.2.2. Caracterização da turma.....	8
2.3. Plano geral de intervenção.....	9
2.3.1. Objetivos.....	9
2.3.2. Estratégias de ensino e aprendizagem.....	10
2.3.3. Estratégias de investigação/avaliação da ação.....	14
2.4. Documentos reguladores dos processos de ensino e aprendizagem.....	16
2.5. Desvios ao plano inicial da intervenção.....	17
CAPÍTULO III – DESENVOLVIMENTO E AVALIAÇÃO DA INTERVENÇÃO.....	19
3.1. Introdução.....	19

3.2. Descrição geral da intervenção.....	19
3.3. Avaliação da intervenção.....	22
3.3.1. Análise de conteúdo das composições coletivas.	22
3.3.2. Análise comparativa dos resultados do pré e do pós-teste.....	30
CAPÍTULO IV – CONCLUSÕES, LIMITAÇÕES, RECOMENDAÇÕES E IMPLICAÇÕES PESSOAIS E PROFISSIONAIS.....	63
4.1. Introdução	63
4.2. Conclusões.....	63
4.3. Limitações.....	65
4.4. Recomendações para futuros estudos	65
4.5. Implicações pessoais e profissionais	66
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	69
ANEXOS.....	73
Anexo 1 – Pré-teste.....	75
Anexo 2 – Exemplo de uma das composições coletivas elaboradas pelos alunos no âmbito da intervenção pedagógica	77
Anexo 3 – Pós-teste	79

LISTA DE ABREVIATURAS

ABRP – Aprendizagem Baseada na Resolução de Problemas

CFCs – Clorofluorcarbonetos

CTSA – Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente

DGE – Direção-Geral de Educação

EA – Educação Ambiental

ETAs – Estações de Tratamento de Águas

ETARs – Estações de Tratamento de Águas Residuais

ME – Ministério da Educação

MEC – Ministério da Educação e Ciência

ONU – Organização das Nações Unidas

PE – Projeto Educativo

RP – Resolução de Problemas

UNESCO – United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Distribuição dos alunos da turma alvo da intervenção por gênero	8
Tabela 2. Distribuição dos alunos da turma alvo da intervenção por idades	9
Tabela 3. Designação dos grupos de alunos, do número dos elementos que constitui cada um destes e do problema ambiental selecionado para investigação e resolução.....	20
Tabela 4. Categorias emersas da análise de conteúdo das composições coletivas acerca dos problemas ambientais selecionados pelos grupos de alunos	24
Tabela 5. Categorias emersas da análise de conteúdo da questão 1.1. do grupo I do pré e do pós-teste, na qual era pedido aos alunos que referissem os problemas ambientais derivados da libertação no meio ambiente de efluentes líquidos resultantes dos processos de extração e tratamento de minérios. Às categorias associam-se a frequência (f) e a percentagem (%) de testes nos quais estas foram consideradas.....	34
Tabela 6. Categorias emersas da análise de conteúdo da questão 1.2. do grupo I do pré e do pós-teste, na qual era pedido aos alunos que indicassem medidas para solucionar os problemas ambientais causados pela libertação de efluentes líquidos resultantes dos processos de extração e tratamento de minérios. Às categorias associam-se a frequência (f) e a percentagem (%) de testes nos quais estas foram consideradas.....	37
Tabela 7. Categorias emersas da análise de conteúdo da questão 1.1. do grupo II do pré e do pós-teste, na qual era pedido aos alunos que mencionassem problemas ambientais resultantes da ocorrência de chuvas ácidas. Às categorias associam-se a frequência (f) e a percentagem (%) de testes nos quais estas foram consideradas.....	42
Tabela 8. Percentagem e frequência das opções selecionadas pelos alunos na questão 1.2. do grupo II, relativamente à alternativa que indicava os principais compostos responsáveis pela acidificação anormal da chuva.....	44
Tabela 9. Categorias emersas da análise de conteúdo da questão 1.3. do grupo II do pré e do pós-teste, na qual era pedido aos alunos que mencionassem possíveis fontes de poluição responsáveis pela ocorrência de chuvas ácidas. Às categorias associam-se a frequência (f) e a percentagem (%) de testes nos quais foram consideradas.....	45
Tabela 10. Categorias emersas da análise de conteúdo da questão 1.4. do grupo II do pré e do pós-teste, na qual era pedido aos alunos que indicassem medidas para solucionar os problemas causados pela ocorrência de chuvas ácidas. Às categorias associam-se a frequência (f) e a percentagem (%) de testes nos quais estas foram consideradas	49
Tabela 11. Percentagem e frequência das opções selecionadas pelos alunos na questão 1 do grupo III, relativamente à alternativa que melhor definia o conceito de aquífero	55
Tabela 12. Percentagem e frequência das opções selecionadas pelos alunos na questão 2 do grupo III, relativamente às características que um aquífero deve possuir para ser considerado eficaz	56

Tabela 13. Categorias emersas da análise das respostas dadas pelos alunos à questão 3 do grupo III do pré e do pós-teste, na qual era pedido aos alunos que referissem fontes de poluição de aquíferos. Às categorias associam-se a frequência (f) e a percentagem (%) de testes nos quais estas foram consideradas.....57

Tabela 14. Categorias emersas da análise das respostas dadas pelos alunos à questão 3.1. do grupo III do pré e do pós-teste, na qual era pedido aos alunos que referissem medidas para minimizar os impactes ambientais causados pela poluição de aquíferos. Às categorias associam-se a frequência (f) e a percentagem (%) de testes nos quais estas foram consideradas.....60

CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO

1.1. Introdução

Neste capítulo são referidos o âmbito e o tema do projeto de intervenção pedagógica no qual se baseia o presente relatório de estágio (1.2.). Segue-se a justificação da pertinência do projeto, atendendo à escola onde este foi implementado e às orientações da administração central, e as principais limitações associadas à sua implementação (1.3.). Por último é apresentada a estrutura geral do relatório (1.4.).

1.2. Âmbito e tema do projeto de intervenção

O presente relatório de estágio surge no âmbito do módulo 3 (Intervenção Pedagógica) da unidade curricular Estágio Profissional do Mestrado em Ensino de Biologia e de Geologia no 3º Ciclo do Ensino Básico e no Ensino Secundário e baseia-se no desenvolvimento e implementação de um projeto de intervenção pedagógica supervisionado. O referido projeto desenvolveu-se em torno da intenção de abordar os problemas resultantes da exploração de recursos geológicos através de uma perspetiva promotora da Educação Ambiental (EA).

A implementação deste projeto de intervenção insere-se no contexto da lecionação do terceiro capítulo do programa de Biologia e Geologia de 11º ano, designado de “Exploração sustentada de recursos geológicos” (Amador et al., 2003, p.16).

De acordo com a Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (*United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization* - UNESCO), a humanidade depara-se agora com a necessidade de viver de forma sustentável depois de séculos sem se preocupar com a finitude dos recursos naturais (UNESCO, 2005). A mesma fonte acrescenta ainda que a exploração insustentável de recursos geológicos tem sido responsável não só pela degradação do meio ambiente, como também pelo aumento da pobreza no mundo.

Da preocupação despoletada pelo cenário descrito pela UNESCO (2005) emergiu este projeto de intervenção, tendo este o intuito de promover conhecimentos que possam ser postos em prática na resolução dos problemas ambientais resultantes da exploração de recursos geológicos, tendo em conta os múltiplos contextos implicados (científico, tecnológico, social, ambiental, entre outros) bem como as ideias, as atitudes e os valores que os alunos possuem.

Este projeto foi implementado numa turma de 11º ano do Curso Científico-Humanístico de Ciências e Tecnologias, no ano letivo de 2013/2014, numa escola secundária em Guimarães.

1.3. Pertinência e limitações do projeto

As consequências ambientais da atividade humana têm fomentado a preocupação da população mundial em relação ao futuro do planeta Terra e à sua capacidade de suportar as exigências das sociedades atuais (Steffen, Crutzen & McNeill, 2007). Os mesmos autores referem ainda que o debate em torno destas questões tem suscitado previsões pouco positivas. Bacci (2009) acrescenta que a humanidade encara agora as consequências derivadas das suas ações imprudentes face ao ambiente, das quais se destaca a excessiva industrialização. Além das consequências que já se fazem sentir, são de esperar outras como resultado da deterioração dos ecossistemas provocada pela excessiva exploração de recursos naturais (*ibidem*).

Atualmente, a humanidade encara uma crise ambiental que constitui um dos principais problemas do século XXI, estando esta relacionada com a ideia de que a espécie humana possui um estatuto de superioridade face a todas as outras (Possamai, 2010). Esta crise foi inicialmente abordada, em termos políticos, entre o final dos anos sessenta e o início dos anos setenta, por impulso de vários trabalhos científicos produzidos na altura e sem esquecer a especial relevância da realização da Conferência sobre o Meio Ambiente Humano, convocada pela Organização das Nações Unidas (ONU), que teve lugar em Estocolmo, na Suécia, em 1972 (Pierri, 2005). Esta conferência foi a primeira reunião organizada pela ONU especialmente dedicada às questões do meio ambiente, tendo sido resultado das queixas acerca dos efeitos da poluição e do aumento da preocupação da população mundial com a conservação do meio ambiente (Lago, 2006).

É neste cenário crítico que é reconhecida a necessidade de educar para os problemas do meio ambiente, sendo assim reconhecido o papel da EA na reversão desta realidade (Loureiro et al., 2010).

Apesar da importância há muito reconhecida do papel da EA na melhora das condições ambientais, a sua implementação, em termos globais, não tem obtido resultados apreciáveis (Loureiro et al., 2010). Em Portugal, mais concretamente, a EA tornou-se significativamente expressiva no contexto escolar na década de oitenta, porém, cerca de vinte anos volvidos, os seus resultados são poucos (Guerra, Schmidt & Nave, 2008). Perante este cenário pouco otimista em torno da implementação da EA torna-se necessário repensar a forma como esta tem sido concretizada, propondo e testando novas estratégias de formação.

O Direção-Geral de Educação (DGE), no âmbito da educação para a cidadania, refere-se à EA como um tema a ser trabalhado pelos alunos numa abordagem transversal, orientado para a promoção de uma consciência ambiental, para o desenvolvimento de valores e para a reformulação de atitudes e de comportamentos (DGE, 2013). A transversalidade patente no discurso da DGE torna-se particularmente relevante no contexto da EA uma vez que, de acordo com a UNESCO (2005), cada vez mais se verifica que as questões ambientais, sociais e económicas estão inter-relacionadas, como é o caso da pobreza, da distribuição desigual dos recursos, da desnutrição, das mudanças climáticas, do fornecimento de energia, da diversidade biológica e da segurança alimentar. O Ministério da Educação (ME) ressalvada ainda a necessidade de promover junto dos alunos a responsabilização em relação aos danos de que o meio ambiente possa ser alvo, com ênfase numa abordagem multidisciplinar e global (ME, 2006).

Já no Programa de Biologia e Geologia do 11º e 12º anos são consignados pressupostos educativos que salientam a importância da abordagem da exploração de recursos geológicos e dos seus impactos de forma transdisciplinar, dos quais, como um exemplo, se cita:

Os subsistemas terrestres - litosfera, atmosfera, hidrosfera e biosfera - têm sido explorados e modificados pela espécie humana e o aumento da população a nível mundial, bem como as exigências crescentes dos países desenvolvidos, tende a agravar uma série de problemas resultantes da interação Terra-Homem. O estudo destes problemas necessita de uma aproximação interdisciplinar para a qual a geologia pode fornecer contributos importantes, ao lado de outras disciplinas, como a biologia, a física, a química, a economia, a sociologia, etc. (Amador et al., 2003, p.17)

De acordo com o Projeto Educativo (PE) da escola onde se implementou este projeto, a sua ação educativa desenvolve-se em torno de três eixos fundamentais:

1. O desenvolvimento global do aluno;
2. A implicação do aluno nos processos de ensino e aprendizagem;
3. A educação no âmbito da cidadania (PE, 2014¹).

Posto isto, é possível afirmar que a implementação deste projeto pedagógico é pertinente atendendo aos princípios da escola onde foi concretizado, tendo em conta que:

- A EA é uma área que integra diversos campos do conhecimento com o intuito de levar os alunos a compreender a problemática ambiental de acordo com as suas múltiplas dimensões (política,

¹ Por razões éticas, a escola onde foi realizado o presente estudo não é identificada. Apesar disso, e perante a relevância do seu PE na caracterização da instituição no contexto do estudo, cita-se este documento sem que, no entanto, seja explicitamente identificada a escola.

social, científica, entre outras) (Bacci, 2009) – o que vai de encontro à intenção da escola de promover o desenvolvimento global dos seus alunos;

- A sociedade apenas reúne condições para o exercício de uma cidadania ativa quando o papel da EA na melhoria das condições de vida e na proteção do meio ambiente é reconhecido (Massine, 2010) – verificando-se assim a conveniência da EA na promoção da educação para a cidadania;
- O recurso à estratégia de Resolução de Problemas (RP) cumpre a intenção da escola de implicar os alunos nos processos educativos, uma vez que, de acordo com Watts (1994), as estratégias deste tipo atribuem ao aluno o poder de tomar decisões ao longo do processo de ensino e aprendizagem, promovem a sua satisfação e estimulam o seu interesse e a sua criatividade.

Este projeto foi implementado no terceiro período do calendário escolar, o que acabou por restringir o tempo disponibilizado para a sua realização, uma vez que este é de menor duração comparativamente ao primeiro e ao segundo. Também durante o terceiro período foi necessário disponibilizar aulas para as avaliações e dispensar os alunos para participarem nas atividades extra-aula, o que acabou por condicionar o decurso da intervenção.

1.4. Estrutura geral do relatório de estágio

No Capítulo I – Introdução – é referido o âmbito e o tema do presente relatório (1.2.) e é fundamentada a pertinência do estudo atendendo ao seu tema e aos documentos normativos formulados pela escola onde decorreu a intervenção e pelo Ministério da Educação e Ciência (MEC). Neste capítulo são ainda referidas as principais limitações inerentes à implementação do projeto (1.3.) e é brevemente descrita a estrutura geral do relatório (1.4.).

Segue-se o Capítulo II – Contexto e Plano de Intervenção – onde é feita a contextualização da intervenção prevista no projeto (2.2.), tendo em conta a escola onde esta se concretizou (2.2.1.) e a turma que constituiu o seu alvo (2.2.2.). Neste capítulo constam ainda a descrição do plano geral de intervenção (2.3.), no qual são referidos os objetivos do projeto (2.3.1.), as estratégias de ensino e aprendizagem aplicadas (2.3.2.) e as estratégias de investigação utilizadas para analisar o impacto da intervenção atendendo aos objetivos enunciados (2.3.3.). Seguem-se ainda as referências aos documentos que nortearam o desenvolvimento e concretização do projeto (2.4.) bem como os desvios decorridos durante a sua implementação (2.5.)

No Capítulo III – Desenvolvimento e Avaliação da Intervenção – é feita a descrição geral da intervenção (3.2.), permitindo a integração de todos os elementos anteriormente referidos num contexto preciso e que permite uma visão coerente e sequencial das suas principais fases. Segue-se a avaliação da intervenção (3.3.), com base na análise de conteúdo das composições coletivas elaboradas pelos alunos após a realização de um debate sobre problemas ambientais (3.2.1.) e na análise comparativa do pré e do pós-teste realizados, respetivamente, antes e depois da aplicação de uma estratégia de RP (3.3.2.). Esta análise do pré e do pós-teste subdivide-se em função dos três grupos de questões existentes: efluentes mineiros (3.3.2.1.), chuvas ácidas (3.3.2.2.) e poluição de aquíferos (3.3.2.3.)

Por último, surge o Capítulo IV – Conclusões, Limitações, Recomendações para futuros estudos e Implicações Pessoais e Profissionais – onde são enunciadas as principais conclusões resultantes da avaliação da intervenção (4.2.), são referidas as limitações que condicionaram o seu desenvolvimento e conclusão (4.3.), são feitas recomendações para estudos futuros (4.4.) e, por fim, são referidas as implicações pessoais e profissionais do estudo (4.5.).

CAPÍTULO II – CONTEXTO E PLANO GERAL DA INTERVENÇÃO

2.1. Introdução

Neste capítulo é feita a caracterização da escola (2.2.1.) onde foi implementado o projeto de intervenção e da turma que constituiu o seu alvo (2.2.2.).

Seguem-se os objetivos determinados para o projeto de intervenção (2.3.1.), as estratégias de ensino e aprendizagem adotadas (2.3.2.) e as estratégias de investigação/avaliação da ação utilizadas para analisar a eficácia da intervenção (2.3.3.).

Por último, são referidos os documentos reguladores dos processos de ensino e aprendizagem (2.4.) e os desvios efetuados ao plano inicialmente formulado durante a implementação do projeto (2.5.).

2.2. Contextualização da intervenção pedagógica

2.2.1 Caracterização da escola

A escola onde foi implementada a intervenção pedagógica situa-se na cidade de Guimarães e é frequentada, maioritariamente, por alunos residentes no concelho. De acordo com o PE da escola (PE, 2010²), esta é considerada, a nível nacional, uma instituição de referência e bastante procurada pela população local, atendendo às seguintes razões:

1. A estreita relação da escola com a comunidade local em termos económicos, sociais e culturais (nomeadamente através da oferta formativa com vista a suprir as exigências em termos de mercado de trabalho);
2. A localização privilegiada da escola, situando-se esta numa freguesia no centro da cidade;
3. A frequência de uma faixa etária detentora de percursos meritosos;
4. A sólida liderança dos diferentes órgãos da escola, resultantes da estabilidade do seu corpo docente e da respetiva experiência profissional;
5. A qualidade da ação educacional;
6. O profissionalismo e dedicação dos funcionários não-docentes.

No âmbito do Programa de Modernização do Parque Escolar, a instituição onde se realizou a intervenção foi alvo de uma requalificação, que teve início em 2009, com vista a colmatar as limitações

² À semelhança do PE formulado em 2014 (PE, 2014), também o PE anteriormente em vigor (PE, 2010) não é listado nas referências bibliográficas, evitando-se assim que se identifique a escola onde decorreu a intervenção pedagógica.

em termos de espaço resultantes da sua considerável procura (PE, 2010). Atualmente, a escola exhibe um edifício modernizado que integra salas de aula, laboratórios e serviços com excelentes condições. Um dos aspetos mais interessantes desta escola é a preservação e exibição de artefactos da sua história, nomeadamente no museu existente no seu interior e na decoração de todo o edifício. Nota-se, portanto, nesta escola a existência de uma harmoniosa e cativante fusão entre a modernização dos seus espaços e a preservação da sua identidade histórica.

Em 2014 a escola passou a integrar um agrupamento, em conjunto com uma escola do 2º e 3º ciclos do ensino básico, uma escola do 1º ciclo do ensino básico e jardim-de-infância e uma escola exclusivamente do 1º ciclo do ensino básico (PE, 2014).

2.2.2. Caracterização da turma

A turma alvo da intervenção sofreu alterações na sua constituição comparativamente ao ano transato (2012/2013), tendo havido a agregação de alunos de diferentes turmas e a inserção de três outros que se encontravam apenas repetir a frequência da disciplina de Biologia e Geologia. Um destes alunos frequentara uma outra escola no ano anterior, enquanto os outros dois tinham já sido alunos da escola onde decorreu a intervenção.

A referida turma era constituída por 29 alunos, dos quais 17 eram do sexo feminino e 12 do sexo masculino (Tabela 1).

Tabela 1. Distribuição dos alunos da turma alvo da intervenção por género

Sexo	f	%
Feminino	17	58,6
Masculino	12	41,4

Relativamente à idade, verificou-se uma predominância de alunos com 16 anos (51,7%), havendo ainda uma percentagem significativa com 17 anos (34,5%) e, em menores percentagens, alunos com 18 anos (10,3%) e um único com 19 anos (3,4%) (Tabela 2).

Tabela 2. Distribuição dos alunos da turma alvo da intervenção por idades

Idades	f	%
16	15	51,7
17	10	34,5
18	3	10,3
19	1	3,4

Excetuando o aluno que no ano anterior tinha frequentado uma escola diferente, todos os alunos da turma residiam no concelho de Guimarães.

Apesar da turma ser originalmente constituída por 29 alunos, no presente estudo serão apenas considerados 24 para fins de avaliação da intervenção. Esta redução da amostra é devida ao lapso por parte de um grupo de quatro alunos no fornecimento devido dos dados para a avaliação da intervenção pedagógica. O referido grupo, apesar das solicitações, não entregou um documento elaborado numa atividade realizada durante as aulas. Posto isto, e por uma questão de coerência geral do estudo, doravante considerar-se-ão os 24 alunos que, no desenrolar da intervenção, forneceram correta e adequadamente os documentos requeridos.

2.3. Plano geral de intervenção

2.3.1. Objetivos

A intervenção pedagógica sobre a qual incide o presente relatório de estágio desenvolveu-se em torno dos seguintes objetivos:

1. Averiguar as ideias, as atitudes e os valores dos alunos acerca dos impactes da exploração de recursos geológicos numa perspetiva que integra Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA);
2. Analisar o impacte de uma estratégia de RP no desenvolvimento de conhecimentos no âmbito da EA.

A concretização destes objetivos implica, primeiramente, a aplicação de estratégias de ensino e aprendizagem, estratégias estas que potenciam a reconstrução do conhecimento dos alunos no âmbito do tópico da exploração de recursos geológicos e numa perspetiva de promoção da EA. Estas estratégias de ensino e aprendizagem, além de terem sido pensadas como meios para atingir os objetivos

formulados para o projeto, foram também selecionadas com vista a desenvolver competências transversais, nomeadamente de resolução de problemas e de trabalho cooperativo (através da estratégia de RP que será aprofundado no ponto 2.3.2.2.), de argumentação, de comunicação e de raciocínio crítico (através da realização do debate que será descrito no ponto 2.3.2.1.).

As estratégias de investigação/avaliação da ação surgem neste estudo com o intuito de averiguar a eficácia das estratégias de ensino e aprendizagem utilizadas.

Nos pontos 2.3.2. e 2.3.3. são apresentadas e justificadas, respetivamente, as estratégias de ensino e aprendizagem e de investigação/avaliação da ação às quais se recorreu durante a intervenção pedagógica e a redação do respetivo relatório.

2.3.2. Estratégias de ensino e aprendizagem

2.3.2.1. Debate sobre problemas ambientais

Com o intuito de promover a reflexão, o debate e a exposição das conceções dos alunos em torno dos impactes resultantes da exploração de recursos geológicos foi realizado um debate em sala de aula. Para tal os alunos organizaram-se previamente em grupos e, assim, selecionariam um problema ambiental para debater. A cada um dos grupos de trabalho correspondia um problema particular, no entanto cada um destes foi debatido por todos os alunos da turma.

O debate consiste numa atividade em que os participantes (neste caso os alunos) se vão revezando na exposição dos seus argumentos no âmbito de um determinado tema, desencadeando-se assim um processo de reconstrução coletiva de significação (Cristovão, Durão & Nascimento, 2003). Estes autores salientam ainda que este processo implica que os alunos escutem, reflitam e captem os argumentos de todos os intervenientes, potenciando-se assim a reformulação das atitudes adotadas inicialmente.

O processo de argumentação inerente ao debate é entendida como “uma atividade social e discursiva que se realiza pela justificação de pontos de vista e consideração de perspetivas contrárias com o objetivo último de promover mudanças nas representações dos participantes sobre o tema discutido” (De Chiaro & Leitão, 2005, p. 350). No entanto, importa ressaltar que a confrontação de argumentos e contra-argumentos, *per se*, não assegura forçosamente uma mudança de opinião por parte dos intervenientes, porém este processo pode contribuir para que ela ocorra (Leitão, 2012).

De acordo com a Newfoundland and Labrador Speech and Debate Union (s.d.), o debate no contexto de sala de aula pode ser utilizado como um fim em si mesmo, ou seja, como uma estratégia que visa precisamente que os alunos argumentem em torno de um determinado assunto ou, por outro lado, pode ser utilizado como um meio de facilitação da procura de informação.

Além do potencial de mudança de perspetivas (Leitão, 2000; Cristovão et al., 2003), o debate permite também que os alunos desenvolvam as suas capacidades de síntese e de articulação, sendo estas consequência da formulação e adaptação dos seus argumentos em função das intervenções dos participantes (Newfoundland and Labrador Speech and Debate Union, s.d.). Estas capacidades são particularmente relevantes no decurso do debate uma vez que, na maioria das vezes, não é possível que os intervenientes tenham um discurso pré-formulado e determinado, atendendo ao carácter dinâmico em termos de argumentação característico do debate (*ibidem*).

No contexto dos problemas ambientais, Rodríguez (1999) defende que o debate em torno das ideias, das atitudes e dos valores dos alunos constitui uma atividade motivadora que permite o reconhecimento das suas próprias conceções, a exposição de dúvidas e a formulação de questões que poderão ser um ponto de partida para o desenvolvimento de uma posterior investigação.

Após a realização do debate, foi pedido aos alunos de cada grupo que, por escrito, referissem as ideias, as atitudes e os valores que possuíam acerca da questão ambiental seleccionada. Estas composições constituem, portanto, o registo onde estão patentes as conceções (conceituais, atitudinais e axiológicas) dos alunos de cada grupo antes do desenvolvimento das fases de investigação e resolução dos respetivos problemas ambientais.

As composições foram alvo de uma posterior análise de conteúdo atendendo ao objetivo inicialmente formulado de averiguar as conceções dos alunos acerca dos impactes da exploração de recursos geológicos.

No momento da formulação do projeto de intervenção pedagógica o debate tinha sido pensado como uma atividade à parte do modelo de RP. Com este debate pretendia-se que os alunos manifestassem, explorassem e se confrontassem com as suas ideias, atitudes e valores acerca de determinados aspetos da problemática ambiental, mais concretamente no contexto dos recursos geológicos. De igual forma, com esta estratégia pretendia-se promover a consciencialização e sensibilização ambientais dos alunos, de modo a despertar o seu interesse e preocupação pelos problemas que afetam o meio ambiente.

Depois de selecionado o modelo de RP de Rodríguez (1999), e de se ter verificado que este incluía o debate precisamente numa das fases iniciais da sua implementação, optou-se por conjugar os dois debates num só, uma vez que ambos convergiam para as mesmas finalidades. No entanto, por uma questão de coerência com os objetivos estipulados, o debate é destacado do modelo de RP e abordado individualmente como estratégia de ensino e aprendizagem.

2.3.2.2. Aplicação de um modelo de Resolução de Problemas

Com vista a promover a reconstrução dos conhecimentos dos alunos em relação aos impactes da exploração de recursos geológicos, foi aplicado um modelo de RP concebido por Rodríguez (1999) e destinado ao estudo de problemas ambientais.

De acordo com Gil (1993), citado por Ravirosa e Perales (2006), a resolução de problemas ambientais integra-se numa perspetiva didática mais ampla designada de metodologia por investigação em didática das ciências. Acerca da abordagem didática das questões ambientais, Watts (1994) defende que os aspetos científicos relacionados com o meio ambiente são os que melhor agregam valores, atitudes, variáveis complexas e aspetos morais relacionados com a natureza da ciência.

Relativamente ao conceito de problema, Perales (2000) define-o como sendo uma situação de incerteza que despoleta num determinado indivíduo uma atitude de procura de uma solução com vista a reduzir a apreensão sentida. Os problemas podem surgir em diversos contextos e com várias particularidades, no entanto nem sempre os indivíduos envolvidos detêm capacidades para os resolver, uma vez que para tal é necessária vontade para os abordar e o domínio de conhecimentos específicos (*ibidem*). Watts (1999) acrescenta que o processo de resolução de um determinado problema inicia-se quando alguém, perante uma situação problemática, começa a formular ideias ou modelos, a ponderar probabilidades, a avaliar as ideias formuladas, a testá-las e a excluir hipóteses inviáveis com a finalidade de verificar quais as mais adequadas à sua resolução.

Perales (1998) distingue os problemas característicos do quotidiano dos que são utilizados com uma finalidade didática, referindo que:

- a) Os problemas abordados em sala de aula surgem com uma finalidade didática, contrariamente aos problemas do quotidiano que surgem espontaneamente;
- b) Os problemas utilizados como estratégias didáticas possuem uma solução já conhecida, o que geralmente não acontece com os problemas quotidianos;

- c) São fornecidos dados explícitos aos alunos quando se utilizam problemas em contexto didático, o que não acontece com os problemas com que nos deparamos no dia-à-dia.

O recurso a estratégias de RP no ensino das ciências é pertinente uma vez que permite inter-relacionar conteúdos do domínio da teoria (e.g. conceitos científicos), dos procedimentos (e.g. conceção de hipóteses) e das atitudes (e.g.: atitude positiva face a abordagem e resolução de problemas) (Perales, 2000). Watts (1994) reforça a ideia anteriormente referida alegando que as estratégias de RP potenciam a aplicação prática dos conhecimentos adquiridos de forma teórica, isto é, promove uma profunda interação entre o pensamento e a ação. Por último, Lavole (1993), citado por Dogru (2008), acrescenta que as estratégias de RP tornam-se particularmente relevantes no ensino das ciências uma vez que um dos principais objetivos desta é precisamente o desenvolvimento das capacidades dos alunos de resolver problemas.

O modelo de RP aplicada nesta intervenção foi concebido por Rodríguez (1999) e, de acordo com o seu autor, divide-se em três fases principais:

1. Abordagem do problema;
2. Investigação do problema;
3. Procura, proposta e concretização de medidas de resolução do problema

Na primeira fase do seu modelo, Rodríguez (1999) propõe que seja feita a seleção de um problema por parte dos alunos e que, de seguida, se realize um debate acerca das ideias, das atitudes e dos valores a respeito deste. Este autor sugere ainda que o debate seja feito ao nível do grupo de trabalho e da turma e que, posteriormente, sejam recolhidas as informações partilhadas.

Na segunda fase do modelo, Rodríguez (1999) sugere que se proceda à investigação do problema, atendendo às seguintes etapas:

1. Identificação do problema – com isto pretende-se que os alunos contextualizem o problema, identifiquem as suas causas e procedam à sua reconstrução histórica;
2. Análise das causas do problema, suas inter-relações e hierarquização – tendo esta etapa a importante tarefa de levar os alunos a perceber a complexidade dos problemas ambientais e a relacioná-los com problemas de outras esferas (política, social, cultural...);
3. Relacionar o problema selecionado com outras questões ambientais – o que promove que os alunos adquiram uma visão mais ampla e dinâmica dos problemas ambientais.

Por fim, na terceira e última fase do modelo de RP, Rodríguez (1999) propõe que seja feita uma procura de soluções para o problema e respetiva implementação. Este autor indica ainda que, num primeiro momento, a resolução do problema em questão pode consistir numa atividade informativa, no entanto realça que o objetivo primordial desta fase consiste na proposta de medidas concretas que venham a ser implementadas na prática.

Nesta última fase foi proposto aos alunos que, em grupo, realizassem ações de sensibilização ambiental com base nos conhecimentos adquiridos ao longo da aplicação do modelo de RP. Com estas ações de sensibilização pretendia-se que cada grupo de alunos transmitisse aos restantes os conhecimentos adquiridos ao longo do desenvolvimento das diferentes fases do modelo de RP e, simultaneamente, sugerisse medidas concretas e exequíveis, de acordo com vários níveis de intervenção (individual, coletivo, institucional), para selecionar o problema estudado. Neste contexto foi dado especial ênfase à proposta de medidas individuais e concretas uma vez que, de acordo com Coyle (2005), as pessoas tendem a agir mais facilmente no sentido de preservar o meio ambiente quando sabem exatamente o que podem fazer.

A opção pelo modelo de RP proposto por Rodríguez (1999) foi feita atendendo à sua simplicidade (o que o tornava passível de implementar no espaço de tempo disponível para a realização da intervenção), ao seu enfoque na transversalidade, à possibilidade deste ser adaptado a diferentes problemas ambientais numa mesma turma, à sua capacidade de promover o trabalho colaborativo entre os alunos e ao seu contributo para a resolução dos problemas ambientais.

2.3.3. Estratégias de investigação/avaliação da ação

2.3.3.1. Análise de conteúdo

As composições coletivas mencionadas no ponto 2.3.2.1. foram objeto de uma análise de conteúdo com vista a averiguar as ideias, as atitudes e os valores dos alunos a respeito dos problemas ambientais debatidos. Além destas, as respostas dadas pelos alunos às questões de resposta aberta do pré e do pós-teste foram também analisadas através da mesma estratégia de investigação.

Bardin (2008, p.11) refere-se à análise de conteúdo como sendo “um conjunto de instrumentos metodológicos” passíveis de serem aplicados a vários tipos de materiais. A mesma autora acrescenta que a análise de conteúdo tem como objetivos ir além da simples leitura subjetiva de um dado material e aceder a determinados aspetos que contribuam significativamente para a compreensão do seu

sentido. Por este motivo, a análise de conteúdo é considerada uma forma indireta de estudar o comportamento humano, uma vez que através desta se pode averiguar as crenças, as atitudes e os valores de um indivíduo ou de um coletivo através das suas comunicações (Fraenkel & Wallen, 2009). Coutinho (2013) acrescenta, e concretiza, que esta estratégia permite a análise sistematizada de um material literário através da recolha e quantificação de elementos textuais que posteriormente possam ser alvo de comparações.

Fraenkel e Wallen (2009) referem que qualquer comunicação, a partir da qual se possam formular categorias e efetuar comparações, poderá ser alvo de uma análise de conteúdo, desde notícias, a letras de músicas e a imagens. Estes autores referem ainda que a análise de conteúdo pode ser desenvolvida de duas formas: tendo as categorias definidas pelo investigador antes do início de qualquer análise concreta ou permitindo que estas surjam a partir da análise dos dados.

Em termos práticos, Bardin (2008) considera que a análise de conteúdo compreende três fases fundamentais:

1. Pré-análise – esta fase compreende a seleção dos materiais a analisar, a formulação de hipóteses, de objetivos e de indicadores que pautem a análise;
2. Exploração dos conteúdos – esta fase consiste essencialmente na codificação, na decomposição ou enumeração dos dados com base nas regras previamente determinadas;
3. Tratamento dos resultados, inferências e respetiva interpretação – aqui os dados são tratados (através da aplicação de testes estatísticos, por exemplo) ao ponto de permitir que, com base nestes, sejam feitas inferências e interpretações atendendo aos objetivos formulados ou a uma realidade imprevista, inusitada e emersa da análise.

Neste estudo os materiais sujeitos à análise de conteúdo foram tratados tendo como unidade de análise o tema. Bardin (2008, p. 131) define tema como sendo “a unidade de significado que se liberta naturalmente de um texto analisado segundo certos critérios relativos à teoria que serve de guia à leitura”. A mesma autora refere ainda que a análise de conteúdos com base no tema (análise temática) é comumente utilizado no estudo de opiniões, crenças, atitudes e valores, entre outros, tendo como material de análise respostas a questões abertas, como é o caso da maioria das respostas presentes no pré e no pós-teste.

2.3.3.2. Pré e pós-teste

De acordo Lessard-Hébert (1996), a investigação levada a cabo no âmbito de um projeto de intervenção pode ser feita através da análise de dados recolhidos antes da intervenção (pré-teste) e depois desta (pós-teste). A mesma autora acrescenta ainda que este procedimento é geralmente aplicado a um grupo de indivíduos (alvo da intervenção) sem recurso a um grupo de controlo.

No âmbito deste projeto, o pré e o pós-teste foram aplicados apenas aos alunos da turma onde decorreu a intervenção, não havendo, portanto, um grupo de controlo. Assim, os conhecimentos dos alunos relativos aos problemas ambientais foram aferidos em dois momentos fundamentais: antes da aplicação do modelo de RP e depois desta.

O pré e o pós-teste (anexos 1 e 3) formulados para a intervenção eram constituídos por três grupos de questões. Este agrupamento foi feito em função das três categorias de recursos geológicos (recursos hidrogeológicos, recursos energéticos e recursos minerais) formuladas pelos autores do manual escolar adotado pela instituição onde decorreu a intervenção (Dias, Guimarães & Rocha, 2008). Assim, cada um dos grupos de questões do pré e do pós-teste focava aspetos ambientais inerentes à exploração de cada uma dessas categorias de recursos – o grupo I referia-se aos impactes ambientais da exploração mineira, mais concretamente à libertação de efluentes mineiros; o grupo II referia-se ao fenómeno das chuvas ácidas, referido no manual escolar como uma consequência ambiental da exploração de recursos energéticos (Dias et al., 2008) e, por fim, o grupo III era relativo à poluição de aquíferos.

As questões de resposta aberta do pré e do pós-teste foram sujeitas a uma análise de conteúdo tendo como unidade de análise o tema, conforme conceituado por Bardin (2008). Relativamente às questões de escolha múltipla, foi averiguada a frequência de seleção de cada uma das opções e, com base nesta, foram feitas inferências quanto ao impacte do modelo de RP.

2.4. Documentos reguladores dos processos de ensino e aprendizagem

Os objetivos e as estratégias de ensino e aprendizagem previstos no projeto de intervenção coaduna-se com as diretrizes do Programa de Biologia e Geologia de 11º ou 12º anos (PBG) e com o PE (2014) da escola onde decorreu a intervenção.

Esta intervenção incidiu sobre os conteúdos contemplados no tópico que no PBG é designa de “Exploração sustentada de recursos geológicos” (Amador et al., 2003, p.16).

O PBG foi considerado um documento relevante na planificação e no desenrolar das aulas de Biologia e Geologia uma vez que este regulava os processos de ensino e aprendizagem em termos de objetivos didáticos, dos conteúdos programáticos a lecionar e do respetivo grau de aprofundamento. Este documento enuncia ainda dois objetivos didáticos de destaque no âmbito do presente estudo, objetivos estes que orientaram as estratégias de ensino e aprendizagem no desenvolvimento e implementação da intervenção. Assim, de acordo com Amador et al. (2003), nas aulas deve-se “identificar recursos geológicos e respetiva aplicabilidade numa perspetiva Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA) (p.17)” e “desenvolver atitudes de valorização do património geológico (memória da Terra)” (p. 17). Amador et al. (2003) referem ainda que, no âmbito dos conteúdos e grau de aprofundamento, deve ser enfatizado “o conceito de recurso renovável e de recurso não renovável e a necessidade de uma exploração equilibrada dos recursos geológicos, dado o seu carácter limitado e finito” (p.23) e “a relação entre a excessiva utilização de alguns recursos e as alterações dos ecossistemas e provavelmente do clima” (p.23).

O PE, na visão da escola onde decorreu a intervenção, constitui-se como um documento normativo que, além do cumprimento de um requisito formal, pretende plasmar a ideologia do agrupamento de escolas em termos organizacionais e educativos (PE, 2014). Neste documento é referido também que um dos objetivos da escola é o de dotar os alunos de conhecimentos, de valores e de atitudes promotoras do bem-estar físico, mental e social, sendo uma das estratégias a adotar na concretização deste objetivo o ensino de práticas orientadas para a conservação ambiental e para a utilização sustentável de recursos naturais (*ibidem*).

2.5. Desvios ao plano inicial da intervenção

Como resultado de uma adequada adaptação do projeto de intervenção ao seu alvo e ao seu contexto, efetuaram-se alguns desvios ao plano inicialmente formulado. Estas alterações estão essencialmente relacionadas com a reformulação dos objetivos, da alteração de uma das estratégias de ensino e aprendizagem e, por último, com a exclusão de uma das estratégias de investigação/avaliação da ação.

Inicialmente tinha-se pensado no recurso à metodologia da Aprendizagem Baseada na Resolução de Problemas (ABRP) para desenvolver os conhecimentos substantivos dos alunos no âmbito dos problemas do meio ambiente e da sua resolução. Todavia, devido à complexidade do tópico programático

lecionado, ao tempo disponível para o lecionar e aos objetivos programáticos, optou-se pela utilização da estratégia de RP com as mesmas finalidades.

No projeto da intervenção inicialmente formulado tinham sido determinados como objetivos os seguintes:

1. Identificar as ideias, as atitudes e os valores dos alunos em torno do conceito de Sustentabilidade;
2. Averiguar os conhecimentos que os alunos detêm acerca da exploração de recursos geológicos e dos seus impactos nos contextos Científico, Tecnológico, Social e Ambiental (CTSA);
3. Analisar o impacto de uma intervenção de ensino orientado para a ABRP na promoção de conhecimentos, de atitudes e de valores relacionados com EA.

No entanto, com o intuito de tornar os objetivos mais concretos e exequíveis, principalmente atendendo ao tempo e às condições de que se dispunha para a implementação do projeto, estes foram reformulados. Apesar desta reformulação, o sentido e as finalidades basilares do projeto e da correspondente intervenção permaneceram substancialmente inalterados.

Apesar de ter sido previsto no relatório a análise documental dos trabalhos realizados pelos alunos no final da aplicação da estratégia de RP, por uma questão de coerência com o modelo didático utilizado na intervenção e com os objetivos redefinidos, optou-se por não considerar essa estratégia de investigação/avaliação da ação no tratamento dos dados recolhidos.

CAPÍTULO III – DESENVOLVIMENTO E AVALIAÇÃO DA INTERVENÇÃO

3.1. Introdução

Na primeira secção deste capítulo são referidas as principais fases da intervenção pedagógica de modo a facultar uma leitura e interpretação mais coerente e sequencial das diferentes atividades que a integraram (3.2.).

Ainda neste capítulo são apresentados e analisados os resultados obtidos através da análise das composições coletivas (3.3.1.) e da análise comparativa do pré e do pós-teste aplicado à turma (3.3.2.). Neste último ponto, os grupos de questões do pré e do pós-teste são analisados separadamente, de forma a permitir averiguar o contributo do modelo de RP nos conhecimentos dos alunos em relação a cada um dos aspetos ambientais focados. Antes da apresentação e discussão dos resultados obtidos através da análise do pré e do pós-teste, é feita uma breve exploração teórica dos temas focados em cada um dos seus grupos, com vista a fundamentar a categorização das respostas dadas pelos alunos e a sua organização em função do seu rigor científico.

3.2. Descrição geral da intervenção

A intervenção pedagógica iniciou-se com a aferição dos conhecimentos dos alunos no âmbito dos impactes ambientais resultantes da exploração de recursos geológicos, sendo esta feita através da aplicação de um pré-teste. No pré-teste foram focados os temas da exploração mineira, da chuva ácida e da poluição de aquíferos. Para a resolução deste teste, foram concedidos aos alunos trinta minutos (mais dez minutos de tolerância). Importa referir que a maior parte dos alunos entregou o pré-teste antes do fim do tempo atribuído para a sua resolução. Este facto sugere que os alunos não desenvolveram substancialmente as suas respostas às questões formuladas no pré-teste, o que se veio posteriormente a confirmar através da sua análise.

Após a realização do pré-teste, concretizou-se a primeira etapa da primeira fase do modelo de RP de Rodríguez (1999) – a abordagem do problema. Para tal, os alunos foram questionados acerca de quais os problemas ambientais que mais se faziam sentir atualmente, quais os seus responsáveis e como poderiam estes problemas ser resolvidos, tendo-se gerado assim um *brainstorming* a partir das suas intervenções. Este *brainstorming* surge como uma abordagem inicial motivadora da temática do meio ambiente, conforme sugere Rodríguez (1999) no seu modelo. Esta estratégia foi também utilizada

como forma de facilitar a escolha dos problemas ambientais a serem alvo da aplicação das subseqüentes fases do modelo de RP.

De seguida, foi sugerido aos alunos que se organizassem em grupos de três a cinco elementos (sendo esta conformação a mesma dos grupos laboratoriais, previamente determinada no início do ano letivo) e que seleccionassem um problema ambiental atual para investigar e propor soluções para a sua resolução. Na Tabela 3 são designados os grupos de trabalho de G1 a G7, é indicado o número de elementos que integra cada um destes e o problema ambiental selecionado.

Tabela 3. Designação dos grupos de alunos, do número dos elementos que constitui cada um destes e do problema ambiental selecionado para investigação e resolução

Grupo	Número de elementos	Problema ambiental selecionado³
G1	4	Impactes da exploração mineira
G2	4	Minerais de conflito
G3	3	Riscos associados à exploração de energia nuclear
G4	3	Escassez de petróleo
G5	4	Chuva ácida
G6	3	Alterações climáticas
G7	4	Escassez de água

Na aula seguinte, procedeu-se ao desenvolvimento da segunda etapa da primeira fase do modelo de RP – o debate acerca dos problemas ambientais selecionados (Rodríguez, 1999). Para isso, foi proposto aos alunos que se reunissem em grupos e que partilhassem as conceções que possuíam acerca do tema por eles selecionado. Este debate em pequeno grupo (grupo de trabalho) ocorreu sem que os alunos recorressem a qualquer fonte bibliográfica, de modo a não influenciar as suas conceções a respeito do assunto abordado.

Concluídos os debates em pequeno grupo, cada um dos grupos de trabalho dirigiu-se à frente da turma e partilhou as considerações que possuía a respeito do problema selecionado. Posteriormente, gerou-se um debate em grande grupo (turma) no qual, para cada um dos problemas selecionados e apresentados, todos os alunos tiveram a oportunidade de partilhar as suas opiniões, crenças, atitudes, valores e comportamentos.

³ Em alguns casos os grupos de alunos atribuíram designações distintas das apresentadas na Tabela 3 aos problemas ambientais selecionados. Neste trabalho, opta-se pelas designações apresentadas na Tabela 3 pela sua simplicidade e remição direta para o problema ambiental em questão sem que, no entanto, seja deturpado o tema do trabalho dos alunos.

Após a apresentação e debate ao nível da turma de todos os problemas ambientais, os alunos voltaram aos seus grupos e redigiram uma composição coletiva onde referiram as ideias, as atitudes e os valores que possuíam em relação a cada um dos problemas selecionados. Estas composições não só servem de ponto de partida e de referência para a posterior fase de investigação e resolução do problema ambiental, permitindo que os alunos possam verificar a sua evolução em termos conceptuais (Rodríguez, 1999), como também plasman os conhecimentos, as atitudes e os valores dos alunos no âmbito dos problemas do meio ambiente, permitindo que, assim, o alvo desta intervenção possa ser comparada com os de outros estudos realizados em contextos similares.

Na aula seguinte os alunos reuniram-se novamente em grupos para proceder ao desenvolvimento da segunda fase do modelo de RP – investigação acerca do problema (Rodríguez, 1999). Para este fim a aula decorreu na biblioteca da escola, de modo a disponibilizar aos alunos um maior número e uma maior diversidade de fontes de informação. Ainda nesta aula, dois grupos de alunos (G2 e G5) estruturaram entrevistas que posteriormente foram concretizadas e devidamente filmadas nas imediações da escola. Nestas entrevistas os alunos questionaram os vimaranenses acerca dos seus conhecimentos a respeito dos problemas ambientais selecionados, nomeadamente sobre as medidas que poderiam ser implementadas para os resolver. A pedido dos alunos a fase de investigação do problema ambiental prolongou-se pela aula que se seguiu, uma vez que estes alegaram não terem concluído devida e satisfatoriamente a tarefa iniciada.

Finda a fase de investigação, procedeu-se à proposta de medidas para a resolução do problema ambiental e respetiva implementação (Rodríguez, 1999). Para tal foi proposto aos grupos de alunos que realizassem ações de sensibilização ambiental, no contexto de sala de aula, com o intuito de transmitir à turma os conteúdos conceptuais adquiridos ao longo do desenvolvimento das fases do modelo de RP, de sensibilizar os colegas para os problemas ambientais e de propor medidas para a sua resolução.

Para as ações de sensibilização os grupos elaboraram materiais segundo vários formatos, servindo estes de suporte para veicular as suas mensagens. Os grupos G1, G4 e G5 elaboraram *posters* alusivos, respetivamente, aos impactes da exploração mineira, à escassez de petróleo e às chuvas ácidas. Por sua vez, os grupos G2 e G3 fizeram vídeos acerca da exploração de minerais de conflito e dos riscos associados à exploração de energia nuclear. Já o grupo G6, que selecionou o problema das alterações climáticas, criou um *blog* sobre o assunto e, por fim, o grupo G7 elaborou uma brochura acerca da escassez de água. As ações de sensibilização ambiental decorreram em duas aulas de noventa minutos.

Após a realização das ações de sensibilização ambiental foi feito um resumo geral de todos os conteúdos abordados por cada grupo, tendo-lhes sido dada a oportunidade de colocar dúvidas e de pedir a explicação de aspetos que não tivessem sido expressos de forma clara ao longo das apresentações.

Para finalizar a intervenção foi aplicado aos alunos um pós-teste. Para a realização do pós-teste os alunos dispuseram de trinta minutos (mais dez minutos de tolerância). Desta vez os alunos investiram todo o tempo disponibilizado na formulação das respostas às questões do pós-teste.

3.3. Avaliação da intervenção

3.3.1. Análise de conteúdo das composições coletivas

Cada uma das composições coletivas elaboradas pelos grupos de alunos e subordinada ao problema ambiental por cada um deles selecionado foi sujeita a uma análise de conteúdo. Nesta análise de conteúdo foi utilizado o tema como unidade de análise. As categorias de análise consideradas emergiram da leitura das composições e foram agrupadas segundo os três domínios enunciado no primeiro objetivo do presente estudo: ideias, atitudes e valores.

Blackburn (1997) situa o conceito de ideia entre dois extremos, o de que esta consiste numa “presença subjetiva e interna à mente, concebida como algo que representa qualquer coisa no mundo exterior” (p.216) e o de que a ideia pode ser entendida como uma representação “de uma forma ou conceito eterno e imutável, como é o caso do conceito de justiça” (p.216). Este autor refere também que atualmente as ideias podem ser entendidas como sendo dependentes dos contextos sociais e de fatores linguísticos, deixando de ser tidas rigidamente como “criações independentes de uma mente individual” (Blackburn, 1997, p.217).

Relativamente ao conceito de atitude, Beraza (2000) indica que, para uma adequada definição do termo, devem ser contempladas as seguintes premissas:

- a) A atitude constitui-se como um elemento interno que orienta o comportamento de um sujeito num determinado sentido;
- b) A atitude não é uma estrutura (aceção física do termo) nem pode ser considerada como uma particularidade de um indivíduo (não é, por exemplo, como um traço de personalidade);
- c) Apesar do carácter dinâmico e ajustável da atitude, esta compreende uma estabilidade relativa;

- d) A atitude é condicionada por três dimensões fundamentais: a emocional (a carga afetiva atribuída aos objetos), a cognitiva (as ideias acerca dos objetos) e a comportamental (os comportamentos que se manifestam perante determinados objetos).

Blackburn (1997) refere-se ao conceito de atitude como sendo uma ação avaliativa e estreitamente relacionada com aspetos motivacionais e comportamentais. De acordo com Thines e Lempereur (1984), este conceito pode ser utilizado quando se alude a uma “estrutura psicológica profunda” (p.99) que condiciona o comportamento de um indivíduo. Blackburn (1997) acrescenta que a atitude relaciona-se com o estado de satisfação/insatisfação de um determinado indivíduo face a um dado objeto ou aspeto, manifestando-se esta de uma forma ativa e não como um simples elemento cognitivo. Antunes, Estanqueiro e Vidigal (2000), enfatizando a dimensão comportamental do conceito de atitude, referem que esta pode ser entendida como um “comportamento ou disposição para agir” (p.30), sendo estes, por sua vez, influenciados por condicionantes de cariz social e individual. Face ao exposto, no domínio das atitudes foram consideradas as referências dos alunos a procedimentos e a intenções com vista a resolver o problema ambiental selecionado.

A respeito do conceito de valor, Blackburn (1997) refere que:

Reconhecer um certo aspeto das coisas como um valor consiste em tê-lo em conta na tomada de decisões ou, por outras palavras, em estar inclinado a usá-lo como um elemento a ter em consideração na escolha e na orientação que damos a nós próprios e aos outros. Os que veem os valores como “subjetivos” consideram esta situação em termos de uma posição pessoal, adotada como uma espécie de escolha e imune ao argumento racional (embora muitas vezes, e curiosamente, merecedora de um certo tipo de reverência e de respeito) (p.450).

Já Rodriguez (1998) refere que o valor consiste num cerne de um conjunto de atitudes que direcionam a ação humana num determinado sentido em detrimento de outros. Apesar da complexidade inerente à definição do conceito de valor, o que se pretende neste domínio da análise de conteúdo é averiguar o que os alunos valorizam no âmbito do problema ambiental selecionado e/ou a perceção que eles têm do valor que a sociedade lhes atribui. Rodríguez (1999) ressalva a pertinência da averiguação dos valores dos alunos no contexto da problemática ambiental indicando que esta contribui para compreender os comportamentos por eles adotados.

Na tabela 4 são apresentados os resultados da análise de conteúdo das composições coletivas elaboradas pelos alunos (ver exemplo no anexo 2).

Tabela 4. Categorias emersas da análise de conteúdo das composições coletivas acerca dos problemas ambientais selecionados pelos grupos de alunos

Domínio	Categorias	Número de evidências por grupo							Exemplos de evidências
		G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	
Ideias	Explicita o problema	-	2	-	-	-	-	-	“os minerais de conflito de uma forma geral é a exploração de minerais associada à exploração de pessoas” (G2), “um caso bastante conhecido são os ‘diamantes de sangue’”(G2)
	Refere consequências do problema	-	-	4	-	6	-	-	“esta questão levanta vários problemas pois as consequências de um desastre numa central nuclear são impressionantes como mutações” (G3), “as chuvas ácidas podem ter consequências devastadoras, como a desflorestação” (G5)
	Refere causas do problema	1	-	3	1	1	1	2	“a acidificação das chuvas deve-se à emissão de compostos de enxofre (ex: óxidos e dióxidos de enxofre) para a atmosfera” (G5), “as causas deste problema passam pela contaminação da água e pelo seu desperdício” (G7)
	Refere que o problema é divulgado pelos média	-	-	1	-	-	-	-	“ouvimos falar constantemente [do problema]nos média” (G3)
	Refere que o problema não é do conhecimento geral da população	1	1	1	-	-	-	-	“este não é um problema muito conhecido pela população em geral” (G2), “pessoas não têm muito conhecimento [acerca do problema]” (G3)
	Refere que o problema é do conhecimento geral da população	-	-	-	-	-	1	-	“este problema já é bastante conhecido” (G6)
	Refere aspetos históricos/geográficos/sociais do problema	3	1	-	1	-	-	-	“essa exploração é feita ao nível do trabalho infantil, da realização de milícias às populações obrigando-os assim a trabalhar na extração” (G2), “Este é um problema que perdura à [sic] anos” (G4)
	Refere aplicações dos recursos geológicos implicados no problema	-	1	-	2	-	-	-	“o petróleo é usado como combustível e também para produzir equipamentos utilizados nos hospitais como luvas” (G4), “minerais como o ouro, estanho, tungsténio são utilizados no fabrico de equipamentos eletrónicos” (G2)
	Refere limitações à implementação de medidas de resolução do problema	-	-	-	-	-	2	-	“estas medidas não são fáceis de aplicar” (G6), “as pessoas não estão ainda sensibilizadas o suficiente para contribuírem na ajuda do problema” (G6)
Atitudes	Propõe medidas para resolver o problema	-	2	4	2	-	2	3	“existem formas de combater isto como realizar frequentemente a manutenção das centrais” (G3), “A principal solução é a poupança de água existindo outras bastante importantes que podem fazer grande diferença como implementar medidas preventivas de poluição da água” (G7)
	Manifesta a intenção de intervir na resolução do problema	-	1	-	-	-	-	-	“sendo um dos focos do nosso trabalho tentar combater quanto possível esse problema de falta de conhecimento” (G2)

Tabela 4. Categorias emersas da análise de conteúdo das composições coletivas acerca dos problemas ambientais selecionados pelos grupos de alunos (continuação)

Valores	Considera o problema importante/preocupante	1	-	3	-	1	2	1	“a falta de água é um problema muito grave e preocupante” (G7), “as chuvas ácidas são um problema bastante importante e grave” (G5)
	Valoriza os recursos implicados no problema	1	-	-	1	-	-	1	“água é um elemento indispensável para todas as espécies de seres vivos” (G7), “combustível poderoso” (G4)
	Avalia a ação humana no âmbito do problema	1	-	-	-	-	-	1	“achamos que é um tema de grande importância porque este caso evidencia o egocentrismo humano” (G1), “o ser humano não dá a atenção devida a este problema” (G7)
	Avalia como insuficiente/inadequada a divulgação do problema por parte dos média	1	-	-	-	2	-	1	“não é divulgado, suficientemente, pelos média [sic]” (G7); “pois os média [sic] de certo modo ‘encobrem’ este problema” (G1)

Numa primeira análise dos resultados verifica-se que o domínio que possui o maior número de categorias é o das ideias. Neste domínio foram consideradas nove categorias, sendo *Refere causas do problema* a mais expressiva (G1, G3, G4, G5, G6 e G7). Em menor número foram consideradas as categorias *Refere que o problema não é do conhecimento geral da população* e *Refere aspetos históricos/geográficos/sociais do problema*, tendo ambas sido detetadas nas composições de três grupos (G1, G2 e G4). Consideradas em duas ou menos composições foram as categorias *Explicita o problema*, *Refere consequências do problema*, *Refere que o problema é divulgado pelos média*, *Refere que o problema é do conhecimento geral da população*, *Refere aplicações dos recursos geológicos implicados no problema* e *Refere limitações à implementação de medidas de resolução do problema*.

Atendendo a estes resultados no domínio das ideias, é possível afirmar que, excetuando o grupo que abordou o problema dos minerais de conflito (G2), todos os grupos conheciam as causas por detrás dos problemas ambientais abordados.

Já os grupos que abordaram os problemas dos impactes ambientais da exploração mineira (G1), dos minerais de conflito (G2) e dos riscos associados à energia nuclear (G3) expressaram a ideia de que estes problemas não eram do conhecimento geral da população.

Três grupos (G4, G2 e G1) referiram nas suas composições aspetos que transcendem as esferas disciplinares da Biologia e da Geologia. O grupo G4 referiu que o problema da escassez de petróleo é um tema já antigo, o grupo G2 referiu-se às condições de exploração laboral e infantil no âmbito da extração de minerais ditos de conflito e, por último, o grupo G1 referiu um aspeto da história da mineração em Portugal, dois de cariz geográfico relativo à extensão dos efeitos da exploração mineira e um outro relativo à localização da mina referida no contexto do problema ambiental selecionado. Estes aspetos foram incluídos na categoria *Refere aspetos históricos/geográficos/sociais do problema*.

Os grupos que abordaram os riscos associados à exploração de energia nuclear (G3) e as chuvas ácidas (G5) foram os únicos que referiram consequências dos problemas selecionados, tendo sido detetadas quatro evidências na composição do primeiro grupo e seis na do último. Igualmente dois grupos referiram aplicações dos recursos geológicos implicados no problema ambiental, tendo o grupo G2 referido que determinados minerais podem ser utilizados no fabrico de equipamentos tecnológicos e tendo o grupo G4 referido que o petróleo pode ser usado como combustível e como matéria-prima na produção de material hospitalar.

Apenas o grupo G2 explicitou alguns aspetos do problema abordado, tendo definido o termo “minerais de conflito” e invocado o caso dos “diamantes de sangue”. Também um único grupo (G3)

referiu que o seu problema era divulgado pelos média, apesar de considerarem que a população em geral o desconhece. Contrariamente, o grupo G6, que abordou o problema das alterações climáticas, foi o único que referiu que o problema já era do conhecimento geral da população. Este grupo foi também o único que referiu dois aspetos que limitavam a implementação de medidas de resolução do problema: as medidas serem difíceis de implementar e as pessoas não estarem sensibilizadas para a sua resolução.

Como síntese dos conteúdos detetados no domínio das ideias, pode-se dizer que há um desfasamento expressivo entre os grupos em termos do reconhecimento das causas e das consequências dos problemas ambientais, sendo as primeiras reconhecidas por todos os grupos, excetuando o grupo G2, e as últimas reconhecidas apenas por dois. Neste âmbito, apenas os grupos que abordam as questões dos riscos da exploração de energia nuclear (G3) e das chuvas ácidas (G5) provaram conhecer simultaneamente causas e consequências dos problemas selecionados.

Um reduzido número de grupos demonstrou possuir conhecimentos de outras áreas do saber, que não somente da Biologia e da Geologia, tendo assim demonstrado possuírem um domínio transdisciplinar na abordagem do problema ambiental. Igualmente um reduzido número de grupos indicou aplicações dos recursos geológicos envolvidos no problema ambiental. Apenas um grupo explicitou ou desenvolveu conceitos no âmbito do problema ambiental ou mencionou limitações na aplicação de medidas de resolução.

Estes resultados sugerem que há um desfasamento considerável no conhecimento dos múltiplos aspetos dos problemas ambientais selecionados por cada grupo. Apesar deste desfasamento se poder dever ao facto de os problemas selecionados serem diferentes entre si, é possível também inferir que, de uma forma geral, os alunos não estão familiarizados com a abordagem das questões ambientais. Quando confrontados com estes problemas, os alunos tendem a focar aspetos de cariz essencialmente biológico e/ou geológico, o que sugere que os alunos não conhecem significativamente as implicações destas questões em termos transdisciplinares.

De acordo com Issac-Marquez et al. (2011), a deficitária formação ambiental dos alunos está associada ao desconhecimento do funcionamento dos ecossistemas e da sua profunda interação com a esfera socioeconómica. Estes autores salientam ainda que, em sistemas educativos onde é sobrevalorizada a memorização de conteúdos, seria expectável que os alunos detivessem um nível de conhecimento mais desenvolvido acerca dos problemas ambientais. Os estudos de Lacerda e Oliveira (2012) e de Issac-Marquez et al. (2011) revelam ainda que a escola, e os professores em concreto, constituem os principais meios através dos quais os alunos adquirem conhecimentos sobre o meio

ambiente, seguindo-se a televisão e a internet. Posto isto, poder-se-á deduzir que o nível de conhecimentos ambientais dos alunos da intervenção terá sido influenciado pelos conhecimentos adquiridos no âmbito escolar, em primeiro lugar e, em segundo, pelos meios de comunicação, dos quais a televisão e internet serão os mais representativos. Se considerarmos como insuficientes ou escassos os conhecimentos dos alunos a respeito do meio ambiente, poder-se-á inferir, com base nos estudos de Lacerda e Oliveira (2012) e de Issac-Marquez et al. (2011), que este nível cognitivo terá sido condicionado pela ação educativa e/ou pela veiculação de informações através da televisão e da internet. Castoldi, Bernardi e Polinarsky (2009) revelam ainda que a procura de informação acerca do meio ambiente e dos seus problemas é uma prática pouco frequente por parte dos alunos. Face a isto, facilmente se aceitará que o papel das escolas na formação ambiental dos alunos é de facto preponderante senão o mais importante.

No domínio das atitudes emergiram apenas duas categorias: *Propõe medidas para resolver o problema* e *Manifesta a intenção de intervir na resolução do problema*. A categoria *Propõe medidas para resolver o problema* foi considerada nas composições de cinco grupos (G2, G3, G4, G6 e G7). Desta forma, os grupos que trataram os problemas dos minerais de conflito (G2), dos riscos associados à exploração de energia nuclear (G3), da escassez de petróleo (G4), das alterações climáticas (G6) e da escassez de água (G7) revelaram conhecer medidas que podiam ser implementadas com o intuito de resolver os referidos problemas. No entanto, apenas o grupo que abordou o problema dos minerais de conflito (G2) expressou uma atitude proactiva e intencionalmente favorável na resolução do problema. Excetuando este grupo, e apesar das sugestões de medidas, nenhum outro expressou um envolvimento ou uma motivação para a resolução do problema ambiental selecionado.

Importa também referir que, apesar de durante o debate os alunos terem sido solicitados a referirem medidas que implementassem no quotidiano para solucionar ou minimizar os problemas abordados, nenhum deles revelou práticas nesse sentido. Nas composições coletivas os alunos também não revelaram expressamente atitudes ou comportamentos ambientalmente favoráveis em relação aos temas abordados.

Com base num estudo realizado com alunos universitários, Baldin e Albuquerque (2013) referem que estes, apesar de reconhecerem que as gerações vindouras são as principais vítimas dos atuais danos infligidos ao meio ambiente, sentem-se incapazes de atuar sob pretexto de que não têm disponibilidade. Jacobi (2003) salienta que esta atitude de falta de responsabilização resulta não só da escassez de informação, como também da falta de ações coletivas na promoção da qualidade ambiental. Ainda no

âmbito das atitudes, Issac-Marquez et al. (2011) referem que, por si só, o desenvolvimento de atitudes favoráveis ao meio ambiente não assegura que os alunos venham a concretizar ações que contribuam para a melhoria das condições ambientais, sendo por isso necessário considerar variáveis de outras ordens. É de referir ainda que a prevalência de atitudes em prol do meio ambiente tende a aumentar de forma inversamente proporcional ao nível económico, verificando-se que os alunos inseridos em contextos economicamente menos favoráveis e sujeitos a limitações no acesso a determinados bens e serviços possuem uma consciência mais desenvolvida acerca dos problemas ambientais, devido ao impacte destes no seu quotidiano (*ibidem*). Este dado pode ser relevante na compreensão do baixo nível de atitudes ambientalmente favoráveis evidenciado pelos alunos da turma da intervenção, uma vez que estes aparentavam gozar de uma situação socioeconómica familiar relativamente estável e satisfatória.

No domínio dos valores emergiram da análise quatro categorias, sendo *Considera o problema importante/preocupante* a mais expressiva (G1, G3, G5, G6, G7). Desta forma, os grupos que trataram o problema dos impactes da exploração mineira (G1), dos riscos associados à exploração de energia nuclear (G3), das chuvas ácidas (G2), das alterações climáticas (G6) e da escassez de água (G7) reconheceram que estes problemas eram graves e/ou preocupantes. Já os grupos G2 e G4 foram os únicos que não se referiram à gravidade dos problemas ou à preocupação passível de ser suscitada por estes.

Os grupos G1 e G7 revelaram uma certa semelhança nas suas conceções axiológica, tendo sido esta manifestada através da deteção das mesmas categorias nas respetivas composições. Estes dois grupos valorizaram os recursos geológicos envolvidos no problema (os minérios e a água), avaliaram negativamente a ação humana no mesmo âmbito e consideraram insuficiente ou inadequada a divulgação dos problemas ambientais por parte dos média, tendo o grupo G1 inclusive referido que estes “encobriam” o problema. Também o grupo que abordou o problema da escassez de petróleo (G4) valorizou este recurso enquanto combustível e o grupo que abordou o problema das chuvas ácidas (G5) referiu que este problema não era suficientemente bem divulgado pelos média

Em suma, atendendo aos conteúdos analisados no domínio dos valores, é possível concluir que a maioria dos grupos reconhece a gravidade e/ou importância associadas ao problema abordado. De acordo com Baldin e Albuquerque (2013), os alunos reconhecem como preocupantes as questões relacionadas com o meio ambiente, porém estes priorizam na sua vida questões de outra índole, nomeadamente académica e financeira. Estes autores acrescentam que os alunos tendem a considerar que as questões ambientais não são da sua direta responsabilidade.

Verificou-se também que poucos foram os grupos que avaliaram a importância dos recursos envolvidos no problema, a ação humana face a este ou a ação dos meios de comunicação na sua divulgação. Portanto, de uma forma geral, os alunos aparentam não fazer grandes juízos de valor acerca dos problemas ambientais, nomeadamente de acordo com os seus múltiplos aspetos. Esta dedução é particularmente preocupante uma vez que, de acordo com Chumbe (2011), existe uma relação significativa entre a formulação de juízos morais e a manifestação de atitudes ambientalmente positivas.

3.3.2. Análise comparativa dos resultados do pré e do pós-teste

A análise de conteúdo das respostas dos alunos às questões abertas do pré e do pós-teste desenvolveu-se tendo o tema como unidade de análise. Cada tema ou “núcleo de sentido”, citando Bardin (2008, p.131), foi considerado apenas uma vez quando presente numa determinada questão, independentemente da repetição da mesma ideia, de modo a fazer corresponder cada ocorrência a um aluno e ao respetivo teste.

As respostas dadas pelos alunos foram divididas e agrupadas em função do seu significado, dando origem ao tema que, por classificação e agregação, deu origem a cada uma das categorias de análise (Bardin, 2008). Estas categorias consideradas no tratamento dos dados emergiram da leitura das respostas dadas pelos alunos. Posteriormente, e para proporcionar uma análise mais abrangente e clara dos resultados, as categorias resultantes foram aglutinadas em categorias maiores, atendendo ao nível de rigor científico das ideias que as integram, tendo sido designadas como corretas, incompletas ou incorretas.

Interessa aqui esclarecer que neste estudo não se pretende efetuar uma análise aprofundada acerca da natureza das conceções alternativas expressas pelos alunos, mas apenas quantificar e analisar as categorias cientificamente corretas, incompletas e cientificamente incorretas de modo a averiguar o impacto da aplicação do modelo de RP.

No domínio das categorias de resposta cientificamente corretas foram incluídas as respostas consideradas válidas e aceitáveis à luz do conhecimento científico atual. Já no domínio das categorias de resposta incompletas foram contempladas as respostas vagas, imprecisas ou inconclusivas dadas pelos alunos e que não constituíam uma resposta direta à solicitação feita na respetiva questão. Por fim, no domínio das categorias de resposta incorretas foram incluídas as ideias que não possuíam validade científica e que não davam uma resposta razoável à respetiva questão.

A classificação e agrupamento das categorias de análise em corretas, incompletas e incorretas foi feita atendendo à bibliografia da especialidade de cada um dos assuntos focados em cada grupo de questões do pré e do pós-teste. Para fundamentar a classificação e o agrupamento das categorias, antes da apresentação dos dados e da sua interpretação, são enunciados os principais conceitos e processos relativos a cada um dos tópicos focados (efluentes mineiros, chuva ácida e poluição de aquíferos).

3.3.2.1. Grupo I – Efluentes mineiros

Os impactes ambientais da exploração mineira podem ser vários e normalmente dependem do tipo de mineral extraído, da quantidade que é extraída e do método utilizado (dependente este do local onde se encontra o mineral de interesse) (Jackson & Jackson, 2000). Um dos problemas resultantes desta atividade humana é a produção de efluentes com um carácter ácido acentuado (*ibidem*). De acordo com Gama et al. (2002), estes efluentes líquidos resultam da oxidação de minerais sulfurosos e da lixiviação de outros minerais associados, normalmente presentes nos depósitos de materiais rejeitados. Os mesmos autores destacam que este processo geralmente envolve a diminuição significativa do pH e a presença de elevadas concentrações de sulfatos e de elementos metálicos. A acidez destes efluentes é ainda fortemente condicionada pela colonização de microrganismos que oxidam os minerais ricos em enxofre e originam ácido sulfúrico (Johnson, 1998). A espécie *Thiobacillus thiooxidans* é um exemplo de uma bactéria que contribui para a reação de oxidação da pirite (FeS_2) (Jackson & Jackson, 2000).

Em termos de impactes ambientais, as águas de drenagem ácida podem ser responsáveis pela contaminação de águas superficiais e subterrâneas e por prejudicar comunidades de peixes, de plantas aquáticas e mesmo o ser humano (Ecosystem Restoration, 2004).

Além das águas de drenagem ácida, as escombrelas são consideradas focos preocupantes de poluição resultante da atividade mineira, uma vez que estas contêm elevados teores de sulfuretos que podem reagir com a água e aumentar significativamente a sua acidez (Gonçalves, 2010). Além dos riscos de contaminação devido à lixiviação de elementos tóxicos, às escombrelas estão também associados problemas geotécnicos, nomeadamente a instabilidade dos taludes, o ravinamento, a erosão eólica, não esquecendo também o impacto paisagístico destas estruturas (*ibidem*).

No entanto, a preocupação em torno dos impactes ambientais da atividade mineira não se prende apenas com a produção e libertação de águas de drenagem ácida e com as escombrelas. Cunningham e Saigo (1999) referem ainda como possíveis impactes ambientalmente adversos resultantes da exploração mineira:

- As alterações ao nível dos leitos dos rios, devido à acumulação de materiais resultantes dos processos de extração – o que também provoca morte de várias espécies aquáticas;
- Os riscos para a saúde dos mineiros, nomeadamente associados ao colapso dos túneis subterrâneos e ao contacto com gases nocivos (e.g. gás natural libertado nas explorações de carvão);
- A redução da fertilidade dos solos, uma vez que, depois de finda a atividade de extração, as zonas previamente escavadas são preenchidas com outros materiais e posteriormente compactadas, o que condiciona o fluxo de ar e de água no solo – resultado na inibição do crescimento de plantas;
- A poluição do ar, nomeadamente como resultado da libertação de gases durante alguns dos processos de separação dos minérios.

Importa especificar que durante o processo de separação dos minérios dos minerais que não têm interesse económico são usados compostos químicos (como o cianeto, derivados de petróleo e ácidos) que posteriormente podem ser libertados no meio ambiente e poluir a água, o solo, e afetar negativamente a vida selvagem e a saúde humana (Ecosystem Restoration, 2004). A mesma fonte refere ainda que a atividade extrativa interfere negativamente ao nível dos habitats aquáticos e terrestres, implicando a sobrevivência dos seres vivos que deles dependem, nomeadamente devido às alterações provocadas ao nível hidrológico como resultado da captação de água para a exploração, da alteração da topografia e da libertação de compostos químicos.

Como medidas a implementar no sentido de reduzir os impactes negativos da atividade mineira, a Saskatchewan Eco Network (s.d.) refere:

- A redução do consumo de produtos constituídos por materiais provenientes da indústria mineira;
- O aumento da eficiência dos processos industriais de modo a reduzir o consumo de materiais de origem mineral;
- O recurso a materiais reciclados;
- A promoção de um melhor desempenho das minas com vista a minimizar os seus impactes ambientais:
- A formulação de uma legislação que vise a redução dos impactes ambientais negativos resultantes da atividade mineira;
- A limpeza das zonas mineiras abandonadas;

- A implementação de medidas de carácter económico com o intuito de sancionar as explorações que contribuem significativamente para a deterioração do meio envolvente (e.g.: taxar as explorações de minérios por mau desempenho ambiental).

Além das anteriores medidas, Gonçalves (2010) sugere ainda, com base em estudos realizados no contexto da mina da Panasqueira, as seguintes medidas para solucionar os problemas derivados da extração mineira:

- Construção de Estações de Tratamento de Águas (ETAs) com capacidade para tratar as águas contaminadas resultantes da atividade mineira;
- Recuperação e valorização dos habitats e dos cursos de água existentes na zona onde se localiza a mina, recorrendo, nomeadamente, a técnicas de remediação, ao controlo da erosão e ao devido tratamento das águas de drenagem ácida;
- Proceder à limpeza dos solos e/ou aluviões nos locais próximos da exploração mineira;
- Vigilância da qualidade das águas e dos solos;
- Realização de ações de reflorestação nas imediações da mina, de forma a promover a conservação das espécies características da zona;
- Controlo local das descargas de lixo, devida recolha e tratamento;
- Ordenamento e restrição do acesso às imediações das zonas afetadas pela exploração mineira.

Bobos et al. (2010), com base num estudo realizado no campo mineiro de Jales, referem ainda o isolamento e confinamento das escombrelas, a neutralização de efluentes provenientes da mina através da adição de calcário e a utilização de plantas com capacidade para absorver contaminantes (biorremediação) como medidas a serem aplicadas em explorações mineiras abandonadas e com vista a minimizar os impactos ambientais negativos que possam ainda ocorrer.

Na questão 1.1. do grupo I do pré e do pós-teste era solicitado aos alunos que indicassem problemas ambientais resultantes da libertação no meio ambiente de efluentes mineiros resultantes dos processos de extração e tratamento dos minérios. Na tabela 5 são apresentadas as categorias emergentes da análise das respostas dadas pelos alunos à referida questão.

Tabela 5. Categorias emersas da análise de conteúdo da questão 1.1. do grupo I do pré e do pós-teste, na qual era pedido aos alunos que referissem os problemas ambientais derivados da libertação no meio ambiente de efluentes líquidos resultantes dos processos de extração e tratamento de minérios. Às categorias associam-se a frequência (f) e a percentagem (%) de testes nos quais estas foram consideradas

Categorias	Pré-teste		Pós-teste	
	f	%	f	%
Corretas				
Morte/danos para a saúde de animais/plantas	9	37,5	21	87,5
Poluição da água	6	25,0	22	91,7
Poluição do solo	5	20,8	23	95,8
Poluição atmosférica	4	16,7	2	8,3
Destruição de habitats	2	8,3	-	-
Riscos para a saúde pública	2	8,3	3	12,5
Redução da fertilidade dos solos	1	4,2	4	16,7
Contaminação de produtos agrícolas	-	-	11	45,8
Impacto paisagístico das escombreyras	-	-	10	41,7
Proliferação de bactérias	-	-	8	33,3
Bioacumulação	-	-	3	12,5
Instabilidade das escombreyras	-	-	3	12,5
Incompletas				
Formas de poluição/alterações/ destruição do meio ambiente não específicas	9	37,5	-	-
Impacte ambiental não específico das escombreyras	-	-	1	4,2
Águas de drenagem ácida descontextualizadas	-	-	1	4,2
Incorretas				
Chuvas ácidas	3	12,5	-	-
Sem resposta				
	2	8,3	-	-

N=24

Da análise das respostas dadas pelos alunos à questão, no pré-teste, emergiram sete categorias de resposta cientificamente corretas. Destas categorias destacam-se, como sendo as mais expressivas, a *Morte/danos para a saúde de animais/plantas* (37,5%), *Poluição da água* (25,0%) e *Poluição do solo* (20,8%).

Como exemplos de respostas dadas pelos alunos e incluídas na categoria *Morte/danos para a saúde de animais/plantas* indicam-se “morte de alguns seres vivos (A4)” e “[a libertação de efluentes mineiros sem tratamento] pode fazer com que as plantas e animais dessas terras também morram (A18)”. Para a categoria *Poluição da água*, como exemplos de respostas, indicam-se “contaminação da água (A9)” e “os efluentes líquidos, quando libertados sem tratamento, podem causar poluição das águas (A15)”. Já como exemplos de resposta abrangidas pela categoria *Poluição do solo* referem-se “acidificação dos solos (A9)” e “contaminação dos solos (A11)”.

Em menor percentagem, e ainda dentro do domínio das respostas cientificamente corretas, emergiram as categorias *Poluição atmosférica* (16,7%), *Destruição de habitats* (8,3%), *Riscos para a saúde pública* (8,3%) e *Redução da fertilidade dos solos* (4,2%).

Da análise das respostas à mesma questão no pós-teste emergiram onze categorias de resposta cientificamente corretas, das quais seis são comuns ao pré-teste (*Morte/danos para a saúde de animais/plantas*, *Poluição da água*, *Poluição do solo*, *Poluição atmosférica*, *Riscos para a saúde pública* e *Redução da fertilidade dos solos*). Estas categorias comuns foram mais expressivas no pós-teste, tendo sido, por exemplo, a categoria *Poluição do solo* considerada em 95,8% dos testes, *Poluição da água* em 91,7% e *Morte/danos para a saúde de animais/plantas* em 87,5%. A respeito da categoria *Destruição de habitats*, que tinha sido considerada no pré-teste, não foi considerada no pós-teste por não terem sido detetadas evidências que permitissem a sua consideração.

Como categorias de resposta cientificamente corretas exclusivamente emersas da análise do pós-teste têm-se *Contaminação de produtos agrícolas*, *Impacto paisagístico das escombreliras*, *Proliferação de bactérias*, *Bioacumulação* e *Instabilidade das escombreliras*. Destas destacam-se, pela sua expressividade, as categorias *Contaminação de produtos agrícolas* (45,8%), *Impacto paisagístico das escombreliras* (41,7) e *Proliferação de bactérias* (33,3%).

Como exemplos de respostas dadas pelos alunos e incluídas na categoria *Contaminação de produtos agrícolas* citam-se “contaminação de produtos alimentares (A7)” e “contaminação de produtos agrícolas (A10)”. Relativamente à categoria *Impacto paisagístico*, como exemplos de respostas indicam-se “impacto visual das escombreliras (A11)” e “descaracterização da paisagem (A4)”. Já na categoria *Proliferação de bactérias* estão incluídas respostas das quais, como exemplos, referem-se “proliferação de bactérias (A4)” e “proliferação de bactérias patológicas (A19)”.

Com base na análise das respostas incompletas dadas pelos alunos no pré-teste, emergiu uma única categoria: *Formas de poluição/alterações/ destruição do meio ambiente não específicas*. Nesta categoria foram consideradas as respostas que, de uma forma vaga ou pouco precisa, aludiram ao agravamento das condições ambientais, sem especificar os processos, os agentes envolvidos ou os elementos do meio ambiente implicados (água, solo, seres vivos, etc.). Como exemplos de respostas dadas pelos alunos e incluídas nesta categoria indicam-se “poluição ambiental (A6)” e “elevada poluição (A7)”. Já no pós-teste foram consideradas duas categorias de resposta incompletas: *Impacte ambiental não específico das escombreliras* e *Águas de drenagem ácida descontextualizadas*, tendo sido cada uma destas considerada em 4,1% de testes.

No pré-teste foi considerada uma única categoria de resposta cientificamente incorreta – *Chuvas ácidas* –, tendo sido esta considerada em 12,5% dos testes. Esta categoria inclui as respostas dos alunos que se referiam às chuvas ácidas como consequência direta da libertação de efluentes mineiros no meio ambiente, como é o caso do aluno A8 que, de entre uma listagem de problemas ambientais derivados da libertação dos efluentes mineiros, indicou “chuvas ácidas”. Já no pós-teste não foram consideradas respostas cientificamente incorretas, pelo que não foram enunciadas categorias do mesmo tipo.

No pré-teste quatro alunos não deram resposta à questão em análise. Já no pós-teste todos os alunos deram resposta à questão.

De uma forma geral, a variação positiva do número de categorias de resposta cientificamente corretas, do pré para o pós-teste, bem como a tendência ou aumento da frequência de testes onde estas foram consideradas, sugere que a aplicação do modelo de RP contribuiu para que um maior número de alunos conhecesse um mais amplo espectro de problemas ambientais derivados da libertação de efluentes mineiros sem tratamento prévio no meio ambiente.

No domínio dos problemas ambientais corretamente referidos pelos alunos, no pós-teste, verificou-se uma clara predominância dos aspetos relacionados com a poluição do solo, da água e com a morte ou os danos para a saúde de animais e plantas.

Verificou-se que, do pré para o pós-teste, houve uma redução significativa do número de testes nos quais foram consideradas respostas incompletas. Apesar de no pré-teste ter sido considerada uma única categoria de resposta incompleta e de no pós-teste terem sido consideradas duas, na primeira situação a frequência da categoria presente é substancialmente superior a cada uma das frequências das categorias existentes no último caso. Das duas respostas incompletas detetadas no pós-teste, uma aludia ao impacte não especificado das escombreliras enquanto a outra era alusiva às águas de drenagem ácida sem qualquer referência ao seu contexto ou ação.

A ideia cientificamente incorreta de que a libertação de efluentes mineiros leva à ocorrência de chuvas ácidas, detetada em dois pré-testes, não foi posteriormente detetada no pós-teste, o que sugere que a aplicação do modelo foi eficaz na reconstrução desta ideia cientificamente incorreta.

Na questão 1.2. do grupo I do pré e do pós-teste era pedido aos alunos que propusessem soluções para os problemas ambientais resultantes da libertação de efluentes mineiros. Na Tabela 6 são apresentadas as categorias de resposta relativas às medidas propostas pelos alunos e a frequência e percentagem de testes nas quais estas foram consideradas.

Tabela 6. Categorias emersas da análise de conteúdo da questão 1.2. do grupo I do pré e do pós-teste, na qual era pedido aos alunos que indicassem medidas para solucionar os problemas ambientais causados pela libertação de efluentes líquidos resultantes dos processos de extração e tratamento de minérios. Às categorias associam-se a frequência (f) e a percentagem (%) de testes nos quais estas foram consideradas

Categoria	Pré-teste		Pós-teste	
	f	%	f	%
Corretas				
Reciclagem	-	-	21	87,5
Recurso a ETAs	-	-	20	83,3
Denúncia de focos de contaminação	-	-	14	58,3
Aplicação de coimas a pessoas/instituições que poluam	-	-	14	58,3
Neutralização dos efluentes por adição de bases fortes	-	-	13	54,2
Reutilização de materiais metálicos	-	-	11	45,8
Biorremediação	-	-	10	41,7
Sensibilização/formação ambiental	-	-	10	41,7
Implementação/cumprimento de medidas de segurança nas minas	-	-	8	33,3
Monitorização da qualidade da água	-	-	4	16,7
Redução da utilização de materiais metálicos	-	-	3	12,5
Monitorização da qualidade dos solos	-	-	1	4,2
Limpeza do solo na zona de exploração	-	-	2	8,3
Reflorestação da zona de exploração	-	-	1	4,2
Restringir o acesso de pessoas à mina	-	-	1	4,2
Incompletas				
Medidas não específicas relacionadas com o tratamento/controlo/libertação de efluentes	15	62,5	2	8,3
Medidas não específicas relacionadas com os processos de extração de minérios	3	12,5	-	-
Medidas não específicas relacionadas com o local onde é efetuada a exploração do minério	2	8,3	-	-
Incorretas				
Tornar as lamas ácidas básicas	1	4,2	-	-
Utilização de materiais metálicos	-	-	2	8,3
Lavagem de efluentes	-	-	1	4,2
Sem resposta	9	37,5	2	8,3

N=24

No pré-teste não foram consideradas categorias de resposta cientificamente corretas. Já no pós-teste foram consideradas quinze categorias de resposta corretas. Destas categorias destacam-se, pela sua expressividade, *Recurso a ETAs* (83,3%) e *Reciclagem* (87,5%).

Como exemplos de respostas dadas pelos alunos e incluídas na categoria *Recurso a ETAs* indicam-se “construção de ETA (A1)” e “construção de estações de tratamento de água (A7)”. Relativamente à categoria *Reciclagem* referem-se, como exemplos de respostas, “reciclagem (A11)” e “reciclar (A14)”.

Ainda no domínio das categorias de resposta cientificamente corretas, surgiram em percentagens consideráveis de testes as categorias *Denúncia de focos de contaminação* (58,3%), *Aplicação de coimas a pessoas/instituições que poluam* (58,3%) e *Neutralização dos efluentes por adição de bases fortes* (54,3%).

A análise das categorias de resposta corretas emersas da análise do pós-teste permite inferir que os alunos não só referiram medidas técnicas, do domínio das ciências ambientais/engenharia ambiental, para resolver os problemas ambientais provocados pelos efluentes mineiros (como é o caso do tratamento de efluentes em ETAs, a neutralização de efluentes mineiros e o recurso a técnicas de biorremediação) como também referiram medidas que podem ser levadas a cabo pelo cidadão comum (como é o caso da reciclagem) e por entidades competentes a nível institucional (como é o caso da aplicação de coimas às pessoas ou entidades que poluam e da denúncia destas situações).

No pré-teste foram consideradas três categorias de resposta incompletas, das quais *Medidas não específicas relacionadas com o tratamento/controlo/libertação de efluentes* foi a mais representativa (62,5%). Como exemplos de respostas contidas nesta categoria indicam-se “os problemas ambientais causados pelos efluentes líquidos podem ser solucionados tratando esses efluentes de forma que ao serem libertados no meio ambiente não provoquem tantos desequilíbrios (A10)” e “os efluentes líquidos deverão ter um prévio tratamento antes de serem libertados no meio ambiente (A13)”.

Já no pós-teste foi considerada uma única categoria de resposta incompleta – *Medidas não específicas relacionadas com o tratamento/controlo/libertação de efluentes* – tendo sido esta detetada em 8,3% dos pós-testes. Esta categoria baseia-se em respostas pouco precisas e pouco claras dadas pelos alunos e referentes a medidas não específicas relacionadas com o tratamento, o controlo ou a libertação de resíduos derivados da atividade extrativa. Como um exemplo de uma resposta dada por um aluno e incluída nesta categoria cita-se “tratamento de águas (A10)”.

Relativamente às respostas incorretas, no pré-teste surgiu uma única categoria, *Tornar as lamas ácidas básicas*, sendo esta baseada na resposta “poderia haver alguma forma de torná-las [lamas ácidas] básicas (A18)”. Já da análise do pós-teste emergiram duas categorias de resposta incorretas: *Utilização de materiais metálicos* e *Lavagem de efluentes*. A categoria *Utilização de materiais metálicos* foi considerada em 8,3% dos pós-testes, com base em respostas como “utilização de materiais metálicos (A23)”. Por sua vez, a categoria *Lavagem de efluentes* foi considerada em 4,2%, isto é, num só teste e com base numa única resposta: “lavagem dos efluentes (A17)”.

No pré-teste foi registada uma elevada percentagem de alunos que não deu resposta a esta questão (37,5%). Já no pós-teste todos os alunos deram resposta à questão em análise.

A inexistência de categorias de resposta cientificamente corretas emersas da análise do pré-teste sugere que os alunos não conheciam meios concretos para minimizar ou resolver os problemas ambientais provocados pela exploração de recursos minerais. No entanto, a ocorrência de categorias de resposta incompletas sugere que vários alunos possuíam ideias vagas e pouco precisas acerca de medidas que poderiam ser tomadas com vista a atenuar ou solucionar os problemas referidos, nomeadamente relacionados com o tratamento de resíduos.

Já no pós-teste foi detetado um número apreciável de categorias de resposta corretas (quinze) com percentagens de ocorrência expressivas. Estas categorias não só remetiam para medidas no sentido de prevenir os danos provocados pela indústria extrativa (como a reciclagem e a reutilização de materiais que contenham minerais metálicos) como também para medidas no sentido de remediar estes danos quando já manifestados (como é o caso do tratamento de águas residuais em ETAs e a aplicação de coimas às pessoas ou instituições que poluam significativamente). Importa também referir que os alunos referiram medidas que poderiam ser implementadas tanto a nível individual como a nível institucional. As medidas mais expressivas incidiam principalmente sobre a reciclagem e o tratamento de efluentes em ETAs.

Os resultados obtidos com base na análise das respostas cientificamente corretas dadas pelos alunos sugerem que, ao longo da aplicação do modelo de RP, os alunos não só desenvolveram conhecimentos cientificamente válidos relacionados com formas de intervir na resolução dos problemas ambientais causados pela libertação de efluentes mineiros, como também aprenderam que estas podem ser de natureza preventiva ou remediativa e ter vários níveis de ação (individual e institucional).

No pós-teste foram detetadas duas categorias de resposta incompletas que, embora sejam estatisticamente pouco expressivas, revelam que os dois alunos que as referiram eventualmente não conseguiram expressar as suas ideias de forma clara e perceptível ou que, ao longo da intervenção, não compreenderam claramente as medidas de resolução dos problemas ambientais que possivelmente tentaram referir.

As duas categorias de resposta cientificamente incorretas verificadas no pós-teste sugerem que três alunos adquiriram, ao longo da intervenção, duas ideias cientificamente desprovidas de fundamentos científicos, estando estas relacionadas com a possibilidade da lavagem dos efluentes mineiros e com a

crença de que a utilização de materiais metálicos contribuirá para resolver os problemas causados por estes. Estas respostas poderão ter sido resultado de uma má formulação das ideias que estes alunos teriam em mente.

3.3.2.2. Grupo II – Chuva ácida

O termo chuva ácida foi concebido pelo cientista inglês Robert Angus Smith e com base nos seus trabalhos no âmbito da poluição do ar realizados em Manchester, na década de oitenta (Jackson & Jackson, 2000).

O pH da chuva tende naturalmente a ter um valor abaixo de 5,6, devido à interação desta com o dióxido de carbono (CO_2) presente na atmosfera e à consequente formação de ácido carbónico (Cunningham & Saigo, 1999). O pH da chuva pode ainda descer para valores inferiores a 5,6 como resultado de emissões vulcânicas, de processos de decomposição biológica e da emissão de iões (cloretos e sulfatos) a partir do *spray* marinho (*ibidem*).

Os principais compostos químicos responsáveis pela formação das chuvas ácidas são o dióxido de enxofre (SO_2) e os óxidos de azoto (NO_x) (Jackson & Jackson, 2000). Estes compostos, quando emitidos para a atmosfera, podem sofrer reações químicas e dar origem a compostos de carácter químico ácido (como o ácido sulfúrico e o ácido nítrico) (*ibidem*). Press e Siever (2000) acrescentam que a produção e libertação de dióxido de enxofre estão normalmente associadas a alguns tipos de indústria, nomeadamente à queima de carvão em centrais termoelétricas e a processos que envolvam a fundição de minerais ricos em enxofre. Já os óxidos de azoto têm origem em determinados processos industriais e no consumo de combustíveis por parte, nomeadamente, dos automóveis (*ibidem*).

Como principais efeitos da ocorrência de chuvas ácidas, Cunningham e Saigo (1999) referem a contaminação de cursos de água e lagos (com a consequente morte das espécies que nele habitam), danos para as florestas (como por exemplo a redução da produção de sementes, da densidade arbórea e mesmo a morte das espécies vegetais), a destruição de monumentos e construções civis (através da corrosão de metais e do enfraquecimento de estruturas de chumbo) e a redução da visibilidade em zonas afetadas pela poluição atmosférica, devido ao fenómeno denominado de *smog*. Além dos metais, também as rochas podem ser degradadas pela ação da chuva ácida (Press & Siever, 2000).

Jackson e Jackson (2000) referem ainda que a ocorrência de chuva ácida é responsável pela lixiviação de elementos presentes no solo (como o alumínio), promovendo o aumento da sua solubilidade e concentração, tendo estes um efeito tóxico para as plantas. Estes autores referem ainda que as

elevadas concentrações de dióxido de enxofre, nomeadamente em zonas poluídas, são responsáveis por danos na saúde humana, principalmente ao nível respiratório.

Como medidas destinadas à redução da poluição atmosférica de origem industrial (e consequentemente à ocorrência de chuvas ácidas), Cunningham e Saigo (1999) referem a utilização de filtros para retenção de partículas poluentes na indústria, a substituição dos combustíveis com elevados teores de sulfatos (como o carvão) por combustíveis com teores reduzidos, a adição de calcário aos processos industriais de combustão do carvão (o que permite uma combustão eficaz e reduz a emissão de gases poluentes), a conversão catalítica dos sulfatos resultantes dos efluentes gasosos em compostos de interesse económico (e.g. ácido sulfúrico) e a aplicação de catalisadores em automóveis.

Além das medidas anteriormente referidas, a U.S. Environmental Agency (2012) sugere ainda o recurso a fontes de energia renováveis (energia hidroelétrica, energia eólica, energia solar, etc), em detrimento dos combustíveis fósseis, com vista a solucionar os problemas derivados da chuva ácida. Ao nível individual, são sugeridas como medidas a poupança de energia, o recurso a equipamentos mais eficientes em termos de consumo energético (lâmpadas, aquecedores, equipamentos de refrigeração, entre outros), o uso racional de energia elétrica, o recurso a transportes públicos, o deslocamento a pé ou de bicicleta, a compra de veículos com reduzidas emissões de óxidos de azoto e a formação ambiental (*ibidem*).

Na questão 1.1. do grupo II era pedido aos alunos que indicassem consequências das chuvas ácidas. Na Tabela 7 são apresentadas as categorias de resposta resultantes da análise e sistematização das consequências mencionadas pelos alunos.

Tabela 7. Categorias emersas da análise de conteúdo da questão 1.1. do grupo II do pré e do pós-teste, na qual era pedido aos alunos que mencionassem problemas ambientais resultantes da ocorrência de chuvas ácidas. Às categorias associam-se a frequência (f) e a percentagem (%) de testes nos quais estas foram consideradas

Categorias	Pré-teste		Pós-teste	
	f	%	f	%
Corretas				
Destruição de monumentos/infraestruturas	14	58,3	20	83,3
Morte/danos para a saúde de animais/plantas	10	41,7	22	91,7
Poluição do solo	4	16,7	22	91,7
Degradação das rochas	4	16,7	8	33,3
Destruição de habitats	2	8,3	-	-
Poluição da água	1	4,2	15	62,5
Danos para a saúde pública	1	4,2	10	41,7
Contaminação de produtos agrícolas/danos para a agricultura	-	-	4	16,7
Incompletas				
Impactes negativos não específicos para o meio ambiente	4	16,7	-	-
Desequilíbrios para os seres vivos	1	4,2	-	-
Sem resposta	1	4,2	-	-

N=24

Da análise das respostas dadas pelos alunos no pré-teste emergiram sete categorias de resposta corretas, das quais se destacam, pela sua expressividade, a *Destruição de monumentos/infraestruturas* (58,3%) e a *Morte/danos para a saúde de animais/plantas* (41,7%).

Como exemplos de respostas incluídas na categoria *Destruição de monumentos/infraestruturas* citam-se “degradação de monumentos e habitações (A1)” e “degradação de alguns monumentos (A6)”. Já como exemplos de respostas consideradas na categoria *Morte/danos para a saúde de animais/plantas* indicam-se “as chuvas ácidas levam à destruição da vegetação (A15)” e “as chuvas ácidas por terem um pH <5,6 poderão causar estragos na vegetação (A13)”.

Em menores percentagens de testes, mas ainda assim representativas, foram consideradas as categorias *Poluição do solo* e *Degradação das rochas*, tendo sido cada uma destas evidente em 16,7% dos pré-testes. Ainda em menores percentagens foram consideradas as categorias *Destruição de habitats* (8,3%), *Poluição da água* (4,2%) e *Danos para a saúde pública* (4,2%).

Da análise da mesma questão, no pós-teste, emergiram sete categorias de resposta corretas, das quais cinco são comuns ao pré-teste (*Destruição de monumentos/infraestruturas*, *Morte/danos para a saúde de animais/plantas*, *Poluição do solo*, *Degradação das rochas*, *Destruição de habitats*, *Poluição da água* e *Danos para a saúde pública*).

A categoria *Contaminação de produtos agrícolas/danos para a agricultura* foi considerada apenas no pós-teste, com base em respostas como “contaminação de produtos alimentares (A13)” e “destruição de plantações (A12)”. Alguns alunos especificaram nas suas respostas que a contaminação dos produtos alimentares estaria associada à libertação de compostos metálicos presentes no solo como resultado da sua acidificação/contaminação, como é o caso do aluno A13 que, antes de referir a contaminação de produtos alimentares, referiu que “[as chuvas ácidas provocam] a contaminação dos solos, facilitando a libertação de metais como o cobre (A13)”.

Apesar da categoria *Destruição de habitats* ter sido considerada no pré-teste, no pós-teste esta não foi considerada presente por não terem sido encontradas evidências.

As categorias de resposta cientificamente corretas consideradas numa maior percentagem de pós-testes foram: *Morte/danos para a saúde de animais/plantas* (91,7%) e *Poluição do solo* (91,7%). Numa percentagem ligeiramente inferior de pós-testes foram ainda consideradas as categorias *Poluição da água* (62,5%) e *Danos para a saúde pública* (41,7%).

No que diz respeito às respostas incompletas analisadas no pré-teste, da sua análise emergiram duas categorias de resposta: *Impactes negativos não específicos para o meio ambiente* e *Desequilíbrios para os seres vivos*. A categoria *Impactes negativos não específicos para o meio ambiente* foi considerada em 16,7% dos pré-testes, sendo por isso a mais expressiva neste domínio. Esta categoria inclui as respostas dadas pelos alunos nas quais não foram especificados os impactes ambientais resultantes das chuvas ácidas, não eram mencionados os agentes implicados ou cujas respostas não estavam corretamente formuladas ao ponto da sua ideia fundamental ser claramente perceptível. Como exemplos de respostas incluídas nesta categoria citam-se “as chuvas ácidas tem [sic] como principais consequências: (...) alterações no ciclo hidrológico que influencia a vida nos mares, lagos, etc. (A8)” e “[as chuvas ácidas podem]provocar desequilíbrios para os animais e os seres vivos (A10)”. Já no pós-teste não foram consideradas categorias de resposta incompletas, uma vez que não foram detetadas respostas dúbias, inconclusivas ou vagas.

Apesar de não se ter verificado uma variação significativa no número de categorias de resposta corretas do pré para o pós-teste, verificou-se que, de um modo geral, aumentou significativamente a percentagem de testes nos quais estas foram consideradas (excetuando as categorias *Destruição de habitats* e *Contaminação de produtos agrícolas/danos para a agricultura*, uma vez que estas não foram consideradas em simultâneo no pré e no pós-teste). Esta variação sugere que, depois da aplicação do

modelo de RP, um maior número de alunos conseguiu identificar os principais impactes ambientais resultantes da ocorrência de chuvas ácidas.

Quer no pré quer no pós-teste verificou-se que, como problemas ambientais derivados da ocorrência de chuvas ácidas, os alunos referiram predominantemente aspetos relacionados com a morte de animais e plantas e com a destruição de construções civis e de monumentos. No pós-teste, contudo, a frequência destas referências foi substancialmente superior comparativamente ao pré-teste.

A redução do número de respostas incompletas do pré para o pós-teste sugere que, ao longo da implementação do modelo de RP, os alunos reformularam as suas ideias mais vagas, imprecisas e pouco claras sobre os impactes da chuva ácida, tornando-as mais completas e conclusivas.

A questão 1.2. do grupo II era de escolha-múltipla e pedia aos alunos que, de entre as opções disponíveis, seleccionassem a que indicasse os principais compostos responsáveis pela acidificação anormal da chuva.

No pré-teste, a alternativa correta – *Óxidos de enxofre* – foi selecionada por 58,3% dos alunos (Tabela 8). Já a opção *Sulfatos e nitratos* foi selecionada por 20,8% dos alunos enquanto as opções *Clorofluorcarbonetos – CFCs* e *Amónia e amoníaco* foram, cada uma delas, selecionada por 12,5% dos alunos. Importa referir que um dos alunos selecionou duas opções (*Clorofluorcarbonetos – CFCs* e *Sulfatos e nitratos*).

Tabela 8. Percentagem e frequência das opções selecionadas pelos alunos na questão 1.2. do grupo II, relativamente à alternativa que indicava os principais compostos responsáveis pela acidificação anormal da chuva

Opções	Pré-teste		Pós-teste	
	f	%	f	%
A – Óxidos de enxofre/ óxidos de enxofre e óxidos de azoto ⁴	14	58,3	24	100,0
B – Clorofluorcarbonetos – CFCs	3	12,5	-	-
C – Sulfatos e nitratos	5	20,8	-	-
D – Amónia e amoníaco	3	12,5	-	-

N=24

Estes dados sugerem que, antes da aplicação do modelo de RP, uma percentagem considerável de alunos (58,3%) reconhecia os óxidos de enxofre como os principais responsáveis pela chuva ácida,

⁴ No pós-teste a opção A incluía óxidos de enxofre e óxidos de azoto, já no pré-teste a opção A referia apenas óxidos de enxofre.

no entanto uma percentagem expressiva de alunos atribuía a responsabilidade de ocorrência deste fenómeno a outros compostos, nomeadamente aos sulfatos e aos nitratos.

No pós-teste a totalidade dos alunos selecionou a opção correta: *Óxidos de enxofre e óxidos de azoto*. Estes resultados sugerem que a aplicação do modelo de RP foi eficaz no reconhecimento por parte dos alunos dos óxidos de enxofre e de azoto como os principais compostos químicos responsáveis pela ocorrência das chuvas ácidas.

Na questão 1.3. do grupo II era solicitado aos alunos que referissem fontes de poluição que contribuíssem para a acidificação anormal da precipitação. Na Tabela 9 são apresentadas as categorias de resposta consideradas no pré e no pós-teste com base nas respostas dadas pelos alunos.

Tabela 9. Categorias emersas da análise de conteúdo da questão 1.3. do grupo II do pré e do pós-teste, na qual era pedido aos alunos que mencionassem possíveis fontes de poluição responsáveis pela ocorrência de chuvas ácidas. Às categorias associam-se a frequência (f) e a percentagem (%) de testes nos quais foram consideradas

Categorias	Pré-teste		Pós-teste	
	f	%	f	%
Corretas				
Veículos motorizados	13	54,2	23	95,8
Indústria	12	50,0	23	95,8
Incêndios	2	8,3	-	-
Atividade vulcânica	2	8,3	6	25,0
Extração de minerais de enxofre	-	-	1	4,2
Incompletas				
Libertação de poluentes em circunstâncias não específicas	5	20,8	11	45,8
Incorretas				
CFCs/aerossóis	4	16,7	-	-
Poluição de reservatórios de água	2	8,3	1	4,2
Utilização de adubos/pesticidas	1	4,2	2	8,3
Aterros sanitários	-	-	1	4,2

N=24

Da análise da referida questão do, no pré-teste, emergiram quatro categorias de resposta cientificamente corretas, das quais se destacam, pela sua predominância, *Veículos motorizados* e *Indústria*. A categoria *Veículos motorizados* foi considerada em 54,2% dos pré-testes e, por sua vez, a categoria *Indústria* foi considerada em 50,0%.

Como exemplos de respostas dadas pelos alunos e incluídas na categoria *Veículos motorizados* citam-se “a emissão de poluentes pelos automóveis (A3)” e “essencialmente os escapes motorizados que a altas temperaturas libertam óxidos de enxofre (A8)”. Já como exemplos de respostas incluídas na categoria *Indústria* indicam-se “as fontes de poluição responsáveis pela acidificação das chuvas são

maioritariamente fontes antropogénicas, nomeadamente as indústrias (siderurgia, por exemplo) (A9)” e “combustões industriais (A10)”. Consideradas numa menor percentagem de testes foram as categorias *Incêndios* e *Atividade vulcânica*, tendo sido ambas detetadas em 8,3% dos testes.

No pós-teste foram consideradas quatro categorias de resposta corretas, das quais três são comuns ao pré-teste (*Veículos motorizados*, *Indústria*, *Atividade vulcânica*). A categoria *Incêndios*, apesar de ter sido considerada no pré-teste, não foi considerada no pós-teste uma vez que os alunos não fizeram referência a estes como fontes de poluentes responsáveis pela acidificação da chuva. Já a categoria *Extração de minerais de enxofre* foi considerada apenas no pós-teste, tendo por base a resposta “extração mineira (a partir de materiais que contêm enxofre) (A9)”.

As categorias de resposta cientificamente corretas consideradas num maior número de pós-testes foram *Veículos motorizados* e *Indústria*, tendo sido ambas consideradas em 95,8% dos testes. Uma outra categoria que do pré para o pós-teste tornou-se mais expressiva foi *Atividade vulcânica*, tendo sido previamente considerada em 8,3% dos pré-testes e, posteriormente, em 25,0% dos pós-testes. O aumento significativo da percentagem de testes onde esta última categoria foi considerada sugere que um maior número de alunos reconheceu que a atividade antrópica não é a única causa da acidificação anormal da chuva.

No âmbito das respostas incompletas, emergiu, quer no pré quer no pós-teste, uma única categoria de resposta: *Libertação de poluentes em circunstâncias não específicas*. Nesta categoria foram incluídas as respostas nas quais os alunos não especificaram os poluentes libertados, os processos em que estes eram produzidos ou os respetivos contextos (indústria, atividade geológica, uso de automóveis, etc.) Assim, no pré-teste, como exemplos de respostas incluídas na categoria anteriormente referida citam-se “libertação de gases poluentes para atmosfera (A6)”, e “algumas energias e /ou alguns métodos e tratamento de resíduos causam a poluição que conseqüentemente pode levar a chuvas ácidas (A21)”. Já no pós-teste as respostas dadas pelos alunos e incluídas na categoria *Libertação de poluentes em circunstâncias não específicas* estão essencialmente relacionadas com o recurso a combustíveis fósseis em contextos e/ou processos indeterminados, tendo como exemplos destas respostas “combustíveis fósseis (A5)” e “as emissões de combustíveis fósseis (A7)”. Esta categoria foi considerada em 20,8% dos pré-testes e em 45,8% dos pós-testes.

No âmbito das respostas cientificamente incorretas, no pré-teste foram consideradas três categorias: *CFCs/aerossóis*, *Poluição de reservatórios de água*, *Utilização de adubos/pesticidas*. Destas, a categoria mais expressiva foi *CFCs/aerossóis*, tendo sido considerada em 16,7% dos pré-testes. Como

exemplos de respostas dadas pelos alunos e incluídas nesta categoria citam-se “produtos como laca são fontes de poluição (A2)” e “CFC’s [sic](A5)”. Já no pós-teste foram consideradas quatro categorias de resposta cientificamente incorretas, das quais duas eram comuns ao pré-teste (*Poluição de reservatórios de água* e *Utilização de pesticidas/pesticidas*) e uma era exclusiva do pós-teste (*Aterros sanitários*). Destas, a categoria mais expressiva no pós-teste foi *Utilização de adubos/pesticidas*, tendo sido esta considerada em 8,3% dos pós-testes e com base em repostas como “utilização de pesticidas (A23)”.

Apesar de não ter havido uma variação significativa no número de categorias de resposta cientificamente corretas do pré para o pós-teste, observou-se um aumento expressivo da percentagem de testes onde estas foram consideradas. Quer no pré quer no pós-teste foram mais expressivas as categorias de resposta correta que remetiam para os veículos motorizados e para a indústria como os principais responsáveis pela emissão de poluentes responsáveis pela ocorrência das chuvas ácidas. No entanto, no pós-teste, as categorias anteriormente referidas foram consideradas em maiores percentagens. Estes resultados sugerem que a aplicação do modelo de RP contribuiu para que um maior número de alunos reconhecesse as principais fontes de poluição responsáveis pela acidificação anormal das chuvas.

Verificou-se ainda que a única categoria de resposta incompleta considerada em ambos os testes foi mais expressiva no pós-teste, revelando que neste último houve uma maior percentagem de alunos a não expressar claramente e de forma cientificamente bem fundamentada determinadas fontes de poluição. No pós-teste, estas respostas incompletas estão maioritariamente relacionadas com o recurso aos combustíveis fósseis em contextos ou processos não específicos, o que sugere que os alunos reconheceram que a utilização dos combustíveis fósseis pode contribuir para a acidificação anormal da precipitação, no entanto têm dificuldades em especificar os múltiplos contextos e processos em que estes combustíveis podem ser utilizados.

Houve ainda uma ligeira redução, do pré para o pós-teste, do número de alunos (de dois para um) a referir que a poluição de reservatórios de água é responsável pela acidificação da chuva. No entanto houve um ligeiro aumento do número de alunos (de um para dois) a referir que o uso de adubos ou pesticidas contribui para a ocorrência das chuvas ácidas. No pré-teste dois alunos relacionaram também o uso de aerossóis com a formação de chuvas ácidas. No pós-teste esta ideia não foi detetada, o que sugere que esta foi reformulada e, provavelmente, considerada como cientificamente infundada como resultado da aplicação do modelo de RP.

No pós-teste foi ainda considerada uma categoria de resposta cientificamente incorreta que não tinha sido considerada no pré-teste – *Aterros sanitários*. Apesar de esta categoria ter sido baseada na resposta de um único aluno, não sendo por isso estatisticamente expressiva, a sua ocorrência sugere que este adquiriu uma conceção cientificamente infundada ao longo da aplicação do modelo de RP.

Apesar de se ter mantido o número de categorias de resposta cientificamente incorretas do pré para o pós-teste, as frequências de testes nos quais estas foram consideradas no pós-teste são significativamente inexpressivas comparativamente às frequências de categorias corretas. Ou seja, apesar de uma reduzida percentagem de alunos ter adquirido conceções cientificamente incorretas ao longo da aplicação do modelo de RP, uma percentagem substancial conseguiu referir corretamente fontes de poluição responsáveis pela ocorrência de chuvas ácidas.

Na questão 1.4. do grupo II do pré e do pós-teste era pedido aos alunos que sugerissem medidas a implementar, quer por indivíduos quer por instituições, com o intuito de reduzir as chuvas ácidas. Na Tabela 10 são referidas as categorias emersas da análise das respostas dos alunos à referida questão.

Tabela 10. Categorias emergidas da análise de conteúdo da questão 1.4. do grupo II do pré e do pós-teste, na qual era pedido aos alunos que indicassem medidas para solucionar os problemas causados pela ocorrência de chuvas ácidas. Às categorias associam-se a frequência (f) e a percentagem (%) de testes nos quais estas foram consideradas

Categorias	Pré-teste		Pós-teste	
	f	%	f	%
Corretas				
Recurso a transportes públicos	7	29,2	16	66,7
Utilização de catalisadores/filtros em engenhos motorizados	3	12,5	12	50,0
Reduzir a utilização de transportes motorizados/andar a pé/de bicicleta	3	12,5	5	20,8
Aplicação de filtros nas indústrias	2	8,3	8	33,3
Reciclagem	1	4,2	2	8,3
Reutilização de materiais	-	-	1	4,2
Sensibilização/formação ambiental	1	4,2	8	33,3
Investimento na pesquisa e desenvolvimento de energias renováveis	1	4,2	-	-
Recurso a energias renováveis	-	-	13	54,2
Controlo do número de fábricas por área	-	-	5	20,8
Poupar energia	-	-	2	8,3
Recurso a veículos movidos a hidrogénio/gás natural	-	-	3	12,5
Reduzir a utilização de combustíveis fósseis	1	4,2	2	8,3
Incompletas				
Medidas não específicas relacionadas com o tratamento/libertação/produção de poluentes	17	70,8	11	45,8
Reduzir o número de incêndios	-	-	1	4,2
Cooperação social	1	4,2	-	-
Recurso a transportes menos poluentes não específicos	1	4,2	3	12,5
Tratar melhor o ambiente	1	4,2	-	-
Incorretas				
Evitar a utilização de CFCs	2	8,3	-	-
Evitar poluir rios e mares	1	4,2	-	-
Evitar a utilização de adubos/pesticidas	-	-	3	12,5
Medidas relacionadas com o tratamento de efluentes mineiros	-	-	1	4,2
Implementação/cumprimento de medidas de segurança não específicas	-	-	1	4,2
Neutralização de rios e lagos	-	-	1	4,2
Utilização de catalisadores em chaminés	-	-	1	4,2
Sem resposta	3	12,5	-	-

N=24

Da análise das respostas dos alunos à referida questão, no pré-teste, emergiram oito categorias de resposta cientificamente corretas, das quais se destacam, pela sua expressividade, *Recurso a transportes públicos* (29,2%), *Utilização de catalisadores/filtros em engenhos motorizados* (12,5%) e *Reduzir a utilização de transportes motorizados/andar a pé/de bicicleta* (12,5%).

Como exemplos de respostas incluídas na categoria *Recurso a transportes públicos* citam-se “uso de transportes públicos (A1)” e “recorrer mais a transportes públicos (A2)”. Relativamente à categoria *Reduzir a utilização de transportes motorizados/andar a pé/de bicicleta*, como exemplos de respostas, indicam-se “deslocar-se (...) a pé, para reduzir a utilização de automóveis (A22)” e “utilizar menos o automóvel e recorrer mais a transportes públicos ou bicicleta⁵ (A3)”. Já como exemplos de respostas incluídas na categoria *Utilização de catalisadores/filtros em engenhos motorizados* citam-se “a utilização de catalisadores que aumentem a rapidez da decomposição dos óxidos de enxofre (A10)” e “produzir motores menos poluentes, por exemplo com filtração de gases poluentes (A11)”.

Da análise das respostas dos alunos à mesma questão, mas no pós-teste, emergiram onze categorias de resposta cientificamente corretas, das quais seis são comuns ao pré-teste (*Recurso a transportes públicos, Utilização de catalisadores/filtros em engenhos motorizados, Reduzir a utilização de transportes motorizados/andar a pé/de bicicleta, Aplicação de filtros nas indústrias, Reciclagem, Reutilização de materiais e Sensibilização/formação ambiental*). Como categorias exclusivas do pós-teste emergiram *Recurso a energias renováveis, Controlar o número de fábricas por área, Poupar energia e Recurso a veículos movidos a hidrogénio/gás natural*. As categorias de resposta cientificamente corretas consideradas num maior número de pós-testes, e por isso as mais expressivas, foram *Recurso a transportes públicos* (66,7%), *Recurso a energias renováveis* (54,2%) e *Utilização de catalisadores/filtros em engenhos motorizados* (50,0%).

Relativamente às respostas incompletas dadas pelos alunos, da sua análise emergiram, no pré-teste, quatro categorias de resposta, das quais *Medidas não específicas relacionadas com o tratamento/libertação/produção de poluentes* é a mais expressiva (70,8%). Como exemplos de respostas dadas pelos alunos e incluídas na categoria anteriormente mencionada indicam-se: “proceder a alterações de modo a que sejam gases menos tóxicos a saírem para a atmosfera (A2)” e “não emitir os poluentes para a atmosfera por parte das instituições (A3)”. As restantes categorias de resposta incompletas surgirem, respetivamente, em apenas um teste.

No pós-teste foram consideradas três categorias de resposta incompletas, das quais duas são comuns ao pré-teste (*Medidas não específicas relacionadas com o tratamento/libertação/produção de poluentes e Recurso a transportes menos poluentes não específicos*) e uma é exclusiva do pós-teste

⁵ Nesta resposta são considerados dois elementos que configuram em duas categorias diferentes. Considera-se que o aluno refere em simultâneo o recurso aos transportes públicos (categoria: *Recurso a transportes públicos*) e o recurso à bicicleta (categoria: *Reduzir a utilização de transportes motorizados/andar a pé/de bicicleta*). No entanto, para preservar a estrutura frásica e semântica da resposta, optou-se por citar a resposta completa, incluindo os dois elementos de duas categorias distintas.

(*Reduzir o número de incêndios*). Destas categorias, *Medidas não específicas relacionadas com o tratamento/libertação/produção de poluentes* foi, à semelhança do pré-teste, a mais expressiva (45,8%).

Da análise das respostas incorretas dadas pelos alunos no pré-teste emergiram as categorias *Evitar a utilização de CFCs* e *Evitar poluir rios e mares*, tendo sido a primeira categoria considerada em 8,3% dos testes e a última em 4,2%. Como um exemplo de uma resposta incluída na categoria *Evitar a utilização de CFCs* cita-se “não emitir CFCs ou gases com efeitos semelhantes (A2)”. Relativamente à categoria *Evitar poluir rios e mares* indica-se, como um exemplo de resposta, “não poluir os ambientes marinhos (A14)”.

No pós-teste emergiram cinco categorias de resposta cientificamente incorretas, das quais *Evitar a utilização de adubos/pesticidas* é a mais expressiva. Esta categoria foi considerada em 12,5% dos testes. Como um exemplo de uma resposta incluída na categoria anterior cita-se “evitar a utilização de adubos e pesticidas (A15)”.

Em suma, do pré para o pós-teste observou-se um aumento significativo do número de categorias de resposta cientificamente corretas. Enquanto no pré-teste foram consideradas sete categorias, no pós-teste foram consideradas onze. Como já foi referido, destas onze categorias seis tinham já sido consideradas no pré-teste enquanto as outras cinco são exclusivas do pós-teste. A emergência destas categorias exclusivas espelha o progresso dos alunos em termos do desenvolvimento de conhecimentos acerca das medidas a serem corretamente implementadas com vista a solucionar os problemas gerados pela chuva ácida.

No domínio das respostas cientificamente corretas os alunos não só referiram medidas preventivas no contexto do problema ambiental abordado, como também sugeriram medidas de resolução dos problemas ambientais gerados. Verificou-se ainda que, quer no pré quer no pós-teste, as medidas mais referidas pelos alunos relacionavam-se fundamentalmente com o recurso a transportes públicos e a utilização de catalisadores ou de filtros em engenhos motorizados, dos quais o automóvel foi o mais referido. No pós-teste a expressividade destas referências foi superior comparativamente ao pré-teste.

Do pré para o pós-teste verificou-se também uma ligeira redução do número de categorias de resposta incompletas (de cinco para quatro). Em ambos os testes a categoria de resposta incompleta mais expressiva foi *Medidas não específicas relacionadas com o tratamento/libertação/produção de poluentes*. Este resultado sugere que, mesmo após a aplicação do modelo de RP, alguns alunos

continuaram a exprimir de forma incompleta e/ou inconclusiva medidas para resolver os problemas gerados pelas chuvas ácidas, no entanto em menor número comparativamente com os casos constatados no pré-teste.

Verificou-se também que no pré-teste um aluno referiu medidas relacionadas com a resolução de problemas ambientais resultante da libertação de efluentes mineiros (neutralização de efluentes, biorremediação e monitorização da qualidade da água) no contexto das chuvas ácidas. Esta ideia poderá resultar de uma eventual confusão relacionada com a presença do termo 'ácidas' em contextos diferentes no pré e no pós-teste, sendo este associada às lamas e aos efluentes resultantes do atividade mineira e às chuvas ácidas.

3.3.2.3. Grupo III – Poluição de aquíferos

Dois terços da superfície terrestre encontram-se cobertos por água, sendo que mais de 97% desta constitui os oceanos e menos de 1% os lagos e rios existentes no nosso planeta (Jackson & Jackson, 2000).

A água, como excelente solvente que é, pode dissolver várias substâncias como resultado, por exemplo, da sua interação com os elementos que constituem o solo (Laboratório Nacional de Energia e Geologia [LNEG], 2001). O solo pode funcionar como um filtro para a água e reter alguns dos seus compostos dissolvidos, no entanto outras substâncias há que não podem ser retidas e permanecem em solução na água, poluindo-a (*ibidem*). O conceito de poluição pode ser entendido como “qualquer alteração física, biológica ou química que adversamente afeta organismos vivos e que torna a água inapropriada para os fins desejados” (Cunningham & Saigo, 1999, p.436). A poluição da água pode ainda ser uma consequência direta ou indireta de agentes antrópicos ou naturais, sendo frequentemente resultado da interação simultânea de ambos (LNEG, 2001).

Quando se aborda a problemática da poluição da água podem-se considerar dois tipos fundamentais de fontes de poluição: as pontuais e as não pontuais (Cunningham & Saigo, 1999). As fontes de poluição pontuais libertam poluentes num local específico (e.g. esgotos), contrariamente às fontes de poluição não pontuais que libertam os poluentes de forma difusa (e.g. águas de escorrência superficial provenientes de explorações agrícolas) (*ibidem*).

Os reservatórios de água subterrâneos constituem um importante recurso no fornecimento de água potável às populações (Cunningham & Saigo, 1999). A estes reservatórios pode ser atribuída a

designação de aquíferos se estes permitirem o armazenamento e a exploração de água de forma economicamente rentável (LNEG, 2001).

Por muito tempo pensou-se que as águas subterrâneas eram imunes à poluição, devido à crença de que o solo funcionaria como um filtro e reteria os poluentes nela libertados, impedindo assim a sua contaminação (Cunningham & Saigo, 1999). Atualmente, as águas subterrâneas são um recurso que enfrenta sérias ameaças devido à sua sobre-exploração e à poluição com origens doméstica, industrial e agrícola (*ibidem*).

A poluição dos aquíferos com origem doméstica está fundamentalmente associada à descarga de efluentes domésticos sem tratamento prévio, às fossas sépticas e às lixeiras, podendo estas fontes contaminar os aquíferos com matéria orgânica, microrganismos, amónia, entre outros (LNEG, 2001). Estas fontes de poluição podem ser responsáveis pelo aumento da mineralização da água, da subida da sua temperatura, alterações na sua cor, sabor e odor (*ibidem*). Press e Siever (2000) referem ainda que as fossas sépticas utilizadas em zonas onde não existem redes de esgotos constituem um risco de contaminação de aquíferos devido à libertação de fosfatos, nitratos e metais pesados. Posto isto, as fossas sépticas devem ser construídas em zonas situadas a uma distância considerável dos poços de captação de água em aquíferos superficiais (*ibidem*).

Ao nível da agricultura, e de acordo com o LNEG (2001), como principais ameaças à qualidade da água dos aquíferos têm-se:

- O uso indevido de fertilizantes em solos com elevada permeabilidade e suprajacentes a aquíferos livres – podendo este ser responsável pelo aumento do teor de compostos azotados na água;
- A considerável taxa de reciclagem da água dos aquíferos em zonas de intensa rega;
- O depósito de resíduos de origem animal em locais vulneráveis à contaminação de aquíferos;
- O uso inadequado de pesticidas em solos permeáveis e com baixa capacidade de absorção.

Press e Siever (2000) indicam ainda que a água da chuva pode arrastar consigo os pesticidas e fertilizantes normalmente utilizados na agricultura, potenciando a sua percolação através do solo e, conseqüentemente, a contaminação de aquíferos.

Relativamente à poluição dos aquíferos derivada das atividades industriais, que constitui uma fonte de poluição caracteristicamente pontual, esta está frequentemente associada à eliminação de resíduos industriais e a derrames resultantes do seu transporte e armazenamento (LNEG, 2001). Press e Siever (2000) referem ainda a emissão de compostos clorados, utilizados como solventes em

processos industriais, como sendo uma grave ameaça à qualidade da água dos aquíferos, uma vez que estes compostos são de difícil remoção.

Nos países menos desenvolvidos, as principais ameaças à qualidade da água são os resíduos de origem animal bem como os sedimentos provenientes da agricultura (Jackson & Jackson, 2000). Já nos países mais desenvolvidos, os poluentes industriais (metais pesados, compostos orgânicos, calor, etc.) são os principais responsáveis pelo comprometimento da qualidade da água (*ibidem*).

É ainda de referir que os gases libertados pela indústria (nomeadamente pelas centrais termoelétricas) e pelos veículos motorizados, ao interagirem com a água na atmosfera e originarem chuva ácida, podem contribuir para a contaminação de aquíferos (The American Ground Water, 2003). Quando a água acidificada da precipitação penetra no solo pode circular através dele e misturar-se com as águas dos aquíferos, reduzindo o seu pH (*ibidem*).

Como medidas para solucionar os problemas ambientais provocados pela poluição da água, Cunningham e Saigo (1999) propõem:

- Evitar poluir a água – além de ser a forma mais eficaz de reduzir os efeitos provenientes da poluição da água é também a medida mais económica;
- Utilização cuidadosa de produtos derivados de combustíveis fósseis;
- Modificação de processos industriais com vista a fazer com que estes originem menos resíduos;
- Reciclar – o que leva à redução da quantidade de lixo existente e, conseqüentemente, à redução da probabilidade de este ser depositado em reservatórios de água e de a poluir;
- Reduzir a ocorrência de águas pluviais e a erosão em zonas que constituam fontes de poluição não pontual, nomeadamente através da cobertura de campos de cultivo e da proibição do corte de árvores;
- Aplicação racional e precisa de fertilizantes e pesticidas, reduzindo não só a probabilidade de contaminação de reservatórios de água, como também os custos associados ao cultivo;
- Proibir a utilização de detergentes que contenham fosfatos na sua composição;
- Recurso a Estações de Tratamento de Águas Residuais (ETARs);
- Reflorestação – uma vez que várias espécies vegetais captam os poluentes da água, funcionando como um “filtro”.

A primeira questão do grupo III do pré e do pós-teste era de escolha múltipla e nela era pedido aos alunos que, de entre as opções disponíveis, selecionassem aquela que melhor definia o conceito de aquífero. Na Tabela 11 é apresentada a quantificação das alternativas selecionadas pelos alunos.

Tabela 11. Percentagem e frequência das opções selecionadas pelos alunos na questão 1 do grupo III, relativamente à alternativa que melhor definia o conceito de aquífero

Opções	Pré-teste		Pós-teste	
	f	%	f	%
A – Um aquífero é um conjunto de formações rochosas impermeáveis capazes de conduzir água à superfície	3	12,5	-	-
B – Um aquífero é um conjunto de formações geológicas com reduzida porosidade que absorvem água, funcionando como reservatórios de água proveniente das chuvas	5	20,8	-	-
C – Lençóis freáticos no subsolo com a capacidade de armazenar água proveniente das chuvas e de a conduzir à superfície sem que esta seja poluída	4	16,7	-	-
D – Um aquífero é uma formação rochosa com capacidade de armazenar água de forma que esta possa ser explorada de forma economicamente rentável ⁶	12	50,0	24	100,0

N=24

No pré-teste 50,0% dos alunos selecionou a alternativa que corretamente definia o conceito de aquífero – opção D. Uma percentagem ligeiramente inferior de alunos (20,8%) selecionou a opção B – *Um aquífero é um conjunto de formações geológicas com reduzida porosidade que absorvem água, funcionando como reservatórios de água proveniente das chuvas*. Por sua vez, 16,7% dos alunos selecionaram a opção C – *Lençóis freáticos no subsolo com a capacidade de armazenar água proveniente das chuvas e de a conduzir à superfície sem que esta seja poluída* – e 12,5% selecionou a opção A – *Um aquífero é um conjunto de formações rochosas impermeáveis capazes de conduzir água à superfície*.

No pós-teste, a totalidade dos alunos escolheu a opção D, na qual *um aquífero é uma formação rochosa com capacidade de armazenar água de forma que esta possa ser explorada de forma economicamente rentável* (Dias et al., 2008). Este dado revela que o recurso ao modelo foi eficaz na reconstrução deste conceito científico.

Na segunda questão do grupo III, que mais uma vez consistia numa questão de escolha múltipla, era pedido aos alunos que, de entre as opções apresentadas, selecionassem aquela que corretamente

⁶ Baseado em Dias et al. (2008)

indicasse as características que um aquífero deve possuir para ser considerado eficaz. Na Tabela 12 é apresentada a contabilização das opções selecionadas pelos alunos no pré e no pós-teste.

Tabela 12. Percentagem e frequência das opções selecionadas pelos alunos na questão 2 do grupo III, relativamente às características que um aquífero deve possuir para ser considerado eficaz

Opções	Pré-teste		Pós-teste	
	f	%	f	%
A – Alta densidade do material rochoso e baixa permeabilidade	9	37,5	-	-
B – Baixa permeabilidade e elevada fracturação	0	0,0	-	-
C – Elevada porosidade e elevada permeabilidade ⁷	10	41,7	24	100,0
D – Elevada profundidade e elevada porosidade	5	20,8	-	-

N=24

No pré-teste, 41,7% dos alunos selecionou a opção que corretamente referia as características que um aquífero deve possuir para ser considerado eficaz – opção C. Os restantes alunos selecionaram uma das opções incorretas, tendo 37,5% selecionado a opção A – *Alta densidade do material rochoso e baixa permeabilidade* – e, por último, 20,8% dos alunos selecionaram a opção D – *Elevada profundidade e elevada porosidade*.

No pós-teste a totalidade dos alunos selecionou a opção correta. Desta forma, e à semelhança do que se verificou na análise da questão anterior, é possível deduzir que a aplicação do modelo de RP foi eficaz quanto ao reconhecimento, por parte dos alunos, das características que um aquífero deve possuir para ser eficaz, sendo estas a elevada porosidade e a elevada permeabilidade (Dias et al., 2008).

Na terceira questão do grupo III era pedido aos alunos que referissem possíveis fontes de poluição de aquíferos. As categorias emersas da análise das respostas dadas pelos alunos estão presentes na Tabela 13 bem como a frequência e percentagem de testes em que estas foram consideradas.

⁷ Baseada em Press e Siever (2008)

Tabela 13. Categorias emersas da análise das respostas dadas pelos alunos à questão 3 do grupo III do pré e do pós-teste, na qual era pedido aos alunos que referissem fontes de poluição de aquíferos. Às categorias associam-se a frequência (f) e a percentagem (%) de testes nos quais estas foram consideradas

Categorias	Pré-teste		Pós-teste	
	f	%	f	%
Corretas				
Água da chuva/chuva ácida	4	16,7	3	12,5
Utilização de adubos/pesticidas	3	12,5	22	91,7
Resíduos da atividade mineira	2	8,3	3	12,5
Resíduos sólidos/aterros sanitários	1	4,2	20	83,3
Efluentes domésticos	-	-	7	29,2
Resíduos industriais	-	-	14	58,3
Resíduos da exploração pecuária	-	-	8	33,3
Derrames de combustíveis fósseis e derivados	-	-	3	12,5
Incompletas				
Poluição/poluentes sem fonte específica	8	33,3	5	20,8
Incorretas				
Incêndios	1	4,2	-	-
Sem resposta	9	37,5	-	-

N=24

Da análise do pré-teste emergiram quatro categorias de resposta corretas. A categoria *Água da chuva/chuva ácida* foi considerada num maior número de testes (16,7%), sendo por isso a mais expressiva. Como exemplos de respostas dadas pelos os alunos e incluídas nesta categoria citam-se “poluição da água das chuvas (A11)” e “os aquíferos podem ser contaminados através de chuvas ácidas (A19)”. Numa percentagem ligeiramente inferior de testes (12,5%) foi considerada a categoria *Utilização de adubos/pesticidas*, citando-se como exemplos de respostas incluídas nesta categoria “os químicos dos adubos da agricultura podem contaminar estas águas [dos aquíferos] pois podem ir juntamente com as águas da chuva (A3)” e “uso de fertilizantes (A12)”.

No pós-teste foram consideradas oito categorias de resposta corretas, sendo quatro destas comuns ao pré-teste (*Água da chuva/chuva ácida*, *Utilização de adubos/pesticidas*, *Resíduos da atividade mineira*, *Resíduos sólidos/aterros sanitários*) e quatro exclusivas do pós-teste (*Efluentes domésticos*, *Resíduos industriais*, *Resíduos da exploração pecuária* e *Derrames de combustíveis fósseis e derivados*). Destas categorias comuns ao pré e ao pós-teste, destacam-se, pela sua expressividade, *Utilização de adubos/pesticidas* e *Resíduos sólidos/aterros sanitários*, tendo sido a primeira considerada em 91,7% dos testes e a última em 83,3%. Relativamente às categorias de resposta exclusivas do pós-teste, destaca-se *Resíduos industriais* como sendo a categoria predominante, tendo sido esta considerada em 58,3% dos testes. Como exemplos de respostas dadas pelos alunos e incluídas na categoria anteriormente

mencionada citam-se “resíduos produzidos pela indústria (A7)” e “lançamento nos solos dos resíduos industriais (metais pesados, e derivados de combustíveis fósseis, efluentes industriais) (A8)”.

No domínio das respostas incompletas analisadas no pré-teste emergiu uma única categoria: *Poluição/poluentes sem fonte específica*. Esta categoria foi considerada presente em 33,3% dos testes e com base em respostas como “água poluída e mal-tratada [sic] (A2)” e “líquidos libertados para o meio ambiente e substâncias dissolvidas capazes de infiltrar-se em rochas tal como a água e capazes de a poluir (A10)”.

No pós-teste, como categoria de resposta incompleta, foi apenas considerada a *Poluição/poluentes sem fonte específica*. Esta categoria manifestou-se em 20,8% dos testes e como exemplos de respostas incluídas nestes citam-se “poluição das águas subterrâneas (urbana, industrial e agrícola) (A14)” e “águas contaminadas (A17)”. Já no pré-teste foi considerada uma categoria de resposta incorreta, baseada na resposta de um aluno que relacionou a ocorrência de incêndios com a poluição de aquíferos. O aluno em questão apenas referiu “incêndios (A1)”, não tendo desenvolvido mais a sua resposta. Por não terem sido encontradas evidências bibliográficas que sustentassem a validade científica desta ideia, esta foi considerada incorreta.

No pré-teste verificou-se que nove alunos não deram resposta à questão em análise. Já no pós-teste todos os alunos responderam à referida questão.

Resumidamente, a variação positiva, do pré para o pós-teste, do número de categorias de resposta cientificamente correta (e da frequência de testes nas quais estas foram consideradas) sugere que a aplicação do modelo de RP contribuiu para que um maior número de alunos reconhecesse as principais fontes de poluição da água dos aquíferos. Estes dados sugerem, igualmente, que, após a aplicação do modelo de RP, os alunos enunciaram uma maior diversidade de fontes de poluição.

No pré-teste, como principais fontes de poluição da água dos aquíferos, os alunos indicaram a água proveniente da precipitação, nomeadamente a chuva ácida, e a utilização de adubos e pesticidas na agricultura. Em percentagens menos expressivas de pré-testes os alunos referiram ainda os resíduos de origem mineira e os resíduos sólidos. Já no pós-teste, além das fontes anteriormente referidas, os alunos indicaram os efluentes domésticos (vulgarmente designados de “esgotos”), os resíduos da atividade industrial, os resíduos das explorações pecuárias e aos derrames de combustíveis como potenciais ameaças à qualidade da água dos aquíferos. Após a aplicação do modelo de RP, os aspetos relacionados com a utilização de adubos e pesticidas em práticas agrícolas, com a produção e armazenamento de

resíduos sólidos em aterros sanitários e com os efluentes industriais foram os mais considerados pelos alunos.

No domínio das respostas incompletas, verificou-se no pré-teste uma percentagem considerável de alunos que se referiu à poluição de aquíferos sem, contudo, especificarem fontes. No pós-teste, a percentagem destes alunos decresceu de forma pouco significativa. Este dado sugere que a aplicação do modelo de RP terá contribuído, embora de forma subtil, para que os alunos referissem fontes de poluição com uma maior objetividade e rigor científico.

Enquanto no pré teste um aluno tinha referido a ocorrência de incêndios como possível fonte de contaminação de aquíferos, no pós-teste esta ideia não foi detetada, o que sugere que a aplicação do modelo de RP terá contribuído para a reformulação desta ideia.

Na questão 3.1. do grupo III do pré e do pós-teste era pedido aos alunos que referissem medidas para minimizar os efeitos ambientais resultantes da poluição dos aquíferos. Da análise das respostas dadas pelos alunos a esta questão, no pré-teste, emergiram cinco categorias de resposta cientificamente corretas: *Recurso a ETAs*, *Evitar o uso de pesticidas/fertilizantes*, *Redução da emissão de poluentes responsáveis pelas chuvas ácidas*, *Sensibilização/formação ambiental* e *Impermeabilização dos aterros sanitários* (Tabela 14). Excetuando a categoria *Sensibilização/formação ambiental*, considerada em 8,3% dos pré-testes, cada uma das categorias anteriormente referidas foi considerada em apenas 4,2% dos testes. Como um exemplo de uma resposta incluída na categoria *Sensibilização/formação ambiental* cita-se “ter consciência do modo como o mundo possa vir a ficar (A8)”.

Tabela 14. Categorias emersas da análise das respostas dadas pelos alunos à questão 3.1. do grupo III do pré e do pós-teste, na qual era pedido aos alunos que referissem medidas para minimizar os impactes ambientais causados pela poluição de aquíferos. Às categorias associam-se a frequência (f) e a percentagem (%) de testes nos quais estas foram consideradas

Categorias	Pré-teste		Pós-teste	
	f	%	f	%
Corretas				
Recurso a ETAs	1	4,2	1	4,2
Reciclagem	-	-	10	41,7
Evitar o uso de pesticidas/fertilizantes	1	4,2	5	20,8
Gestão apropriada dos resíduos mineiros	-	-	4	16,7
Redução da emissão de poluentes responsáveis pelas chuvas ácidas	1	4,2	4	16,7
Monitorização da qualidade da água	-	-	8	33,3
Monitorização da qualidade do solo	-	-	2	8,3
Redução de resíduos sólidos	-	-	4	16,7
Aplicação de multas a pessoas/ instituições que poluam	-	-	6	25,0
Poupança de água	-	-	5	20,8
Sensibilização/formação ambiental	2	8,3	6	25,0
Recurso a energias renováveis	-	-	3	12,5
Impermeabilização dos aterros sanitários	1	4,2	1	4,2
Denúncia de focos de poluição	-	-	2	8,3
Recurso à agricultura biológica	-	-	6	25,0
Não criar explorações agrícolas/industriais próximas de aquíferos	-	-	6	25,0
Monitorização das explorações agrícolas	-	-	1	4,2
Incompletas				
Medidas não específicas relacionadas com o tratamento/controlo/ libertação de poluentes	8	33,3	16	66,7
Medidas não específicas relacionadas com as condições dos aterros sanitários	-	-	3	12,5
Recurso a produtos agrícolas não específicos	-	-	1	4,2
Controlo não específico das escombrelas	1	4,2	-	-
Incorretas				
Redução do número de incêndios	1	4,2	-	-
Redução do pH das chuvas	1	4,2	-	-
Localizar os aquíferos em zonas onde não haja agricultura	1	4,2	-	-
Utilização de catalisadores nas chaminés das fábricas	-	-	1	4,2
Utilização de fertilizantes	-	-	1	4,2
Não construir fábricas próximas de zonas subterrâneas	-	-	1	4,2
Sem resposta	12	50,0	-	-

N=24

No pós-teste foram consideradas dezassete categorias de resposta corretas, das quais se destacam, por terem sido consideradas num maior número de testes, *Reciclagem* (41,7%) e *Monitorização da qualidade da água* (33,3%).

Como exemplos de respostas incluídas na categoria *Reciclagem* citam-se “aumentar a reciclagem (A1)” e “reciclagem (A4)”. Já na categoria *Monitorização da qualidade da água*, como exemplos de respostas incluídas, citam-se “monitorizar a água (A6)” e “controlo da qualidade da água” (A8). Em menor percentagem de testes, mas ainda assim significativas, foram consideradas as categorias *Evitar o uso de pesticidas/fertilizantes* (20,8%), *Aplicação de multas a pessoas/ instituições que poluam* (25,0%), *Poupança de água* (20,8%) *Sensibilização/formação ambiental* (25,0%) e *Recurso à agricultura biológica* (25,0%). Em percentagens pouco expressivas de testes foram ainda consideradas as categorias *Gestão apropriada dos resíduos mineiros* (16,7%), *Redução da emissão de poluentes responsáveis pelas chuvas ácidas* (16,7%), *Redução de resíduos sólidos* (16,7%), *Recurso a energias renováveis* (12,5%), entre outras.

No domínio das respostas incompletas foram consideradas, no pré-teste, duas categorias de resposta incompletas: *Medidas não específicas relacionadas com o tratamento/controlo/ libertação de poluentes* e *Controlo não específico das escombreyras*. Destas categorias, *Medidas não específicas relacionadas com o tratamento/controlo/libertação de poluentes* foi a mais expressiva, tendo sido considerada em 33,3% dos testes. Como exemplos de respostas incluídas nesta categoria referem-se “não poluir” (A8) e “elaborar medidas para diminuir a poluição das chuvas (A11)”. Já a categoria *Controlo não específica das escombreyras* foi considerada em apenas 4,2% dos pré-testes.

No pós-teste foram consideradas três categorias de resposta incompletas: *Medidas não específicas relacionadas com o tratamento/controlo/libertação de poluentes*, *Medidas não específicas relacionadas com as condições dos aterros sanitários* e *Recurso a produtos agrícolas não específicos*. Destas categorias, e à semelhança do que se verificou no pré-teste, *Medidas não específicas relacionadas com o tratamento/controlo/libertação de poluentes* foi a mais expressiva, tendo sido considerada em 66,7% dos pós-testes. Como exemplos de respostas dadas pelos alunos e incluídas na categoria referida anteriormente citam-se “controlo dos lixos (A8)” e “encontrar alternativas às emissões dos resíduos das fábricas (A19)”.

Com base nas respostas cientificamente incorretas dadas no pré-teste foram consideradas três categorias de resposta: *Redução do número de incêndios*, *Redução do pH das chuvas* e *Localizar os aquíferos em zonas onde não haja agricultura*. Cada uma destas categorias foi considerada em 4,2% dos testes, não havendo, por isso, uma categoria que se possa considerar mais expressiva.

No pós-teste foram também consideradas três categorias de resposta cientificamente incorretas (*Utilização de catalisadores nas chaminés das fábricas, Utilização de fertilizantes e Não construir fábricas próximas de zonas subterrâneas*), tendo sido cada uma delas considerada em 4,2% de testes.

Doze alunos não deram resposta à questão em análise no pré-teste, o que sugere que estes não conheciam nenhuma medida que pudesse ser corretamente implementada com a finalidade de solucionar o problema da poluição dos aquíferos. No pós-teste todos os alunos deram resposta à questão.

Em suma, do pré para o pós-teste verificou-se um aumento substancial do número de categorias de respostas cientificamente corretas. No entanto, a esta ampla diversidade de categorias, estão associadas frequências pouco expressivas, o que remete para uma heterogeneidade considerável ao nível das medidas propostas pelos alunos. No entanto, apesar da elevada diversidade de respostas, verificou-se que uma maior percentagem de alunos focou aspetos relacionados com a reciclagem e a monitorização da qualidade da água na proposta de soluções após a aplicação do modelo de RP. Verificou-se também que, de uma forma geral, os alunos propuseram medidas preventivas e de correção dos problemas relacionados com a poluição da água, além de terem remetido para diferentes níveis de intervenção (individual e institucional). Estes resultados sugerem que a aplicação do modelo de RP permitiu aos alunos perspetivar o problema da poluição de aquíferos de vários ângulos, considerando vários intervenientes na sua resolução e prevenção.

No entanto, no pós-teste verificou-se um maior número de categorias de resposta incompletas, o que sugere que vários alunos não foram capazes de enunciar de forma clara e inequívoca medidas de resolução para o problema abordado. Através destas respostas, os alunos referiam-se ao tratamento, controlo e/ou libertação de poluentes sem especificar técnicas, meios, contextos ou intervenientes.

O número de categorias de resposta cientificamente incorretas manteve-se do pré para o pós-teste, no entanto as categorias presentes no primeiro não se manifestaram no segundo. Este dado sugere que, por um lado, a aplicação do modelo de RP foi eficaz na reconstrução das ideias cientificamente incorretas expressas pelos alunos no pré-teste, mas, por outro, foram adquiridas conceções cientificamente incorretas ao longo do desenvolvimento das suas fases. No entanto importa ressaltar que, comparativamente ao número de categorias de resposta cientificamente corretas e às respetivas frequências, o número e frequência de respostas incorretas é pouco expressivo.

CAPÍTULO IV – CONCLUSÕES, LIMITAÇÕES, RECOMENDAÇÕES E IMPLICAÇÕES PESSOAIS E PROFISSIONAIS

4.1. Introdução

Neste capítulo são apresentadas as principais conclusões a que se chegou com o presente estudo (4.2.). São também apresentadas as principais limitações que se fizeram sentir ao longo do desenvolvimento da intervenção (4.3.) e feitas recomendações para futuros estudos dentro do mesmo âmbito (4.4.). Por fim são referidas as implicações do estudo ao nível pessoal e profissional para o estagiário (4.5.)

4.2. Conclusões

Com base na análise das composições coletivas verificou-se que existe um desfasamento considerável no reconhecimento das causas e das consequências dos problemas ambientais selecionados, tendo sido minoritário o número de grupos de alunos que reconheceu as consequências do problema abordado. Estes dados indicam que os alunos, de uma forma geral, não possuem um nível apreciável de conhecimentos relativos aos problemas ambientais abordados, nomeadamente no que diz respeito às suas consequências. Esta inferência é preocupante uma vez que os alunos aparentam não estar consciencializados para as consequências de determinados danos infligidos ao meio ambiente.

Reduzido foi também o número de grupos que referiram aspetos transdisciplinares na abordagem do problema selecionado, o que sugere que os alunos não possuem uma visão abrangente e transversal a vários domínios do conhecimento na abordagem dos problemas ambientais. Denota-se assim uma tendência premente, por parte dos alunos, para abordar as questões ambientais de uma perspetiva essencialmente pautada pelas ciências naturais, excluindo assim as ciências sociais, as ciências políticas, entre outras. Importa, no entanto, frisar que, tratando-se de uma turma no contexto das aulas de Biologia e Geologia, seria expectável que os alunos tivessem uma tendência para perspetivar os temas ambientais analisados atendendo aos conteúdos da disciplina onde decorreu a intervenção.

No domínio das atitudes verificou-se que a maioria dos alunos não referiu medidas que implementassem no dia-a-dia no sentido de melhorar as condições ambientais. Também se verificou que a maioria dos alunos não manifestou interesse ou intenção de intervir no sentido de resolver os problemas

ambientais selecionados. Apesar da aparente falta de envolvimento e de responsabilização face aos problemas abordados, os alunos mencionaram medidas no sentido de resolver os resolver.

Embora a maioria dos alunos não tenha expressado uma intenção de intervir na resolução dos problemas ambientais, a maioria é consensual ao considerar que os problemas abordados são preocupantes ou importantes. Ainda assim, poucos foram os grupos de alunos que enunciaram juízos de valor relativamente à ação humana no contexto dos temas ambientais analisados.

Relativamente ao impacte da aplicação do modelo de RP utilizado nesta intervenção, e considerando os resultados da análise comparativa do pré e do pós-teste, verifica-se que, no âmbito dos impactes resultantes da libertação de efluentes mineiros, a aplicação do referido modelo não só permitiu que os alunos reconhecessem um maior número de problemas originados por este fenómeno, e num amplo leque de contextos (biológico, geológico, paisagista...), como também potenciou a aprendizagem de uma maior diversidade de medidas de intervenção na sua resolução. Importa referir que os alunos, após a aplicação do modelo de RP, conseguiram enunciar medidas a serem implementadas na prevenção dos impactes negativos provocados pelos efluentes mineiros bem como na sua correção. Estas medidas remetiam ainda para diversos níveis de intervenção, implicando a ação do cidadão comum, de técnicos especializados e de instituições competentes.

No âmbito das questões relativas às chuvas ácidas, verificou-se que o modelo de RP contribuiu para que um maior número de alunos reconhecesse as principais consequências derivadas deste fenómeno, nomeadamente ao nível da contaminação dos solos, da água, da morte de espécies animais e vegetais e dos riscos para a construções civis. Constatou-se também que os alunos reconheceram os principais compostos responsáveis pela acidificação anormal da precipitação (óxidos de enxofre e de azoto) e um maior número de alunos conseguiu enunciar corretamente fontes de emissão destes compostos, sendo enfatizados a indústria e os veículos motorizados. Ao nível da proposta de medidas para resolver os impactes negativos relativos às chuvas ácidas, a aplicação do modelo de RP possibilitou que os alunos reconheçam um maior número de medidas e de intervenientes (individual e institucionalmente) a implicar na resolução do problema ambiental referido. As medidas enunciadas pelos alunos após a intervenção são essencialmente de cariz preventivo, no entanto os alunos também referiram medidas de carácter corretivo para os problemas gerados pelo fenómeno em análise.

Relativamente à temática da poluição de aquíferos, verifica-se que a aplicação do modelo de RP contribuiu para que um maior número de alunos reconstruísse o conceito científico de aquífero e reconhecesse as propriedades que estas estruturas devem possuir para serem consideradas eficazes.

Verificou-se também que os alunos conseguiram reconhecer um maior número de fontes de poluição de aquíferos após a aplicação do modelo de RP. No âmbito da proposta de medidas para solucionar os impactes negativos da poluição dos aquíferos, verificou-se uma maior diversidade de medidas cientificamente validáveis referidas pelos alunos após a aplicação do modelo, incluindo medidas de prevenção e de correção a implementar quer por cidadãos comuns quer por instituições. No entanto, verificou-se que após a aplicação do modelo de RP uma percentagem considerável de alunos continuou a mencionar medidas vagas, imprecisas e inconclusivas para solucionar os impactes resultantes do problema anteriormente referido. Este dado sugere que os alunos tiveram mais dificuldades em explorar os impactes ambientais e as medidas a serem implementadas para os colmatar no contexto da poluição de aquíferos.

4.3. Limitações

As limitações resultantes da falta de tempo para desenvolver mais convenientemente as estratégias de ensino e de aprendizagem selecionadas para esta intervenção foram as que mais se fizeram sentir. Importa referir, mais uma vez, que a intervenção decorreu no terceiro período do calendário escolar, sendo este mais curto em termos de duração. Ao limite temporal do terceiro período acrescenta-se a necessidade de dispor de aulas para a realização de avaliações, para preparação dos alunos para os exames e para a participação dos alunos nas atividades extra-aula características do final do ano letivo.

Verificou-se também que os alunos inicialmente ofereceram alguma relutância e constrangimento na participação no debate, devido, muito provavelmente, a esta estratégia de ensino e aprendizagem ser pouco utilizada nas suas aulas.

4.4. Recomendações para futuros estudos

Estudos ou intervenções semelhantes a esta, que visem a promoção de conhecimentos, atitudes e comportamentos ambientalmente responsáveis e sustentáveis, devem ser implementados com tempo, em aulas onde a pressão para a conclusão do programa curricular não se faça sentir de forma tão impositiva, precisamente para que os alunos possam refletir, questionar as suas conceções e reconstruir as suas ideias, atitudes, valores e comportamentos em relação ao meio ambiente. A realização de

estudos semelhantes deve também ser feita em anos letivos onde a pressão dos exames nacionais não seja tão evidente ou até existente.

Embora este estudo tenha focado essencialmente o desenvolvimento de conhecimentos substantivos e da consciência e sensibilidade ambientais dos alunos, em eventuais estudos futuros deve-se ponderar a inclusão de atividades de cariz prático (e.g. atividades laboratoriais) e que permitam o contacto direto dos alunos com elementos da natureza (e.g. aulas de campo).

Em termos investigativos, o recurso a um grupo de controlo poderá proporcionar resultados mais precisos e eventualmente passíveis de conduzir a conclusões estatisticamente mais quantificáveis e representativas.

Recomenda-se também que, na eventualidade de se realizar uma averiguação de concepções prévias dos alunos, que esta seja feita recorrendo a composições individuais, uma vez que são mais rigorosas e representativas em termos de recolha de dados.

4.5. Implicações pessoais e profissionais

Em termos profissionais esta intervenção revelou-se extremamente relevante. Não só permitiu um primeiro contacto com a profissão de docente, como também potenciou a exploração de metodologias, quer de ensino e aprendizagem quer de investigação, que, além de úteis no contexto geral do estágio, revelaram-se intelectualmente interessantes, versáteis e compatíveis com outras áreas do saber e mesmo com aspetos do quotidiano, como é o caso da estratégia de RP e da análise de conteúdo.

Esta intervenção contribuiu também para dissipar as minhas dúvidas (por vezes intermitentes) sobre as minhas aspirações profissionais e pessoais. Com esta reconheci a profissão que quero exercer para a vida e o tipo de profissional que quero ser: reflexivo, empático com os alunos e promotor de práticas que tenham em vista a promoção do sucesso e a realização pessoal dos alunos e uma relação mais justa, saudável e responsável destes para com a comunidade e o meio ambiente. Este estudo contribuiu também para que reformulasse a minha concepção de professor, deixando este de ser tido como um simples instrutor, um promotor do ensino de determinados conteúdos científico, para passar a ser visto como um orientador para a vida, para o conhecimento que possamos ter acerca de nós mesmos, do mundo que nos rodeia e da relação entre ambos.

Ter contacto com os alunos enquanto professor, além de me fazer sentir responsável e orgulhoso, fez-me perceber que, apesar das queixas em relação às gerações atuais, há imensos jovens cujas mentes estão repletas de ideias revolucionárias, de valores que se julgavam perdidos, de vontade

de intervir e de mudar o mundo. Muitas vezes essas mentes são, infelizmente, formatadas apenas para tirar boas notas.

Ao nível pessoal, a abordagem dos diversos aspetos da EA, nomeadamente do paradigma da sustentabilidade, permitiu-me conhecer mais profundamente a relação estreita, significativa e importante entre a evolução da humanidade (em termos tecnológicos, científicos, sociais...) e a utilização de recursos naturais. De igual forma, esta abordagem levou-me a questionar os estilos de vida praticados pelas sociedades modernas, nomeadamente ao nível das suas finalidades e das suas consequências para o meio ambiente e futuras gerações (não só de seres humanos como de todos os outros seres vivos).

Não poderia deixar de referir que esta intervenção contribuiu para que eu me reaproximasse mais do mundo natural, me interessasse mais pelos paradigmas emergentes que analisam a ação humana em função do seu impacto socio-ambiental (ecofeminismo, biocentrismo, entre outros) e questionasse os meus hábitos de consumo e as ações que até então eram escassas da minha parte no sentido de promover melhorias ao nível ambiental.

Em suma, este estudo além ter sido uma primeira e fundamental experiência de docência, permitindo a prática de determinadas metodologias que até então eram conhecidas essencialmente na teoria (de ensino e aprendizagem, de gestão de comportamentos, de avaliação, etc.) também permitiu questionar o que atualmente é a escola, como funciona e para que objetivos está orientada. Esta experiência permitiu-me também indagar o que esperam os alunos da escola e de como esta instituição pode ser relevante na sua realização. Além destes aspetos, este estudo permitiu-me refletir em torno das conceções de humanidade e da relação desta para com os elementos da mesma espécie e para com o mundo em geral.

Este trabalho reflexivo que se iniciou com estágio não acabou com ele, não só continua como tende a intensificar-se e a tornar-se mais empenhado na procura de soluções para os problemas da humanidade e do mundo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Amador, F., (coord.), Silva, C., Bapista, J. & Valente, R. (2003). *Programa de Biologia e Geologia 11º ou 12º anos*. Lisboa: Ministério da Educação, Departamento do Ensino Secundário
- Antunes, A., Estanqueiro, A & Vidigal, M. (2000). *Dicionário breve de filosofia*. Lisboa: Editorial Presença
- Bacci, D. (2009). A contribuição do conhecimento geológico para a educação ambiental. *Pesquisa em debate*, 6 (2), pp. 1-23. Acedido a 22/01/2015 em http://www.pesquisaemdebate.net/docs/pesquisaEmDebate_11/artigo_7.pdf
- Baldin, N. & Albuquerque, C. (2013). Concepções e práticas ambientais: o que pensam estudantes universitários brasileiros e portugueses. *Revista de Educação Pública*, 22 (51), 929-948. Acedido a 22/01/2015 em <http://educa.fcc.org.br/pdf/repub/v22n51/v22n51a06.pdf>
- Bardin, L. (2008). *Análise de conteúdo*. Lisboa: Edições 70
- Beraza, M. (2000). O discurso didático sobre atitudes e valores no ensino. In Trillo, F. (coord.), Bolívar, A. Pinto, F. C., Caride, J. A., Rubal, X. & Zabalza, M. *Atitudes e valores no ensino* (pp.19-97). Lisboa: Instituto Piaget
- Blackburn, S. (1997). *Dicionário de filosofia*. Lisboa: Gradiva
- Bobos, I., Freire, A., Silva, E. & Durães, N. (2010). Visita ao Campo Mineiro de Jales. In: Flores, D. & Marques, M. *X Congresso de Geoquímica dos Países de Língua Portuguesa e XVI Semana de Geoquímica*. (71-78). Porto: Universidade do Porto
- Castoldi, R., Bernardi, R. & Polinarsky, C. (2009) Percepção dos problemas ambientais por alunos do ensino medio. *Revista Brasileira de Ciência, Tecnologia e Sociedade*, 1(1), 56-80. Acedido a 20/01/2015 em <http://www.revistabrasileiradects.ufscar.br/index.php/cts/article/view/47/6>
- Chumbe, A. (2011). Juicio moral y actitud ambiental de los alumnos de quinto grado de educación secundaria de Barranco. *Revista de Investigación en Psicología*, 14 (2), 119-131. Acedido a 10/11/2014 em <http://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/psico/article/view/2103/1821>
- Coyle, K. (2005). *Environmental Literacy in America*. Acedido a 05/01/2015 em <http://www.neefusa.org/pdf/ELR2005.pdf>
- Coutinho, C. (2013). *Metodologia de Investigação em Ciências Sociais e Humanas: teoria e prática*. Coimbra: Almedina
- Cristovão, V., Durão, A. & Nascimento, E. (2003). Debate em sala de Aula: Práticas de Linguagem em um Gênero Escolar. In *Anais do V Encontro do Celsul* (1436-1441). Curitiba (PR): Fundação Araucária

Cunningham, W. & Saigo, B. (1999). *Environmental Science*. WCB MacGrow-Hill

De Chiaro, S. & Leitão, S. (2005). O Papel do Professor na Construção Discursiva da Argumentação em Sala de Aula. *Psicologia: Reflexão e Crítica*, 18 (3), 350-357. Acedido a 01/09/2014 em <http://www.scielo.br/pdf/prc/v18n3/a09v18n3>

Dias, A., Guimarães, P. & Rocha, P. (2008). *Geologia 11*. Porto: Areal Editores

Direção-Geral da Educação. (2013). Educação para a cidadania – linhas orientadoras. Acedido a 17/10/2014 em <http://www.dgdc.min-edu.pt/educacaocidadania/index.php?s=directorio&pid=71>

Dogru, M. (2008). The Application of Problem Solving Method on Science Teacher Trainees on the Solution of the Environmental Problems. *Journal of Environmental & Science Education*, 3 (1), 9-18. Acedido a 20/01/2015 em <http://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ894839.pdf>

Ecosystem Restoration (2004). *Environmental Impacts of Mining: Acid Mine Drainage*. Acedido a 21/01/2015 em http://ecore restoration.montana.edu/mineland/guide/problem/impacts/amd_formation.htm

Fraenkel, J. & Wallen, N. (2009) *How to Design and Evaluate Research in Education (7th ed.)*. Nova Iorque: McGraw-Hill

Gama, C., Torres, V. & Barroso, F. (2002). *Impacte ambiental das águas subterrâneas pela drenagem ácida de rochas na exploração de minas*. Trabalho apresentado no XII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. Acedido a 15/01/2015 em <http://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/viewFile/22567/14817>

Gonçalves, A. (2010). Impactes Ambientais Em Áreas Mineiras Ativas – O Caso da Ribeira do Bodelhão Minas da Panasqueira. In Atas do VI Seminário Latino-Americano e II Seminário Ibero-Americano de Geografia Física. Coimbra: Universidade de Coimbra

Guerra, J., Schmidt, L. & Nave, J. (junho de 2008). *Educação ambiental em Portugal: fomentando uma cidadania responsável*. Trabalho apresentado no VI Congresso Português de Sociologia, Lisboa

Issac-Márquez, S., Eastmond, A., Ayala, M., Arteaga, M., Issac-Márquez, A., et al. (2011). Cultura ambiental en estudiantes de bachillerato. Estudio de caso de la educación ambiental en el nivel medio superior de Campeche. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 13 (2), 83-98. Acesso a 02/12/2015 em <http://redie.uabc.mx/index.php/redie/article/view/285>

Jackson, A. & Jackson, J. (2000). *Environmental Science: The natural Environment and Human Impact*. Harlow: Pearson Education Limited

Jacobi, P. (2003). Educação ambiental, cidadania e sustentabilidade. *Cadernos de pesquisa*, (118), 189-205. Acedido a 22/01/2015 em <http://www.scielo.br/pdf/cp/n118/16834.pdf>

Johnson, D. (1998). Biodiversity and ecology of acidophilic microorganisms. *FEMS Microbiology Ecology*, 27, 307-3017. Acedido a 20/01/2015 em <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1574-6941.1998.tb00547.x/pdf>

Laboratório Nacional de Energia e Geologia (2001). *Água Subterrânea: Conhecer para Proteger e Preservar*. Acedido a 23/01/2015 em http://www.Ineg.pt/CienciaParaTodos/edicoes_online/diversos/agua_subterranea/texto

Lacerda, K. & Oliveira, S. (2012). Análise de concepção ambiental dos alunos dos cursos integrados do IFG Câmpus de Jataí. *Itinerarius Reflectionis*, 2 (13), 1-13. Acedido a 10/09/2015 em <http://www.revistas.ufg.br/index.php/ritref/article/viewFile/22333/13199>

Lago, A. (2006). *Estocolmo, Rio, Joanesburgo: o Brasil e as três conferências ambientais da das Nações Unidas*. Brasília: Fundação Alexandre de Gusmão

Leitão, S. (2012). O trabalho com argumentação em ambientes de ensino-aprendizagem: um desafio persistente. *Uni-pluri/versidad*, 12 (3), 23-37. Acedido a 22/01/2015 em <http://aprendeonline.udea.edu.co/revistas/index.php/unip/article/viewFile/15151/13196>

Lessard-Hébert, M. (1996). *Pesquisa em Educação*. Lisboa: Instituto Piaget

Loureiro, E., Albuquerque, C., Carvalho, G., Maruri, A. (2009). Educação ambiental: o papel atribuído aos atores educativos. In Pereira, B. et al. (coord.). *Atas do Seminário Internacional de Educação Física, Lazer e Saúde*. Ponta Delgada: Universidade dos Açores

Massine, M. C. L. (2010). *Sustentabilidade e Educação Ambiental – Considerações acerca da Política Nacional de Educação Ambiental – a Conscientização ecológica em foco*. In Silveira, V. O. (Dir.) et al. *Anais do XIX Encontro Nacional do CONPEDI (2757-2770)*. Florianópolis: Fundação Boiteux

Ministério da Educação (2006). *Educação para a cidadania: Guião de Educação para a Sustentabilidade – Carta da Terra*. Lisboa: Direção-Geral da Inovação e de Desenvolvimento Curricular

Newfoundland and Labrador Speech and Debate Union (s.d.). *Teacher´s Guide to Introducing Debate in the Classroom*. Acedido a 03/12/2014 em http://csdf-fcde.ca/UserFiles/File/resources/teacher_debate_guide.pdf

Perales, J. (1998). La resolución de problemas en la didáctica de las ciencias experimentales. *Enseñanza de las Ciencias e Resolución de Problemas*, 5(21), 119-144. Acedido a 21/07/2015 em <http://digibug.ugr.es/bitstream/10481/18967/1/ResProb.pdf>

Perales, J. (2000). *Resolución de Problemas*. Madrid: Síntesis

Pierri, N. (2005). In Faladori, G. & Pierri, N. (Eds.), *¿Sustentabilidad? – Desacuerdos sobre el Desarrollo Sustentable*. Zacatecas: Universidad Autónoma de Zacatecas

Possamai, F. (2010). A posição do ser humano no mundo e a crise ambiental contemporânea. *Redbioética*, 1 (1), 189-202. Acedido a 22/01/2015 em <http://unesdoc.unesco.org/images/0019/001930/193027m.pdf#193205>

Press, F. & Siever, R. (2000). *Understanding earth*. Nova Iorque: W. H. Freeman and Company

Ravirosa, A. & Perales, F. J. (2006). La Resolución de problemas Ambientales en La Escuela y en la Formación Inicial de Maestros. *Revista Iberoamericana de Educación*, (40), 111-124. Acedido a 23/01/2015 em <http://www.rieoei.org/rie40a05.pdf>

Rodríguez, R. (1998). A educación ambiental e o cambio de conductas. *Revista Galega do Ensino*, (19), 127-140. Acedido a 22/11/2014 em <http://www.edu.xunta.es/ftpserver/portal/DXPL/revistagalega/rge19.pdf>

Rodríguez, R. (1999). La investigación de problemas ambientales orientada a la resolución de los mismos, como un posible modelo de incorporación de la educación ambiental en el curriculum. *Innovación Educativa*, (9), 269-280. Acedido a 04/09/2014 em https://dspace.usc.es/bitstream/10347/5204/1/pg_271-282_inneduc9.pdf

Saskatchewan Eco Network (s.d.). *What you can do to reduce Mining's Environmental Impacts*. Acedido a 05/01/2015 em <http://econet.ca/issues/mining/whatyoucando.html>

Steffen, W., Crutzen, P. & McNeill, J. (2007). The Anthropocene: are humans now overwhelming the great forces of nature?. *Ambios*, 36 (8), 614-621. Acedido a 20/12/2014 em https://www.pik-potsdam.de/news/public-events/archiv/alter-net/former-ss/2007/05-09.2007/steffen/literature/ambi-36-08-06_614_621.pdf

The American Ground Water Trust. (2003). Acid rain and ground water pH. *The American Well Owner*, (3), 1-4. Acedido a 20/01/2015 em <http://www.agwt.org/sites/default/files/2003-3%20TAWO%20.pdf>

Thines, G. & Lempereur, A. (Dir.) (1984). *Dicionário das ciências humanas*. Lisboa: Edições 70

United States Environmental Protection Agency (2012). *Reducing acid rain*. Acedido a 04/01/2015 em <http://www.epa.gov/acidrain/reducing/index.html>

United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (2005). *Década das Nações Unidas da Educação para o Desenvolvimento Sustentável 2005-2014*. Brasília: UNESCO

Watts, M. (1991). *The Science of Problem-Solving: A Practical Guide for Science Teachers*. Londres: Cassel Education Limited

Watts, M. (1994). *Problema Solving in Science and Technology: Extending Good Classroom Practice*. Londres: David Fulton Publishers

ANEXOS

Anexo 1 – Pré-teste

Exploração Sustentada de Recursos Geológicos - Ficha Diagnóstica

Biologia e Geologia

Ano Letivo de 2013/2014

Nome: _____ Turma: _____

Grupo I

1. Lê o excerto de texto que se segue e dá resposta às seguintes questões.

“Num país como o nosso, com uma fortíssima tradição mineira, basta atentarmos nas inúmeras explorações de cobre, estanho, volfrâmio, ferro, urânio, ouro e prata, e na forma como estas explorações foram conduzidas, para compreendermos a existência de um passivo ambiental deveras negativo, e uma imagem que nem sempre espelhava aquilo que se passava no local. Segundo Barroqueiro (2005) a verdade é que na maior parte das vezes não existia controlo dos efluentes líquidos perigosos, nomeadamente das lamas ácidas resultantes dos processos de separação e posterior lavagem do minério. Ainda assim, existia uma ténue prática de controlo das escombreyras.”

Fonte: Adaptado de Gonçalves, A. (2010). *Impactes Ambientais Em Áreas Mineiras Ativas – O Caso da Ribeira do Bodelhão Minas da Panasqueira*. In Atas do VI Seminário Latino-Americano e II Seminário Ibero-Americano de Geografia Física. Coimbra: Universidade de Coimbra. De referir que Barroqueiro (2005) remete para BARROQUEIRO, M. L. G. (2005) – O Declínio de Centros Mineiros Tradicionais no Contexto de uma Geografia Industrial em Mudança. As Minas de Aljustrel e da Panasqueira. Dissertação de Mestrado em Geografia Humana e Planeamento Regional e Local apresentada à Faculdade de Letras da Universidade de Lisboa.

- 1.1. Indica os problemas ambientais causados pelos efluentes líquidos, como as lamas ácidas resultantes dos processos de separação e posterior lavagem do minério, quando libertados sem tratamento no meio ambiente.
- 1.2. Apresenta algumas soluções para os problemas ambientais causados pelos efluentes líquidos derivados do tratamento de minérios.

Grupo II

1. Por definição, as chuvas ácidas são qualquer tipo de precipitação com um caráter ácido superior ao normal.
 - 1.1. Indica quais as consequências das chuvas ácidas.
 - 1.2. Quais dos seguintes compostos são responsáveis pela acidificação anormal das chuvas?
 - (A) Óxidos de enxofre
 - (B) Clorofluorcarbonetos – CFCs
 - (C) Sulfatos e nitratos
 - (D) Amónia e amoníaco
 - 1.3. Refere as fontes de poluição responsáveis pela acidificação das chuvas.

1.4. Refere as medidas que podem ser tomadas, quer por cidadãos quer por instituições, para reduzir as chuvas ácidas.

Grupo III

1. Das seguintes afirmações, seleciona aquele que melhor define o que é um aquífero.
 - (A) Um aquífero é um conjunto de formações rochosas impermeáveis capazes de conduzir água à superfície.
 - (B) Um aquífero é um conjunto de formações geológicas com reduzida porosidade que absorvem água, funcionando como reservatórios de água proveniente das chuvas.
 - (C) Lençóis freáticos no subsolo com a capacidade de armazenar água proveniente das chuvas e de a conduzir à superfície sem que esta seja poluída.
 - (D) Um aquífero é uma formação rochosa com capacidade de armazenar água de forma que esta possa ser explorada de forma economicamente rentável.

2. Das seguintes opções, indica aquela que indica as características que um determinado material rochoso deve possuir para constituir um aquífero eficaz.
 - (A) Alta densidade do material rochoso e baixa permeabilidade
 - (B) Baixa permeabilidade e elevada fraturação
 - (C) Elevada porosidade e elevada permeabilidade
 - (D) Elevada profundidade e elevada porosidade

3. Indica possíveis fontes de poluição de aquíferos.
 - 3.1. Para cada uma das fontes de poluição mencionadas na alínea anterior, indica medidas que possam ser tomadas para minimizar os seus efeitos ambientais.

Bom trabalho,

Professor-Estagário Márcio Lopes

Anexo 2 – Exemplo de uma das composições coletivas elaboradas pelos alunos no âmbito da intervenção pedagógica

Composição coletiva do grupo G3⁸

O nosso trabalho é sobre "Quem é a culpa a exigir o encerramento da Central Nuclear de Almonda, junto à fronteira com Estúga".

Este problema é de extrema importância, pois tal como acontece em Chernobyl e Fukushima, existe a hipótese de acontecer o mesmo ~~de~~ ao nosso país.

Esta questão levanta vários problemas pois as consequências de uma explosão numa central nuclear são impressionantes como mutações, deficiências resultantes da radioatividade e a distribuição do meio ambiente para além disto a exploração das centrais ou de não produzir resíduos perigosos.

Algumas causas do encerramento da Central Nuclear podem ser causas externas, acidentes naturais e sistemas internos de gestão de segurança as centrais nucleares.

Mas existem formas de combater isto como realizar frequentemente a manutenção das centrais, torná-las mais seguras, sensibilizar a população sobre o problema mas também incentivar as grandes utilizadoras de energia nuclear a preferir energias renováveis e alternativas.

Este é um problema sério que ouvimos falar constantemente nos media mas que as pessoas não têm muito conhecimento e é urgente tratar este problema.

⁸ O registo apresentado neste anexo é uma composição que os alunos entregaram ao professor no decurso das atividades pedagógicas da intervenção. Excetuando os elementos de identificação dos alunos, o conteúdo da composição é apresentado na íntegra. Este registo foi utilizado como evidência para a componente investigativa do presente relatório.

Anexo 3 – Pós-teste

Exploração Sustentada de Recursos Geológicos – Pós-teste

Biologia e Geologia

Ano Letivo de 2013/2014

Nome: _____ Turma: _____

Grupo I

1. Lê o excerto de texto que se segue e dá resposta às seguintes questões.

“Num país como o nosso, com uma fortíssima tradição mineira, basta atentarmos nas inúmeras explorações de cobre, estanho, volfrâmio, ferro, urânio, ouro e prata, e na forma como estas explorações foram conduzidas, para compreendermos a existência de um passivo ambiental deveras negativo, e uma imagem que nem sempre espelhava aquilo que se passava no local. Segundo Barroqueiro (2005) a verdade é que na maior parte das vezes não existia controlo dos efluentes líquidos perigosos, nomeadamente das lamas ácidas resultantes dos processos de separação e posterior lavagem do minério. Ainda assim, existia uma ténue prática de controlo das escombrelas.”

Fonte: Adaptado de Gonçalves, A. (2010). Impactes Ambientais Em Áreas Mineiras Ativas – O Caso da Ribeira do Bodelhão Minas da Panasqueira. In Atas do VI Seminário Latino-Americano e II Seminário Ibero-Americano de Geografia Física. Coimbra: Universidade de Coimbra. De referir que Barroqueiro (2005) remete para BARROQUEIRO, M. L. G. (2005) – O Declínio de Centros Mineiros Tradicionais no Contexto de uma Geografia Industrial em Mudança. As Minas de Aljustrel e da Panasqueira. Dissertação de Mestrado em Geografia Humana e Planeamento Regional e Local apresentada à Faculdade de Letras da Universidade de Lisboa.

- 1.3. Indica os problemas ambientais causados pelos efluentes líquidos resultantes da atividade mineira, como as lamas ácidas resultantes dos processos de separação e posterior lavagem do minério, quando libertados sem tratamento no meio ambiente.
- 1.4. Apresenta algumas soluções para os problemas ambientais causados pelos efluentes líquidos derivados da atividade mineira.

Grupo II

1. Por definição, as chuvas ácidas são qualquer tipo de precipitação com um caráter ácido superior ao normal.
 - 1.1. Indica quais as consequências das chuvas ácidas.
 - 1.2. Quais dos seguintes compostos são responsáveis pela acidificação anormal das chuvas?
 - (A) Óxidos de enxofre e óxidos de azoto
 - (B) Clorofluorcarbonetos – CFCs
 - (C) Sulfatos e nitratos
 - (D) Amónia e amoníaco
 - 1.3. Refere as fontes de poluição responsáveis pela acidificação das chuvas.
 - 1.4. Refere as medidas que podem ser tomadas, quer por cidadãos quer por instituições, para reduzir as chuvas ácidas.

Grupo III

1. Das seguintes afirmações, seleciona aquela que melhor define o que é um aquífero.
 - (A) Um aquífero é um conjunto de formações rochosas impermeáveis capazes de conduzir água à superfície.
 - (B) Um aquífero é um conjunto de formações geológicas com reduzida porosidade que absorvem água, funcionando como reservatórios de água proveniente das chuvas.
 - (C) Lençóis freáticos no subsolo com a capacidade de armazenar água proveniente das chuvas e de a conduzir à superfície sem que esta seja poluída.
 - (D) Um aquífero é uma formação rochosa com capacidade de armazenar água de forma que esta possa ser explorada de forma economicamente rentável.

2. Das seguintes opções, indica aquela que indica as características que um determinado material rochoso deve possuir para constituir um aquífero eficaz.
 - (A) Alta densidade do material rochoso e baixa permeabilidade
 - (B) Baixa permeabilidade e elevada fraturação
 - (C) Elevada porosidade e elevada permeabilidade
 - (D) Elevada profundidade e elevada porosidade

3. Indica possíveis fontes de poluição de aquíferos.
 - 3.1. Para cada uma das fontes de poluição mencionadas na alínea anterior, indica medidas que possam ser tomadas para minimizar os seus efeitos ambientais.

Bom trabalho,

Professor Márcio Lopes