



Ana Isabel Simões Rola

O CONTEXTO GEOLÓGICO DE COIMBRA-LOUSÃ ATIVIDADES PRÁTICAS PARA O ENSINO DA GEOLOGIA

Tese de doutoramento em Geologia, na especialidade de História e Metodologia das Ciências Geológicas,
orientada pela Professora Doutora Celeste Romualdo Gomes e pelo Professor Doutor Luís Gama Pereira e apresentada no
Departamento de Ciências da Terra da Universidade de Coimbra

Julho, 2014



UNIVERSIDADE DE COIMBRA



UNIVERSIDADE DE COIMBRA
FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DA TERRA

O CONTEXTO GEOLÓGICO DE COIMBRA-LOUSÃ ATIVIDADES PRÁTICAS PARA O ENSINO DA GEOLOGIA

Ana Isabel Simões Rola

TESE DE DOUTORAMENTO EM GEOLOGIA
Especialidade em História e Metodologia das Ciências Geológicas

Orientadores

Prof. Doutora Celeste Romualdo Gomes, Departamento de Ciências da Terra,
Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra

Prof. Doutor Luís Gama Pereira, Departamento de Ciências da Terra, Faculdade de
Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra

2014

Aos meus pais e avós, cujas vidas foram um incentivo para ir mais além e aos meus alunos, pois são eles que me tornam melhor professora!

RESUMO

Em Geologia, a aprendizagem depende da capacidade do aluno em compreender o mundo que o rodeia. A aprendizagem será tanto mais significativa, quanto mais próximo for o objeto de estudo da realidade do aluno. Por esta razão, a planificação, construção, validação, implementação e avaliação de atividades práticas, desenvolvidas a partir da geodiversidade portuguesa, com base na literatura científica e em trabalhos de campo, contribui para o desenvolvimento de competências (conhecimentos, capacidades e atitudes) relevantes na formação do aluno como cidadão e para a literacia científica. Este estudo teve como objetivo principal avaliar estratégias e recursos para o ensino e a aprendizagem em Geociências, através do planeamento e construção de atividades práticas, devidamente fundamentados no conhecimento científico e didático e desenvolvidos a partir do contexto geológico da região entre Coimbra-Lousã. A metodologia envolveu: análise documental, trabalho de campo, trabalho laboratorial, simplificação de cartas geológicas, interpretação de representações pictóricas, construção de recursos, validação, reformulação, aplicação em contexto de sala de aula/ambiente exterior e avaliação. Os recursos didáticos foram sujeitos a processos de validação por investigadores externos, especialistas em Geociências e/ou em Educação, por professores e por alunos. Desta forma obtiveram-se soluções inovadoras e viáveis, sustentadas pela prática e pela reflexão. Foram preparadas três atividades práticas, uma para o ensino básico e duas para o ensino secundário. Para o ensino básico foi preparada uma atividade de exterior, do tipo aula de campo, na qual os alunos mostraram grande empenho, dado o seu carácter inovador. O envolvimento na atividade de exterior facilitou a construção de conhecimento, o desenvolvimento de capacidades e a sensibilização para questões ambientais. Para o ensino secundário foram preparadas duas atividades de diferentes tipologias com um denominador comum, o estudo de situações-problema concretas, que facilitou as aprendizagens na sala de aula. A receptividade dos alunos e dos professores às atividades práticas foi boa e os recursos desenvolvidos foram considerados adequados aos conteúdos e ao nível etário, embora tenham sido apontadas algumas dificuldades relacionadas, principalmente, com a especificidade da linguagem científica e técnica e a compreensão de textos científicos.

Palavras-chave: Aprendizagem; Atividades práticas; Aulas de campo; Estratégias e recursos; Estudos de avaliação.

ABSTRACT

In Geology, learning depends on the student's ability to understand the world that surrounds him. This learning will be much more significant if the object of study is closer to the student's reality. For this reason, construction, validation, implementation and evaluation of practical activities, developed from the Portuguese geodiversity and based on scientific literature, contribute to scientific literacy and for the development of skills, relevant to the student's education as a citizen. The main goal of this study is to contribute to the teaching and learning in Geosciences through the building of didactic resources for practical activities, based on scientific and didactic knowledge and developed from the geological context of Coimbra-Lousã. The methodology involved document analysis, field work, laboratory work, simplification of geological maps, interpretation of pictorial representations, building resources, validation, didactic resources reformulation, application in the context of the classroom/outdoor environment and evaluation. The didactic resources were subject to a validation processes by external researchers, specialists in Geosciences and in Education, teachers and students. Through that, we obtained innovative and viable solutions, supported by practice and by reflection. Three practical activities were prepared, one for the primary school and two secondary schools. For basic education, we prepared an outdoor activity, a field class, where students demonstrated great commitment, because of its innovative character. These involvements facilitated the construction of geological knowledge, allowed the development of skills, improved the capacity of observation of the natural world and raised awareness for environmental education. In secondary education, two different activities were prepared, with a common denominator, the study of specific problem situations, which facilitated the acquisition and construction of learning, worked in the classroom. The students and teachers receptivity to the practical activities was good and the resources developed were appropriate to the didactic content and the age group. Although the advantages, there are some difficulties to point, mainly related to the specificity of scientific and technical language and comprehension of scientific texts.

Keyword: Evaluation studies; Field classes; Learning; Practical activities; Strategies and resources.

AGRADECIMENTOS

Um agradecimento especial aos meus orientadores, os Professores Doutores Celeste Romualdo Gomes e Luís Gama Pereira. Primeiro, pela amizade e pela disponibilidade que sempre manifestaram. Segundo, pelo conhecimento e pelas discussões sobre temas científicos e educacionais, que muito contribuíram para este trabalho. No meu parecer, são modelos a seguir na vida.

À Professora Doutora Clara Vasconcelos quero agradecer pelo contributo com ideias e sugestões. Ao Professor Doutor Mário Quinta Ferreira, quero agradecer pela disponibilidade sempre manifestada e pela partilha de materiais. Um agradecimento à Professora Doutora Elsa Gomes pelas lições sobre o Granito do Coentral, metamorfismo de contacto e microscopia petrográfica. À Professora Doutora Isabel Abrantes quero agradecer a disponibilidade e os ensinamentos. A todos agradeço a amizade.

Ao Departamento de Ciências da Terra da Universidade de Coimbra, na pessoa do seu diretor, o Professor Doutor Alcides Pereira, agradeço o acolhimento e a oportunidade de desenvolver este estudo, assim como a possibilidade de participação em diversas atividades dinamizadas pelo Departamento. Agradeço também a possibilidade de utilização dos equipamentos de microscopia petrográfica.

Ao Centro de Geofísica da Universidade de Coimbra, enquanto membro desta Unidade de Investigação e Desenvolvimento, agradeço a colaboração e o apoio na participação em congressos, tanto nacionais como internacionais.

Um reconhecimento especial aos alunos e aos professores que participaram nos diversos estudos, pelo empenho, dedicação e entusiasmo que sempre demonstraram, mesmos nos momentos de mais trabalho.

Aos meus pais e irmã, por acreditaram em mim e tornaram possível a concretização de um sonho. Deles houve sempre uma palavra de incentivo.

Ao meu companheiro agradeço o apoio em todos os momentos.

À minha família, aos meus amigos, aos meus colegas e a tantos outros que não mencionei e que possibilitaram este estudo, uma muito obrigada.

Um último agradecimento aos meus alunos, pelo trabalho, empenho, entusiasmo, participação e dedicação!

ÍNDICE DE MATÉRIAS

RESUMO.....	i
ABSTRACT	ii
AGRADECIMENTOS.....	iii
ÍNDICE DE MATÉRIAS	iv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vii
ÍNDICE DE TABELAS	xii
ÍNDICE DE QUADROS.....	xiii
CAPÍTULO I – FUNDAMENTAÇÃO DO TEMA.....	1
1. Introdução	2
2. Objetivos	5
3. Metodologia	6
4. Considerações finais	6
5. Referências	7
CAPÍTULO II – ATIVIDADES PRÁTICAS NO ENSINO E NA APRENDIZAGEM DA GEOLOGIA.....	11
1. Introdução	12
2. Atividades práticas	12
2.1. Conceitos e tipologias	12
2.2. Atividades práticas de campo	14
3. Considerações finais	18
4. Referências	19
CAPÍTULO III – AULA DE CAMPO NA SERRA DA LOUSÃ, PORTUGAL. UM ESTUDO DE AVALIAÇÃO.....	23
1. Introdução	24
2. Metodologia	26
2.1. Planeamento da aula de campo	27
2.2. Construção dos materiais didáticos	28
2.3. Validação dos materiais didáticos.....	28
2.3.1. Participantes.....	28
2.3.2. Procedimentos.....	28
3. Resultados	29

3.1. Contexto geológico da Serra da Lousã	29
3.2. Caracterização didática dos afloramentos	34
3.3. Preparação dos materiais didáticos	36
3.4. Construção e divulgação dos materiais didáticos	40
3.5. Validação dos materiais didáticos	46
4. Discussão da validação dos materiais didáticos	48
5. Considerações finais	48
6. Referências	50
CAPÍTULO IV – ROTEIRO PARA O ENSINO DOS RECURSOS GEOLÓGICOS NA ALTA DE COIMBRA, PORTUGAL. UM ESTUDO DE AVALIAÇÃO.....	57
1. Introdução	58
2. Metodologia	61
2.1. Planeamento e construção do roteiro	62
2.2. Validação do roteiro e da atividade de exterior	62
2.2.1. Participantes.....	62
2.2.2. Procedimentos.....	63
3. Resultados	65
3.1. Enquadramento geológico	65
3.2. História e monumentos	70
3.2.1. Arcos de Jardim, Aqueduto de S. Sebastião	71
3.2.2. Colégio de Jesus e Sé Nova	71
3.2.3. Pátio da Universidade	72
3.2.4. Sé Velha	73
3.3. Construção do roteiro interdisciplinar (Ciências Naturais, História e Ciências Físico-Químicas	74
3.3.1. Fichas de caracterização de cada paragem	77
3.4. Resultados da avaliação diagnóstica	82
3.5. Resultados da aplicação do roteiro	84
3.6. Resultados da validação do roteiro	86
4. Discussão	88
5. Conclusões	90
6. Referências	92
CAPÍTULO V – ATIVIDADES PRÁTICAS PARA O ENSINO DA ESTABILIDADE DE TALUDES COM BASE EM CASOS REAIS. UM ESTUDO DE AVALIAÇÃO	97
1. Introdução	98

2. Metodologia	100
2.1. Planeamento e construção dos materiais didáticos	100
2.2. Validação e avaliação dos materiais didáticos	101
2.2.1. Participantes.....	101
2.2.2. Procedimentos.....	102
3. Resultados	103
3.1. Enquadramento do caso	103
3.3.1. Avaliação dos materiais didáticos com base nos dados obtidos com os questionários implementados aos alunos	113
3.3.2. Avaliação dos materiais didáticos com base nos dados obtidos através das respostas dos professores	116
3.2. Construção dos materiais didáticos	110
3.3. Avaliação dos materiais didáticos	113
3.4. Construção e divulgação dos materiais	40
3.5. Validação dos recursos	46
4. Discussão dos resultados	118
5. Considerações finais	120
6. Referências	121
CAPÍTULO VI – CONSIDERAÇÕES FINAIS	126
ANEXOS – MATERIAIS DIDÁTICOS	132
A. Aula de campo na serra da lousã, Portugal.....	133
B. Roteiro para o ensino dos recursos geológicos na Alta de Coimbra, Portugal.....	149
C. Atividades práticas para o ensino da estabilidade de taludes com base em casos reais	164

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO II

- Figura 1 – Relação entre as atividades laboratoriais, as aulas de campo e as atividades experimentais (Leite, 2001, adaptado de Hodson, 1988). 13
- Figura 2 – Estrutura de aula de campo (adaptado de Orion, 1993). 15
- Figura 3 – Fatores que condicionam a aprendizagem do aluno durante uma aula de campo (Adaptado de Orion, 1989). 16

CAPÍTULO III

- Figura 1 – Esquema conceptual do estudo. 26
- Figura 2 – Área de estudo. Excerto da carta geológica de Portugal, escala 1: 50 000, folha 19-D, Coimbra-Lousã (Soares *et al.*, 2005). 29
- Figura 3 – Formação de Caneiro. A – Figuras de corrente, *ripples marks* (marcas de ondulação). Estrada da Beira (EN17) entre São Frutuoso e Caneiro; B – Níveis com pirite (sulfureto de ferro). Estrada da Beira (EN17), próximo do cruzamento para Ribas. 30
- Figura 4 – Base da Formação de Boque-Serpins, EN 17-1, junto à ponte de Segade. A – Metapelitos grafitosos; B – Metapelitos com níveis de pirite. 31
- Figura 5 – Formação de Boque-Serpins. A – Metapelitos laminados, Ribeira das Quelhas, Serra da Lousã. B – *Ripples*, Alto do Trevim, Serra da Lousã. 31
- Figura 6 – Granito de Coentral a partir do Mirante do Cabeço do Peão, com vista para a Safra (ponto geodésico), Serra da Lousã. 32
- Figura 7 – Granito de Coentral. A – Granito com megacristais de feldspato potássico (I) e xenólitos ricos em biotite (II) (zona sul); B – Granito moscovítico rico em clorite (zona norte). 33
- Figura 8 – Fotografias de alguns aspetos a observar em cada paragem. A - Granito do Coentral diaclasado, com xenólitos e inclusões de quartzo. B – Contacto das corneanas com o granito, no leito da Ribeira das Quelhas. Observam-se clastos de filitos. C – Clivagem varisca a contornar os porfiroblastos em filitos mosqueados. D – Aldeia do Candal, implantada na vertente ocidental da Serra da Lousã. 35

Figura 9 – Carta geológica da região entre Coimbra e Lousã. A – Excerto da Carta Geológica de Portugal, escala 1: 500 000, folha Norte, 1992 (Oliveira <i>et al.</i> , 1992). B – Carta geológica simplificada.	36
Figura 10 – Carta geológica da região de Coentral. A – Carta geológica original (Gomes <i>et al.</i> , 1990). B – Carta geológica simplificada.	37
Figura 11 – Contexto tectónico da região entre Coimbra e a Serra da Lousã (escala regional). Interpretação sobre imagem de satélite do programa <i>Google Earth</i> ®.	38
Figura 12 – Contacto entre o Granito do Coentral e as corneanas resultantes do metamorfismo de contacto sobre os metassedimentos do Grupo das Beiras (escala de afloramento). A – Fotografia sem interpretação. B – Fotografia com interpretação.	38
Figura 13 – Granito do Coentral, com megacristais de feldspato e xenólito de biotite. A – Fotografia sem interpretação. B – Fotografia com interpretação.	39
Figura 14 – Filito mosqueado, lâmina (Co-46), observação ao estereoscópio (escala de lâmina delgada). A clivagem varisca contorna os porfiroblastos. A – Fotografia sem interpretação. B – Fotografia com interpretação.....	39
Figura 15 – Filito mosqueado, lâmina (Co-7-c), observação ao microscópio petrográfico, em XPL (escala de lâmina delgada). Porfiroblasto muito alterado, rodeado por andaluzite. Na zona de sombra há recristalização de micas. A – Fotografia sem interpretação. B – Fotografia com interpretação.	39
Figura 16 – Interpretação de lâminas delgadas de Granito do Coentral, observação ao microscópio petrográfico (escala de lâmina delgada). A – Cristal de moscovite deformado, com planos de clivagem e <i>kinks</i> (microdobras) (lâmina Co-87-a, em XPL); B – Microclina, com maclas cruzadas (lâmina Co-88 a, em XPL); C – Quartzo, plagioclase e biotite (Lâmina Co-88, em XPL); D – Plagioclase e turmalina. A biotite foi substituída por clorite (lâmina Co-87-b, em XPP).....	40
Figura 17 – Miniaturas do vídeo de apresentação da Serra da Lousã.	41
Figura 18 – Localização das paragens num mapa de estradas (Google Maps®) (A) e na carta geológica de Portugal, escala 1: 50 000, folha 19-D, Coimbra-Lousã (B) (Soares <i>et al.</i> , 2005). Recursos disponibilizados no sítio eletrónico da aula de campo.	42
Figura 19 – Bloco de filito mosqueado utilizado na construção de um muro, na Aldeia do Candal.	43

Figura 20 – Captura de ecrã da página de apresentação do sítio eletrónico onde se disponibilizam os recursos.	46
Figura 21 – Esquema do sítio eletrónico e respetivas hiperligações.	46
CAPÍTULO IV	
Figura 1 – Esquema conceptual do estudo.	61
Figura 2 – Contacto entre as rochas da sequência metassedimentar do tipo Série Negra (A) e o Grupo de Silves (B). Rua Daniel Rodrigues, Coimbra.	65
Figura 3 – Formação da Conraria. A – Depósito conglomerático, de cor vermelha (fase deposicional A1). Rua Daniel Rodrigues, Coimbra; B – Níveis areno-pelitos (I), intercalados por níveis carbonatados (II) [fase deposicional A2]. Rua Quinta da Portela, Coimbra.	67
Figura 4 – Pormenor do afloramento da Formação de Castelo Viegas, situado na base do Aqueduto de S. Sebastião (Arcos de Jardim), Coimbra.	68
Figura 5 – Arcos de Jardim, Praça João Paulo II, Coimbra.	71
Figura 6 – Aspeto da fachada do Colégio de Jesus (A) e da Sé Nova (B), onde se observa os calcários, de cor clara, utilizados na sua edificação.	71
Figura 7 – Porta Férrea, ladeada por duas estátuas que representam a alegoria das Faculdades de Leis e de Medicina. Estas estátuas apresentam um grau elevado de alteração.	73
Figura 8 – Aspeto geral da Porta Especiosa (A) e da Sé Velha (B). É bem patente nesta fotografia as diferenças na cor dos materiais geológicos utilizados (A – calcários; B – calcários dolomíticos).	73
Figura 9 – Localização das paragens do roteiro geológico “Da Geologia à História, através das rochas”, na cidade de Coimbra (fotografia aérea retirada do <i>Google Earth</i> ©).	74
Figura 10 – Reconstituição paleogeográfica do início do Jurássico e localização da placa Ibéria (Scotese, 2002).	75
Figura 11 – Questões para reflexão na aula de síntese.	76
Figura 12 – Afloramento pertencente à Formação de Castelo Viegas na base do Arco de S. Sebastião (vulgo Arcos de Jardim).	78
Figura 13 – Ficha de caracterização da primeira paragem.	78

Figura 14 – Afloramento pertencente à Formação de Coimbra. A – Aspeto geral do afloramento na base do Antigo Hospital da Universidade de Coimbra. B – Pormenor do afloramento, onde se observa um geode (fotografia de Alexandra Gonçalves). 79	
Figura 15 – Ficha de caracterização da segunda paragem.	79
Figura 16 – Ficha de caracterização da terceira paragem.	80
Figura 17 – Ficha de caracterização da quarta paragem.	80
Figura 18 – Ficha de caracterização da quinta paragem.	81
Figura 19 – Porta Especiosa, Sé Velha, Coimbra. A – Aspeto geral da Porta Especiosa; B – Pormenor da Porta Especiosa. Observa-se o calcário muito alterado.	82
Figura 20 – Interpretações dos alunos face à questão 1 da 1. ^a paragem. A – representação das rochas do aqueduto. B – representação das rochas do aqueduto e das rochas em afloramento na sua base (camadas sedimentares inclinadas). ...	89
CAPÍTULO V	
Figura 1 – Esquema conceptual do estudo.	100
Figura 2 – Localização do deslizamento, Avenida Elísio de Moura, Coimbra, Portugal (<i>Bing Maps</i> ®).	103
Figura 3 – Excerto da carta geológica de Portugal, escala 1:50 000, folha 19-D, Coimbra-Lousã (Soares <i>et al.</i> , 2005), referente às formações sedimentares sobre as quais se edifica a cidade de Coimbra.	104
Figura 4 – Afloramento pertencente à Formação de Conraria, Rua António Jardim, Coimbra. Este afloramento encontra-se a Sul do local onde ocorreu o deslizamento de 27 de dezembro de 2000. A – É visível uma antiga mina de água (I). B – Pormenor do afloramento, no qual se observam arenitos, de tonalidade avermelhada. C – As camadas sedimentares, sub-horizontais, inclinam para o interior da vertente.	105
Figura 5 – Aspeto da vertente entre a Rua António Jardim e a Avenida Elísio de Moura, em 1983. Observa-se o prédio, afetado pelo deslizamento, em construção. São assinaladas as zonas que sofreram instabilização (fotografia cedida por F. Gomes da Silva e anotada por M. Quinta-Ferreira).	107
Figura 6 – Algumas consequências do deslizamento de 27 de dezembro de 2000 (fotografias cedidas por M. Quinta-Ferreira). A – destruição dos andares de um	

edifício da Avenida Elísio de Moura. B – Destruição de garagens; C – Cortina de estacas ancoradas, construídas aquando da estabilização de 1998, visíveis. D – Microestacas partidas.	108
Figura 7 – Aspeto do prédio afetado pelo deslizamento na Avenida Elísio de Moura (fotografias cedidas por M. Quinta-Ferreira). A – No dia seguinte ao do deslizamento. B – Um ano depois do deslizamento.	108
Figura 8 – Nível do terreno natural antes da deposição dos materiais do aterro. É visível, <i>in situ</i> , um tronco de árvore (anotado sobre fotografia cedida por F. Miraldo).	109
Figura 9 – Medidas de consolidação tomadas após o deslizamento de 27 de dezembro de 2000. A – Triângulos de suporte. B – Drenos (fotografia cedida por F. Miraldo). C – Muros com ancoragens.	109
Figura 10 – Miniaturas do vídeo sobre os efeitos do deslizamento de 27 de dezembro de 2000, na Avenida Elísio de Moura.	111
Figura 11 – Perfil do terreno entre a Rua António Jardim e a Avenida Elísio de Moura. A – Perfil após a estabilização dos logradouros e dos acessos às vivendas, em 1998. Representação pictórica original (Lourenço & Lemos, 2001). B – Esquema modificado, que representa o perfil do terreno no início da década de 80, antes da construção do prédio afetado pelo deslizamento. C – Representação pictórica modificada, que representa o perfil do terreno após a estabilização dos logradouros e dos acessos às vivendas, em 1998.	112
ANEXOS	
Figura 1 – Guia de campo para a aula de campo na Serra da Lousã.	134
Figura 2 – Guia de campo para aula de campo virtual na Serra da Lousã.	136
Figura 3 – Exercícios de consolidação e/ou avaliação de conhecimentos.	138
Figura 4 – Questionário de avaliação da atividade aula de campo – professores do ensino secundário.	148
Figura 5 – Roteiro para o ensino dos recursos geológicos (versão final).	150
Figura 6 – Póster sobre a geologia de Coimbra.	153
Figura 7 – Apresentação para a aula de preparação.	154
Figura 8 – Apresentação para a aula de resumo.	156
Figura 9 – Roteiro geológico desenvolvido para o 11º ano.	158

Figura 10 – Informação para os professores sobre a aula de campo na zona Alta de Coimbra para o 11.º ano.	161
Figura 11 – Ficha de trabalho para o tema ocupação antrópica e problemas de ordenamento (zonas de vertente) – versão do professor.	165
Figura 12 – Ficha de trabalho para o tema ocupação antrópica e problemas de ordenamento (zonas de vertente) – versão do final do aluno.	173
Figura 13 – Questionário de avaliação de material didático para o tema ocupação antrópica e problemas de ordenamento (zonas de vertente) – versão aluno.	178
Figura 14 – Questionário de avaliação de material didático para o tema ocupação antrópica e problemas de ordenamento (zonas de vertente) – versão professor. .	180
Figura 15 – Exercícios de avaliação de conhecimentos para o tema ocupação antrópica e problemas de ordenamento (zonas de vertente) – versão professor. .	182

ÍNDICE DE TABELAS

CAPÍTULO III

Tabela 1 – Ficha de caracterização didática dos afloramentos/património construído.	35
Tabela 2 – Questões propostas para cada paragem.	44
Tabela 3 – Categorias, subcategorias, unidades de registo e exemplos de respostas dos professores participantes (P).	47

CAPÍTULO IV

Tabela 1 – Classificação das questões para a aula de síntese, segundo a taxonomia de Bloom <i>et al.</i> (1956).	77
Tabela 2 – Categorias, subcategorias, unidades de registo e respetivas percentagens obtidas a partir da análise da primeira questão da avaliação diagnóstica.	82
Tabela 3 – Domínios, Categorias, unidades de registo e respetivas percentagens obtidas a partir da análise da segunda questão da avaliação diagnóstica.	83
Tabela 4 – Número e percentagem de respostas corretas, incompletas/incorretas e não respondidas por cada grupo.	85

Tabela 5 – Número e percentagem de respostas corretas por questão e respetiva tipologia.	86
Tabela 6 – Categorias, unidades de registo e exemplos de frases produzidas pelos alunos na questão de validação do roteiro.	87
CAPÍTULO V	
Tabela 1 – Dados dos alunos por turma/escola/distrito.	102
Tabela 2 – Classificação das questões da ficha de trabalho segundo da taxonomia de Bloom <i>et al.</i> (1956).	111
Tabela 3 – Média e desvio-padrão das respostas dos alunos ao QAMD-VA.	113
Tabela 4 – Resultados do teste ANOVA – Fator Único das respostas dos alunos ao QAMD.	114
Tabela 5 – Categorias, subcategorias e unidades de registo das respostas dos alunos da questão aberta do QAMD-VA.	115
Tabela 6 – Média (M) e desvio-padrão (DV) das respostas dos professores ao QAMD-VP.	116
Tabela 7 – Categorias, subcategorias e unidades de registo das respostas dos professores à questão aberta do QAMD-VP.	117

ÍNDICE DE QUADROS

CAPÍTULO IV

Quadro 1 – Unidades litostratigráficas do Grupo de Silves (modificado de Soares <i>et al.</i> , 2007, 2012).	66
Quadro 2 – Metas curriculares para o domínio Reações químicas – 8.º ano, Ciências Físico-Químicas (Fiolhais <i>et al.</i> , 2013).	76

CAPÍTULO I

FUNDAMENTAÇÃO DO TEMA

FUNDAMENTAÇÃO DO TEMA

1. Introdução

A reorganização curricular do ensino básico de 2001 (Decreto-Lei n.º 6/2001, de 18 de Janeiro) introduziu alterações a nível do currículo de Ciências Físicas e Naturais (3.º ciclo do ensino básico) e da carga horária semanal. Os conteúdos da área disciplinar de Ciências Naturais encontram-se organizados em quatro grandes temas, que tratam da relação intrínseca entre o Homem e a Terra: Terra no Espaço, Terra em Transformação, Sustentabilidade na Terra e Viver Melhor na Terra. Para os autores do currículo desta área disciplinar (Galvão *et al.*, 2001), os temas deverão ser explorados numa vertente interdisciplinar, integradora e globalizante dos saberes científicos, através da análise das relações entre a ciência, a tecnologia, a sociedade e o ambiente (perspetiva CTS-A). Procurava-se, desta forma, “(...) alargar os horizontes da aprendizagem, proporcionando aos alunos não só o acesso aos produtos da Ciência, mas também os seus processos, através da compreensão das potencialidades e limites da Ciência e das suas aplicações tecnológicas na sociedade.” (Galvão *et al.*, 2001, p.134). Igualmente importante é a tomada de consciência da intervenção humana na Terra, no âmbito de uma educação para a cidadania e para o ambiente.

O Despacho n.º 15971/2012, de 14 de dezembro, introduz as metas curriculares (Metas Curriculares do Ensino Básico – Ciências Naturais, Bonito *et al.*, 2013) que vigorarão a partir do ano letivo de 2014/2015, para o 7.º e 8.º ano de escolaridade. Mantém-se os temas organizadores e os conteúdos essenciais que constam das orientações curriculares, mas clarificam-se as aprendizagens essenciais a realizar pelos alunos. As metas curriculares formulam, de forma clara e objetiva, os conhecimentos e as capacidades a desenvolver. Apesar das alterações, continua-se a preconizar a importância de desenvolver um conjunto de competências (conhecimentos, capacidades e atitudes) necessárias à formação do aluno como cidadão.

A reorganização curricular do ensino básico veio acentuar a necessidade de realizar atividades práticas no ensino das ciências. Nesse sentido, um tempo letivo, correspondente a um máximo de 100 minutos, deve ser desdobrado para que os alunos, em menor número, possam ter uma aula de trabalho prático (Despacho n.º 14 026/2007, 3 de Julho; Despacho normativo n.º 13-A/2012, 5 de junho). Este enfoque nas atividades práticas é também dado através das metas curriculares,

onde são determinadas as atividades práticas que devem ser realizadas pelos alunos.

No ensino secundário, a reestruturação introduzida pelo Decreto-Lei n.º 74/2004 de 26 de março veio realçar a importância da qualidade das aprendizagens no sentido de promover a construção de conhecimentos e o desenvolvimento de capacidades necessárias ao exercício de uma cidadania científica, tecnológica, ambiental e socialmente responsável. De entre estas, destacam-se a “capacidade de pensar cientificamente os problemas, a interiorização de uma cultura de participação e responsabilidade, a plena consciência das opções que potencializam a liberdade e o desenvolvimento dos alunos como indivíduos e como cidadãos” (GAAIRES, 2003, p. 5). Esta reestruturação instituiu, entre outros, os cursos científico-humanísticos, especialmente vocacionados para prosseguimento de estudos superiores (universitário ou politécnico). Estes cursos são constituídos por disciplinas de formação geral, comum a outros cursos, e por disciplinas de formação específica. No curso científico-humanístico de Ciências e Tecnologias, a Biologia e Geologia constitui uma das disciplinas científicas estruturantes, de frequência bienal (10.º e 11.º anos). Esta disciplina enquadra temas das áreas científicas de Biologia e de Geologia. A cada uma das áreas científicas é atribuído peso igual na formação do aluno, respetivamente um semestre no 10.º ano e outro no 11.º ano. A componente prática desempenha um papel importante na aprendizagem desta disciplina e que é reforçado pelo Decreto-Lei n.º 272/2007, de 26 julho, com a atribuição de 135 minutos (90+45) como o mínimo obrigatório para atividades de carácter prático. No 12.º ano, as disciplinas de Geologia e de Biologia surgem individualizadas.

Os temas do programa da área de científica de Geologia, na disciplina de Biologia e Geologia, visam a construção de conhecimentos necessários à compreensão dos processos geológicos e da importância destes no aparecimento, desenvolvimento e manutenção da vida. Visam também a adoção de atitudes, normas e valores, através da análise das relações entre a Geologia e a Sociedade, numa perspetiva de educação para a cidadania.

O programa encontra-se organizado em quatro temas gerais, os três primeiros lecionados no 10.º ano, o quarto, no 11.º ano (Amador *et al.*, 2001, 2003): i) A Geologia, os Geólogos e os seus métodos; ii) a Terra, um planeta muito especial; iii) Compreender a estrutura dinâmica da Geosfera; iv) Geologia, problemas e materiais do quotidiano. A seleção destes temas pelos autores dos programas (10.º e 11.º ano) incidiu na necessidade premente de formar cidadãos conscientes dos problemas ambientais e sociais que nos afetam enquanto

indivíduos e sociedade. O desenvolvimento científico e tecnológico traz benefícios ao ser humano, mas conduz também a perturbações no equilíbrio do planeta. A prevenção e a minimização dos problemas que afetam a sociedade moderna passa pela formação de cidadãos conscientes, responsáveis, informados e participativos na sociedade, capazes de compreender as transformações por que o planeta passa e de tomar decisões sobre assuntos controversos que afetam a sociedade e o ambiente.

Outro ponto importante do programa da área científica de Geologia é o enfoque dado às atividades práticas, independentemente da tipologia, às quais é dado um papel relevante na aprendizagem de ciências (Amador *et al.*, 2001).

No sentido de facilitar a operacionalização dos conteúdos programáticos, os autores do programa de Geologia do 10.º e 11.º ano (Amador *et al.*, 2001 e 2003) apresentam sugestões metodológicas, essencialmente atividades práticas. Estas sugestões devem ser encaradas como ponto de partida para a inovação na sala de aula. Os autores do programa do ensino secundário sugerem “(...) que a partir das sugestões metodológicas apresentadas para cada tópico sejam elaborados materiais didáticos por equipas de professores, submetidos, depois de produzidos, a uma contrastação experimental que vise a sua avaliação e melhoria, adquirindo também, desta forma, o trabalho do professor uma componente de trabalho cooperativo e investigativo.” (Amador *et al.*, 2001, p.13).

O professor deve propiciar situações de aprendizagem, próximas da realidade do aluno, facilitadoras da transferência dos conteúdos da sala de aula para o quotidiano. Através de metodologias ativas do ponto de vista do aluno, a aprendizagem terá significado e contribuirá para a literacia científica e para a formação do aluno como cidadão informado, consciente, interveniente, participativo, empreendedor e promotor da mudança (Canavarro, 1999).

Alguns estudos revelam, no entanto, algumas dificuldades na implementação de metodologias ativas do ponto de vista do aluno. Martins (2002) aponta dificuldades na implementação de abordagens de ensino CTS-A, muito por causa de alguma resistência dos professores à inovação e de um défice de investigação na área dos recursos didáticos. Constata-se também alguma dependência em relação ao manual escolar e às metodologias por ele disponibilizadas (Pereira & Duarte, 1999), designadamente quanto às atividades práticas (Miguéns & Serra, 2000; Leite, 2006). Esta dependência é reconhecida pelos documentos oficiais que regulamentam a avaliação, certificação e adoção dos manuais escolares: “...os manuais escolares [...] continuam a ser na prática instituída um instrumento fundamental do ensino e da aprendizagem.” (Decreto-Lei

n.º 261/2007, de 17 de Julho). No entanto, o ensino e a aprendizagem assente, por vezes, quase exclusivamente no manual escolar, não promovem a aprendizagem ativa do aluno, nem fomentam o envolvimento deste no seu processo de aprendizagem (Canavarro, 1999).

Nos últimos anos, têm-se observado um aumento do número de estudos sobre as atividades práticas apresentadas nos manuais de ciências (Leite, 1999; Leite, 2000; Coelho-Silva, 2000; Leite & Esteves, 2004; Leite, 2006; Antunes & Gomes, 2010; Rola & Gomes, 2009; Correia & Gomes, 2010; Pires & Gomes, 2010) e a promoção de uma maior implementação das atividades práticas nas práticas letivas dos professores e, em particular, no Ensino da Geologia (Bonito, 1997, 2005; Bolacha & Fonseca, 2010). Em 2008, com a finalidade de responder às necessidades dos professores em materiais didáticos distintos daqueles que são apresentados pelos manuais, a Fundação Calouste Gulbenkian lançou o portal eletrónico “Casa das Ciências” (Pinto, 2009). Este portal visa a divulgação de recursos educativos, construídos por professores (nacionais e estrangeiros) e validados por investigadores de diversas áreas das Ciências (Geologia, Biologia, Física e Química) e da Educação.

2. Objetivos

O presente trabalho insere-se num contexto de investigação em materiais didáticos/recursos para o ensino e para a aprendizagem das Geociências, no sentido de fomentar a construção de conhecimento e o desenvolvimento de capacidades. Teve como ponto de partida a questão-problema: Poderão as atividades práticas, baseadas num contexto geológico significativo para os alunos, contribuir para uma efetiva aprendizagem em Geociências e para o desenvolvimento de capacidades fundamentais na formação do aluno? A partir da questão-problema formulada foram formulados os objetivos do estudo, que visaram: a) planear, b) construir, c) validar e d) avaliar atividades práticas e respetivos materiais didáticos, para diferentes níveis de ensino (3.º ciclo do ensino básico e ensino secundário), desenvolvidos a partir do contexto geológico da região entre Coimbra-Lousã, com vista a uma aprendizagem efetiva e estimulante em Geologia.

A escolha da região de Coimbra-Lousã como contexto geológico para as atividades práticas prendeu-se com a geodiversidade da região, de onde sobressaem litologias diferentes, pertencentes aos três grupos de rochas e com idades que abarcam desde o Neoproterozoico até ao Quaternário (Soares *et al.*,

2007). Por outro lado, existe um número elevado de escolas básicas e secundárias tanto nos concelhos pertencentes a esta região, como nos concelhos limítrofes, cujos professores podem beneficiar da síntese do conhecimento geológico para a elaboração de atividades práticas ou outros recursos devidamente contextualizados. A maior proximidade do aluno ao objeto de estudo desperta maior curiosidade e suscita entusiasmo na aprendizagem de conteúdos. As atividades práticas e os recursos terão tanto mais significado, quanto mais próximo da realidade dos alunos for o contexto em que elas se inserem.

Por conveniência com a situação profissional, a investigadora é, simultaneamente, professora-aplicadora de algumas atividades práticas desenvolvidas.

3. Metodologia

As atividades práticas foram construídas tendo, como suporte científico, um contexto geológico com significado para o aluno. A elaboração das atividades práticas e dos recursos didáticos foi sustentada por uma revisão bibliográfica da geologia da região selecionada (Coimbra-Lousã), pela análise de mapas e cartas geológicas (Soares *et al.*, 1985; Gomes *et al.*, 1991; Soares *et al.*, 2005) e por trabalho de campo e laboratorial. Os materiais produzidos foram validados por especialistas em Geociências e em Didática e posteriormente foram implementados em contexto de sala de aula/ambiente exterior, em escolas de diferentes áreas geográficas e validadas por alunos e por professores. Os dados obtidos através de questionários foram analisados e possibilitaram a avaliação das atividades práticas e dos recursos desenvolvidos. Os pontos menos fortes identificados contribuíram para a reformulação necessária dos recursos. Estes serão disponibilizados através da internet, para acesso livre de todos os professores e alunos que os pretendam utilizar. Almejou-se que as atividades práticas constituíssem uma solução viável e válida para o ensino e para a aprendizagem da Geologia, nos ensinos básico e secundário, sustentada pela prática letiva e pela reflexão.

4. Considerações finais

O estudo está organizado por capítulos. O capítulo II é dedicado à análise do conceito de atividades práticas, conceito que continua a gerar discussão entre os especialistas em Ciências da Educação e à análise da importância das aulas de

campo no ensino e na aprendizagem da Geologia. Nos restantes três capítulos apresentam-se e discutem-se três atividades práticas, cujo planeamento e a construção foram alicerçadas no contexto geológico de Coimbra e da Serra da Lousã:

Capítulo III – Aula de campo para o ensino secundário (do 11.º ano de escolaridade), no âmbito do ensino e da aprendizagem dos temas magmatismo e metamorfismo. Esta atividade prática foi desenvolvida para ser implementada como aula de campo virtual, mas os recursos didáticos possibilitam a sua utilização numa aula de campo convencional;

Capítulo IV – Aula de campo para o ensino básico (8.º ano de escolaridade), no âmbito do ensino e da aprendizagem dos recursos geológicos, em interdisciplinaridade com História e Ciências Físico-Químicas;

Capítulo V – Atividade de resolução de problemas de papel e lápis para o ensino secundário (11.º ano de escolaridade), no âmbito da temática Problemas de ordenamento e ocupação antrópica (Zonas de vertentes), numa perspetiva CTS-A.

No último capítulo discute-se o contributo das atividades práticas desenvolvidas no ensino e na aprendizagem da Geologia.

5. Referências

- Amador, F. (Coord.), Baptista, J., Mendes, A., Pinheiro, E., Rebelo, D., Silva, C., & Valente, R. (2001). *Programa de Biologia e Geologia - 10º ou 11.º anos*. Lisboa: Ministério da Educação, Departamento do Ensino Secundário.
- Amador, F. (Coord.), Baptista, J., Mendes, A. (Coord.), Pinheiro, E., Rebelo, D., Silva, C., & Valente, R. (2003). *Programa de Biologia e Geologia - 11.º ou 12.º anos*. Lisboa: Ministério da Educação, Departamento do Ensino Secundário.
- Antunes, C., & Gomes, C. (2010). Análise de actividades práticas nos manuais escolares de Geologia do 11.º ano de escolaridade. *e-Terra*, vol. 15, n.º 6. VIII Congresso Nacional de Geologia, Braga.
- Bolacha, E. S., & Fonseca, P. E. (2010). A relevância da Geologia experimental para o conhecimento da Terra: contributos da tectónica. *e-Terra*, vol. 15, n.º 32. XIII Congresso Nacional de Geologia, Braga.
- Bonito, J. (1997). Deformación de las rocas de la corteza terrestre. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 5.2, 149-158.

- Bonito, J. (2005). A Influência do vento no transporte de cinzas e de poeiras provenientes da atividade vulcânica. Proposta de uma atividade experimental. *Revista Portuguesa de Pedagogia*, 2(39), 197-227.
- Bonito, J. (Coord.), Morgado, M., Silva, M., Figueira, D., Serrano, M., Mesquita, J., & Rebelo, H. (2013). *Metas curriculares do Ensino Básico – Ciências Naturais (5.º, 6.º, 7.º e 8.º anos)*. Lisboa: Ministério da Educação e da Ciência.
- Canavarro, J. (1999). *Ciência e Sociedade*. Coimbra: Quarteto Editora.
- Coelho-Silva, J. L. (2000). Manuais escolares de Biologia-Geologia. Características e implicações na formação de professores. In M. H. A. Sá (Org.), *Investigação em Didáctica e Formação de Professores* (pp. 33 - 54). Porto: Porto Editora.
- Correia, G., & Gomes, C. (2010). O paleomagnetismo nos manuais escolares de Geologia do 12.º ano de escolaridade: actividades práticas e representações pictóricas. *e-Terra*, vol. 15, n.º 31. VIII Congresso Nacional de Geologia, Braga.
- GAAIRES – Grupo de Avaliação e Acompanhamento da Implementação da Reforma do Ensino Secundário (2003). *Documento orientador da revisão curricular do ensino secundário*. Lisboa: Ministério da Educação.
- Galvão, C. (Coord.), Neves, A., Freire, A. M., Lopes, A. M., Santos, M. C., Vilela, M. C., Oliveira, M. T., & Pereira, M. (2001). *Ciências Físicas e Naturais. Orientações Curriculares para o 3º Ciclo do Ensino Básico*. Lisboa: Ministério da Educação, Departamento da Educação Básica.
- Gomes, E. M. C., Pereira, L. C. G., & Macedo, C. A. R. (1991). O Plutonito do Coentral: idade K-Ar e consequências geotectónicas. *Memórias e Notícias*, Publ. Mus. Lab. Min. Geol. Univ. de Coimbra, 112, 171-183.
- Leite, L. (1999). O ensino laboratorial de “O som e a audição”. Uma análise das propostas apresentadas por manuais escolares do 8.º ano de escolaridade. In R. Castro, A. Rodrigues, J. Silva, & M. Sousa (Org.), *Manuais Escolares. Estatuto, Funções e História* (pp. 255-266). Actas do I Encontro Internacional sobre Manuais Escolares. Braga: Universidade do Minho.
- Leite, L. (2000). As atividades laboratoriais e a avaliação das aprendizagens dos alunos. In M. Sequeira, L. Dourado, M. T. Vilaça, J. L. Silva, A. S. Afonso, & J. M. Baptista (Org.), *Trabalho Prático e Experimental na Educação em Ciências* (pp. 91-108). Braga: Universidade do Minho.
- Leite, L., & Esteves, E. (2004). Atividades laboratoriais e evidências indirectas. Um estudo com futuros professores. *Boletín das Ciencias*, 56, 75-77.
- Leite, L. (2006). Da complexidade das atividades laboratoriais à sua simplificação pelos manuais escolares e às consequências para o ensino e a aprendizagem
-

- das Ciências. In *Actas do XIX Congresso de Enciga* (CD-ROM), Póvoa de Varzim (Portugal). Acedido em:
http://www.enciga.org/boletin/61/da_complexidade_das_actividades_laboratoriais.pdf [02/05/3009].
- Martins, I. P. (2002). Problemas e perspectivas sobre integração CTS no sistema educativo português. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 1(1), art. 2, 28-39. Acedido em:
http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen1/REEC_1_1_2.pdf [24/02/2014].
- Miguéns, M., & Serra, P. (2000). O trabalho prático na educação básica: a realidade, o desejável e o possível... In M. Sequeira, L. Dourado, M. Vilaça, J. Silva, A. Afonso, & J. Batista (Org.), *Trabalho prático e experimental na educação em ciência* (pp. 555-575). Braga: Departamento de Metodologias da Educação, Instituto de Educação e Psicologia, Universidade do Minho.
- Pereira, A. C., & Duarte, M. (1999). O manual escolar como facilitador da construção do conhecimento científico – o caso do tema “Reacções de oxidação-redução do 9º ano de escolaridade”. In R. Castro, A. Rodrigues, J. Silva, & M. Sousa (Org.), *Manuais Escolares. Estatuto, Funções e História* (pp. 367-374). Actas do I Encontro Internacional sobre Manuais Escolares. Braga: Universidade do Minho.
- Pinto, M. (2009). *Casa das Ciências – Portal Gulbenkian para professores*. Fundação Calouste Gulbenkian [Apresentação multimédia]. Acedido em:
http://www.casadasciencias.org/index.php?option=com_content&view=article&id=16&Itemid=46&menu=2&intro=1# [23/08/2013].
- Pires, E., & Gomes, C. (2010). Atividades práticas nos manuais escolares do 8.º ano de escolaridade: um estudo sobre gestão sustentável de recursos. *e-Terra*, vol. 15, n.º 42. VIII Congresso Nacional de Geologia, Braga.
- Rola, A., & Gomes, C. R. (2009). Atividades Práticas sobre Magmatismo e Rochas Magmáticas nos Manuais de Biologia e Geologia do 11.º Ano. *XIII Encontro Nacional de Educação em Ciências*. Castelo Branco: Escola Superior de Educação do Instituto Politécnico de Castelo Branco, 1023-1032.
- Soares, A. F., Marques, J. F., & Rocha, R. (1985). Contribuição para o conhecimento geológico de Coimbra. *Memórias e Notícias*, Publ. Mus. Lab. Min. Geol. Univ. de Coimbra, 100, 41-71.
- Soares, A. F., Marques, J. F., & Sequeira, A. J. D. (2007). *Notícia Explicativa da Folha 19-D, Coimbra-Lousã*. Lisboa: Ministério da Economia e da Inovação, Instituto Nacional de Engenharia, Tecnologia e Inovação, Departamento de Geologia.
-

Soares, A. F., Marques, J. F., Rocha, R., Cunha, P. P., Duarte, L. V., Sequeira, A., Sousa M. B., Pereira, E., Gama-Pereira, L. C., Gomes, E., & Santos, J. R. (2005). *Carta Geológica de Portugal, escala 1:50 000, folha 19-D, Coimbra-Lousã*. Lisboa: Ministério da Economia e da Inovação, Instituto Nacional de Engenharia, Tecnologia e Inovação, I. P., Departamento de Geologia.

Legislação

Decreto-Lei n.º 6/2001, de 18 de janeiro. *Diário da República* n.º 15 - I Série – A. Ministério da Educação, 258-265.

Decreto-Lei n.º 74/2004, de 26 de março. *Diário da República*, n.º 73/04 – 1.ª Série. Ministério da Educação, 1931-1942.

Decreto-Lei n.º 261/2007, de 17 de julho. *Diário da República*, n.º 136 – 1.ª série. Ministério da Educação, 4543- 4547.

Decreto-Lei n.º 272/2007, de 26 de julho. *Diário da República* n.º 143/07 - I Série. Ministério da Educação, 4785-4789.

Despacho n.º 14 026/2007, 3 de julho. *Diário da República*, n.º 126, 2.ª Série — N. Ministério da Educação, 18805-18807.

Despacho n.º 15971/2012, de 14 de dezembro. *Diário da República*, n.º 242, 2.ª série. Ministério da Educação e da Ciência, 39853-39854.

Despacho normativo n.º 13-A/2012, 5 de junho. *Diário da República*, N.º 109, 2.ª série. Ministério da Educação e da Ciência, 20564-(4)–20564-(9).

CAPÍTULO II

ATIVIDADES PRÁTICAS NO ENSINO E NA APRENDIZAGEM DA GEOLOGIA

ATIVIDADES PRÁTICAS NO ENSINO E NA APRENDIZAGEM DA GEOLOGIA

1. Introdução

Para Bonito (1996), as atividades práticas constituem uma metodologia importante e indispensável no ensino e na aprendizagem das Ciências, que podem ser realizadas no espaço escolar (laboratório ou sala de aula) ou no exterior. Gatt (2008) considera as atividades práticas veículos importantes na promoção do conhecimento e no desenvolvimento da autonomia dos alunos, tornando-os mais independentes na construção das suas aprendizagens. Existe uma grande diversidade de atividades práticas, também designadas por trabalhos práticos. Estas diferem quanto aos objetivos, à planificação, ao modo como são executadas, aos materiais que utilizam e ao local onde decorrem. Daqui decorre a necessidade de clarificar o conceito de atividades práticas e as suas tipologias.

Os objetivos deste estudo são: a) analisar o conceito de atividades práticas, b) analisar as diferentes tipologias; c) avaliar a importância das aulas de campo no ensino e na aprendizagem das Geociências. Para a concretização destes objetivos procedeu-se à revisão bibliográfica de estudos realizados no âmbito das atividades práticas no geral e das aulas de campo, em particular.

2. Atividades práticas

2.1. Conceitos e tipologias

O conceito de “atividade prática” tem vindo a ser amplamente discutido em Ciências, nos últimos anos. Uma atividade prática corresponde a qualquer metodologia de ensino e de aprendizagem onde os alunos desempenham um papel ativo em lugar de passivo (Hodson, 1994; Bonito, 1996). Isto implica o aluno intelectualmente e de forma explícita no processo de aprendizagem, ou seja, o aluno está envolvido a nível psicomotor, cognitivo e/ou afetivo (Jaén & García-Estañ, 1997; Leite, 2001). As atividades práticas podem desenrolar-se num laboratório, numa sala de aula ou num ambiente selecionado, desde que conduzam à concretização dos objetivos de aprendizagem definidos e sejam cuidadosamente planeadas e adequadas às pretensões de aprendizagem (Hodson, 1994; Jaén & García-Estañ, 1997; Leite, 2000). No entanto, a aprendizagem de conceitos deve ser o foco das atividades práticas (Gatt, 2008).

Com alguma frequência, o conceito de atividades práticas confunde-se com o de trabalho laboratorial (Bonito, 1996). No entanto, as atividades práticas não se esgotam aqui, elas também podem ser atividades experimentais, atividades exteriores à sala de aula (Marques *et al.*, 2008), como, por exemplo, atividades de campo e muitas outras alternativas válidas (Hodson, 1994).

O termo atividade experimental é, muitas vezes, utilizado como sinónimo de atividade laboratorial (Pedrosa, 2001). Contudo, são dois tipos de atividades práticas distintos, porém, relacionados. As atividades laboratoriais incluem as atividades que recorram a material laboratorial e que decorrem num laboratório ou numa sala de aula, no caso de este não existir na escola, desde que asseguradas as condições de segurança (Leite, 2000). Sempre que houver controlo e manipulação de variáveis, considera-se uma atividade do tipo experimental. Por vezes, existem atividades laboratoriais que exigem controlo de variáveis e, portanto, pertencem à tipologia de atividade experimental. Leite (2000) designa-as por atividades laboratoriais de tipo experimental. As atividades experimentais podem decorrer em ambiente exterior à sala de aula e, neste caso, entram no domínio das atividades de campo (Figura 1) (Leite, 2001). As atividades práticas de campo (Bonito & Sousa, 1997) decorrem fora da sala de aula, no meio envolvente à escola ou num local próprio para o efeito. Geralmente é realizado ao ar livre, onde os processos naturais ocorrem e os materiais existem (Orion & Hofstein, 1991; Orion, 1993; Bonito & Sousa, 1997; Pedrinaci *et al.*, 1994).



Figura 1 – Relação entre as atividades laboratoriais, as aulas de campo e as atividades experimentais (Leite, 2001, adaptado de Hodson, 1988).

Existem também outras alternativas válidas de atividades práticas, como atividades de resolução de problemas de papel e lápis, simulações, análise de casos, entrevistas, debates e desempenho de papéis (*role-play*), construção de modelos ou a elaboração de fotografias e vídeos (Hodson, 1994). Bonito (1996) admite ainda o recurso a meios informáticos, à realização de artigos, jornais,

exposições e trabalhos de projetos como estratégias possíveis de serem consideradas como atividades práticas, na sequência da linha de pensamento de Hodson (1994). Miguéns & Garrett (1991) consideram que as atividades práticas em Ciências devem passar por um maior recurso a atividades de investigação e de resolução de problemas.

2.2. Atividades práticas de campo

A importância das atividades práticas no ensino e aprendizagem da Geologia é reforçada pelos programas da disciplina de Biologia e Geologia do ensino secundário (Amador *et al.*, 2001, 2003), pelas Orientações Curriculares de Ciências Naturais do 3.º ciclo do ensino básico (Galvão *et al.*, 2001) e ainda pelas Metas Curriculares de Ciências Naturais (Bonito *et al.*, 2003):

“As actividades práticas, de carácter experimental, investigativo, ou de outro tipo, desempenham um papel particularmente importante na aprendizagem das ciências;” (Amador *et al.*, 2001, p. 7).

“As actividades, que poderão incluir a realização de trabalho de campo, deverão requerer que os alunos mobilizem saberes construídos ao longo das diversas unidades do programa (...)” (Amador *et al.*, 2003, p. 11).

“Sugere-se a realização de actividades práticas: saída de campo para observação e recolha de fósseis (início ou continuação de uma colecção de fósseis), visita a museus da especialidade (...)” (Galvão *et al.*, p.17).

“Identificar os principais tipos de rochas detríticas (arenito, argilito, conglomerado, marga), quimiogénicas (calcário, gesso, sal-gema) e biogénicas (carvões, calcários), com base em actividades práticas.” (Bonito *et al.*, 2003, p. 13).

As atividades práticas em Geologia devem privilegiar o desenvolvimento de atitudes de problematização sobre os processos naturais, “(...) visando a compreensão do registo geológico e a aquisição de capacidades de observação/registo de factos, medição *in situ* de parâmetros críticos e/ou de resposta experimental a questões específicas suscitadas durante o estudo de exemplos paradigmáticos.” (Mateus, 2000, p. 431).

As atividades práticas de campo são metodologias cujas finalidades se enquadram nos pressupostos supracitados. Estas atividades são realizadas em meio natural e envolvem os alunos de forma ativa na construção das suas aprendizagens (Orion & Hofstein, 1991; Orion, 1993; Bonito & Sousa, 1997; Pedrinaci *et al.*, 1994). As atividades práticas de campo, às quais passaremos a

designar por aulas de campo, abarcam as seguintes finalidades (Tompson, 1982, citado por Praia & Marques, 1997):

- a) mobilizar conhecimentos geológicos previamente adquiridos;
- b) construir representações a partir da interpretação dos processos geológicos;
- c) suscitar problemas a partir de dúvidas e questões;
- d) estruturar hipóteses para as confrontar com os conhecimentos adquiridos;
- e) desenvolver atitudes e valores intrínsecos ao trabalho em meio natural.

Em suma, o objetivo das aulas de campo é desenvolver “atitudes, procedimentos e construir conceitos geológicos básicos e essenciais que facilitem a compreensão do mundo natural” (Bonito & Sousa, 1997).

Para que estas finalidades possam ser concretizadas, as aulas de campo necessitam de ser planeadas de forma criteriosa. A sua realização exige uma preparação prévia cuidada, o planeamento das atividades a desenvolver durante a saída, um trabalho de aprofundamento dos conteúdos abordados na aula de campo e uma revisão após a aula de campo e uma avaliação das atividades (Bonito & Sousa, 1997; Praia, 1999).

Orion (1993) propôs um modelo para a realização de aulas de campo que se desenvolve em três fases, fase de preparação, fase de aula de campo e fase de síntese (Figura 2). Estas fases complementam-se e desenrolam-se em espiral, da sala de aula/laboratório para o campo e novamente para a sala de aula/laboratório. Parte-se de conceitos concretos para abarcar conceitos mais abstratos.



Figura 2 – Estrutura de aula de campo (adaptado de Orion, 1993).

A fase de preparação corresponde ao momento que antecede a aula de campo. Esta fase é importante para reduzir a ansiedade dos alunos face à aula de campo, àquilo que Orion & Hofstein (1994) designaram por *Novelty space* ou espaço-novidade (Bonito *et al.*, 2002) e que envolve fatores de três ordens: cognitivos, psicológicos e geográficos (Figura 3).



Figura 3 – Fatores que condicionam a aprendizagem do aluno durante uma aula de campo (Adaptado de Orion, 1989).

Os fatores cognitivos dizem respeito aos conhecimentos prévios dos alunos. Por vezes, a inexistência desses conhecimentos ou a incapacidade de realizar tarefas necessárias ao trabalho de campo pode dificultar ou mesmo impedir a aprendizagem durante a aula de campo. Estas dificuldades podem ser ultrapassadas na aula de preparação com a introdução de conceitos a serem trabalhados na aula de campo e com a realização de atividades práticas para desenvolvimento de técnicas/capacidades necessárias ao trabalho de campo, como, por exemplo, o manuseamento de uma bússola de geólogo ou a análise de cartas geológicas (Orion & Hofstein, 1994; Praia & Marques, 1997; Praia, 1999; Rebelo & Marques, 2000).

Os fatores psicológicos estão relacionados com as expectativas dos alunos face à aula de campo ou ainda com experiências anteriores. Estes obstáculos podem ser diminuídos com uma descrição, relativamente detalhada, da aula de campo, nomeadamente com a apresentação de informações relevantes, tais como a duração da viagem, o tempo gasto em cada paragem, os locais e o tempo de descanso (Praia & Marques, 1997; Praia, 1999; Rebelo & Marques, 2000).

Os fatores geográficos prendem-se com o desconhecimento da área de estudo e podem ser superados através da observação de vídeos e/ou de fotografias da área assim como através da análise de mapas da região (Praia & Marques, 1997; Rebelo & Marques, 2000).

No que respeita à preparação da atividade aula de campo, Praia & Marques (1997) sugerem a construção de materiais de apoio, que possam auxiliar alunos e professor durante a aula de campo. Sugerem, por exemplo, o desenvolvimento de um guia de campo para o aluno, com os elementos de orientação necessários, tarefas e questões-problemas relativas a cada paragem, um guia para o professor, quer para a fase de preparação, quer para a aula de campo propriamente dita e minipósteres para auxiliar na compreensão das observações/interpretações de campo.

A área a estudar deve ser selecionada de acordo com as potencialidades científicas e didáticas para o ensino e para aprendizagem da Geologia. A seleção dos locais de paragem deve ter em consideração algumas características, tais como (Praia & Marques, 1997; Praia, 1999):

- a) Clareza dos aspetos geológicos a observar;
- b) Fácil acessibilidade;
- c) Paragens em locais pouco acidentados e afastadas das vias de circulação;
- d) Existência de espaço para a concretização das atividades pelos alunos.

O Guia de campo deve conter um conjunto de informações e tarefas relevantes à concretização da aula de campo. Pode conter os objetivos da atividade de campo, mapas geológicos e/ou topográficos, a indicação das paragens, tarefas a desempenhar e espaços para registo.

Na fase de síntese deverão ser analisados os conceitos mais abstratos e as questões deixadas em aberto na aula de campo. Pode também envolver a realização de atividades laboratoriais, que poderão constituir ensaios com materiais recolhidos durante a aula de campo e/ou simulação de processos que ocorrem no mundo natural (Dourado, 2001). Esta inter-relação das atividades práticas de campo com outras atividades práticas, designadamente as atividades laboratoriais, é considerada vantajosa para o ensino e aprendizagem da Geologia pelos professores de Ciências (Dourado, 2006a, 2006b; Rocha *et al.*, 2009). É ainda nesta fase que se procede à avaliação dos processos de ensino e de aprendizagem (Orion & Hofstein, 1994; Rebelo & Marques, 2000; Praia, 1999).

Às atividades práticas de campo são atribuídas alguma importância na realização de aprendizagens, no desenvolvimento de capacidades e na transferência e aplicação de conhecimento anteriormente adquirido (Orion & Hofstein, 1991; Prokop *et al.*, 2007; Nadelson & Jordan, 2012; Marques *et al.*, 2003). No entanto, diversos estudos com professores em formação inicial e/ou em formação contínua revelam que os professores reconhecem a importância deste

tipo de metodologias no Ensino das Ciências, mas apresentam dificuldades na sua implementação ou, quando as implementam, são atividades meramente ilustrativas (Orion, 1993; Michie, 1998; Marques *et al.*, 2003; Barros *et al.*, 2012; Almeida *et al.*, 2013).

Vários motivos são apontados para a não implementação das aulas de campo, pelos professores, no ensino das Ciências. Os aspetos logísticos são um dos aspetos que dificultam a realização de aulas de campo (Orion, 1993; Michie, 1998). Estes aspetos relacionam-se principalmente com dificuldades de organização de saídas dos alunos para fora do espaço Escola, nomeadamente o transporte, os custos e a segurança (aspetos logísticos), com a existência de afloramentos acessíveis e próximos da Escola, e ainda com o clima. Os professores deparam-se também com a falta de tempo para a realização de aulas de campo e para preparar os recursos necessários à sua implementação, devido à extensão dos programas e à necessidade de os cumprir (Orion, 1993; Michie, 1998). Há ainda a considerar a pouca familiaridade dos professores com atividades realizadas em ambiente exterior à sala de aula (Orion, 1993). Face a estas dificuldades diversos autores salientam a importância da inclusão das atividades práticas de campo na formação inicial e contínua de professores (Dourado, 2006; Nunes & Dourado, 2009; Barros *et al.*, 2012).

3. Considerações finais

Os documentos oficiais relacionados com o ensino e a aprendizagem da Geologia no ensino básico (3.º ciclo) e secundário preconizam a realização de atividades práticas como metodologias fundamentais na construção do conhecimento geológico, assim como na promoção e no desenvolvimento de capacidades e atitudes indispensáveis à formação do aluno como cidadão.

As atividades práticas são metodologias nas quais o aluno tem um papel ativo na aprendizagem. Existem diversas tipologias, consoante os objetivos, os procedimentos que utilizam ou o local onde ocorrem. As atividades que decorrem em ambiente exterior à sala de aula, no meio natural, são designadas de atividades práticas de campo ou aulas de campo. Estas atividades são consideradas muito importantes no ensino e na aprendizagem da Geologia, pois possibilitam, entre outros aspetos, a mobilização de conhecimento anteriormente adquirido, a construção de representações a partir da interpretação dos processos geológicos e o desenvolvimento da capacidade de observação do mundo natural.

4. Referências

- Almeida, P. A., Barros, J. F., & Cruz, N. (2013). Concepções e práticas de professores de geologia sobre trabalho de campo. *IX Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias*, Girona, 47-53.
- Amador, F. (Coord.), Baptista, J., Mendes, A., Pinheiro, E., Rebelo, D., Silva, C., & Valente, R. (2001). *Programa de Biologia e Geologia - 10.º ou 11.º anos*. Lisboa: Ministério da Educação, Departamento do Ensino Secundário.
- Amador, F. (Coord.), Baptista, J., Mendes, A. (Coord.), Pinheiro, E., Rebelo, D., Silva, C., & Valente, R. (2003). *Programa de Biologia e Geologia - 11.º ou 12.º anos*. Lisboa: Ministério da Educação, Departamento do Ensino Secundário.
- Barros, J. F., Almeida, P. A., & Cruz, N. (2012). Fieldwork in geology: teachers' conceptions and practices. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 47, 829-834. doi: 10.1016/j.sbspro.2012.06.743
- Bonito, J. (1996). Na procura da definição do conceito de «Actividades prácticas». *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra, vol. extra*, 8-12.
- Bonito, J. (Coord.), Morgado, M., Silva, M., Figueira, D., Serrano, M., Mesquita, J., & Rebelo, H. (2013). *Metas curriculares do Ensino Básico – Ciências Naturais (5.º, 6.º, 7.º e 8.º anos)*. Lisboa: Ministério da Educação e da Ciência.
- Bonito, J., Macedo, R., & Pinto, J. (2002). Metodologia das actividades práticas de campo no ensino das geociências na formação inicial de professores: uma experiência em Pinhel. In A. C. Coelho, A. F. Almeida, J. M. Carmo, & M. N. R. Sousa (Coords.), *Educação em Ciências. Actas do VII Encontro Nacional* (pp. 144-178). Faro: Escola Superior de Educação da Universidade do Algarve.
- Bonito, J., & Sousa, M. B. (1997). Actividades práticas de campo em geociências: uma proposta alternativa. In L. Leite, M. C. Duarte, R. V. Castro, J. Silva, A. P. Mourão, & J. Precioso (Orgs.), *Didácticas/Metodologias da Educação* (pp. 75-91). Braga: Departamento de Metodologias da Educação do Instituto de Educação e Psicologia da Universidade do Minho.
- Dourado, L. (2001). Trabalho Prático, Trabalho Laboratorial, Trabalho de Campo e Trabalho Experimental no Ensino das Ciências – contributo para uma clarificação de termos. In A. Veríssimo, M. A. Pedrosa, & R. Ribeiro (Org.), *Ensino experimental das Ciências. (Re)Pensar o ensino das Ciências* (pp.13-18.). Lisboa: Ministério da Educação, Departamento do Ensino Secundário.

- Dourado, L. (2006a). Concepções e práticas dos professores de Ciências Naturais relativas à implementação integrada do trabalho laboratorial e do trabalho de campo. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 5(1), 192-212.
- Dourado, L. (2006b). O trabalho de campo na formação inicial de professores de Biologia e Geologia. Opinião dos estudantes sobre as práticas realizadas. *Boletín das ciencias*, 19(61), 157-158. Acedido em: http://www.enciga.org/boletin/61/o_trabalho_de_campo_na_formacao_professores.pdf [24/02/2014].
- Galvão, C. (Coord.), Neves, A., Freire, A. M., Lopes, A. M., Santos, M. C., Vilela, M. C., Oliveira, M. T., & Pereira, M. (2001). *Ciências Físicas e Naturais. Orientações Curriculares para o 3º Ciclo do Ensino Básico*. Lisboa: Ministério da Educação, Departamento da Educação Básica.
- Gatt, S. (2008). Promoting the construction of Knowledge during Practical Work. In M. F. Costa, B. V. Dorrió, P. Michaelides & S. Divjak (Eds.), *Selected Papers on Hands-on Science* (pp. 100-128). *First International Conference on Hands on Science, Teaching and Learning Science in the XXI Century*, Slovenia.
- Hodson, D. (1994). Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias*, 12(3), 299-213.
- Jaén, M., & García-Estañ, R. (1997). Una revisión sobre la utilización del trabajo práctico en la enseñanza de la Geología. Propuestas de cambio. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 5.2, 107-116.
- Leite, L. (2000). As atividades laboratoriais e a avaliação das aprendizagens dos alunos. In M. Sequeira, L. Dourado, M. T. Vilaça, J. L. Silva, A. S. Afonso, & J. M. Baptista (Org.), *Trabalho Prático e Experimental na Educação em Ciências* (pp. 91-108). Braga: Universidade do Minho.
- Leite, L. (2001). Contributos para uma utilização mais fundamentada do trabalho laboratorial no ensino das ciências. In H. V. Caetano, & M. G. Santos (Orgs.), *Cadernos Didácticos de Ciências – Volume 1* (pp. 77-96). Lisboa: Ministério da Educação, Departamento do Ensino Secundário (DES).
- Leite, L. (2006). Da complexidade das actividades laboratoriais à sua simplificação pelos manuais escolares e às consequências para o ensino e a aprendizagem das Ciências. In *Actas do XIX Congresso de Enciga* (CD-ROM). Póvoa de Varzim (Portugal). Acedido em: http://www.enciga.org/boletin/61/da_complexidade_das_actividades_laboratoriais.pdf [02/05/3009].
- Marques, L., Praia, J., & Andrade, A. S. (2008). Actividades exteriores à sala de aula em ambientes formais de ensino das Ciências: sua relevância. In P.

- Callapez, R. B. Rocha, J. F. Marques, L. Cunha, & P. Dinis (Org.), *A Terra. Conflitos e Ordem. Homenagem ao Professor Ferreira Soares* (pp. 325-324). Coimbra: Museu Mineralógico e Geológico da Universidade de Coimbra.
- Marques, L., Praia, J., & Kempa, R. (2003). A study of students' perceptions of the organization and effectiveness of fieldwork in earth sciences education. *Research in Science and Technological Education*, 21, 265-278.
- Mateus, L. (2000). Atividades práticas e experimentais no ensino da Geologia: uma necessidade incontornável. In M. Sequeira, L. Dourado, M. T. Vilaça, J. L. Silva, A. S. Afonso, & J. M. Baptista (Org.), *Trabalho Prático e Experimental na Educação em Ciências* (pp. 427-437). Braga: Universidade do Minho.
- Michie, M. (1998). Factors influencing secondary science teachers to organise and conduct field trips. *Australian Science Teacher's Journal*, 44(4), 43-50.
- Miguéns, M., & Garrett, R. M. (1991). Prácticas en la enseñanza de las ciencias. Problemas y posibilidades. *Enseñanza de las Ciencias*, 9(3), 229-236.
- Nadelson, L. S., & Jordan, J. R. (2012). Student attitudes toward and recall of outside day: an environmental science field trip. *The Journal of Educational Research*, 105:3, 220-231. doi: 10.1080/00220671.2011.576715
- Nunes, I., & Dourado, L. (2009). Concepções e práticas de professores de Biologia e Geologia relativas à implementação de acções de Educação Ambiental com recurso ao trabalho laboratorial e de campo. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, Vol.8, N.º 2, 671-691.
- Orion, N. (1993). Model for the development and implementation of field trip as an integral part of the science curriculum. *School Science and Mathematics*, 93(6), 325-331.
- Orion, N. (1989). Development of a high-school geology course based on field trips. *Journal of Geological Education*, 37, 13-17.
- Orion, N., & Hofstein, A. (1991). Factors which influence learning ability during a scientific field trip in a natural environment. *Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching*, Wisconsin.
- Orion, N., & Hofstein, A. (1994). Factors that influence learning during a scientific field trip in a natural environmental. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(10), 1097-1119.
- Pedrinaci, E., Sequeiros, L., & García, E. (1994). El trabajo de campo y el aprendizaje de la Geología. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 2, 37-45.
- Pedrosa, M. (2001). Ensino das Ciências e trabalhos práticos – (Re)Conceptualizar... In A. Veríssimo, M. A. Pedrosa, & R. Ribeiro (Org.),
-

- Ensino experimental das Ciências. (Re)Pensar o ensino das Ciências* (pp.19-33). Lisboa: Ministério da Educação, Departamento do Ensino Secundário.
- Praia, J. (1999). *Relatório da disciplina de Didáctica da Geologia*. Porto: Departamento de Geologia, Faculdade de Ciências, Universidade do Porto, 171p.
- Praia, J., & Marques, L. (1997). Para uma metodologia do trabalho de campo: contributos da Didática da Geologia. *Geólogos, n.º1*, Faculdade de Ciências, Universidade do Porto, 27-33.
- Prokop, P., Tuncer, G., & Kvasničák, R. (2007). Short-term effects of field programme on students' knowledge and attitude toward biology: a Slovak experience. *Journal of Science Education and Technology, 16(3)*, 247-255.
- Rebelo, D., & Marques, L. (2000). O trabalho de campo em Geociências na Formação de Professores: situação exemplificativa para o Cabo Mondego. *Cadernos Didácticos, Série Ciências n.º 4*. Aveiro: Universidade de Aveiro, 128 p.
- Rocha, A. F., Ferreira, J. G., & Gomes, C. R. (2009). As concepções e as práticas dos professores relativamente às aulas de campo no ensino da geologia. Um estudo exploratório. *Enseñanza de las Ciencias, Número Extra*. VIII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, Barcelona, 3191-3193. Acedido em:
<http://ensciencias.uab.es/congreso09/numeroextra/art-3191-3193.pdf>
[12/01/2014].

CAPÍTULO III

AULA DE CAMPO NA SERRA DA LOUSÃ, PORTUGAL. UM ESTUDO DE AVALIAÇÃO

AULA DE CAMPO NA SERRA DA LOUSÃ, PORTUGAL. UM ESTUDO DE AVALIAÇÃO

1. Introdução

A aula de campo é uma atividade prática, estruturada, que decorre num ambiente natural, exterior à sala de aula (Orion & Hofstein, 1991a; Orion, 1993; Bonito & Sousa, 1997; Pedrinaci *et al.*, 1994). A esta atividade é reconhecida importância na realização de aprendizagens, no desenvolvimento de capacidades e na transferência e aplicação de conhecimento anteriormente adquirido (Orion & Hofstein, 1991b; Prokop *et al.*, 2007; Nadelson & Jordan, 2012), que alcançam um significado mais abrangente quando realizadas em meio natural (Marques *et al.*, 2008).

Apesar dos aspetos positivos que se reconhecem a estas atividades, os professores revelam algumas dificuldades na implementação deste tipo de estratégia (Marques *et al.*, 2003; Orion, 1993; Michie, 1998). Orion (1993) apresenta três motivos para a não concretização de aulas de campo. Por um lado, temos os aspetos logísticos que envolvem o transporte dos alunos, como dificuldades na organização, custos, segurança, a existência de afloramentos acessíveis ou ainda clima. Por outro, os professores deparam-se com a falta de tempo, devido à extensão dos programas e à necessidade de os cumprir. Há ainda a pouca familiaridade, dos professores, com atividades prática de campo.

Estudos com professores em formação inicial confirmam a existência de algumas dificuldades na implementação deste tipo de trabalho prático (Dourado, 2006; Almeida *et al.*, 2013). Dourado (2006), num estudo realizado com futuros professores de Biologia e Geologia, defendeu a importância de uma boa formação inicial sobre aulas de campo porque, apesar de os futuros professores reconhecerem a importância deste tipo de estratégia, não se sentem preparados para as implementar na sua prática letiva. A falta de recursos para aulas de campo é também apontada como um impedimento à realização das aulas de campo (Michie, 1998).

Em Portugal, nos últimos anos, tem-se verificado um aumento no número de estudos relacionados com o desenvolvimento, implementação e avaliação de aulas de campo (*p.e.*, Praia & Marques, 1997; Rebelo & Marques, 2000; Monteiro & Kullberg, 2006; Ferreira *et al.*, 2006; Pinto *et al.*, 2006; Gomes, 2007; Perpétuo, 2007; Correia & Gomes, 2011). No entanto, existem ainda muitos obstáculos,

nomeadamente aqueles relacionados com a logística que sempre envolve a saída de alunos para o ambiente exterior à Escola e, muito especialmente, com a segurança destes (Bonito *et al.*, 2006). Estas dificuldades podem ser superadas através da realização de aulas de campo virtuais. Estas são aulas de campo que se realizam através de meios alternativos em relação a um ambiente exterior, com recurso, por exemplo, a computador (CD-ROM) ou a materiais disponíveis na internet (Woerner, 1999). No início da era das tecnologias de comunicação e informação, o recurso às aulas de campo virtuais apresentava alguns problemas, nomeadamente o acesso à internet, moroso e nem sempre disponível, dificuldades na construção de páginas eletrónicas, que exigia conhecimentos de linguagem de marcação utilizada para produzir páginas na Web (HTML), e incompatibilidades técnicas (Pereira & Brilha, 1999). Azevedo *et al.* (2006) apontam outras dificuldades como a barreira linguística de muitos materiais didáticos, em língua inglesa, que nem sempre se adequavam às necessidades dos alunos portugueses. Estes autores acentuam a importância de se dar “(...) destaque à Geologia de Portugal, em particular à Geologia da região onde as respetivas escolas se enquadram, de modo a tornar relevantes os conteúdos para os discentes.” (Azevedo *et al.*, 2006, p. 332).

Atualmente, a evolução tecnológica e as ferramentas da web2.0 tornaram a implementação de atividades práticas interativas muito mais facilitada. Têm sido desenvolvidas, em diversos países, aulas de campo virtuais [Nova Zelândia, LEARNZ field trips (Core Education, s.d.); EUA, Virtual Field Trip Guides: United States and Canada (Universidade do Texas, 2014); Reino Unido, Kennedy Library - U.K. virtual field trips, (Universidade de Leeds, 2011)] e Portugal não é exceção (Pereira & Brilha, 1999; Legoinha *et al.*, 2006; Legoinha & Brilha, s.d., a; s.d., b).

As aulas de campo virtuais apresentam algumas vantagens. Permitem resolver problemas de logística e de cumprimento de programas e disponibilizam materiais didáticos, devidamente validados e avaliados, que auxiliam a prática letiva (Tuthill & Klemm, 2002). As aulas de campo virtuais possibilitam a apresentação de dados a diferentes escalas (desde a escala microscópica de lâmina delgada à escala regional) enquanto, numa aula de campo convencional, o número de escalas é mais reduzido (paisagem, afloramento e amostra de mão) (Hurst, 1998). Também permitem a aprendizagem sobre áreas afastadas e de difícil acesso e, por isso, também podem ser importantes ao nível do turismo geológico de uma região. Finalmente, permitem, aos professores, repetir várias vezes a aula de campo, para acentuar um ou outro aspeto que tenha ficado menos esclarecido. As aulas de

campo virtuais podem ser também utilizadas como preparação para a aula de campo, contribuindo para a diminuição do efeito “novelty space” (Orion & Hofstein, 1994), ou ainda na aula de síntese, segundo o modelo proposto por Orion (1993).

Apesar de tudo, a realização de aulas de campo virtuais não dispensa a realização de atividades de exterior, no campo, dado que o material apresentado num computador é apenas uma representação. As fotografias são apenas uma parte do total, por isso, não têm o mesmo impacto que uma verdadeira aula de campo (Hurst, 1998).

Este estudo teve como objetivos planejar, construir, validar e avaliar materiais didáticos (recursos) para uma atividade de exterior (aula de campo) na Serra da Lousã. A atividade foi planeada para o ensino e para a aprendizagem dos processos de magmatismo e de metamorfismo, no âmbito da componente de Geologia, do 11.º ano de escolaridade (Amador *et al.*, 2003). A estruturação da atividade teve como finalidade permitir ao professor a realização de uma aula de campo convencional, com acesso a todos os recursos necessários para as diferentes fases de uma atividade de exterior, segundo o modelo do Orion (1993). No entanto, e dado os obstáculos que, por vezes, são colocados à realização de aulas de campo, a atividade está estruturada para ser usada como uma aula de campo virtual.

2. Metodologia

A metodologia deste estudo envolveu três grandes etapas: planeamento da aula de campo, construção de recursos, validação e avaliação (Figura 1).

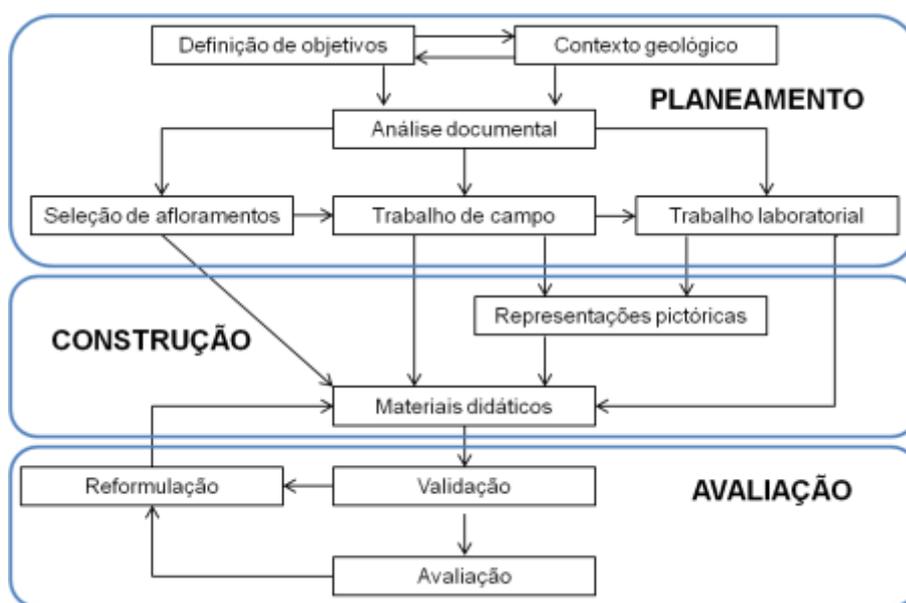


Figura 1 – Esquema conceptual do estudo.

2.1. Planeamento da aula de campo

O planeamento começou com a análise documental, que envolveu revisão bibliográfica da área de estudo e a análise de cartas e mapas geológicos (Soares *et al.*, 2005; Soares *et al.*, 2007; Gomes *et al.*, 1991). A seleção dos afloramentos foi baseada em dois aspetos distintos: por um lado, o valor científico e/ou didático; por outro, os aspetos logísticos de uma aula de campo, como a facilidade de acesso aos afloramentos, vias de comunicação próximas e a segurança dos alunos. O potencial científico e/ou didático, em alguns casos, tinha já sido reconhecido em estudos anteriores (Dias, 2011; Henriques, 2012).

Em seguida, efetuou-se trabalho de campo que envolveu a observação, caracterização e interpretação de afloramentos, assim como a identificação e caracterização de estruturas geológicas, como falhas e contactos entre litologias. Efetuou-se ainda o registo, em suporte fotográfico e em vídeo, dos aspetos mais relevantes dos afloramentos, quer do ponto de vista científico, quer didático. Procedeu-se também à recolha de amostras de mão, representativas das litologias da área de estudo, para estudo posterior em laboratório. Para cada afloramento foi elaborada uma ficha de caracterização didática, onde foram registados os objetivos para a aula de campo, as tarefas a desempenhar pelos alunos e os aspetos mais relevantes a observar.

Procedeu-se também ao estudo de lâminas delgadas, no Departamento de Ciências da Terra, da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra. Estas lâminas foram obtidas a partir de amostras recolhidas em afloramentos do Grupo das Beiras e do Granito do Coentral (cedidas pela Prof. Doutora Elsa Gomes). Com recurso ao microscópio petrográfico Nikon Eclipse E400 POL e ao estereoscópio Nikon SMZ 800, foram analisadas lâminas delgadas de filitos, de filitos mosqueados e ainda de granito do Coentral. Em seguida, foram identificados e registados, em suporte fotográfico, alguns aspetos mineralógicos e estruturais, que refletem as relações entre as diferentes litologias e os processos tectónicos observadas à escala de afloramento e regional.

Os registos (em suporte fotográfico e em vídeo) foram tratados e, a partir deles, foram elaborados esquemas que refletem os modelos defendidos na bibliografia. Estes esquemas foram realizados com recurso a programas de desenho, de fácil acesso e utilização, como, por exemplo, o *Microsoft Paint*®. Estas representações pictóricas são muito importantes porque tornam os afloramentos mais compreensíveis a um observador menos experiente em Geologia, como é o caso dos alunos do ensino secundário.

2.2. Construção dos materiais didáticos

A atividade de exterior (aula de campo) foi planeada e construída com base no modelo proposto por Orion (1993). Segundo este modelo, a atividade de exterior deve desenrolar-se em três fases: preparação, aula de campo e síntese, devendo-se aumentar, tanto quanto possível, o grau de abstração, da sala de aula/laboratório para o campo e novamente para a sala de aula.

Os recursos para a atividade de exterior foram construídos a partir dos dados recolhidos da revisão bibliográfica, do trabalho de campo e do trabalho laboratorial, com a finalidade de auxiliar o professor na preparação, na realização e na síntese de uma atividade de exterior na Serra da Lousã. Estes recursos foram desenhados de modo a poderem ser aplicados numa aula de campo convencional e/ou virtual. Foram desenvolvidos os seguintes materiais: vídeo de apresentação (fase de preparação), guia de campo (aula de campo), tópicos de discussão e exercícios de aplicação (fase de síntese). Todos os recursos foram disponibilizados numa página eletrónica, construída para funcionar como interface aluno/professor/campo, com a ferramenta *Google Sites*®.

2.3. Validação dos materiais didáticos

2.3.1. Participantes

Na validação dos recursos participaram 2 professores do ensino superior, especialistas em Geociências e em Educação e 9 professores de Biologia e Geologia do ensino secundário.

O questionário foi enviado a 18 professores e foram recebidas 9 respostas, correspondentes a 8 professores do sexo feminino e 1 do sexo masculino. O questionário foi preenchido de forma anónima. A distribuição dos professores por tempo de serviço letivo é a seguinte: até 10 anos, 1 professor; entre 10 e 15 anos de serviço, 4 professores; entre 15 e 20 anos de serviço, 3 professores; mais de 20 anos de serviço, 1 professor. Por distritos, temos a seguinte distribuição: Coimbra, 2 professores; Viseu, 3 professores; Santarém, 1 professor; Guarda, 1 professor; Lisboa, 2 professores.

2.3.2. Procedimentos

A validação foi realizada através de um questionário elaborado com recurso à ferramenta *Google Docs*® e enviado por correio eletrónico. Para a validação dos recursos foi preparado um questionário com duas questões de resposta aberta:

Questão 1 – Faça uma avaliação aos recursos desenvolvidos. No sentido de facilitar a avaliação, sugerimos os seguintes itens: pontos fortes, pontos menos fortes, interesse dos recursos para o ensino de conteúdos de geologia, sugestões, outros.

Questão 2 – Consideraria utilizar estes recursos nas aulas de Geologia do 11.º ano? Justifique, por favor, a sua resposta.

As respostas foram sujeitas a uma análise de conteúdo (Amado, 2000; Bardin, 2008), da qual emergiram duas categorias mutuamente exclusivas, independentes e pertinentes para o estudo, *pontos fortes* e *pontos fracos*. A categoria *pontos fortes* foi dividida em quatro subcategorias, pertinentes para avaliação dos recursos: *relevância*, *logística*, *facilidade* e *motivação*. Foi realizado um teste de fiabilidade por um investigador independente, que analisou as unidades de registo quantificadas para cada categoria e subcategoria. Este teste foi determinado pela fórmula: “o dobro do número de acordos entre os codificadores é dividido pelo total de categorizações efetuadas por cada um” (Amado, 2000, p. 59).

3. Resultados

3.1. Contexto geológico da Serra da Lousã

As litologias predominantes na Serra da Lousã são metassedimentos pertencentes ao Grupo das Beiras (Figura 2).

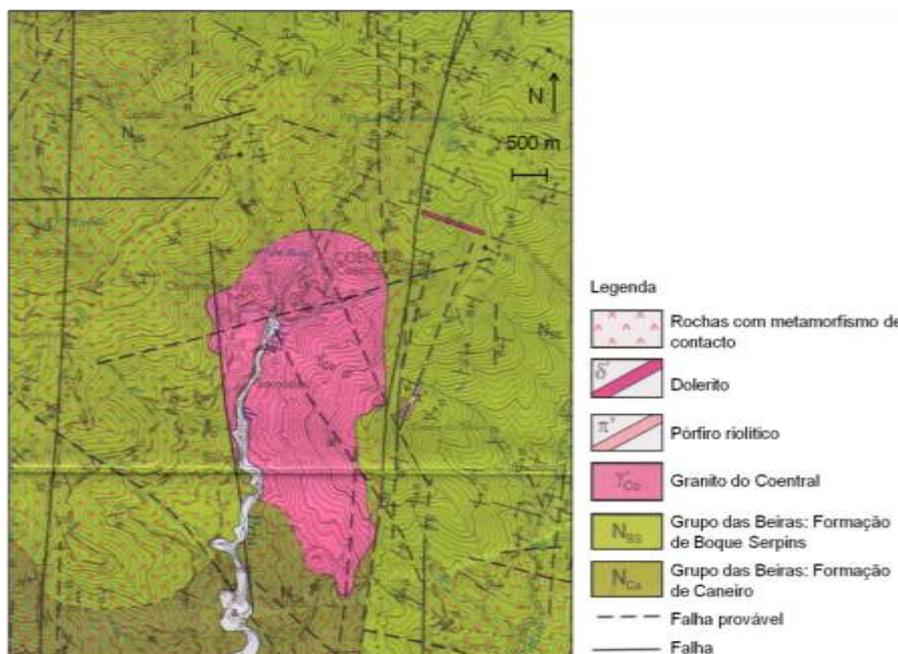


Figura 2 – Área de estudo. Excerto da carta geológica de Portugal, escala 1: 50 000, folha 19-D, Coimbra-Lousã (Soares *et al.*, 2005).

Na área de estudo, o Grupo das Beiras corresponde a uma alternância de filitos e metagrauques, com metamorfismo regional varisco da fácies dos xistos verdes, zona da clorite (Gama-Pereira *et al.*, 2004; Sequeira & Sousa, 1991; Soares *et al.*, 2007). As características sedimentares apontam para uma deposição em zona de plataforma continental ou próxima de talude, na zona ocidental, onde surgem fácies caóticas (Sequeira & Sousa, 1991). Alonso-Gavilán *et al.* (2001) reconhecem, na região do Trevim, estruturas sedimentares que indicam eventos tempestíticos em plataforma pouco profunda. As unidades do Grupo das Beiras ter-se-ão depositado numa bacia de retro-arco, na margem continental do Gondwana, correspondendo a uma sequência turbidítica do tipo “flysch” (Rodríguez-Alonso *et al.*, 2004; Gomes *et al.*, 2007).

Na Serra da Lousã, o Grupo das Beiras está representado por duas unidades, a Formação de Caneiro e a Formação de Boque-Serpins (Sequeira & Sousa, 1991).

A Formação de Caneiro apresenta bancadas de metagrauques, decimétricas a métricas, com intercalações de metapelitos de reduzida expressão (meta, prefixo que indica uma rocha afetada por metamorfismo de baixo grau). As bancadas decimétricas podem apresentar figuras sedimentares de interior de bancada [laminação paralela, figuras de correntes (*ripples*, Figura 3A), graduação, escavamentos (*sand pockets*) e pseudonódulos] e figuras de base de bancada (escavamentos, figuras de carga e estruturas em chama). Para o topo da unidade, as bancadas pelíticas, associadas a filitos carbonosos com pirite (Figura 3B), tornam-se mais quartzosas (Sequeira & Sousa, 1991).



Figura 3 – Formação de Caneiro. A – Figuras de corrente, *ripples marks* (marcas de ondulação). Estrada da Beira (EN17) entre São Frutuoso e Caneiro; B – Níveis com pirite (sulfureto de ferro). Estrada da Beira (EN17), próximo do cruzamento para Ribas.

A passagem à Formação de Boque-Serpins é gradual, marcada, por vezes, por metapelitos laminados, grafitosos, com níveis de pirite (Figuras 4A e 4B). Esta formação é essencialmente pelítica, de características semelhantes às da unidade anterior, com intercalações de metagrauvaques cujas bancadas não ultrapassam os 10-15 m (Sequeira & Sousa, 1991; Sousa *et al.*, 2007).

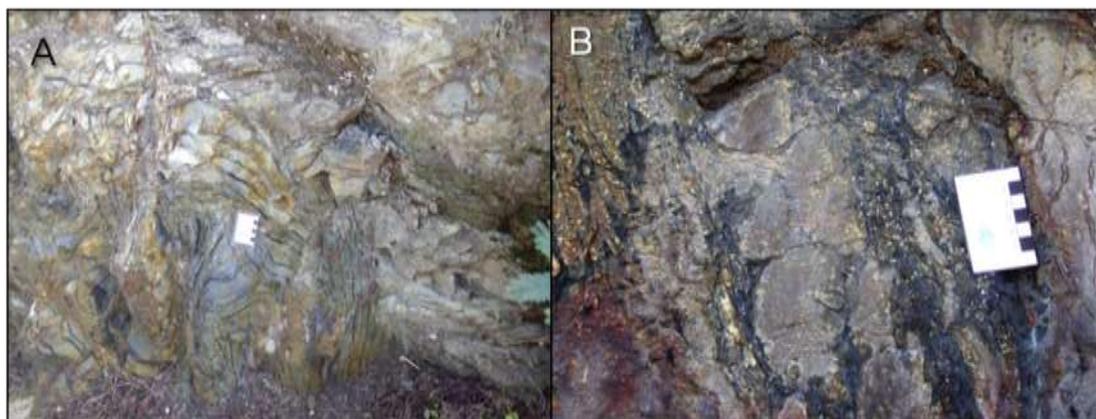


Figura 4 – Base da Formação de Boque-Serpins, EN 17-1, junto à ponte de Segade. A – Metapelitos grafitosos; B – Metapelitos com níveis de pirite.

Os metapelitos laminados (Figura 5A) são constituídos por alternâncias milimétricas a decimétricas de material arenoso fino ou siltítico e de material argiloso, com a parte psamítica (arenítica) a apresentar laminação oblíqua. No Trevim podem ser observadas, em bancadas arenosas, grande variedade de estruturas sedimentares, como *ripples* (marcas de ondulação) (Figura 5B) e estruturas entrecruzadas de tipo *hummocky* (em montículos) (Sequeira & Sousa, 1991; Sousa *et al.*, 2007).



Figura 5 – Formação de Boque-Serpins. A – Metapelitos laminados, Ribeira das Quelhas, Serra da Lousã. B – *Ripples*, Alto do Trevim, Serra da Lousã.

A diminuição da granulometria dos materiais arenosos, para o topo da unidade, denuncia uma sedimentação mais calma, ainda que sujeita a episódios esporádicos de deposição de materiais mais grosseiros (Sequeira & Sousa, 1991; Sousa *et al.*, 2007).

A análise geocronológica de zircões detríticos de metagrauques do Grupo das Beiras revelou uma predominância de idades do Neoproterozoico, predominantemente Cryogénico (50%) e Ediacárico (20%) (Pereira *et al.*, 2012). Os zircões mais antigos datam do Paleoproterozoico e do Arcaico, o que indica o cratão Oeste-africano como a fonte predominante de sedimentos. Há ainda contribuição de zircões do Mesoproterozoico, com origem provável no cratão Sul-Americano (Solá *et al.*, 2011; Pereira *et al.*, 2012). A idade máxima da deposição dos materiais que deram origem aos metagrauques do Grupo das Beiras (ca. 578-560) é coincidente com o intervalo de deposição da Série Negra (Pereira *et al.*, 2012). A deposição na bacia ediacariana correspondente ao Grupo das Beiras é contemporânea do desenvolvimento de uma margem ativa, com um arco magmático, ao longo da margem norte do Gondwana (Pereira *et al.*, 2012).

As Formações do Grupo das Beiras sofreram metamorfismo de contacto, anterior ao metamorfismo regional varisco, pela intrusão de corpos graníticos cadomianos como o Granito do Coentral (Gama-Pereira, 1987; Gomes *et al.*, 1991). O Granito do Coentral (Figura 6) localiza-se na Serra da Lousã e ocupa uma área aproximada de 6 km². Apresenta forma grosseiramente elíptica, alongada na direção N-S. Para leste, encontra-se circunscrito por uma falha N-S, subvertical (Gomes *et al.*, 1991). Dados gravimétricos revelam maior desenvolvimento em profundidade, aproximadamente 9 a 10 km, prolongando-se para leste (Machadinho *et al.*, 2010).



Figura 6 – Granito de Coentral a partir do Mirante do Cabeço do Peão, com vista para a Safra (ponto geodésico), Serra da Lousã.

A auréola de metamorfismo de contacto prolonga-se essencialmente para oeste e para sul e é constituída por filitos e metagrauvaques mosqueados, com porfirobastos de cordierite e andaluzite, e por corneanas (Gomes, 1990). Para leste, está condicionada a uma pequena faixa, devido a um sistema de falhas norreadas, com abatimento do bloco Este e movimentação direita, relacionadas com a 2ª fase varisca (Gomes *et al.*, 1991; Soares *et al.*, 2007; Machadinho *et al.*, 2010).

Em termos mineralógicos, o Granito do Coentral varia entre granodiorito e granito. É um granitoide leucocrata, de duas micas, com megacristais de feldspato potássico, numa matriz granular de grão médio a fino. Apresenta plagioclase, feldspato potássico, biotite e moscovite como minerais primários essenciais. Os minerais acessórios são a turmalina, o zircão, a apatite e a ilmenite. Como minerais secundários apresenta clorite, epídoto, esfena e rútilo (Gomes, 1990; Gomes *et al.*, 2007). Os megacristais de feldspato potássico apresentam inclusões, essencialmente de plagioclase e quartzo. Em alguns casos, estas inclusões apresentam uma disposição concêntrica ou estão alinhadas segundo uma determinada direção cristalográfica. A microclina aparece a cortar ou a englobar os cristais de plagioclase. As características exibidas pelos cristais mais desenvolvidos de feldspato potássico parecem indicar uma origem metassomática (Gomes *et al.*, 2007). Por esta razão, utiliza-se a designação de megacristal em vez de fenocristal, expressão normalmente usada para designar os cristais de maiores dimensões nas rochas magmáticas. A distribuição espacial dos megacristais de feldspato, da biotite e da clorite não é homogénea. Os megacristais de feldspato e a biotite predominam na zona sul enquanto a clorite prevalece na parte norte (Gomes *et al.*, 1991) (Figura 7).



Figura 7 – Granito de Coentral. A – Granito com megacristais de feldspato potássico (I) e xenólitos ricos em biotite (II) (zona sul); B – Granito moscovítico rico em clorite (zona norte).

O Granito de Coentral corresponde a um granitoide peraluminoso (rico em alumínio). O índice de saturação em alumina coloca-o nos campos do sienogranito a monzogranito, em discordância com a classificação petrográfica. A composição química e a constituição mineralógica revelam uma leve tendência para um protólito mais básico (Gomes *et al.*, 2007).

Diversos estudos (Abranches & Canilho, 1981; Gama-Pereira, 1987; Gomes, 1990; Gomes *et al.*, 1991; Gomes & Antunes, 2011) enquadraram este granito no conjunto de granitoides cadomianos da Zona Centro-Ibérica (ZCI, Julivert, 1972), conjuntamente com o Granito de Vila Nova e o de Figueiró-dos-Vinhos, sendo-lhe atribuída uma idade entre o Neoproterozoico Superior e o Câmbrico Inferior, similar à do Granito de Vila Nova (ca. 540-541 Ma, Reis *et al.*, 2010).

Durante a orogenia varisca, principalmente as fases F1 (Silúrico-Devónico Médio, fim do Emsiano/Eifeliano) e F2 [Carbónico Inferior (Viseano) até ao Carbónico Superior (Moscoviano) (Gama-Pereira, 1987), o corpo granítico do Coentral foi sujeito a reajustamentos metamórficos/metassomáticos, nomeadamente microclinização, albitização, cloritização e cristalização de biotite metassomática (Gomes *et al.*, 2007; Gomes & Antunes, 2011). Estes reajustamentos foram admitidos com base nas idades K-Ar de biotite, no intervalo 403-341 Ma (Gomes *et al.*, 1991), que sugerem uma recristalização no estado sólido após a consolidação do plutonito e sem relação com o arrefecimento magmático. As concentrações micáceas são frequentes e, provavelmente, xenólitos (fragmentos de rocha estranha do seu encaixante) digeridos do encaixante (Gomes *et al.*, 1991; Gomes *et al.*, 2007).

3.2 Caracterização didática dos afloramentos

O guia de campo foi elaborado com base na caracterização didática realizada para cada um dos quatro afloramentos selecionados: dois afloramentos do granito do Coentral, o leito da Ribeira das Quelhas (que atravessa filitos, filitos mosqueados, corneanas e granito do Coentral) e um afloramento do Grupo das Beiras, com evidências de metamorfismo de contacto. Estes afloramentos foram selecionados com base na acessibilidade e na relevância científico e/ou didática. A construção do guia de campo foi ainda baseada na caracterização didática do património construído escolhido, a aldeia do Candal. A Tabela 1 resume a caracterização didática dos afloramentos e do património construído.

Tabela 1 – Ficha de caracterização didática dos afloramentos/património construído.

Paragens	Tarefas	Aspetos a observar
<p>1ª Paragem: Granito do Coentral</p> <p>40,040298° N; 8,174688° W</p>	<p>1. Caracterização mineralógica e textural do granito ao longo do percurso.</p> <p>2. Caracterização das estruturas.</p> <p>3. Registo dos afloramentos e aspetos mais revelantes.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Minerais: quartzo, feldspato potássico (megacristais), biotite, moscovite e clorite. • Granulometria: grão fino a médio. • Fraturas: Muito diaclasado (Figura 8A); falhas verticais. • Paisagem: caos de blocos.
<p>2ª Paragem: Ribeira das Quelhas</p> <p>40,063331° N; 8,172650° W</p>	<p>1. Identificação das rochas (tipo de génese).</p> <p>2. Caracterização litológica dos clastos dos sedimentos do leito da ribeira.</p> <p>3. Registo esquemático do percurso realizado na ribeira (direção E-W).</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Clastos: filito, filito mosqueado, corneana e granito. • Leito da ribeira: granito, filitos e corneanas (Figura 8B).
<p>3ª Paragem: Metamorfismo regional</p> <p>40,063331° N; 8,172650° W</p>	<p>1. Caracterização da rocha aflorante quanto a critérios mineralógicos, texturais e genéticos.</p> <p>2. Medição da direção e inclinação da foliação.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Rochas metamórficas, foliadas, com cristais desenvolvidos no seio da matriz. • Filitos onde se observa a clivagem varisca a contornar os porfiroblastos (Figura 8C).
<p>4ª Paragem: Aldeia do Candal</p> <p>40, 080548° N; 8,203788° W</p>	<p>1. Identificação dos materiais geológicos utilizados na construção das casas.</p> <p>2. Apresentação dos fatores que conduziram à instalação da aldeia.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Casas e muros: construídos com filitos e filitos mosqueados. • Fatores: exposição solar (figura 8D); proximidade a uma linha de água (Ribeira do Candal); solos férteis; materiais geológicos; terreno elevado.



Figura 8 – Fotografias de alguns aspetos a observar em cada paragem. A - Granito do Coentral diaclasado, com xenólitos e inclusões de quartzo. B – Contacto das corneanas com o granito, no leito da Ribeira das Quelhas. Observam-se clastos de filitos. C – Clivagem varisca a contornar os porfiroblastos em filitos mosqueados. D – Aldeia do Candal, implantada na vertente ocidental da Serra da Lousã.

3.3. Preparação dos materiais didáticos

Antes de construir os recursos, houve necessidade de simplificar mapas e cartas geológicas, com informação demasiado complexa para o nível de ensino a que se destinavam os recursos (Figuras 9 e 10).

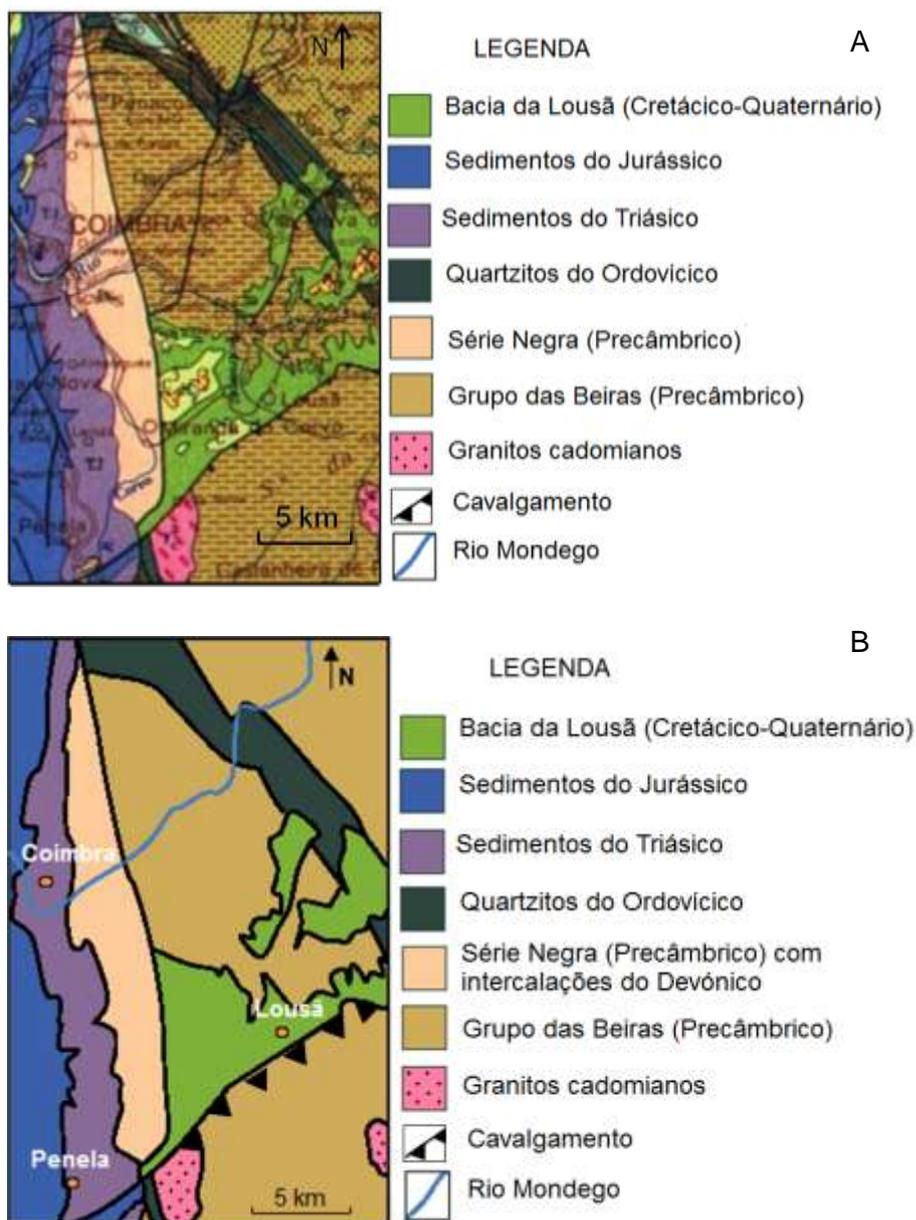


Figura 9 – Carta geológica da região entre Coimbra e Lousã. A – Excerto da Carta Geológica de Portugal, escala 1: 500 000, folha Norte, 1992 (Oliveira *et al.*, 1992). B – Carta geológica simplificada.

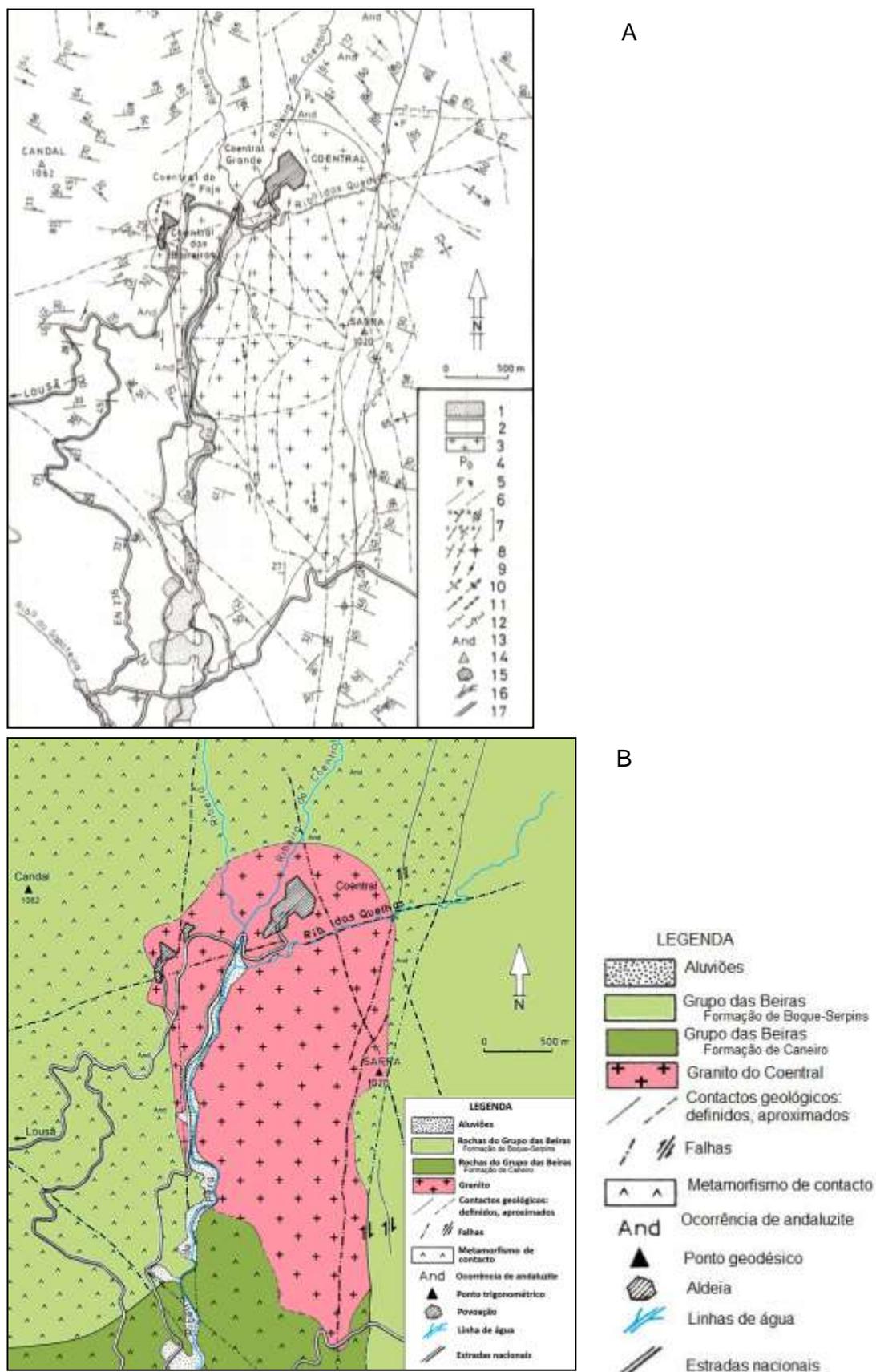


Figura 10 – Carta geológica da região de Coentral. A – Carta geológica original (Gomes *et al.*, 1990). B – Carta geológica simplificada.

Procedeu-se também à interpretação das representações pictóricas registadas durante o trabalho de campo (fotografias e vídeos), para uma melhor observação e compreensão dos aspetos geológicos e geomorfológicos mais relevantes a diferentes escalas. Desta forma, apresenta-se uma perspetiva global da geologia da Serra da Lousã, desde a escala regional (Figura 11), passando pela escala de afloramento (Figura 12), de amostra de mão até à escala de lâmina delgada (Figuras 13, 14, 15 e 16).



Figura 11 – Contexto tectónico da região entre Coimbra e a Serra da Lousã (escala regional). Interpretação sobre imagem de satélite do programa *Google Earth*®.

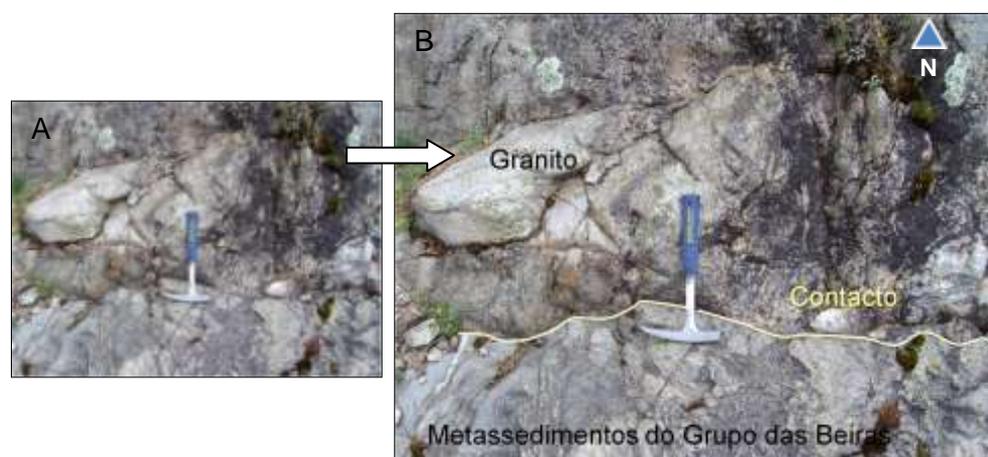


Figura 12 – Contacto entre o Granito do Coentral e as corneanas resultantes do metamorfismo de contacto sobre os metassedimentos do Grupo das Beiras (escala de afloramento). A – Fotografia sem interpretação. B – Fotografia com interpretação.

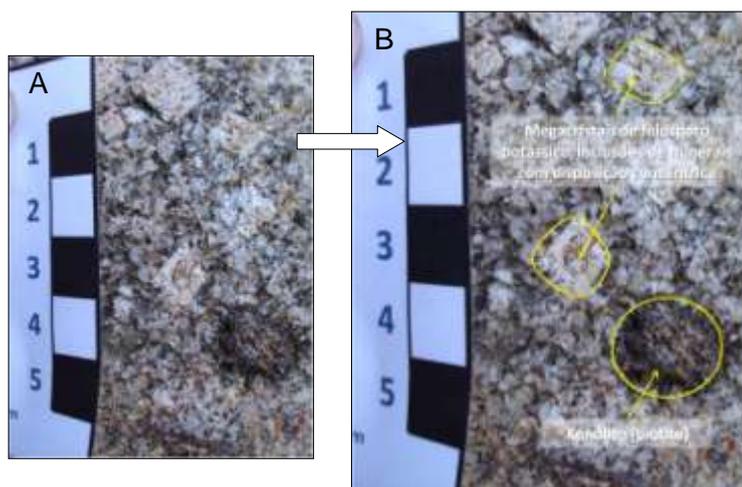


Figura 13 – Granito do Coentral, com megacrists de feldspato e xenólito de biotite. A – Fotografia sem interpretação. B – Fotografia com interpretação.

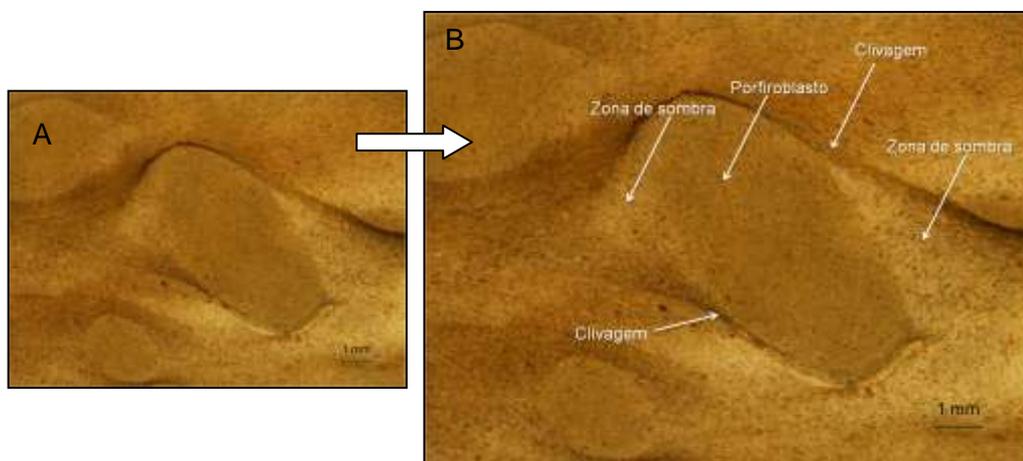


Figura 14 – Filito mosqueado, lâmina (Co-46), observação ao estereoscópio (escala de lâmina delgada). A clivagem varisca contorna os porfiroblastos. A – Fotografia sem interpretação. B – Fotografia com interpretação.

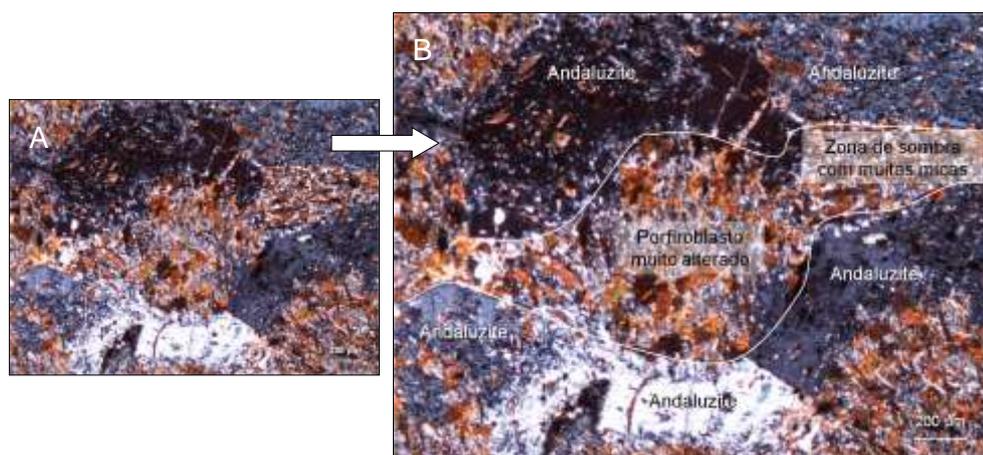


Figura 15 – Filito mosqueado, lâmina (Co-7-c), observação ao microscópio petrográfico, em XPL (escala de lâmina delgada). Porfiroblasto muito alterado, rodeado por andaluzite. Na zona de sombra há recristalização de micas. A – Fotografia sem interpretação. B – Fotografia com interpretação.

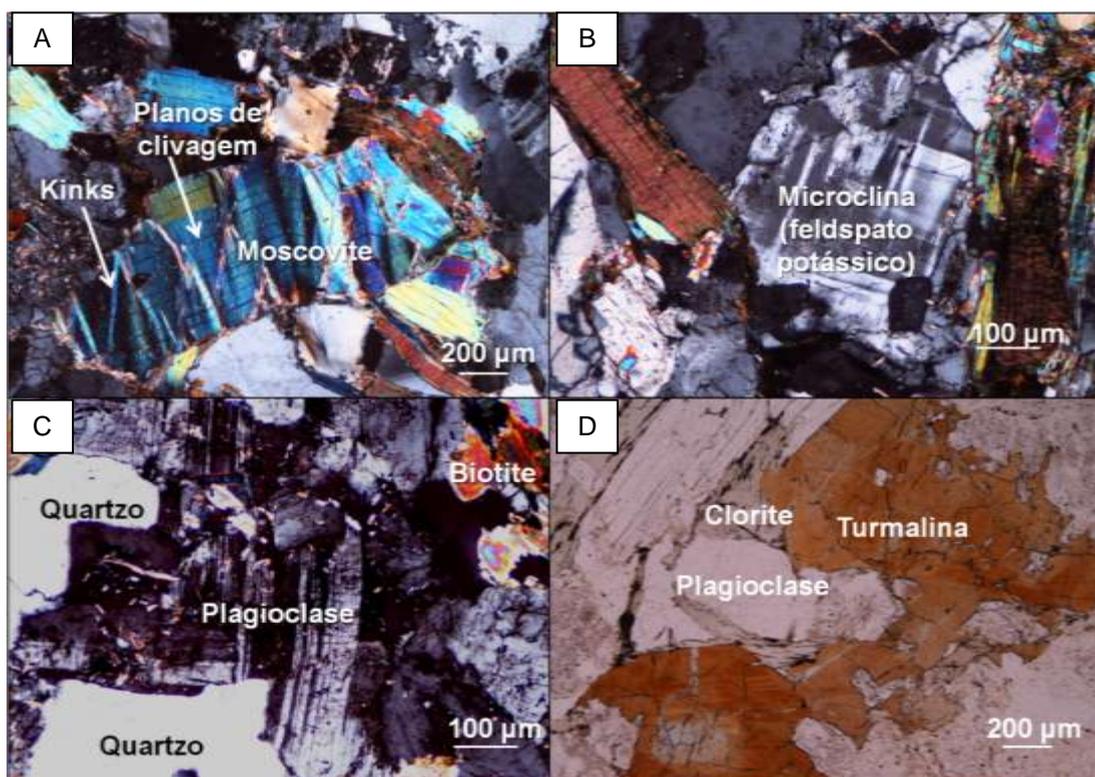


Figura 16 – Interpretação de lâminas delgadas de Granito do Coentral, observação ao microscópio petrográfico (escala de lâmina delgada).

A – Cristal de moscovite deformado, com planos de clivagem e *kinks* (microdobras) (lâmina Co-87-a, em XPL);

B – Microclina, com maclas cruzadas (lâmina Co-88 a, em XPL);

C – Quartzo, plagioclase e biotite (Lâmina Co-88, em XPL);

D – Plagioclase e turmalina. A biotite foi substituída por clorite (lâmina Co-87-b, em XPP).

3.4. Construção e divulgação dos materiais didáticos

A atividade de exterior foi desenvolvida segundo o modelo proposto por Orion (1993) e envolveu a construção de recursos para as fases de preparação, de aula de campo e de síntese.

Para a fase de preparação foi preparado um vídeo de apresentação da Serra da Lousã (Figura 17), com a finalidade de reduzir os fatores relacionados com o “*novelty space*” (fatores geográficos, cognitivos e psicológicos), identificados por Orion & Hofstein (1994). O vídeo, com duração aproximada de 17 minutos, apresenta os objetivos da aula de campo, os conceitos em estudo, as litologias da área de estudo e o contexto tectónico regional. Apresenta também vídeos das paisagens e dos afloramentos, fotografias interpretadas a diferentes escalas (regional, de afloramento e de lâmina delgada), excertos do mapa geológico do

Granito do Coentral (simplificado com base em Gomes *et al.*, 1991) e outros aspetos considerados relevantes.



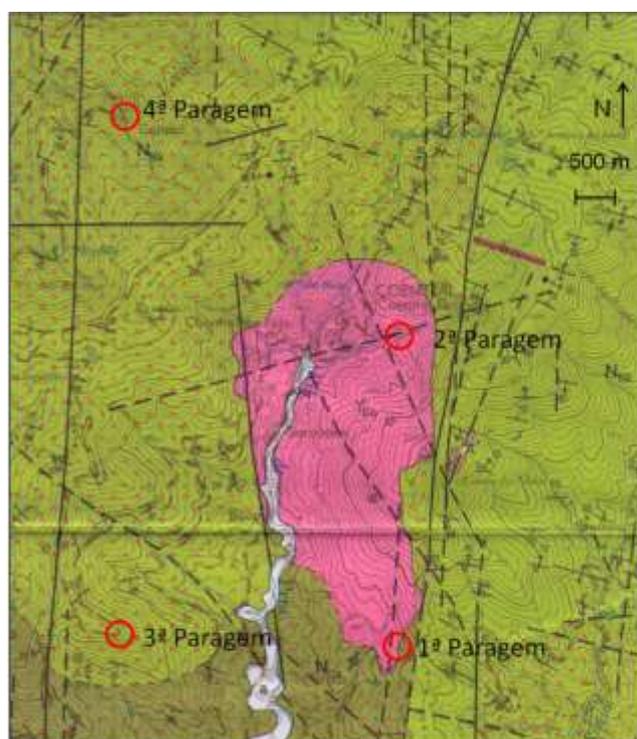
Figura 17 – Miniaturas do vídeo de apresentação da Serra da Lousã.

A aula de campo foi desenvolvida com vista à concretização dos seguintes objetivos: a) conhecer as litologias predominantes na Serra da Lousã; b) compreender a influência dos diferentes ambientes geodinâmicos nas litologias que, atualmente, se podem observar na Serra da Lousã; c) relacionar a geologia com a geomorfologia da região; d) relacionar a geologia e a geomorfologia com a distribuição populacional e o património construído. Estes objetivos são apresentados no guia de campo, junto com um mapa das estradas da região, onde estão assinaladas as quatro paragens definidas, os recursos necessários à aula de campo, as tarefas a realizar em cada paragem e respetivas questões. O guia oferece ainda espaço para registo, dado que é solicitada a realização de um esquema do percurso de um curso de água, a Ribeira das Quelhas. Os objetivos que estiveram subjacentes à realização desta atividade prática foram: a) desenvolver a capacidade de observação de afloramentos, b) estimular para a aprendizagem em Geologia, c) utilizar instrumentos relacionados com o trabalho de geólogo, d) manipular amostras de mão.

O percurso tem uma duração aproximada de 6 horas e foram estabelecidas as seguintes paragens (Figura 18): 1.^a paragem – Granito do Coentral, 2.^a paragem – setor da Ribeira das Quelhas, 3.^a paragem – Mirante do Cabeço do Peão, 4.^a paragem – aldeia do Candal.



A



B

Figura 18 – Localização das paragens num mapa de estradas (*Google Maps*®) (A) e na carta geológica de Portugal, escala 1: 50 000, folha 19-D, Coimbra-Lousã (B) (Soares *et al.*, 2005). Recursos disponibilizados no sítio eletrónico da aula de campo.

A primeira paragem localiza-se no Granito do Coentral. Ao longo de um acesso florestal, ao qual se acede através da CM1149 entre Palheira e Camelo, observam-se diferenças na composição mineralógica do granito. O percurso é realizado a pé. Observa-se, também, caos de blocos, aspeto característico da paisagem granítica. Pontualmente, o granito é atravessado por falhas verticais, de

orientação predominante N-S. Através do acesso florestal, chega-se à Ribeira das Quelhas (2ª paragem), perto do Coentral Grande. Caminhando para montante, observam-se as diferentes litologias sobre as quais corre a ribeira (granitos, filitos e corneanas) e que constituem os clastos que se observam no leito.

Na terceira paragem, no Mirante do Cabeço do Peão (estrada N236), observam-se filitos mosqueados pertencentes ao Grupo das Beiras, que denunciam metamorfismo de contacto anterior ao metamorfismo regional varisco.

Através da estrada Nacional, entre a Lousã e Castanheira de Pera, atinge-se a aldeia do Candal, enquadrada na rede “Aldeias de Xisto”. Esta paragem relaciona-se com a utilização dos recursos naturais disponíveis na região pelas populações. Aqui, os alunos identificam as condições naturais, geológicas e, especialmente, geomorfológicas, que condicionaram a instalação das populações. São estas, a exposição solar, o relevo e os recursos naturais (a água, o solo e as rochas, Figura 19).

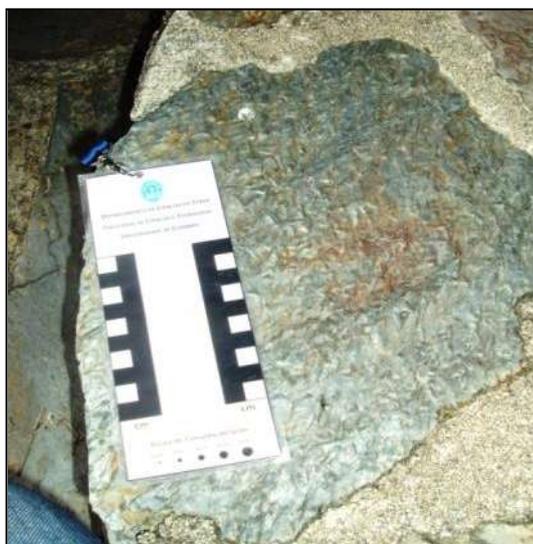


Figura 19 – Bloco de filito mosqueado utilizado na construção de um muro, na Aldeia do Candal.

As questões propostas no guia de campo são do tipo escolha múltipla e de resposta curta (Tabela 2). Na versão inicial, as questões eram essencialmente de construção. Com a finalidade de orientar os alunos para os aspetos geológicos/geomorfológicos a observar e facilitar a resposta, a tipologia foi alterada para questões de seleção, essencialmente do tipo escolha múltipla e de construção, do tipo resposta curta.

Tabela 2 – Questões propostas para cada paragem.

Paragem	Questões
1ª Paragem: Granito do Coentral	<p>1.1. Caracterização mineralógica e textural do granito aflorante em diferentes pontos do percurso.</p> <p><u>No início do percurso:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Relativamente à composição mineralógica, observam-se: feldspato__; quartzo__; biotite__; moscovite__; clorite__; calcite__; andaluzite__; outro__ (Qual? _____). ▪ O granito apresenta: grão fino__; grão médio__; grão grosseiro__. ▪ Relativamente à cor, o granito é: leucocrata __; mesocrata __; melanocrata __. ▪ Relativamente à textura, o granito é: equigranular __; porfiroide __; pegmatítico __. <p><u>No final do percurso, próximo da Ribeira das Quelhas:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Relativamente à composição mineralógica, observam-se: feldspato__; quartzo__; biotite__; moscovite__; clorite__; calcite__; andaluzite__; outro__ (Qual? _____). ▪ Este granito é semelhante ao do início do percurso? Sim__; Não__. ▪ A textura é semelhante à do granito do início do percurso? Sim__; Não__. Se respondeu <i>Não</i>, assinale a textura: grão fino__; grão médio__; grão grosseiro__. <p>1.2. Identificação e caracterização de falhas quanto à direção e pendor.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ O granito é intersetado por algumas falhas. A maioria das falhas apresenta... __Direção N50°E, pendor 20°N; __Direção N-S, subvertical; __Direção E-W, pendor 10° N. <p>1.3. Caracterização dos aspetos da paisagem.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ A paisagem que observa designa-se por: _____ <p>1.4. Caracterização da alteração do granito.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ O granito encontra-se: pouco alterado__; medianamente alterado__; muito alterado__.
2ª Paragem: Ribeira das Quelhas	<p>2.1. Identificação das rochas do leito da Ribeira das Quelhas (critério genético).</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ A Ribeira das Quelhas atravessa rochas do tipo: magmático__; sedimentares__; metamórficas__. <p>2.2. Caracterização litológica dos clastos da Ribeira das Quelhas.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Os clastos da ribeira são constituídos por: granito__; quartzito__; filito__; corneana__; calcário__; filitos mosqueados__. <p>2.3. Faça o registo esquemático do percurso realizado pela Ribeira das Quelhas (setor terminal), segundo a direção E-W.</p>
3ª Paragem: Mirante do Cabeço do Peão	<p>3.1. Caracterização da rocha aflorante quanto a critérios mineralógicos, texturais e genéticos.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ A rocha em afloramento apresenta: feldspato__; quartzo__; micas__; andaluzite__; calcite__; outro__ (Qual? _____). ▪ A textura da rocha em afloramento é: foliada__; não foliada__; com cristais desenvolvidos no seio da matriz__; sem cristais desenvolvidos no seio da matriz__; ▪ A rocha em afloramento pertence ao grupo das: rochas magmáticas__; rochas sedimentares__; rochas metamórficas__. ▪ A rocha aflorante é um _____. <p>3.2. Medição da direção e inclinação da estratificação.</p>
4ª Paragem: Aldeia do Candal	<p>4.1. Identificação dos materiais geológicos utilizados na construção das casas.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Os materiais geológicos utilizados na construção das casas são: calcário __; corneana __; filito __; filitos mosqueados __; granito __; quartzito__. <p>4.2. Apresentação de alguns fatores que conduziram à instalação da aldeia do Candal.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Os fatores que levaram as populações a instalar-se no local foram: exposição solar __; proximidade ao mar __; proximidade a um curso de água__; posição elevada __; terrenos planos__; terrenos férteis__; materiais geológicos disponíveis__; clima moderado__; Outro__ (Qual? _____).

A partir deste guia de campo, foi construído um outro destinado à aula de campo virtual, na impossibilidade de ser realizada a atividade de exterior. Procedeu-se à adaptação das questões do guia de campo às informações contidas no sítio eletrónico, onde os recursos foram disponibilizados. As questões que exigiam a determinação de coordenadas geológicas foram eliminadas.

Para a aula de síntese foi preparado um conjunto de tópicos de discussão, constituído por seis questões de resposta aberta, de complexidade crescente (Bloom *et al.*, 1956): A – Descreva o grau de alteração do granito; B – Identifique os fatores de meteorização; C – Discuta as diferenças na composição mineralógica observadas nos diversos afloramentos do Granito do Coentral; D – Proponha uma hipótese que justifique o percurso em "escadaria" da Ribeira das Quelhas; E - Construa um mapa conceptual que mostre as relações entre os metassedimentos do Grupo das Beiras e o Granito do Coentral, desde a deposição de sedimentos no Proterozoico Superior até ao final do Paleozoico; F – Discuta os motivos que terão presidido à escolha do local para a fixação da aldeia do Candal. Segundo a taxonomia de Bloom *et al.* (1956), as duas primeiras questões envolvem um nível cognitivo baixo enquanto as restantes quatro são de nível cognitivo alto.

Ainda para a aula de síntese, foram desenvolvidos exercícios de aplicação de conhecimentos sobre a geologia da Serra da Lousã, seguindo a tipologia das questões dos exames (IAVE, 2013). Foram construídos 15 itens e respetivos critérios de correção, distribuídos da seguinte forma: 11 itens de seleção (9 de escolha múltipla; 1 de associação; 1 de ordenação) e 4 itens de construção (1 de resposta curta; 3 de resposta restrita).

Os recursos foram disponibilizados num sítio eletrónico criado no *Google Sites*®, <https://sites.google.com/site/louzanrocks/home> (Figura 20), que funciona como interface aluno/professor/campo. No sítio eletrónico são disponibilizados o vídeo de apresentação da aula de campo, os guias de campo (convencional e virtual), os tópicos de discussão, a atividade de papel e lápis para consolidação de conhecimentos, um glossário e referências bibliográficas. Disponibiliza-se também informação sobre as litologias predominantes na região de estudo (Grupo das Beiras e Granito do Coentral), excertos de cartas geológicas (Soares *et al.*, 2005; Gomes *et al.*, 1991), registos fotográficos de afloramentos, de amostras de mão e de lâminas delgadas, interpretados segundo os modelos defendidos na revisão bibliográfica, e outras informações consideradas pertinentes (Figura 21).



Figura 20 – Captura de ecrã da página de apresentação do sítio eletrónico onde se disponibilizam os recursos.



Figura 21 – Esquema do sítio eletrónico e respetivas hiperligações.

3.5. Validação dos materiais didáticos

Os recursos foram primeiramente validados por professores do ensino superior, que são investigadores nas áreas de Geociências e da Educação. Após esta validação e reformulação dos recursos, estes foram enviados, via correio eletrónico, para 18 professores do ensino secundário, junto com um questionário, para serem validados.

As respostas dos professores (n=9) às questões foram sujeitas a uma análise de conteúdo, da qual emergiram duas categorias mutuamente exclusivas: *pontos fortes* e *pontos fracos*. O valor do teste de fiabilidade a esta categorização

foi 0,96%. A categoria *pontos fortes* foi dividida em quatro subcategorias: *relevância* (científica e didática); *logística*; *facilidade* (de utilização); *motivação*. Na subcategoria *relevância* enquadraram-se todas as unidades de registo referentes ao rigor científico, à qualidade didática dos recursos, à adequação ao nível etário e ao cumprimento das orientações do programa da disciplina. A subcategoria *logística* refere-se às vantagens dos recursos na superação de problemas relacionados com a logística das aulas de campo (custos, segurança dos alunos, deslocações) e com o cumprimento de programas. A subcategoria *facilidade* diz respeito à boa acessibilidade dos recursos e a sua utilização fácil, enquanto a subcategoria *motivação* relaciona-se com o incentivo para o estudo da Geologia.

A tabela 3 mostra as unidades de registo e algumas respostas dos professores, para cada categoria e subcategoria.

Tabela 3 – Categorias, subcategorias, unidades de registo e exemplos de respostas dos professores participantes (P).

Categorias	Subcategorias	Unidades de registo	Respostas (exemplos)
Pontos fortes	Relevância	23	“Os materiais didáticos apresentados apresentam um elevado interesse didático, na medida em que proporcionam um melhor entendimento dos conteúdos programáticos.” (P8)
			“São cientificamente rigorosos e podem contribuir para explicitar variados conceitos de magmatismo e metamorfismo, por meio de casos particulares como o granito de coentral e do grupo das beiras, presentes na serra da Lousã.” (P5)
	Logística	6	“Facilita a visualização de imagens que de outra forma poderia não ser possível por impedimento de deslocação ao local ou falta de tempo para o fazer.” (P1)
			“Procura colmatar uma dificuldade manifestada por muitos professores que não se sentem à vontade para realizarem saídas de campo...” (P7)
Pontos fracos	Facilidade	6	“Pontos fortes: Fácil de utilizar,...” (P1) “Site dinâmico e de fácil utilização.” (P7)
	Motivação	2	“...acredito que motivem os alunos para a realização da aula de campo no terreno (quando a localização geográfica seja próxima) ou para a sua execução de forma virtual, tal como nos é apresentada,...” (P4)
Pontos fracos		8	“...alguns conteúdos estão muito, demasiado aprofundados cientificamente para alunos do 11.º ano.” (P3)
			“As atividades propostas para a saída de campo carecem de aprofundamento didático e de diversificação de atividades a realizar pelos alunos.” (P7) “O vídeo poderia ser um pouco mais curto...” (P8)
Total		45	

4. Discussão da validação dos materiais didáticos

A categoria com mais unidades de registo é *pontos fortes* (82,2%), o que permite afirmar que, de acordo com os professores participantes, os objetivos formulados para a aula de campo foram cumpridos. Dentro da categoria *pontos fortes*, a subcategoria com mais unidades de registo foi *relevância* (62,2%). Estes dados revelam que os recursos são adequados ao nível de ensino para o qual foram construídos e apresentam rigor científico e didático. As subcategorias *logística* e *facilidade* (de utilização) apresentam o mesmo número de unidades de registo (16,2%). Os professores consideraram que os recursos auxiliam a prática letiva, dado que resolvem problemas de logística relacionada com as aulas de campo e são de fácil acesso e de utilização pelos alunos. Um professor expressa a importância dos recursos na preparação de outras aulas de campo: "...podendo ser úteis, como bom exemplo, na preparação de outras aulas de campo que o professor necessite planificar." (Professor 8). Estes resultados mostram que os recursos traduzem as necessidades dos professores e permitem superar alguns obstáculos identificados em diversos estudos (Michie, 1998; Orion, 1993; Orion & Hofstein, 1994). A subcategoria *motivação* apresenta menos unidades de registo (5,4%).

Relativamente aos *pontos fracos*, foram identificadas 8 unidades de registo – ur, correspondente a 17,8% do total. Obteve-se a distribuição seguinte: vídeo de preparação longo (2 ur); conteúdos científicos relativamente aprofundados para o nível etário (3 ur); necessidade de maior diversificação de atividades do guião de campo (3 ur). Com vista à superação dos pontos fracos, procedeu-se à reformulação das atividades do guião de campo, tornando-as mais diretas e acessíveis aos alunos deste nível etário. No que respeita à complexidade dos conteúdos, os recursos são acompanhados por um glossário que auxilia a compreensão de conceitos científicos mais complexos. Cabe ao professor, de acordo com as características dos seus alunos, mediar o grau de aprofundamento com que pretende implementar os recursos desenvolvidos. Ainda neste ponto, os textos apresentados no sítio eletrónicos destinam-se, principalmente, aos professores no sentido de os auxiliar na execução da aula de campo.

5. Considerações finais

O estudo teve como objetivos o planeamento, a construção, a validação e a avaliação de recursos para uma aula de campo na Serra da Lousã. Os recursos

foram desenvolvidos com vista à utilização em dois cenários distintos, mas não incompatíveis, aula de campo convencional e a aula de campo virtual, no âmbito do ensino e da aprendizagem da Geologia no ensino secundário. A Serra da Lousã foi selecionada por apresentar litologias relevantes a nível didático e científico, identificadas em diversos estudos.

O planeamento visou a elaboração de fichas de caracterização de afloramentos da Serra da Lousã. Exigiu análise de bibliografia específica, análise de cartas e mapas geológicos, seleção de afloramentos, trabalho de campo e trabalho de laboratório. Foram elaboradas quatro fichas de caracterização das rochas em afloramento, uma por paragem, que facultaram a elaboração dos recursos para uma aula de campo na Serra da Lousã. A construção dos recursos exigiu ainda a simplificação de cartas e mapas geológicos e a interpretação dos registos efetuados durante o trabalho de campo.

Para a aula de campo, desenvolvida em três fases distintas, foram preparados os recursos seguintes: um vídeo de apresentação da área de estudo, um guia de campo, tópicos de discussão, exercícios de consolidação de conhecimentos com a tipologia de exame e informação sobre as litologias encontradas na área de estudo. Estes recursos encontram-se disponíveis num sítio eletrónico construído na ferramenta *Google Sites*® para funcionar como interface da aula de campo virtual.

A validação foi realizada por 9 professores, que lecionam ou já lecionaram o ensino secundário, nível a que se destinam os recursos, e por 2 docentes do ensino superior. Todos os professores do ensino secundário, quando questionados sobre a possibilidade de utilizarem os recursos em apreço nas aulas de Biologia e Geologia do 11.º ano, responderam de forma positiva. Um professor equaciona a utilização dos recursos após uma reformulação do guião de campo.

Os professores apontam diversos pontos fortes, como a adequação ao nível etário, a qualidade científica e didática e a superação de dificuldades na realização de aulas de campo. Foram também identificados alguns pontos menos fortes, relacionados principalmente com a complexidade dos textos e do guia de campo. A partir dos resultados, as questões do guia de campo foram reformuladas, de modo a tornar mais fácil a sua utilização pelos alunos.

Os recursos elaborados apresentam algumas vantagens: 1) possibilitam a aprendizagem sobre uma área de difícil acesso, a Serra da Lousã, mas muito interessante, do ponto de vista geológico e didático; 2) são de fácil acesso e utilização; 3) promovem a construção de modelos interpretativos de processos e objetos geológicos; 4) permitem, aos professores, repetir a aula de campo em

contexto de sala de aula; 5) são importantes ao nível do turismo geológico da região da Serra da Lousã; 6) constituem um incentivo ao estudo da geologia.

Com base nos dados recolhidos, podemos afirmar que os recursos são válidos para o ensino e para a aprendizagem dos processos de magmatismo e de metamorfismo, no âmbito da componente de Geologia, do 11.º ano de escolaridade. Os passos seguintes serão a validação dos recursos com os alunos, em contexto de sala de aula e em ambiente exterior, e a tradução dos recursos para língua inglesa.

6. Referências

- Abranches, M. C. B., & Canilho, M. H. (1981). Determinações da idade pelo método Rb-Sr de granitos antigos portugueses. *Mem. Acad. Ciências*, 24, 17-31.
- Almeida, P. A., Barros, J. F., & Cruz, N. (2013). Conceções e práticas de professores de geologia sobre trabalho de campo. *IX Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias*, Girona, 47-53.
- Alonso-Gavilán, G., Sequeira, A. J. D., Rodríguez Alonso, M. D., & Medina, J. (2001). Sedimentación en plataforma somera durante el Neoproterozoico. Formación Boque-Serpins (Grupo de las Beiras) en Trevim (Sierra de Lousã, Portugal Central). *Geogaceta*, 29, 11-14.
- Amado, J. (2000). A técnica de análise de conteúdo. *Revista Referência*, 5, 53-65.
- Amador, F. (Coord.), Baptista, J., Mendes, A. (Coord.), Pinheiro, E., Rebelo, D., Silva, C., & Valente, R. (2003). *Programa de Biologia e Geologia - 11.º ou 12.º anos*. Lisboa: Ministério da Educação, Departamento do Ensino Secundário.
- Azevedo, L., Mendes, A., Monteiro, A., Prego, A., & Ramalho, L. (2006). Recursos geológicos multimédia: exemplos de materiais elaborados no âmbito de uma pós-graduação em geologia para o ensino. In J. Medina, B. V. Aguado, J. Praia, & L. Marques (Orgs.), *Simpósio Ibérico do Ensino da Geologia/XIV Simposio sobre enseñanza de la Geología/XXVI Curso de actualização de Professores de Geociências – Livro de Actas* (pp. 331-336). Aveiro: Universidade de Aveiro.
- Bardin, L. (2008). *Análise de conteúdo*. Lisboa: Edições 70.
- Bloom, B. S., Engelhart, M. D., Furst, E. J., Hill, W. H., & Krathwohl, D. R. (1956). *Taxonomy of educational objectives: Handbook I: Cognitive domain*. Nova Iorque: David McKay, 19(56).

- Bonito, J., & Sousa, M. B. (1997). Atividades práticas de campo em Geociências: uma proposta alternativa. In L. Leite, M. C. Duarte, R. V. Castro, J. Silva, A. P. Mouro, & J. Precioso (Orgs.), *Didácticas: Metodologias da Educação* (pp. 75-91). Braga: Departamento de Metodologias da Educação, Universidade do Minho.
- Bonito, J., Raposo, N., & Macedo, R. (2006). A segurança das actividades práticas. In J. Medina, B. V. Aguado, J. Praia & L. Marques (Orgs.), *Simpósio Ibérico do Ensino da Geologia/ XIV Simposio sobre enseñanza de la Geología/XXVI Curso de actualização de Professores de Geociências – Livro de Actas* (pp. 175-180). Aveiro: Universidade de Aveiro.
- Core Education (s.d.). *LEARNZ field trips*. Core Education, Nova Zelândia. Acedido em: <http://www.learnz.org.nz/> [23/02/2014].
- Correia, G. M. P., & Gomes, C. (2011). O trabalho de campo no ensino da Geologia. Um estudo com alunos do 7º ano de escolaridade”. In L. J. P. F. Neves, A. J. S. C. Pereira, C. R. Gomes, L.C. Gama-Pereira, & A. O. Tavares (Eds.), *Modelação de Sistemas Geológicos* (pp. 175-187). Coimbra: Laboratório de Radioactividade Natural, Universidade de Coimbra, Portugal.
- Dias, D. (2011). *Inventariação, valorização e divulgação de sítios com interesse geológico no concelho de Miranda do Corvo*. Dissertação de Mestrado, Departamento de Ciências da Terra da Universidade de Coimbra. Acedido em: <http://hdl.handle.net/10316/20533> [20/01/2014].
- Dourado, L. (2006). O trabalho de campo na formação inicial de professores de Biologia e Geologia. Opinião dos estudantes sobre as práticas realizadas. *Boletín das ciencias*, 19(61), 157-158. Acedido em: http://www.enciga.org/boletin/61/o_trabalho_de_campo_na_formacao_professores.pdf [24/02/2014].
- Ferreira, P., Vasconcelos, C., & Ribeiro, M. A. (2006). Estudo geológico: contributos para a construção de um guião de campo escolar. In J. Medina, B. V. Aguado, J. Praia & L. Marques (Orgs.), *Simpósio Ibérico do Ensino da Geologia/ XIV Simposio sobre enseñanza de la Geología/XXVI Curso de actualização de Professores de Geociências – Livro de Actas* (pp. 211-216). Aveiro: Universidade de Aveiro.
- Gama-Pereira, L. C. (1987). *Tipologia e evolução da sutura entre a ZCI e a ZOM no sector entre Alvaiázere e Figueiró dos Vinhos (Portugal Central)*. Tese de Doutoramento, Universidade de Coimbra (não publicada), Coimbra, 331p.

- Gama-Pereira, L. C., Sequeira, A. J. D., & Gomes, E. M. C. (2004). A deformação varisca do Maciço Hespérico na região da Serra da Lousã (Portugal Central). *Cadernos Lab. Xeolóxico de Laxe*, 29, 203-214.
- Gomes, E. M. C. (1990). *O plutonito do Coentral. Considerações sobre a petrografia, geoquímica, idade, deformação e metamorfismo*. Provas de Aptidão Pedagógica e Capacidade Científica, Universidade de Coimbra, Coimbra (não publicada), 148p.
- Gomes, E. M. C., & Antunes, I. M. (2011). O granito de Coentral revisitado: idade U-Pb de zircão. *Livro de Actas do VIII Congresso Ibérico de Geoquímica, XVII Seminário de Geoquímica, Vol. 1*. Castelo Branco, 235-239.
- Gomes, E. M. C., Gama-Pereira, L. C., & Macedo, C. A. R. (1991). O Plutonito do Coentral: idade K-Ar e consequências geotectónicas. *Memórias e Notícias*, 112, Publ. Mus. Lab. Min. Geol. Univ. Coimbra, 171-183.
- Gomes, E. M. C., Gama-Pereira, L. C., Marques, R. M. C., & Silva, M. M. V. G. (2007). O granito de Coentral no quadro dos granitos ante-hercínicos da Zona Centro-Ibérica: mineralogia, petrologia e geoquímica. *Actas VI Congresso Ibérico de Geoquímica/XV Semana de Geoquímica*, Vila Real, Portugal, 113-116.
- Gomes, S. I. S. (2007). *Trabalho de campo na região de Figueiró dos Vinhos: uma aula de campo para o ensino secundário*. Dissertação de Mestrado em Geociências (Ciências Naturais - Ciências da Terra), Departamento de Ciências da Terra da Universidade de Coimbra, Coimbra (não publicada).
- Henriques, D. R. L. (2012). *Identificação e Caracterização de Locais de Interesse Geológico (LIGs) na Serra da Lousã*. Dissertação de Mestrado em Geociências, Departamento de Ciências da Terra da Universidade de Coimbra (não publicado), 104p.
- Hurst, S. D. (1998). Use of "virtual" field trips in teaching introductory geology. *Computers & Geosciences*, 24(7), 653-658.
- IAVE (2013). *Instrumentos de avaliação externa-tipologia de itens*. Acedido em: http://www.gave.min-edu.pt/np3content/?newsId=393&fileName=Tipologia_itens_dez2013.pdf [15/03/2014].
- Julivert, M., Fontboté, J. M., Ribeiro, A., & Conde, L. (1972). *Mapa Tectónico de la Península Ibérica y Baleares*. Ed. Inst. Geol. Min. España.
- Legoinha, P., & Brilha, J. (s.d., a). *Saídas de campo – Áreas protegidas*. Geopor. Acedido em: <http://metododirecto.pt/geopor//course/view.php?id=2> [12/02/2014].

- Legoinha, P., & Brilha, J. (s.d., b). *Saídas de campo. Geopor*. Acedido em: http://www.geopor.pt/gne/index_campo.html [12/02/2014].
- Legoinha, P., Pais, J., Santos, T., & Moya-Palomares, M. E. (2006). Visita virtual à Arriba Fóssil de Costa de Caparica (Estratigrafia e Paleontologia). In J. Medina, B. V. Aguado, J. Praia & L. Marques (Orgs.), *Simpósio Ibérico do Ensino da Geologia/ XIV Simposio sobre enseñanza de la Geología/XXVI Curso de actualização de Professores de Geociências – Livro de Actas* (pp. 377-380). Aveiro: Universidade de Aveiro.
- Machadinho, A., Figueiredo, F., Pereira, A., Miranda, T., & Gama-Pereira, L. C. (2010). Modelação gravimétrica do Plutonito granítico do Coentral (Lousã, Portugal Central): estudo preliminar. *e-Terra*, vol. 10, n.º 8. XIII Congresso Nacional de Geologia, Braga.
- Marques, L., Praia, J., & Andrade, A. S. (2008). Atividades exteriores à sala de aula em ambientes formais de ensino das Ciências: sua relevância. In P. Callapez, R. B. Rocha, J. F. Marques, L. Cunha, & P. Dinis (Org.), *A Terra. Conflitos e Ordem*. Homenagem ao Professor Ferreira Soares (pp. 325-324). Coimbra: Museu Mineralógico e Geológico da Universidade de Coimbra.
- Marques, L., Praia, J., & Kempa, R. (2003). A study of students' perceptions of the organization and effectiveness of fieldwork in earth sciences education. *Research in Science and Technological Education*, 21, 265-278.
- Michie, M. (1998). Factors influencing secondary science teachers to organise and conduct field trips. *Australian Science Teacher's Journal*, 44(4), 43-50. Acedido em: <http://members.ozemail.com.au/~mmichie/fieldtrip.html> [09/03/2014].
- Monteiro, A., & Kullberg, J. C. (2006). O trabalho de campo no ensino das geociências: a praia da Foz da Fonte como um recurso educativo para o ensino secundário. In J. Medina, B. V. Aguado, J. Praia & L. Marques, (Orgs.), *Simpósio Ibérico do Ensino da Geologia/ XIV Simposio sobre enseñanza de la Geología/XXVI Curso de actualização de Professores de Geociências – Livro de Actas* (pp. 267-272). Aveiro: Universidade de Aveiro.
- Nadelson, L. S., & Jordan, J. R. (2012). Student attitudes toward and recall of outside day: an environmental science field trip. *The Journal of Educational Research*, 105:3, 220-231. doi: 10.1080/00220671.2011.576715
- Oliveira, J. T., Pereira, E., Ramalho, M., Antunes, M. T., & Monteiro, J. H. (1992). *Carta Geológica de Portugal, escala 1: 500 000, folha Norte*. Lisboa: Serviços Geológicos de Portugal.
-

- Orion, N., (1993). Model for the development and implementation of field trip as an integral part of the science curriculum. *School Science and Mathematics*, 93(6), 325-331.
- Orion, N., & Hofstein, A. (1991a). Factors which influence learning ability during a scientific field trip in a natural environment. *Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching*, Wisconsin.
- Orion, N., & Hofstein, A. (1991b). The measurement of students' attitudes towards scientific field trips. *Science Education*, 75(5), 513-523.
- Orion, N., & Hofstein, A. (1994). Factors that influence learning during a scientific field trip in a natural environment. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(10), 1097-1119.
- Pedrinaci, E., Sequeiros, L., & García, E. (1994). El trabajo de campo y el aprendizaje de la Geología. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 2, 37-45.
- Pereira, D. I., & Brilha, J. B. (1999). Viagem virtual à depressão de Mirandela: exemplo da aplicação das TIC na transposição campo - sala de aula em Geociências. *Encontros de Geomorfologia*, Universidade de Coimbra.
- Pereira, M. F., Linnemann, U., Hofmann, M., Chichorro, M., Solá, A. R., Medina, J., & Silva, J. B. (2012). The provenance of Late Ediacaran and Early Ordovician siliciclastic rocks in the Southwest Central Iberian Zone: Constraints from detrital zircon data on northern Gondwana margin evolution during the late Neoproterozoic. *Precambrian Research* (192-195), 166-189. doi:10.1016/j.precamres.2011.10.019.
- Perpétuo, A. C. A. M. (2007). *Aulas de campo na Serra da Marofa: um estudo de avaliação*. Dissertação de Mestrado em Geociências (Ciências Naturais - Ciências da Terra), Departamento de Ciências da Terra da Universidade de Coimbra (não publicado), Coimbra, 143p.
- Pinto, M. G., Gomes, C., & Pereira, L. G. (2006). O trabalho de campo no ensino da Geologia – um caso de aplicação na Serra da Estrela. In J. Medina, B. V. Aguado, J. Praia, & L. Marques (Orgs.), *Simpósio Ibérico do Ensino da Geologia/ XIV Simposio sobre enseñanza de la Geología/XXVI Curso de actualización de Profesores de Geociências – Livro de Actas* (pp. 261-267). Aveiro: Universidade de Aveiro.
- Praia, J., & Marques, L. (1997). Para uma Metodologia do Trabalho de Campo: contributos da Didáctica da Geologia. *Geólogos*, nº 1, Faculdade de Ciências, Universidade do Porto, 27-33.

- Prokop, P., Tuncer, G., & Kvasničák, R. (2007). Short-term effects of field programme on students' knowledge and attitude toward biology: a Slovak experience. *Journal of Science Education and Technology*, 16(3), 247-255.
- Rebelo, D., & Marques L. (2000). O Trabalho de Campo em Geociências na formação de Professores: Situação exemplificativa para o Cabo Mondego. *Cadernos Didáticos*, Série Ciências 4. Aveiro: Universidade de Aveiro, 128 p.
- Reis, A. I. M., Silva, M. M. V. G., & Antunes, I. M. H. (2010). The Precambrian/Lower Cambrian pluton from Vila Nova (Central Portugal). *Estudios Geológicos*, 66(1), 51-56. doi: 10.3989/egeol.40142.096
- Rodríguez-Alonso, M. D., Peinado, M., López-Plaza, M., Franco, P., Carniceiro, A., & Gonzalo, J. C. (2004). Neoproterozoic-Cambrian synsedimentary magmatism in the Central Iberian Zone (Spain): geology, petrology and geodynamic significance. *International Journal of Earth Sciences*, 93(5), 897-920.
- Sequeira, A. J. D., & Sousa, M. B. (1991). O Grupo das Beiras (Complexo Xisto-Grauváquico) da região de Coimbra-Lousã. *Memórias e Notícias*, Publ. Mus. Lab. Min. Geol. Univ. Coimbra, 112, 1-13.
- Soares, A. F., Marques, J. F., & Sequeira, A. J. D. (2007). *Notícia Explicativa da Folha 19-D, Coimbra-Lousã*. Lisboa: Ministério da Economia e da Inovação, Instituto Nacional de Engenharia, Tecnologia e Inovação, Departamento de Geologia.
- Soares, A. F., Marques, J., Rocha, R., Cunha, P. P., Duarte, L. V., Sequeira, A., Sousa, M. B., Pereira, E., Gama-Pereira, L. C., Gomes, E., & Santos, J. R. (2005). *Carta Geológica de Portugal, escala 1:50 000, folha 19-D, Coimbra-Lousã*. Lisboa: Ministério da Economia e da Inovação, Instituto Nacional de Engenharia, Tecnologia e Inovação, I. P., Departamento de Geologia.
- Solá, A. R., Chichorro, M., Pereira, M. F., Medina, J., Linnemann, U., Hofmann, M., & Silva, J. B. (2011). Idades U-Pb dos zircões detríticos do Grupo das Beiras: implicações para a evolução do SW da Ibéria durante o Neoproterozóico. *Livro de Actas do VIII Congresso Ibérico de Geoquímica, XVII Seminário de Geoquímica, Vol. II*, Castelo Branco, 519-525.
- The Walter Geology Library (2014). *Virtual Field Trip Guides: United States and Canada*. University of Texas, USA. Acedido em: <https://www.lib.utexas.edu/geo/onlineguides.html> [23/02/2014].
- Tuthill, G., & Klemm, E. (2002). Virtual field trips: alternatives to actual fields trips. *International Journal of Instructional Media*, 29(4), 453-468.
-

University of Leeds (2011). *Kennedy Library - U.K. virtual field trips*. School of Earth and environmental, Faculty of Environment, United Kingdom. Acedido em: <http://www.see.leeds.ac.uk/current/kennedy/ukfieldtrips.htm> [23/02/2014].

Woerner, J. J. (1999). Virtual field trips in the earth science classroom. *Proceedings of the 1999 Annual International Conference of the Association for Education of Teachers in Science*, 1232-1244.

CAPÍTULO IV

ROTEIRO PARA O ENSINO DOS RECURSOS GEOLÓGICOS NA ALTA DE COIMBRA, PORTUGAL. UM ESTUDO DE AVALIAÇÃO

ROTEIRO PARA O ENSINO DOS RECURSOS GEOLÓGICOS NA ALTA DE COIMBRA, PORTUGAL. UM ESTUDO DE AVALIAÇÃO

1. Introdução

Na cidade de Coimbra, a História e a Geologia imiscuem-se de forma muito significativa. Muitos dos monumentos da cidade, como, por exemplo, a Sé Velha (séc. XII), a Igreja de Santa Cruz (séc. XII), os Arcos de S. Sebastião ou Arcos do Jardim (Séc. VI), os muros do Jardim Botânico (séc. XVIII) são a continuidade dos afloramentos de calcários dolomíticos existentes na cidade.

A construção desenvolveu-se principalmente na segunda metade do século XII e aquando do estabelecimento definitivo da Universidade, em 1537 e da instalação dos jesuítas, em 1542 (Alarcão, 2008). Devido a dificuldades do transporte dos materiais geológicos, muitos edifícios foram construídos com calcário dolomítico, rocha aflorante nos locais de construção. Documentos antigos certificam a existência de pedreiras ativas na zona Alta de Coimbra entre os séculos XII e XVI, cuja vantagem “(...) residia sobretudo na economia dos transportes. Ficavam elas no interior da muralha e no ponto mais alto da cidade – perto, portanto, dos edifícios a construir. As cargas não tinham de subir ladeiras até ao estaleiro das obras.” (Alarcão, 2008, p. 73). Atualmente, estas pedreiras já não existem, mas ainda persistem na toponímia da cidade, como o Beco da Pedreira (antiga freguesia de Almedina) e o Edifício do Colégio de Santo António da Pedreira (Casa da Infância Doutor Elysio de Moura) (Alarcão, 2008). Relativamente à utilização de grés do Grupo de Silves, não está documentado o seu uso, no entanto, foi empregue no criptopórtico romano, nos “(...) grandes silhares de grés na obra de pés-direitos de vãos de acesso.” (Alarcão, 2008, p. 71). Mais tarde, a melhoria das vias de comunicação possibilitou a utilização de rochas oriundas de outras regiões.

Hoje, tal como ao longo da História, a economia está assente na exploração de recursos geológicos, que depende direta ou indiretamente da evolução tecnológica e das exigências da sociedade, quer em termos de conforto, quer em termos de resolução de problemas ambientais. Por outro lado, é impossível avaliar os impactos da exploração dos recursos geológicos sem conhecer a História da Humanidade e o percurso histórico da pesquisa e extração dos recursos (Mateus, 2001). A partir desta relação contextualiza-se a tecnologia como uma “(...) resposta

cultural aos problemas, necessidades e oportunidades que moldaram, condicionam e influenciarão o desenvolvimento da Sociedade nas suas múltiplas vertentes. Criam-se assim as condições propícias à construção do pensamento, à promoção da arte e engenho e, (...) à transformação da informação em conhecimento.” (*op. cit.*, p. 124).

A temática dos recursos geológicos no âmbito de uma gestão sustentável é lecionada no 8.º ano de escolaridade da disciplina de Ciências Naturais (Galvão *et al.*, 2001). A motivação para a aprendizagem destes conteúdos pode passar pela realização de atividades exteriores à sala de aula (Marques *et al.*, 2008). A aula de campo é, por definição, uma atividade que se realiza num ambiente exterior à sala de aula (Pedrinaci *et al.*, 1994; Orion, 1993; Marques *et al.*, 2008) que, pela sua natureza, promove um confronto com situações do mundo real (Orion, 1993; Orion & Hofstein, 1994; Praia & Marques, 1997; Rebelo e Marques, 2000; Marques & Praia, 2009), mobilizadoras do empenho dos alunos e que contribuem para a promoção de uma atitude eticamente responsável, ao possibilitarem a compreensão dos processos geológicos em articulação com a sociedade e o ambiente (Marques *et al.*, 2008). Com base nestes pressupostos, propõe-se uma atividade de exterior (aula de campo) onde, através da observação dos monumentos da zona Alta da cidade de Coimbra e dos materiais geológicos utilizados na sua construção, se analisam as relações entre a geologia, o desenvolvimento tecnológico, o desenvolvimento da sociedade e o ambiente.

Enquanto ambiente de aprendizagem, a aula de campo compreende três fases: a preparação, a aula de campo e a síntese, segundo o modelo de Orion (1993).

A fase de preparação é realizada em ambiente interior e contribui para a redução daquilo a que Orion & Hofstein (1994) designam por espaço novidade de um ambiente exterior. A fase de preparação deve envolver a redução de fatores de natureza cognitiva, psicológica e geográfica que influenciam a capacidade de aprendizagem dos alunos e que, por isso, determinam o sucesso da atividade. Os fatores de natureza cognitiva estão relacionados com os conhecimentos prévios dos alunos. A inexistência desses conhecimentos ou a incapacidade de executar tarefas necessárias ao trabalho de campo pode dificultar ou mesmo impedir a aprendizagem. A realização de atividades práticas durante a fase de preparação facilitará a aprendizagem de conceitos e o desenvolvimento de capacidades necessárias ao trabalho de campo como, por exemplo, o manuseamento de uma bússola de geólogo (Praia & Marques, 1997). Também as expectativas dos alunos, experiências anteriores ou o desconhecimento da área de estudo podem constituir

obstáculos que podem ser superados através da descrição da forma como a aula de campo está organizada (como paragens e duração) e da apresentação da área de estudo.

A fase de preparação envolve também a planificação e construção prévia de um guia de campo, para os alunos e/ou professores, onde são apresentadas as paragens e as respetivas tarefas. Este documento pode ser construído pelo professor ou pelos alunos, com a orientação do professor. Pode conter ainda informações relevantes, propostas de trabalho e espaços para registo. Os conceitos mais abstratos e as questões deixadas em aberto na aula de campo deverão ser analisados na fase de síntese, onde se procederá também à avaliação dos processos de ensino e de aprendizagem (Orion & Hofstein, 1994; Rebelo & Marques, 2000; Praia, 1999).

A fase de síntese pode também envolver a realização de atividades laboratoriais, que constituirão uma extensão do trabalho de campo em laboratório e que poderão constituir ensaios com materiais recolhidos durante a aula de campo e/ou simulação de processos que ocorrem no mundo natural. Estas atividades deverão contribuir para a resolução do problema estabelecido para a aula de campo (Dourado, 2001).

A aprendizagem dos conteúdos relacionados com os recursos geológicos poderá ser mais motivadora se for efetuada em interdisciplinaridade com História e com Ciências Físico-químicas. A interdisciplinaridade corresponde a qualquer forma de diálogo ou interação entre duas ou mais disciplinas, a partir de um tema ou problema comum (Pombo, 1994; Moran, 2010). Procura-se o estabelecimento intencional de vínculos entre diferentes disciplinas, com vista a um conhecimento mais abrangente, diversificado e unificado (Coimbra, 2000). A abordagem interdisciplinar aproxima o sujeito de uma realidade mais complexa, auxilia a compreensão de conceitos complexos, potencia um maior significado e sentido dos conteúdos e possibilita uma formação mais consciente e responsável (Thiesen, 2008). Para Thiesen (2008), “Quanto mais interdisciplinar for o trabalho docente, quanto maiores forem as relações conceituais estabelecidas entre as diferentes ciências, quanto mais problematizantes, estimuladores, desafiantes e dialéticos forem os métodos de ensino, maior será a possibilidade de apreensão do mundo pelos sujeitos que aprendem.” (*op. cit.*, p. 552).

Este estudo teve como objetivos:

a) Planear um roteiro para uma atividade de exterior (aula de campo), no âmbito do ensino dos recursos geológicos, da temática “Gestão Sustentável dos

Recursos”, enquadrada no tema Sustentabilidade na Terra (Ciências Naturais), para o 8.º ano de escolaridade;

b) Construir um roteiro com base na informação recolhida durante a análise documental e no trabalho de campo;

c) Avaliar a interdisciplinaridade promovida pelo roteiro entre as disciplinas de Ciências Naturais, História e Ciências Físico-Químicas);

d) Analisar o conceito de recurso geológico construído pelos alunos e respetivas utilizações;

e) Validar o roteiro durante uma atividade de exterior para o 8.º ano de escolaridade;

f) Avaliar a importância do roteiro para o ensino dos recursos geológicos, através da análise das respostas dos participantes a uma questão aberta.

2. Metodologia

Este estudo foi desenvolvido segundo o esquema conceptual apresentado na Figura 1.

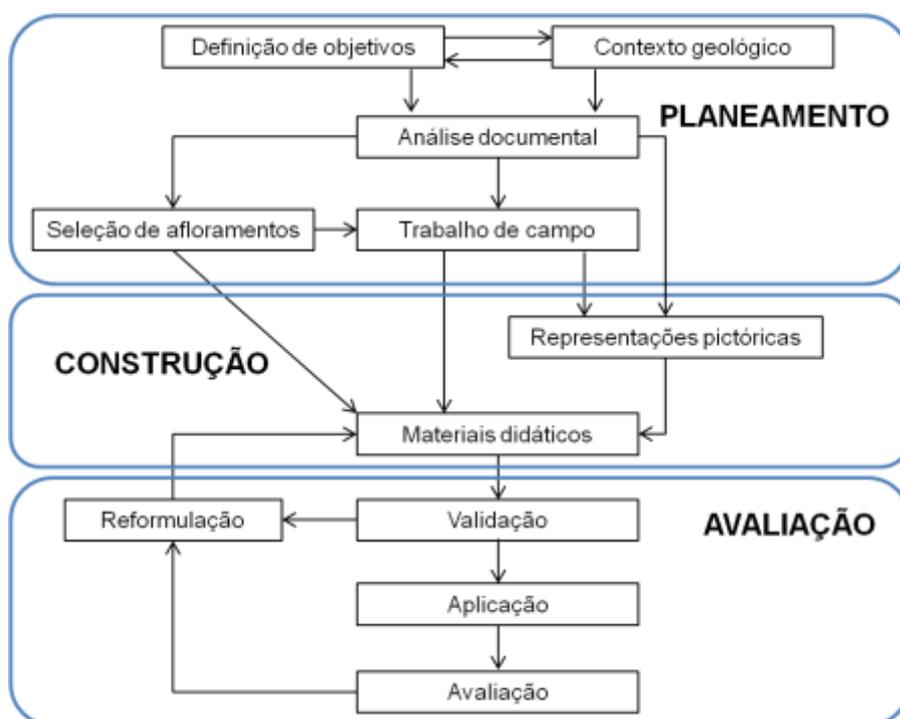


Figura 1 – Esquema conceptual do estudo.

2.1. Planeamento e construção do roteiro

Em primeiro lugar, procedeu-se à análise documental com a revisão bibliográfica da geologia da área de estudo selecionada (cidade de Coimbra) e a análise de cartas e mapas geológicos (Soares *et al.*, 1985; Soares *et al.*, 2005; Soares *et al.*, 2007). Depois, definiram-se, com base na acessibilidade e na proximidade aos monumentos da zona Alta de Coimbra, dois afloramentos e selecionaram-se cinco monumentos que, pelos materiais geológicos que os constituem, poderiam facilitar a compreensão da relação entre a utilização dos materiais geológicos e a evolução da sociedade e da tecnologia ao longo da história. A proximidade dos monumentos entre si foi outro fator tido em conta, uma vez que o percurso seria realizado a pé.

Em seguida, efetuou-se trabalho de campo para a elaboração de uma ficha de caracterização para cada local do roteiro. Este trabalho envolveu a observação dos locais de estudo, a caracterização dos afloramentos e a realização de registos em suporte fotográfico (representações pictóricas) com as respetivas escalas, uma vez que nesses locais não se podem retirar amostras de rochas. As fichas elaboradas indicam para cada um dos locais: objetivos, tarefas, aspetos a observar, questões a apresentar aos alunos e notas.

A interdisciplinaridade com a História foi um dos objetivos inerentes ao planeamento do roteiro. Por isso, procedeu-se à pesquisa historiográfica dos monumentos selecionados. Posteriormente analisou-se o documento referente às metas curriculares de Ciências Físico-Químicas para o 3.º ciclo do ensino básico (Fiolhais *et al.*, 2013), no sentido de estabelecer pontos comuns entre as disciplinas de Ciências Naturais e Ciências Físico-Químicas.

Finalmente, procedeu-se à construção do roteiro e à preparação de apresentações multimédia para as fases de preparação e de síntese da atividade de exterior (aula de campo).

2.2. Validação do roteiro e da atividade de exterior

2.2.1. Participantes

Os recursos desenvolvidos para a atividade de exterior foram validados por um professor do ensino superior, especialista na área das Geociências e da Educação. As questões de índole histórica foram validadas por dois professores da área disciplinar de História, do 3.º ciclo do ensino básico. O roteiro foi validado durante uma atividade de exterior realizada com quatro turmas do 8.º ano de escolaridade, de uma escola do distrito de Coimbra. Participaram 50 alunos, 31

raparigas e 19 rapazes, com idades compreendidas entre os 13 e os 15 anos. Após a atividade, 33 alunos participantes, 20 raparigas e 13 rapazes, responderam a uma questão aberta de avaliação do roteiro. O tamanho da amostra está relacionado com a disponibilidade dos professores na aplicação da questão de avaliação do roteiro.

2.2.2. Procedimentos

Avaliação diagnóstica do conceito de recurso geológico

Antes da aula de campo ter início, foi realizada uma avaliação diagnóstica para analisar o conceito de recurso geológico, assimilado pelos alunos e identificar quais as utilizações dos recursos geológicos que os alunos conheciam.

A avaliação era composta por duas questões de resposta curta, cada uma com três alíneas. A primeira questão solicitava a exemplificação de recursos geológicos: “Indica dois exemplos de recursos geológicos: a) utilizados na construção de casas, b) utilizados na construção de monumentos, c) utilizados no dia-a-dia”. Nesta questão foi pedido que não utilizassem conceitos como “rocha” e “mineral”. Pretendia-se que os alunos recorressem a conceitos adquiridos no ano de escolaridade anterior (7.º ano). A segunda questão requeria as utilizações de três recursos geológicos de uso comum: “Indica duas utilizações: a) do calcário, b) do granito, c) do minério de ferro”.

As respostas dos alunos foram analisadas e categorizadas (Amado, 2000; Bardin, 2008). Da análise das respostas à primeira questão surgiu três categorias, independentes, exclusivas e pertinentes para o estudo: *recursos geológicos*, *produtos* e *conceitos inexatos*. Para a categoria recursos geológicos foram considerados todos os exemplos que se enquadravam na seguinte definição: “(...) ocorrência geológica disponível em termos de utilização económica e ou cultural.” (Carvalho, 2011), enquanto na categoria produtos foi colocada qualquer substância “produzida, bem obtido da transformação de uma matéria-prima;” (Costa & Melo, 1999). Termos como pedra foram colocados na categoria conceitos inexatos, pois segundo Carvalho (2011) é um “sinónimo vulgarizado de rocha”. Para a segunda questão foram definidos três domínios (calcário, granito e minério de ferro) correspondentes aos recursos geológicos que apareciam na questão e quatro categorias, construção passada, construção presente, calçada e outras utilizações.

O teste de fiabilidade foi efetuado por dois investigadores externos ao estudo e foi determinado segundo a fórmula: “o dobro do número de acordos entre

os codificadores é dividido pelo total de categorizações efetuadas por cada um” (Amado, 2000, p. 59).

Aplicação do roteiro numa atividade de exterior

A aplicação do roteiro envolveu três etapas, aula de preparação, aula de campo e aula de síntese, com integração de ambientes de aprendizagem de exterior e de interior segundo o modelo de Orion (1993). Na aula de preparação foram apresentados os objetivos da atividade, as disciplinas envolvidas (Ciências Naturais, História e Ciências Físico-Químicas), o percurso a realizar (com explicitação das paragens, dos monumentos envolvidos e a duração do percurso) assim como algumas recomendações de segurança e de logística (calçado e vestuário apropriado e alimentação).

Durante a aula de campo, a resolução das tarefas propostas no roteiro envolveu trabalho de grupo, com a constituição de 23 grupos de dois ou de três alunos. Os grupos foram definidos pelos alunos participantes e cada grupo preencheu um roteiro. No final da aula de campo, os roteiros foram recolhidos (n=23). As respostas foram classificadas e foi contabilizado o número de respostas corretas, incorretas e não respondidas. Posteriormente foi calculada a média e a percentagem para cada classificação. Com este procedimento pretendeu-se avaliar a validade das questões do roteiro e, caso fosse necessário, reformular as questões que suscitasse maiores dificuldades de interpretação/resolução.

Na aula de síntese procedeu-se à análise e reflexão das questões deixadas em aberto na atividade de exterior e à correção das questões do roteiro, com recurso a uma apresentação multimédia.

Validação da atividade de exterior

A validação da atividade de exterior decorreu duas semanas após esta ter sido realizada e foi efetuada por 33 alunos participantes. Para tal aplicou-se a questão aberta: «Explica em que medida a realização do percurso *Da Geologia à História, através das rochas!*, contribuiu para a melhoria dos conhecimentos sobre os recursos geológicos e a utilização destes pela sociedade ao longo do tempo». Os alunos dispuseram de quarenta e cinco minutos para responderem a esta questão e as respostas foram sujeitas a uma análise de conteúdo (Amado, 2000; Bardin, 2008).

3. Resultados

3.1. Enquadramento geológico

A cidade de Coimbra encontra-se numa zona de contacto entre o Maciço Hespérico, representado pelo Maciço Marginal de Coimbra e a Orla Meso-Cenozoica Ocidental, representada pela Bacia Lusitânica. O Maciço Marginal de Coimbra corresponde a uma sequência metassedimentar do tipo Série Negra, constituído por alternância de filitos negros ou cinzento-escuro e metagrauvaques, do Proterozoico Superior (Soares *et al.*, 2007). Imbricado neste Proterozoico e ainda não cartografado, encontram-se porções de Devónico Médio e Superior, com características que se confundem com os metapelitos da Série Negra.

Sobre estas rochas assentam, em discordância, as formações sedimentares da Bacia Lusitânica (Ribeiro *et al.*, 1979), cuja origem está relacionada com a fragmentação da Pangeia e a abertura do Atlântico Norte, durante o Mesozoico (Figura 2). O período distensivo, correspondente à primeira fase de rifting, originou a reativação de falhas, geradas durante o episódio de fracturação tardi-varisca, que deram origem a uma bacia distensiva, de orientação NNE-SSW – a Bacia Lusitânica (Pena dos Reis *et al.*, 2007).



Figura 2 – Contacto entre as rochas da sequência metassedimentar do tipo Série Negra (A) e o Grupo de Silves (B). Rua Daniel Rodrigues, Coimbra.

As rochas mais antigas da Bacia Lusitânica datam do Triásico Superior e pertencem ao Grupo de Silves (Grés de Silves, segundo Choffat). Dados palinológicos e paleomagnéticos situam o limite inferior desta unidade litostratigráfica no Carniano (Palain, 1976; Ribeiro *et al.*, 1979; Gomes, 1996).

Correspondem a um conjunto de sedimentos de litologia variada, estruturado em sequências positivas, organizadas em megassequências (A, B e C), também positivas (Palain, 1976; Soares *et al.*, 1985; Azerêdo *et al.*, 2003). As megassequências são limitadas por descontinuidades regionais erosivas, que traduzem reajustamentos tectónicos, consequentes do processo distensivo da bacia, como evidencia a acumulação fortemente clástica no início de cada fase deposicional A1 e B1 (Soares & Gomes, 1997; Azerêdo *et al.*, 2003).

O Grupo de Silves organiza-se em quatro formações (megassequências): Formação de Conraria, Formação de Penela, Formação de Pereiros e Formação de Castelo Viegas (Soares *et al.*, 2012). O Quadro 1 resume algumas interpretações efetuadas para as formações do Grupo de Silves.

Quadro 1 – Unidades litostratigráficas do Grupo de Silves (modificado de Soares *et al.*, 2007, 2012).

Choffat (in Soares <i>et al.</i> , 2007)	Palain (1976)		Soares <i>et al.</i> , 1985	Gomes (1996)	Soares <i>et al.</i> , 2012
<i>Couches de Pereiros</i>	C	C2	Camadas de Pereiros	Formação de Pereiros	Formação de Pereiros (60-40 m)
		C1			
	B	B2			
<i>Grès à nuance claire</i>	B	B1	Camadas de Castelo Viegas	Formação de Castelo Viegas	Formação de Castelo Viegas (130-80 m)
<i>Grès rouge brique</i>					Formação de Penela (120-100 m)
	A	A2	Camadas da Conraria	Formação de Conraria	Formação de Conraria (120-0 m)
		A1			

A Formação de Conraria [= Camadas de Conraria (Soares *et al.*, 1985); = Formação de Conraria (Gomes, 1996; Soares & Gomes, 1997)] é organizada em duas subunidades com correspondência aos termos A1 e A2 de Palain (1976). A subunidade inferior é constituída por depósitos grosseiros, essencialmente areno-conglomeráticos, arcósicos a subarcósicos, de cor vermelha, de natureza aluvio-fluvial (Figura 3A). A sedimentação ocorreria num espaço alongado segundo direção N-S a NW-SE e seria controlada por ação tectónica. Os depósitos, essencialmente conglomeráticos, corresponderiam a leques fluviais, com canais anastomosados, de baixa sinuosidade (Soares *et al.*, 2012).

Para o topo da formação (termo A2), passa a depósitos finos areno-pelitos e pelitos laminados, de cores vermelho violáceos e/ou cinzentos, por vezes negros,

dolomitos e/ou dolomitos arenosos amarelados (Figura 3B), níveis de gesso e pseudomorfoses de sal-gema, denunciadores de ambientes lacustres de baixa energia, rasos e evaporíticos (Palain, 1976; Kullberg *et al.*, 2006; Soares *et al.*, 2007; Pena dos Reis *et al.*, 2007; Soares *et al.*, 2012).

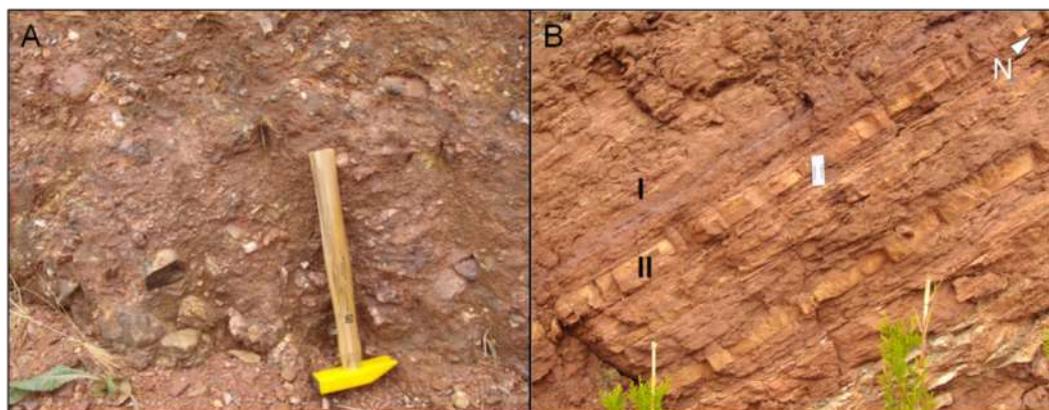


Figura 3 – Formação da Conraria. A – Depósito conglomerático, de cor vermelha (fase deposicional A1). Rua Daniel Rodrigues, Coimbra; B – Níveis areno-pelitos (I), intercalados por níveis carbonatados (II) [fase deposicional A2]. Rua Quinta da Portela, Coimbra.

Na Formação de Conraria encontram-se ainda restos vegetais, bioturbação, marcas radiculares e fendas de dessecação (Soares *et al.*, 2012).

Estes materiais resultaram da erosão do relevo do Maciço Hespérico, a oriente da bacia Lusitânica e foram depositados em leques aluvionais, que preencheram depressões resultantes da movimentação das falhas lístricas, reativadas durante o processo de distensão, o que provocou variações laterais de fácies e de espessuras (Azerêdo *et al.*, 2003; Kullberg *et al.*, 2006; Soares *et al.*, 2007; Pena dos Reis *et al.*, 2007).

A sedimentação evolui distalmente para um sistema de planície aluvial, controlada pela meteorização, pela taxa de soerguimento do maciço e pela subsidência, entre outros fatores (Soares *et al.*, 2012). O clima seria semiárido, com estações contrastadas (Palain, 1976; Ribeiro *et al.*, 1979).

A Formação de Penela (Soares *et al.*, 2012) corresponde a uma sucessão areno-conglomerática, de cor castanha-avermelhada. Apresenta maior dispersão em relação à formação anterior, o que parece sugerir uma área de deposição maior, com poucas evidências de mudanças significativas no controlo estrutural. Assenta em desconformidade com a parte superior da Formação da Conraria, correspondente ao “Grés com *Voltzia ribeiro*” (Rocha *et al.*, 1996, in Soares *et al.*,

2007). A formação caracteriza-se por um aumento da quantidade de cascalho e uma diminuição na quantidade de areia e materiais pelíticos, o que parece indicar uma significativa remexida dos depósitos. Estes depósitos indicam mudanças paleogeográficas na bacia causadas quer por reativações tectónicas ou por flutuações da superfície basal, quer por alterações no regime de drenagem, com a transição de um sistema de canais entrelaçados para meandros. No topo apresenta uma sucessão areno-pelítica, de cor vermelho-acastanhado, que evidencia pedogénese (Soares *et al.*, 2012).

A Formação de Castelo Viegas [= Camadas de Castelo Viegas (Soares *et al.*, 1985, 2012); = Formação de Castelo Viegas (Gomes, 1996; Soares e Gomes, 1997)] tem correspondência ao termo B1 de Palain (1976) e assenta em inconformidade com a formação anterior. Em alguns locais, a Formação de Castelo Viegas assenta diretamente sobre o soco antigo (Soares *et al.*, 2012). É constituída por depósitos areno-conglomeráticos, de cor vermelha, arcósicos a subarcósicos, grosseiros a muito grosseiros. Evolui para depósitos areno-pelíticos, interstratificados com subarcoses, acastanhadas, médias a grosseiras e com dolomitos. Em descontinuidade sobre esta unidade, encontram-se depósitos conglomeráticos, heterométricos, polimíticos (Figura 4) e, em descontinuidade sobre estes, encontram-se arenitos arcósicos, grosseiros a muito grosseiros, esbranquiçados e/ou amarelados, cascalhentos, com estruturas oblíquas (Palain, 1976; Soares *et al.*, 2007). Esta formação corresponderia a uma planície aluvial com canais fluviais entrelaçados, com geometrias controladas pelo clima e pela instabilidade tectónica (Soares *et al.*, 2007; Pena dos Reis *et al.*, 2007).

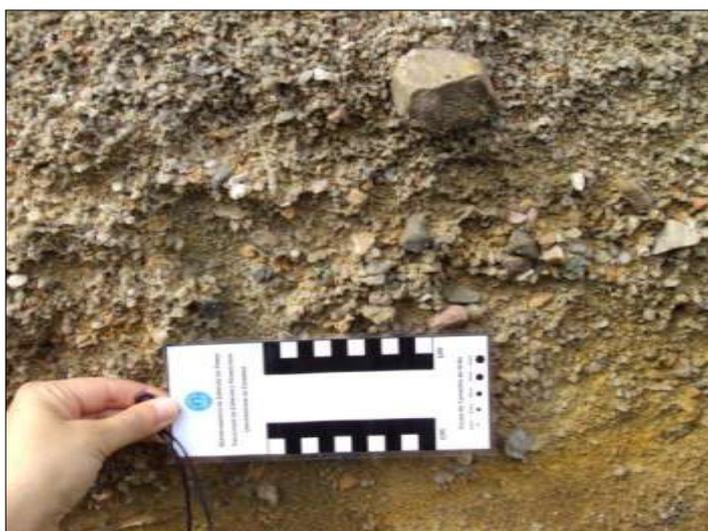


Figura 4 – Pormenor do afloramento da Formação de Castelo Viegas, situado na base do Aqueduto de S. Sebastião (Arcos de Jardim), Coimbra.

No que respeita à paleogeografia, a Formação de Castelo Viegas ter-se-á depositado numa planície aluvial com canais fluviais entrelaçados, com geometrias controladas pelo clima e pela instabilidade tectónica (Soares *et al.*, 2007; Pena dos Reis *et al.*, 2007). Superiormente, a deposição muda para um sistema de planície com meandros, de sinuosidade variada (Soares *et al.*, 2012). Esta formação difere das anteriores (Formação de Conraria e Formação de Penela) pela ausência de falhas normais, de carácter claramente sin-sedimentares (Soares *et al.*, 2012). A ausência deste tipo de falhas, em conjunto com a inconformidade entre a Formação de Penela e a Formação de Castelo Viegas e a mudança de fácies, revela uma reorganização da bacia. Com este fundamento, Soares *et al.* (2012) considera a Formação de Castelo Viegas como a unidade de base da Bacia Lusitânica, *in sensu stricto*.

A Formação de Pereiros [= Camadas de Pereiros (Soares *et al.*, 1985); = Formação de Pereiros (Gomes, 1996)] assenta em descontinuidade sobre a Formação de Castelo Viegas e corresponde à base do Jurássico em Portugal. Divide-se em três subunidades, com equivalências aos termos B2, C1 e C2 de Palain (1976).

A primeira subunidade é constituída por dolomitos gresosos, com moldes de moluscos, nomeadamente de *Isocyprina* e *Promathildia*, que inserem esta subunidade no Hetangiano (Jurássico Inferior). Seguem arcosarenitos grosseiros a muito grosseiros, esbranquiçados e amarelo-acastanhado, com alternância de pelitos margosos cinzentos e violáceos e dolomias gresosas amarelo-acastanhados. Esta subunidade corresponde ao primeiro evento sedimentar com condições francamente marinhas (Soares *et al.*, 1985; Soares *et al.*, 2007; Kullberg *et al.*, 2012).

A segunda subunidade apresenta um carácter mais gresoso. É constituída por arcosarenitos, médios a muito grosseiros, submaturos a imaturos, com raros calhaus de quartzo e quartzito, esbranquiçados a acastanhados (Soares *et al.*, 2007).

A terceira subunidade apresenta litofácies diversas desde arenítica a dolomítica. Corresponde a camadas de pelitos areno-margosos, laminados, com fragmentos carbonosos e marcas de sal, que interstratificam com grés dolomítico ou dolomito gresoso (Soares *et al.*, 2007). Lateralmente passam a sedimentos pelítico-carbonatados e evaporíticos, correspondentes à Formação de Dagorda. Estas formações denunciam um ambiente de carácter litoral (lagunar e planície de inundação de maré), num clima quente e seco, semelhante aos atuais ambientes de sabkha (Azerêdo *et al.*, 2003; Soares *et al.*, 2007; Soares *et al.*, 2012).

Na cidade de Coimbra, a passagem da Formação de Pereiros à Formação de Coimbra [=Camadas de Coimbra] é gradual e de difícil observação, dada a constância da fácies dolomítica (Soares *et al.*, 1985). Corresponde ao termo terminal da megassequência C (Soares e Gomes, 1997). A Formação de Coimbra subdivide-se em dois membros. O membro dolomítico [= Camadas de Coimbra s.s. (Soares *et al.*, 1985)] é constituído por dolomitos e dolomitos calcários, amarelo-acastanhados, pouco fossilíferos, enquanto o membro calcário [= Camadas de S. Miguel (Soares *et al.*, 1985)] é constituído por calcários cinzentos e/ou acastanhados, interestratificados com níveis centimétricos de margas, fossilíferos para o topo (Azerêdo, 2003; Soares *et al.*, 2007). Corresponde a uma rampa carbonatada, de baixa energia, inicialmente dolomítica e distalmente calcária, o que denota condições marinhas mais francas para ocidente (Azerêdo *et al.*, 2003). A idade admitida para a Formação de Coimbra é do Sinemuriano ao Carixiano Inferior (Soares *et al.*, 2007).

Para Oeste da urbe dispõem-se formações pertencentes ao Grupo de Quiaios, do Jurássico Inferior (Sinemuriano Superior-Toarcião), que correspondem à fase inicial de enchimento da Bacia Lusitânica. São constituídas por espessas séries margo-calcárias, muito fossilíferas em macrofauna (amonites, belemnites, braquiópodes, bivalves, crinoides, esponjas siliciosas) que indiciam uma deposição em situação de baixa energia, numa rampa carbonatada monoclinal, sujeito a flutuações eustáticas e a controlos tectónicos locais e regionais (Duarte e Soares, 2002; Duarte, 2007).

Na cidade de Coimbra encontram-se também depósitos de idade quaternária. Estes são essencialmente de dois tipos: depósitos torrenciais, como as Areias Vermelhas do Ingote e as Areias Vermelhas do Estádio e depósitos fluviais, como o Depósito areno-cascalhento da Boavista, o Depósito areno-cascalhento do Calhabé, o Depósito areno-cascalhento da Arregaça e os aluviões do Mondego (Marques, 1997).

3.2. História e Monumentos

Com base na análise documental e no trabalho de campo efetuado foram selecionados cinco monumentos pertencentes a várias épocas e a diferentes estilos arquitetónicos, que se situam na zona Alta de Coimbra. São eles, o Aqueduto de S. Sebastião, o Colégio de Jesus, a Sé Nova, a Universidade e a Sé Velha.

3.2.1. Arcos de Jardim, Aqueduto de S. Sebastião

O aqueduto (Figura 5) foi mandado construir em 1570 por ordem de D. Sebastião, com o objetivo de levar a água da zona Alta da cidade até à colina onde, mais tarde, se haveria de erguer o Convento de Santa Ana (IGESPAR, 2008). Estende-se por um quilómetro e segue o traçado de um aqueduto romano. Apresenta um arco de honra, rematado por cornija, com o escudo de Portugal, encimado por um pálio, com as imagens de S. Sebastião e S. Roque. Foi edificado com rochas pertencentes à Formação de Coimbra, calcários dolomíticos, extraídos de pedreiras existentes na zona Alta de Coimbra.



Figura 5 – Arcos de Jardim, Praça João Paulo II, Coimbra.

3.2.2. Colégio de Jesus e Sé Nova

O Colégio de Jesus e a Sé Nova foram construídos com calcários da região de Ançã (Figura 6).

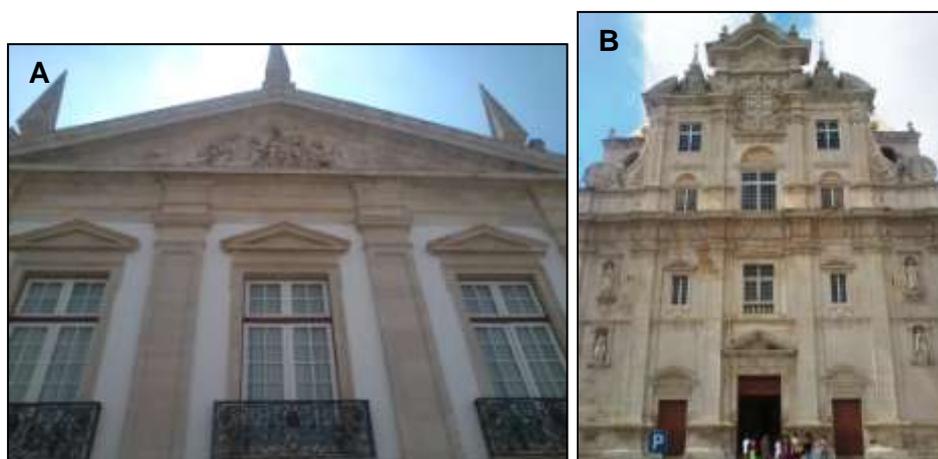


Figura 6 – Aspeto da fachada do Colégio de Jesus (A) e da Sé Nova (B), onde se observa os calcários, de cor clara, utilizados na sua edificação.

A construção do Colégio de Jesus teve início em 1547, por ordem de D. João III, aquando da Reforma do Ensino Universitário. Esta reforma envolvia a modernização dos estudos superiores e a construção de colégios para o ensino de disciplinas de base ou para albergue dos estudantes. Em 1560, a sua traça original foi alterada para acolher a Companhia de Jesus. Na 2ª metade do séc. XVIII, com a reforma pombalina, o Colégio de Jesus sofreu uma alteração profunda (IGESPAR, 2005). Atualmente acolhe os Departamentos de Ciência da Terra e Ciências da Vida da Universidade de Coimbra.

A construção da Sé Nova (igreja do Colégio de Jesus) iniciou-se em 1598, mas as obras arrastaram-se durante muitos anos. Apesar do culto ter iniciado em 1640, a inauguração viria a ocorrer apenas em 1698, um século após o início das obras. Com a expulsão dos jesuítas (1759), por ordem do Marquês de Pombal, a sede episcopal foi transferida (1772) da Sé Velha para a igreja jesuíta. A parte inferior da fachada é do estilo maneirista, com quatro estátuas de santos jesuítas. Na parte superior, do estilo barroco (séc. XVIII), destacam-se as armas da nação e dois santos com o dobro do tamanho natural (S. Pedro e S. Paulo), para harmonizar as diferenças de largura entre as partes superior e inferior.

3.2.3. Pátio da Universidade

A Universidade foi inicialmente fundada em Lisboa, no ano de 1290. Após várias mudanças entre Lisboa e Coimbra, fixou-se definitivamente nesta última, em 1537. Em 1544, a Universidade instalou-se no Paço Real, edifício adquirido definitivamente em 1597, durante o reinado de Felipe I de Portugal. A Sala dos Capelos, local importante das cerimónias académicas, corresponde à antiga sala do trono, datada de meados do séc. XVII. Neste local encontra-se ainda a Capela de S. Miguel, a Biblioteca Joanina, a Torre da Cabra e a Via Latina. A Capela de S. Miguel apresenta uma fachada do estilo manuelino e foi construída durante a primeira metade do século XVI. A Biblioteca Joanina foi edificada no século XVIII, no reinado de D. João V, no estilo barroco. Também neste estilo, a Torre da Cabra foi erigida entre 1728 e 1733. A Via Latina é uma colunata neoclássica, do séc. XVIII, com um conjunto escultórico, ao qual se juntou o busto de D. José I e duas Figuras alegóricas. A entrada nos Paços da Universidade faz-se através da Porta Férrea (Figura 7), construída em 1634 no estilo maneirista (IGESPAR, s.d., b).

Os materiais geológicos utilizados na edificação dos edifícios em redor do pátio da Universidade de Coimbra foram calcários da região de Ançã, mais brandos e claros que os calcários dolomíticos que afloram na zona Alta de Coimbra.



Figura 7 – Porta Férrea, ladeada por duas estátuas que representam a alegoria das Faculdades de Leis e de Medicina. Estas estátuas apresentam um grau elevado de alteração.

3.2.4. Sé Velha

A Sé Velha foi edificada com calcário dolomítico da Formação de Coimbra, enquanto a Porta Especiosa foi edificada com calcários da região de Ançã, povoação perto de Coimbra (Figura 8) (Quinta-Ferreira *et al.*, 1992).

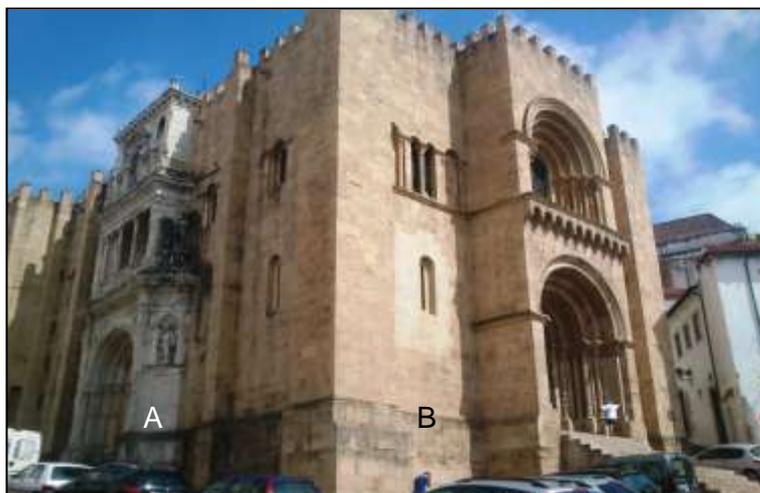


Figura 8 – Aspeto geral da Porta Especiosa (A) e da Sé Velha (B). É bem patente nesta fotografia as diferenças na cor dos materiais geológicos utilizados (A – calcários; B – calcários dolomíticos).

A Sé Velha foi edificada no estilo românico e a sua construção durou desde a década de 60 do século XII até à 1ª metade do século XIII. A fachada principal tem a configuração de uma fortaleza, com um corpo central avançado e duas

torres, com ameias a rematar. Os capitéis são decorados com temas vegetalistas e animalistas. O claustro, do estilo gótico, foi construído por volta de 1218. Nos séculos seguintes, o edifício foi sujeito a várias remodelações. Sobressai a ação do arquiteto João de Ruão, a quem se deve a Porta Especiosa. O interior do templo mantém a sua feição original (IGESPAR, s.d., a).

3.3. Construção do Roteiro interdisciplinar (Ciências Naturais, História e Ciências Físico-Químicas)

Os objetivos definidos para o roteiro “Da Geologia à História, através das rochas” foram: investigar os recursos geológicos, utilizados na construção dos monumentos e compará-los com a geologia da cidade e com o desenvolvimento histórico e tecnológico da sociedade, ao longo do tempo.

O percurso é realizado a pé e tem a duração aproximada de duas horas. Foram definidas 5 paragens (Figura 9), correspondentes a dois afloramentos (Formação de Castelo Viegas e Formação de Coimbra) e cinco monumentos (Aqueduto de S. Sebastião, Colégio de Jesus, Sé Nova, Pátio da Universidade e Sé Velha). Para cada paragem foi desenvolvido um conjunto de questões de seleção (escolha múltipla) e de construção (resposta curta e resposta restrita) que orientam para a observação dos monumentos, dos respetivos materiais de construção e de restauro e ainda de algumas características dos afloramentos rochosos.



Figura 9 – Localização das paragens do roteiro geológico “Da Geologia à História, através das rochas”, na cidade de Coimbra (fotografia aérea retirada do *Google Earth*®).

Nos monumentos observam-se o tipo de rocha utilizado na construção e algumas características dessa rocha, como a cor, a granulometria e o grau de alteração. Nos afloramentos analisam-se a cor e a granulometria das rochas, a inclinação das camadas e ainda a presença/ausência de fósseis e minerais. Pontualmente são colocadas questões de índole histórica.

O roteiro é acompanhado por um folheto, onde constam informações sobre a geologia de Coimbra, os monumentos [informações recolhidas da página eletrónica do Instituto Português do Património Arquitetónico (IPPAR), depois Instituto de Gestão do Património Arquitetónico e Arqueológico (IGESPAR), atualmente Direção Geral do Património Cultural] e a reconstituição paleogeográfica do início do Jurássico (Figura 10) - PALEOMAP Project de Scotese (2002).

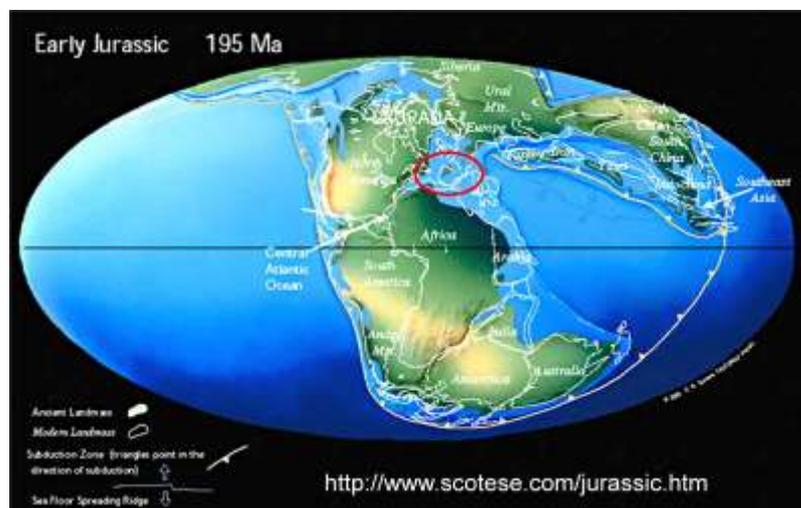


Figura 10 – Reconstituição paleogeográfica do início do Jurássico e localização da placa Ibéria (Scotese, 2002).

No final do roteiro apresentam-se dez questões abertas (Figura 11) para reflexão, na aula de síntese, sobre a utilização dos recursos geológicos pela sociedade ao longo do tempo. Através destas questões, procura-se promover uma atitude interrogativa e reflexiva nos alunos (Praia e Marques, 1997).

A melhoria dos meios tecnológicos e das vias de comunicação modificaram a relação da sociedade com os recursos geológicos ao longo da história, relação que ainda se mantém nos dias de hoje. Por isso, pretende-se que os alunos questionem a ligação entre as rochas (materiais geológicos) e o desenvolvimento da sociedade e que compreendam a dependência do preço de um dado recurso geológico em relação às reservas existentes e ao custo de transporte associado a esse recurso. Esta dependência ocorreu no passado e continua nos dias de hoje.

ALGUMAS QUESTÕES PARA REFLECTIRES

1. Analisa, quanto à proveniência, as rochas utilizadas na construção dos monumentos.
2. Apresenta uma razão para a utilização de calcários de proveniências diferentes, ao longo do tempo.
3. Explica por que razão não se encontra granito nos monumentos antigos de Coimbra.
4. Apresenta uma explicação para o facto de alguns tipos de rochas, utilizados na construção dos monumentos, se encontrarem alteradas.
 - 4.1. Escreve a equação química dessa alteração.
 - 4.2. Planeia (a) e realiza (b) uma atividade experimental onde analyses o problema de alteração dos diferentes calcários utilizados na construção dos monumentos.
5. Reflete sobre a importância do restauro dos monumentos.
6. Explica por que razão as rochas sedimentares detríticas, abundantes em Coimbra, não foram usadas na construção dos monumentos.
7. Analisa a possibilidade de todos os tipos de calcários poderem ser usados como pedra ornamental de exterior.

Figura 11 – Questões para reflexão na aula de síntese.

Por outro lado, os materiais geológicos utilizados na construção dos monumentos selecionados (calcários dolomíticos e calcários), devido à sua composição química, estão sujeitos a processos de alteração química, que provocam o desgaste e erosão das figuras decorativas, construídas com estes materiais geológicos. Pretende-se que alunos reflitam sobre o processo de alteração dos calcários e discutam as suas causas e consequências. A observação dos diferentes calcários, face à maior ou menor resistência à alteração, possibilita também a discussão sobre as utilizações dos recursos geológicos como pedra ornamental de interiores e/ou exteriores.

O processo de alteração dos calcários é um ponto em comum com as Ciências Físico-Químicas. Este tema pode ser enquadrado no subdomínio das transformações químicas, no 7º ano e no domínio das reações químicas, no 8.º ano (Quadro 2) (Fiolhais *et al.*, 2013).

Quadro 2 – Metas curriculares para o domínio Reações químicas – 8.º ano, Ciências Físico-Químicas (Fiolhais *et al.*, 2013).

Domínio	Metas curriculares
Reações químicas	<ul style="list-style-type: none">• Descrever reações químicas usando linguagem corrente (...)• Indicar os nomes e as fórmulas de iões mais comuns (...)• Representar reações químicas através de equações químicas (...)• Identificar, a partir de informação selecionada, reações de combustão relacionadas com a emissão de poluentes para a atmosfera (óxidos de enxofre e nitrogénio) e referir consequências dessas emissões e medidas para minimizar os seus efeitos.

Com a finalidade de promover uma maior interação entre as Ciências Naturais e as Ciências Físico-Químicas, a questão quatro (questões de reflexão) foi subdividida após a validação do roteiro. A interdisciplinaridade pode também envolver a planificação e realização de atividades laboratoriais, que possibilitem ensaios químicos aos dois tipos de calcários (calcário e calcário dolomítico) utilizados na construção dos monumentos e que conduzam ao questionamento das diferenças no grau de alteração dos materiais geológicos.

As questões da aula de síntese foram classificadas segundo a taxonomia de Bloom *et al.* (1956) (Tabela 1). Constata-se que seis questões envolvem um nível cognitivo baixo enquanto as restantes quatro são de nível cognitivo alto. Apesar de uma ligeira tendência para as questões de baixo nível, existe algum equilíbrio entre as questões, o que está adequado para este nível de ensino (Cotton, 2001).

Tabela 1 – Classificação das questões para a aula de síntese, segundo a taxonomia de Bloom *et al.* (1956).

Categorias	Quantidade	Número da questão	Verbos
Conhecimento	1	(4.1.)	Escrever
Compreensão	2	(3.); (6.)	Explicar
Aplicação	3	(2.); (4.); (4.2.b)	Apresentar; realizar
Análise	2	(1.), (7.)	Analisar
Síntese	1	(4.2.a)	Planear
Avaliação	1	(5.)	Refletir
Total	10		

No sentido de auxiliar o professor durante a aula de campo, nomeadamente no que respeita à geologia de Coimbra, foi construído um póster, onde se apresentam: a carta geológica simplificada de Coimbra, adaptada da carta geológica apresentada por Soares *et al.* (1985), a evolução megassequencial das litologias (Soares & Gomes, 1997) e a paleogeografia no início do Jurássico (Scotese, 2002).

Os recursos desenvolvidos para a atividade de exterior (roteiro geológico, apresentações multimédia e póster) foram validados por um investigador da área das Geociências e da Educação.

3.3.1. Fichas de caracterização de cada paragem

O percurso inicia-se no Aqueduto de São Sebastião (Arcos de Jardim), junto a um afloramento da Formação de Castelo Viegas, na base de um dos pilares do monumento. Nesta paragem faz-se a observação das rochas da Formação de Castelo Viegas (Figura 12) e do material geológico utilizado na construção do

aqueduto, que é distinto do desta formação. A Figura 13 apresenta a ficha de caracterização para a primeira paragem.



Figura 12 – Afloramento pertencente à Formação de Castelo Viegas na base do Arco de S. Sebastião (vulgo Arcos de Jardim).

1ª PARAGEM: FORMAÇÃO DE CASTELO VIEGAS E AQUEDUTO DE S. SEBASTIÃO	
Objetivos	<ul style="list-style-type: none"> • Identificar a rocha em afloramento; • Comparar a rocha em afloramento com a rocha utilizada no aqueduto; • Reconhecer que a rocha em afloramento não foi utilizada na construção do aqueduto; • Conhecer a História de Coimbra, através dos seus edifícios.
Tarefas	<ol style="list-style-type: none"> a) Observação e caracterização das rochas aflorantes na base do aqueduto; b) Observação das rochas utilizadas na edificação do aqueduto; c) Comparação dos dois tipos de rochas.
Aspetos a observar	<ul style="list-style-type: none"> • Litologia em afloramento: arenitos e conglomerados; • Cor, granulometria e inclinação das camadas das rochas aflorantes; • Rocha utilizada na construção do aqueduto: calcários dolomíticos.
Questões a apresentar	<ol style="list-style-type: none"> 1. Faz um esquema das rochas aflorantes na base do aqueduto. 2. O grão das rochas sedimentares é: muito fino a fino __; médio a grosseiro __. 3. A cor das rochas que predomina é... 4. O afloramento é constituído por: calcários __; arenitos __; conglomerados __. 5. As rochas do afloramento formam camadas: horizontais __; inclinadas __. 6. O monumento foi construído com rochas do afloramento? Sim __; Não __. 7. A função do aqueduto era: transporte de água __; transporte de bens e pessoas __. 8. Apresenta uma explicação para a falta da coroa no escudo de Portugal, que se encontra no Arco de S. Sebastião.
Material	Roteiro, material de escrita, escala de granulometria, caderneta de campo, máquina fotográfica.
Notas	Não é possível a recolha de amostras.

Figura 13 – Ficha de caracterização da primeira paragem.

A segunda paragem ocorre junto de um afloramento da Formação de Coimbra, visível na base do Antigo Hospital da Universidade de Coimbra, na Rua dos Estudos, cuja análise facilita a identificação das rochas utilizadas na construção de alguns monumentos (Figuras 14 e 15).

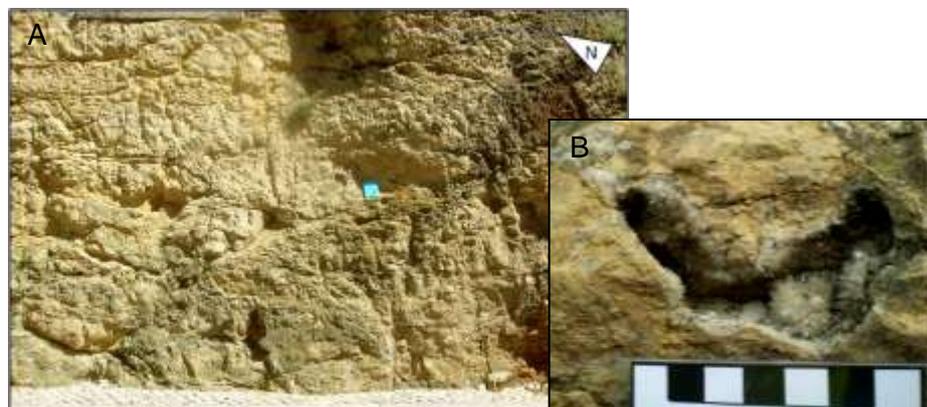


Figura 14 – Afloramento pertencente à Formação de Coimbra. A – Aspeto geral do afloramento na base do Antigo Hospital da Universidade de Coimbra. B – Pormenor do afloramento, onde se observa um geode (fotografia de Alexandra Gonçalves).

2ª PARAGEM: UNIDADES DA FORMAÇÃO DE COIMBRA	
Objetivos	<ul style="list-style-type: none"> • Comparar a rocha aflorante neste local com a do local anterior; • Desenvolver a capacidade de reconhecer a rocha aflorante.
Tarefas	a) Observação e caracterização das rochas aflorantes; b) Observação e identificação de fósseis e de minerais.
Aspetos a observar	<ul style="list-style-type: none"> • Litologia aflorante: calcários dolomíticos; • Cor, granulometria e inclinação das camadas das rochas aflorantes; • Presença de geodes de calcite; • Ausência de fósseis.
Questões	1. O afloramento é constituído por: arenitos ___; calcários ___; calcários dolomíticos __. 2. A cor das rochas que predomina é... 3. As rochas do afloramento formam camadas: horizontais ___; inclinadas __. 4. Consegues encontrar algum fóssil? Sim __ Qual? _____; Não __. 5. Consegues encontrar algum mineral? Sim __ Qual? _____; Não __.
Material	Roteiro, material de escrita, escala de granulometria, caderneta de campo, máquina fotográfica.
Notas	Não é possível a recolha de amostras.

Figura 15 – Ficha de caracterização da segunda paragem.

A poucos metros deste afloramento, encontram-se os monumentos enquadrados na terceira paragem (Figura 16), o Colégio de Jesus e a Sé Nova. Estes edifícios foram construídos em calcário, mais brando e mais claro, extraído da região de Ançã, uma povoação que dista alguns quilómetros para oeste de Coimbra.

3ª PARAGEM: COLÉGIO DE JESUS E SÉ NOVA	
Objetivos	<ul style="list-style-type: none"> • Comparar as rochas utilizadas na construção dos edifícios (séc. XVI e XVIII) com os afloramentos; • Conhecer a História de Coimbra, através dos seus monumentos.
Tarefas	(a) Observação das rochas utilizadas na construção dos edifícios; (b) Observação do restauro efetuado aos edifícios; (c) Comparação entre as rochas utilizadas na construção e as rochas aflorantes em Coimbra.
Aspetos a observar	<ul style="list-style-type: none"> • Rocha utilizada na construção dos edifícios – calcários não aflorantes em Coimbra. • Material utilizado no restauro – areia fina.
Questões	1. Este edifício [Colégio de Jesus] foi construído com as rochas que afloram em Coimbra? Sim ___; Não ___. Dirige-te à Sé Nova. 1. A cor das rochas que predomina é: 2. O edifício foi construído com: calcários ___; calcários dolomíticos ___. 3. O monumento foi recentemente restaurado. 3.1. O material usado no restauro é igual ao original? Sim ___; Não ___. 3.2. O grão do material usado é: muito fino ___; médio ___.
Material	Roteiro, material de escrita, caderneta de campo, máquina fotográfica.

Figura 16 – Ficha de caracterização da terceira paragem.

A quarta paragem (Figura 17) localiza-se no Pátio do Paço das Escolas, ao qual se acede através da Porta Férrea.

4ª PARAGEM: PÁTIO DA UNIVERSIDADE	
Objetivos	<ul style="list-style-type: none"> • Comparar as rochas utilizadas na construção dos edifícios com os afloramentos; • Conhecer a História de Coimbra, através dos seus monumentos; • Relacionar o grau de alteração dos calcários com a ação antrópica.
Tarefas	(a) Observação das rochas utilizadas na construção dos edifícios; (b) Observação do grau de alteração dos calcários; (c) Comparação entre as rochas utilizadas na construção e as rochas aflorantes em Coimbra.
Aspetos a observar	<ul style="list-style-type: none"> • Rocha utilizada na construção dos edifícios – calcários não aflorantes em Coimbra; • Calcários muito alterados onde, por vezes, se perde a perceção dos elementos figurativos.
Questões	1. Observa a Porta Férrea. Data do ano _____ e um dos materiais geológicos usados na sua construção terá sido _____. Atravessa a Porta Férrea. 2. Quem vigia, imóvel, este pátio? _____ 3. Observa as rochas usadas na construção da reitoria. 3.1. As rochas usadas na construção foram: Calcários ___; calcários dolomíticos ___. 3.2. Qual o grau de alteração? Alto ___; médio ___; baixo ___. 3.3. Apresenta uma explicação para essa alteração.
Material	Roteiro, material de escrita, caderneta de campo, máquina fotográfica.

Figura 17 – Ficha de caracterização da quarta paragem.

Saindo pelas escadas de Minerva, no lado oposto à Porta Férrea, através da rua da Ilha, chega-se à Sé Velha, quinta e última paragem (Figura 18).

5ª PARAGEM: SÉ VELHA	
Objetivos	<ul style="list-style-type: none"> • Comparar as rochas utilizadas na construção dos edifícios com os afloramentos; • Conhecer a História de Coimbra, através dos seus monumentos; • Relacionar o grau de alteração dos calcários com a ação antrópica.
Tarefas	(a) Observação das rochas utilizadas na construção dos edifícios; (b) Observação do grau de alteração dos calcários; (c) Comparação entre as rochas utilizadas na construção e as rochas aflorantes em Coimbra.
Aspetos a observar	<ul style="list-style-type: none"> • Rocha utilizada na construção da Sé Velha – calcários dolomíticos, aflorantes em Coimbra; • Rocha utilizada na construção da Porta Especiosa – calcários não aflorantes em Coimbra; • Calcários dolomíticos pouco ou medianamente alterados. • Calcários da Porta Especiosa muito alterados onde, se perde a perceção dos elementos figurativos.
Questões	1. As rochas usadas na construção foram: Calcários ___; calcários dolomíticos ____. 2. Qual o grau de alteração? Alto ___; médio ___; baixo ____. 3. Apresenta uma explicação para a diferença de alteração que se observa nas rochas usadas na construção. 4. Este edifício foi construído com as rochas que afloram em Coimbra? Sim ___; Não ____. Dirige-te à porta Especiosa. 4.1. Esta fachada é contemporânea do restante edifício? Sim ___; Não ____. 4.2. As rochas usadas na construção foram: Calcários ___; calcários dolomíticos ____. 4.3. Qual o grau de alteração das rochas? Alto ___; médio ___; baixo ____. 4.4. A fachada foi construída com as rochas que afloram em Coimbra? Sim ___; Não ____. _____.
Material	Roteiro, material de escrita, caderneta de campo, máquina fotográfica.

Figura 18 – Ficha de caracterização da quinta paragem.

A antiga Sé de Coimbra, edificada no século XII no estilo românico, foi construída com calcários dolomíticos (Formação de Coimbra). Mais tarde, no século XVI, foi construída a Porta Especiosa em Calcário de Ançã (Quinta-Ferreira *et al.*, 1992). A análise do grau de alteração dos diferentes tipos de calcários, utilizados na construção dos monumentos, possibilita uma reflexão sobre a problemática das chuvas ácidas e a ação destas sobre o património histórico. O grau de degradação da Porta Especiosa é muito elevado (Figura 19) e, apesar da intervenção de conservação, muitos elementos figurativos já perderam o valor estético (Rodrigues *et al.*, 2005).

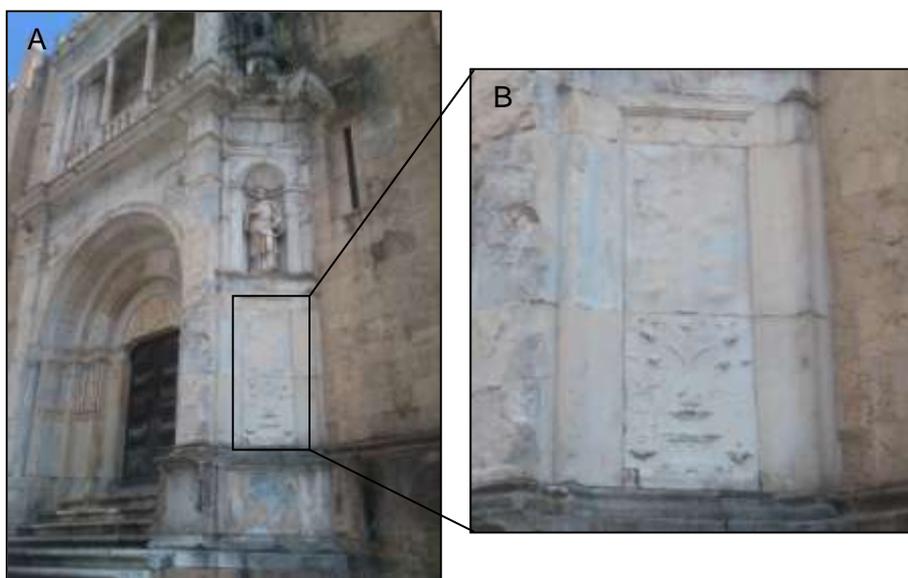


Figura 19 – Porta Especiosa, Sé Velha, Coimbra. A – Aspeto geral da Porta Especiosa; B – Pormenor da Porta Especiosa. Observa-se o calcário muito alterado.

3.4. Resultados da avaliação diagnóstica

Três categorias, *recursos geológicos*, *produtos* e *conceitos inexatos*, emergiram da análise de conteúdo das respostas à primeira questão (Tabela 2). O valor do teste de fiabilidade à quantificação das unidades de registo foi de 0,92.

Tabela 2 – Categorias, subcategorias, unidades de registo e respetivas percentagens obtidas a partir da análise da primeira questão da avaliação diagnóstica.

Categorias	Unidades de registo		Subcategorias	Unidades de registo	
	N.º	%		N.º	%
Recursos geológicos	113	60,43	Rochas	70	61,95
			Minerais	43	38,05
Produtos	47	25,13			
Conceitos inexatos	27	14,44			
Total	187	100		113	100

Os dados mostram que, do total de unidades de registo quantificadas, mais de metade pertencem à categoria *recursos geológicos*, o que revela que os alunos são capazes de dar exemplos de recursos. Entre os recursos exemplificados, a subcategoria *rochas* (como “mármore”, “xisto” ou “areia”) apresenta mais de 60% das unidades de registo em relação à categoria *minerais* (como “grafite”, “argilas”

ou “micas”). Estes resultados eram esperados, uma vez que, no 7º ano, foi lecionada a temática Dinâmica Externa da Terra: “Rochas, testemunhos da atividade da Terra” e “Rochas magmáticas, sedimentares e metamórficas: génese e constituição; ciclo das rochas” (Galvão *et al.*, 2001, p. 20).

Os dados indicam também que cerca de 25% das unidades de registo pertencem à categoria *produtos*, na qual foram enquadrados materiais com origem geológica mas que passaram por um processo de manufaturação, como “cimento”, “flúor”, “tijolos” e “sal”, por exemplo. Este resultado parece indicar alguma confusão entre a matéria-prima (recurso) e o produto após manufaturação. Esta confusão é mais evidente no caso do cimento que, de entre os exemplos apresentados na categoria *produtos*, é aquele que reúne o maior número de unidades de registo (14). Como ao cimento são adicionadas substâncias para fazer a argamassa utilizada na construção, este é entendido como uma matéria-prima, o que significa que desconhecem o modo de fabrico do cimento.

A categoria *conceitos inexatos* engloba conceitos como “pedregulho”, “pedra” e “calhau” e representa cerca de 14% das unidades de registo. Esta categoria é reveladora de alguma persistência, entre os alunos, de termos que, não sendo errados, não são cientificamente os mais indicados.

Para a segunda questão foram definidos três domínios (*calcário, granito e minério de ferro*) correspondentes aos recursos geológicos que apareciam na questão e quatro categorias, *construção passada, construção presente, calçada e outras utilizações*. Após definição das categorias, procedeu-se à quantificação das unidades de registo (Tabela 3) e à respetiva validação por um investigador independente. O valor do teste de fiabilidade à quantificação das unidades de registo para a segunda questão de avaliação diagnóstica foi de 0,96.

Tabela 3 – Domínios, Categorias, unidades de registo e respetivas percentagens obtidas a partir da análise da segunda questão da avaliação diagnóstica.

Domínios	Unidades de registo					
	Calcário		Granito		Minério de ferro	
	N.º	%	N.º	%	N.º	%
Categorias						
Construção passada	20	51,28	2	3,51	0	0
Construção presente	2	5,13	47	82,46	48	69,57
Calçada	4	10,26	8	14,03	0	0
Outras utilizações	13	33,33	0	0	21	30,43
Total	39	100	57	100	69	100

O domínio com mais unidades de registo é o *minério de ferro*, seguido do *granito*, enquanto o domínio *calcário* apresenta menos unidades de registo.

No domínio *minério de ferro* destaca-se a utilização deste recurso na *construção presente*, como, por exemplo, em “grades das varandas”, em “Pilares das construções”, “Na construção civil e em edifícios”. O *minério de ferro* apresenta ainda muitas *outras utilizações* (como “escultura”, “balizas” e “sinais”), nem sempre corretas (“aparelho dentário”).

No domínio *granito*, a categoria com mais unidades de registo pertence à *construção presente*, onde 37 das 47 unidades de registo quantificadas podem ser enquadradas no uso desta rocha como pedra ornamental [... rocha com qualidade para estatuária ou para revestimento de exteriores ou interiores, na construção civil.” (Carvalho, 2011, p. 259)]. O granito é usado principalmente em “Bancadas de cozinhas” e no “(...) chão”, mas também “... na construção civil” e em “Piscinas”. Para os alunos, o granito tem também uso nas *calçadas*, nos “passeios”, mais até do que o calcário. Este resultado é surpreendente já que a calçada portuguesa é construída com blocos de calcário.

O domínio *calcário* apresenta mais unidades de registo nas categorias *construção passada* e *outras utilizações*. Para os alunos, o calcário foi usado na construção dos “monumentos”, como a “Sé Velha” e raramente na *construção presente*, com uso em “pavimentos (...)” ou “Na construção civil”.

Um aspeto interessante verifica-se na categoria *outras utilizações*, onde 12 unidades de registo num total de 13 dizem respeito ao uso do calcário na “(...) Máquina de lavar” ou ainda na “Água e detergentes”. Os alunos fazem esta conexão, muito provavelmente, devido à formação de calcário nas peças da máquina de lavar, o que espelha o conceito erróneo de dureza de uma água.

3.5. Resultados da aplicação do roteiro

O roteiro apresenta 35 questões, com itens de resposta fechada, de resposta curta e de resposta restrita. Foram analisados 23 roteiros, um por cada grupo e classificadas as respostas (Tabela 4). Em seguida procedeu-se ao cálculo da percentagem de cada classificação.

Os dados apresentados, nomeadamente a média de respostas corretas, permite-nos afirmar que a maioria dos grupos conseguiu realizar, com sucesso, o roteiro. Apenas um grupo (grupo 16) apresenta um grau de sucesso inferior a 50%.

Tabela 4 – Número e percentagem de respostas corretas, incompletas/incorrectas e não respondidas por cada grupo.

N.º Grupo	Respostas corretas		Respostas incompletas/incorrectas		Sem resposta	
	Número	Percentagem (%)	Número	Percentagem (%)	Número	Percentagem (%)
1	27	77,14	7	20,00	1	2,86
2	19	54,29	11	31,43	5	14,29
3	27	77,14	6	17,14	2	5,71
4	24	68,57	10	28,57	1	2,86
5	22	62,86	8	22,86	5	14,29
6	24	68,57	10	28,57	1	2,86
7	31	88,57	4	11,43	0	0,00
8	27	77,14	7	20,00	1	2,86
9	21	60,00	12	34,29	2	5,71
10	25	71,43	9	25,71	1	2,86
11	24	68,57	10	28,57	1	2,86
12	27	77,14	8	22,86	0	0,00
13	28	80,00	6	17,14	1	2,86
14	21	60,00	13	37,14	1	2,86
15	26	74,29	8	22,86	1	2,86
16	16	45,71	17	48,57	2	5,71
17	26	74,29	9	25,71	0	0,00
18	30	85,71	5	14,29	0	0,00
19	24	68,57	9	25,71	2	5,71
20	23	65,71	9	25,71	3	8,57
21	25	71,43	9	25,71	1	2,86
22	28	80,00	6	17,14	1	2,86
23	28	80,00	7	20,00	0	0,00
Média	24,91	71,18	8,7	24,84	1,39	3,98

Foi também analisado o número de respostas corretas por questão do roteiro e foi determinada a respetiva percentagem (Tabela 5). Os dados mostram que, em sete questões do roteiro de um total de trinta e cinco, o número de respostas corretas foi inferior a 50%.

As questões da primeira paragem foram as que apresentaram maiores dificuldades de resolução. Salientam-se a questão 1, de esquematização, a questão 3, relacionada com a identificação da cor das rochas e a questão 6, respeitante à inclinação das camadas rochosas.

Os itens de construção, tanto de resposta curta como de resposta restrita, apresentam níveis de sucesso superiores a 50%.

Tabela 5 – Número e percentagem de respostas corretas por questão e respetiva tipologia.

Paragens	N.º Questão	N.º respostas corretas	% Respostas corretas	Tipologia das questões
1ª Paragem	1.	4	17	Esquematização
	2.	11	48	Escolha múltipla
	3.	9	39	Resposta curta
	4.	13	57	Escolha múltipla
	5.	15	65	Escolha múltipla
	6.	2	8,7	Escolha múltipla
	7.	23	100	Escolha múltipla
	8.	15	65	Resposta restrita
2ª Paragem	1.	14	61	Escolha múltipla
	2.	15	65	Resposta curta
	3.	20	87	Escolha múltipla
	4.	23	100	Escolha múltipla
	5.	23	100	Escolha múltipla
3ª Paragem	1.	16	70	Resposta curta
	2.	16	70	Resposta curta
	3.	19	83	Resposta curta
	4.	18	78	Resposta curta
	5.	8	35	Escolha múltipla
4ª Paragem	1.	19	83	Resposta curta
	2.	22	96	Escolha múltipla
	3.1	19	83	Escolha múltipla
	3.2	20	87	Escolha múltipla
5ª Paragem	1.	14	61	Resposta curta
	1.1	22	96	Resposta curta
	2.	23	100	Escolha múltipla
	3.1	21	91	Escolha múltipla
	3.2	21	91	Escolha múltipla
5ª Paragem	3.3	20	87	Resposta restrita
	1.	22	96	Escolha múltipla
	2.	21	91	Escolha múltipla
	3.	12	52	Resposta restrita
	4.	16	16	Escolha múltipla
	4.1	18	18	Escolha múltipla
	4.2	14	61	Escolha múltipla

3.6. Resultados da validação do roteiro

As respostas foram sujeitas a uma análise de conteúdo (Amado, 2000; Bardin, 2008), a partir da qual foram definidas cinco categorias, exclusivas, independentes e pertinentes para o estudo: *aspeto lúdico, ambiente e sociedade, geologia, história e conhecimento geral* (Tabela 6).

A quantificação das unidades de registo foi realizada por dois investigadores independentes, tendo-se obtido 0,90 no teste de fidelidade.

Tabela 6 – Categorias, unidades de registo e exemplos de frases produzidas pelos alunos na questão de validação do roteiro.

Categorias	Unidades de registo		Exemplos de frases dos alunos
	N.º	%	
Geologia	55	44,36	<ul style="list-style-type: none"> • “Foi importante pois tivemos oportunidade de observar, (...) e procurar fósseis e minerais.” • “(...) ficámos a conhecer a geologia da cidade.” • “Aprendi que a rocha que está por baixo da cidade de Coimbra é o calcário dolomítico. Aprendi que o calcário é mais frágil que o calcário dolomítico.” • “(...) aprendi e reforcei os meus conhecimentos sobre os diferentes tipos de calcários, as suas utilizações (...)” • “Ajudou-me a recordar a matéria do 7º ano”.
História	24	19,36	<ul style="list-style-type: none"> • “(...) aprendi (...) como (no presente) se recupera os monumentos feitos a partir destas rochas [calcário]. Nesta aula de campo aprendi e conheci novos monumentos, como por exemplo a Sé Velha e a Sé Nova.” • “Podemos conhecer as rochas dos monumentos e um pouco da história deles (...)” • “(...) Também vimos que por causa dos meios de transporte que havia naquela época, muitas das coisas [construções] que observámos eram com rochas de Coimbra.”
Conhecimento geral	22	17,74	<ul style="list-style-type: none"> • “(...) adquirir novos conhecimentos (...)” • “(...) Fiquei a saber muita coisa que não sabia.” • “Contribuí para a melhoria dos conhecimentos (...). Aprendemos mais sobre a cidade e as suas construções.” • “Eu acho que a visita foi educativa e contribuiu muito para a nossa aprendizagem porque observámos as coisas de perto, aprendemos mais e melhor.”
Aspeto lúdico	12	9,68	<ul style="list-style-type: none"> • “Gostei muito da visita, claro que também gostei de analisar as rochas.”; (...) estudámos ao mesmo tempo que nos estávamos a «divertir» (...); “Também acho que [a visita] foi divertida e interessante. Gostei da visita!”; “Também conseguimos socializar mais com as outras pessoas, o que foi muito bom.”
Ambiente e Sociedade	11	8,87	<ul style="list-style-type: none"> • “Devemos andar menos vezes de carro para haver menos chuvas ácidas e preservar os monumentos.” • “(...) Aprendi ainda como é que o calcário se deteriora ao longo dos anos.” • “O percurso contribuiu para que nós (...) déssemos valor a tudo aquilo que vimos. (...)”.
Total	124	100	

A categoria com mais unidade de registo foi a *geologia*, com quase 45% do total das unidades de registo quantificadas. Os alunos identificam corretamente as rochas observadas nos afloramentos e nos monumentos e reforçam a importância da aula de campo para a compreensão dos conhecimentos adquiridos no 7.º ano

sobre rochas. A segunda categoria com mais unidades de registo é *história*, logo seguida pelo *conhecimento geral*. Os alunos salientam que ficaram a saber mais, principalmente sobre a história dos monumentos e sobre a evolução da sociedade ao longo do tempo. Numa atividade realizada em ambiente exterior à sala de aula, o *aspeto lúdico* é também importante para os alunos, abarcando 10% das unidades de registo. Finalmente, mas não menos importante, aproximadamente 8% das unidades de registo dizem respeito à sensibilização para o *ambiente e sociedade*.

4. Discussão

A avaliação diagnóstica mostrou que os alunos evidenciam conhecimentos sobre os recursos geológicos e as suas utilizações. No entanto, por vezes, confundem os conceitos de recurso e de produto e, nem sempre, utilizam os termos científicos mais adequados. Estes dados podem indicar que persistem, em alguns casos desde o primeiro ciclo, conceitos menos corretos sobre os recursos geológicos (Rola *et al.*, 2013), principalmente no que respeita às utilizações do granito e do calcário. Destaca-se a conceção de que o calcário era usado nas construções do passado e que o granito é usado no presente, provavelmente relacionada com a experiência pessoal dos alunos, nomeadamente no que respeita aos materiais geológicos utilizados nas suas habitações. Outra conceção incorreta prende-se com a utilização do calcário, dado que alguns alunos apresentaram confusão em relação ao conceito de dureza de uma água. Estes conceitos devem ser lecionados, numa perspetiva interdisciplinar entre as Ciências Naturais e as Ciências Físico-Química, por exemplo, através de atividades laboratoriais.

Os dados obtidos da avaliação diagnóstica revelam a dificuldade dos alunos em transpor os conhecimentos construídos na escola, em contexto formal, para a vivência do aluno na sociedade. Por outro lado, sobressai o facto de que algum conhecimento é construído em contexto informal e não formal, a partir da observação do mundo que o rodeia. Assim o professor de Geociência ganha relevância na identificação das aprendizagens menos corretas e na (re)construção do conhecimento científico.

A avaliação do roteiro revelou que as questões eram, na maioria, de um grau de dificuldade acessível para os participantes. Contudo, foram identificadas algumas dificuldades, principalmente nas questões da 1.^a paragem e, em particular, na questão 1. Aqui, o principal obstáculo prendeu-se, principalmente, com dificuldades de interpretação da questão. Os alunos fizeram um esquema das

rochas do aqueduto (Figura 20A) e não das rochas em afloramento na base do aqueduto (Figura 20B), como solicitado.

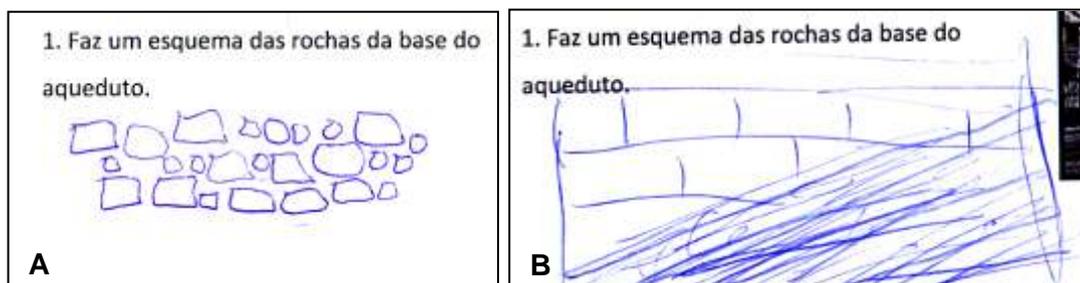


Figura 20 – Interpretações dos alunos face à questão 1 da 1.^a paragem. A – representação das rochas do aqueduto. B – representação das rochas do aqueduto e das rochas em afloramento na sua base (camadas sedimentares inclinadas).

As questões do roteiro, que revelaram maiores dificuldades de resolução por parte dos alunos, foram reformuladas de modo a se tornarem mais compreensíveis. Foi ainda acrescentada uma questão na 5.^a paragem, para acentuar a relação entre os materiais utilizados na construção da Sé Velha e da Porta Especiosa com a geologia da cidade de Coimbra.

No que respeita à análise das respostas dos alunos à questão aberta, realizada após a aplicação do roteiro, a categoria com mais unidades de registo foi a *geologia*, o que é coincidente com as finalidades do roteiro geológico. Em cada local, os participantes foram incentivados a desenvolver a capacidade de observação e a comparar as rochas aflorantes em Coimbra com o material de construção dos monumentos. Neste sentido, a interdisciplinaridade com a *história* foi também conseguida, sendo esta a segunda categoria com mais unidades de registo, seguida de perto pela construção de conhecimento (categoria *conhecimento geral*). A realização da atividade de exterior possibilitou, aos alunos, compreender que existe uma relação entre as rochas que existem em afloramento num dado local e os materiais geológicos utilizados na construção dos edifícios. Facilitou também a compreensão da importância dos meios de comunicação e dos meios de transporte para a evolução da sociedade ao longo do tempo.

A atividade de exterior proporcionou também momentos de reflexão da ação do homem sobre o meio, através da discussão da alteração das rochas calcárias, utilizadas nos monumentos, temática também abordada na disciplina de Ciências Físico-Químicas. No entanto, esta interdisciplinaridade pode ser ainda mais

acentuada. Neste sentido, a questão de reflexão sobre a alteração dos calcários foi reequacionada, com vista a uma interdisciplinaridade mais efetiva.

Foi também valorizado o carácter lúdico, inerente à própria atividade, realizada em ambiente exterior à sala de aula.

Os resultados permitem-nos afirmar que o roteiro é válido para o ensino dos recursos geológicos a partir dos monumentos da zona Alta de Coimbra. Nas palavras de um aluno, “Ficámos a saber sobre que tipo de rochas é que Coimbra foi construída. Além da convivência, aprendi muito com esta aula de campo. Eu nunca tinha pensado que tipos de rocha eram feitos os monumentos que visitámos.”.

5. Conclusões

O roteiro geológico “Da Geologia à História, através das rochas” foi planeado e construído para o ensino e para a aprendizagem dos recursos geológicos, numa perspetiva de interdisciplinaridade entre as disciplinas de Ciências Naturais, História e Ciências Físico-Químicas, para o 8.º ano de escolaridade. Os objetivos definidos para este roteiro foram investigar e comparar os recursos geológicos, utilizados na construção dos monumentos, com a geologia da cidade e com o desenvolvimento histórico e tecnológico da sociedade, ao longo do tempo.

O planeamento do roteiro geológico envolveu pesquisa bibliográfica, análise de cartas e mapas geológicos, seleção de afloramentos, seleção de monumentos e trabalho de campo. Durante o trabalho de campo foram elaboradas fichas de caracterização dos locais selecionados para paragens. Estas fichas conduziram à elaboração do roteiro geológico. Foi ainda construído um póster sobre a geologia de Coimbra. Estes recursos foram validados por um investigador da área das Geociências e da Educação.

O roteiro foi construído numa perspetiva de interdisciplinaridade entre as disciplinas de Ciências Naturais, História e Ciências Físico-Químicas. Apresenta cinco paragens, cada uma com um conjunto de questões. Estas questões foram elaboradas de modo a direcionarem o olhar dos alunos para as rochas em afloramento e para a sua utilização no património arquitetónico, edificado em diferentes momentos da história de Coimbra. As questões foram também formuladas de modo a sensibilizar para a problemática da preservação do património histórico e a promover uma reflexão sobre a ação antrópica sobre o ambiente e o património, nomeadamente no que se relaciona com a problemática das chuvas ácidas. A observação do grau de alteração de diferentes calcários

possibilita ainda a discussão sobre as utilizações dos recursos geológicos como pedra ornamental de interiores e/ou exteriores. Ambicionou-se também promover a interrogação sobre as relações entre o preço de um determinado material geológico e os custos associados à sua exploração e transporte. Hoje, como ao longo da história da Humanidade, verifica-se uma relação estreita entre os custos de exploração, dependentes das reservas existentes e da tecnologia disponível para extração, e o preço associado a um determinado material geológico. As questões de índole histórica foram validadas por dois professores de História do 3.º ciclo do ensino básico.

A validação decorreu numa aula de campo na zona Alta de Coimbra, na qual participaram cinquenta alunos de uma escola do distrito de Coimbra. No início da atividade, os alunos responderam a duas questões de resposta curta, com vista à identificação do conceito de recurso geológico assimilado pelos alunos, assim como das utilizações de três recursos de uso comum. Os resultados mostraram que existe alguma dificuldade na transposição dos conhecimentos construídos em contexto formal (escola) para a vivência do aluno na sociedade. Revelam ainda a importância do conhecimento construído em contexto informal e não formal, a partir da observação do mundo que o rodeia. Ganha, por isso, relevância o professor de Geociências na identificação e na correção das aprendizagens e na (re)construção do conhecimento científico.

No final da aula de campo, os roteiros foram recolhidos e as suas respostas classificadas. No global, o roteiro geológico foi considerado acessível aos alunos. A análise das questões do roteiro revelou algumas questões com níveis de sucesso inferiores a cinquenta por cento, relacionadas principalmente com a 1.ª paragem. O principal obstáculo prendeu-se com a dificuldade na interpretação das questões. Por esse motivo, houve a necessidade de reestruturar as questões de modo a torná-las mais compreensíveis para os alunos.

Duas semanas após a atividade, trinta e três alunos participantes responderam a uma questão aberta sobre a importância da atividade para o ensino e para a aprendizagem dos recursos geológicos. A análise de conteúdo das respostas dos participantes permitiu identificar cinco categorias exclusivas e pertinentes para o estudo. A *geologia* foi a categoria mais referida, seguida pelas categorias *história* e *conhecimento geral*, estas com pouco menos de metade das unidades de registo da primeira. Estes resultados confirmam que os objetivos definidos para o roteiro foram cumpridos. Através da utilização do roteiro, os alunos desenvolvem a capacidade de observar os materiais geológicos utilizados na construção dos monumentos e de os comparar com a geologia da cidade de

Coimbra. Dedicam mais atenção aos monumentos e estão mais sensibilizados para as relações entre a sociedade, a tecnologia e o ambiente. Também a interdisciplinaridade com *História* é conseguida, uma vez que esta é a segunda categoria mais referida. O carácter interdisciplinar com as Ciências Físico-Químicas pode ser ainda mais acentuado através da temática da alteração dos calcários. Daqui emergiu a necessidade de reformulação da questão de reflexão referente a esta temática.

A validação por alunos revela a adequabilidade das questões propostas ao nível de escolaridade e a fácil exequibilidade do roteiro. Este revela-se um recurso original e válido para o ensino dos recursos geológicos. Contribui também para a aproximação de duas áreas do conhecimento aparentemente distintas, a Geologia e a História, mas importantes para a compreensão das relações entre a ciência, a tecnologia, a sociedade e o ambiente. O roteiro geológico facilita a compreensão da relação entre a melhoria das vias de comunicação e dos meios de transporte, a utilização dos recursos geológicos e a evolução das sociedades ao longo do tempo. Apesar de planeado e construído inicialmente para o 8.º ano de escolaridade, o roteiro foi adaptado ao 11.º ano, onde também são estudados os recursos geológicos e a sua aplicabilidade para a sociedade, numa perspetiva Ciência-Tecnologia-Sociedade-Ambiente (CTS-A).

6. Referências

- Alarcão, J. (2008). Pedreiras antigas de Coimbra. In P. Callapez, R. Rocha, J. Marques, L. Cunha, & P. Dinis (Eds.), *A Terra. Conflitos e Ordem. Livro de Homenagem ao Professor Ferreira Soares* (pp. 71-73). Coimbra: MMGUC.
- Amado, J. (2000). A técnica de análise de conteúdo. *Revista Referência*, 5, 53-65.
- Azerêdo, A., Duarte, L., Henriques, M., & Manuppella, G. (2003). Da dinâmica continental no Triásico aos mares do Jurássico inferior e médio. *Cadernos de Geologia de Portugal*. Lisboa: Instituto Geológico Mineiro.
- Bardin, L. (2008). *Análise de conteúdo*. Lisboa: Edições 70.
- Bloom, B. S., Engelhart, M. D., Furst, E. J., Hill, W. H., & Krathwohl, D. R. (1956). *Taxonomy of educational objectives: Handbook I: Cognitive domain*. Nova Iorque: David McKay, 19(56).
- Carvalho, A. M. G. (2011). *Dicionário de Geologia*. Lisboa: Âncora Editores.
- Coimbra, J. (2000). Considerações sobre a interdisciplinaridade. In A. Philippi Jr., C. Tucci, D. Hogan, & R. Navegantes (Org.), *Interdisciplinaridade em Ciências Ambientais* (pp. 52-70). São Paulo: Signus Editora.

- Costa, J. A., & Melo, A. S. (Coord.) (1999). *Dicionário da Língua Portuguesa*, 8ª edição. Porto: Porto Editora.
- Cotton, K. (2001). Classroom questioning. *School Improvement Research Series*, 3.
- Dourado, L. (2001). Trabalho prático (TP), trabalho laboratorial (TL), trabalho de campo (TC) e trabalho experimental (TE) no Ensino das Ciências – contributo para a clarificação de termos. In A. Veríssimo, M. A. Pedrosa, & R. Ribeiro (Coords.), *Ensino Experimental das Ciências. (Re)Pensar o Ensino das Ciências, 3º Volume* (pp. 13-18). Lisboa: Departamento do Ensino Secundário, Ministério da Educação.
- Duarte, L. V. (2007). Lithostratigraphy, sequence stratigraphy and deposition setting of the Pliensbachian and Toarcian series in the Lusitanian Basin, Portugal. *Ciências da Terra (UNL)*, 16, 17-23.
- Duarte, L. V., & Soares, A. F. (2002). Litostratigrafia das séries margo-calcárias do Jurássico inferior da Bacia Lusitânica (Portugal). *Comum. Inst. Geol. e Mineiro*, 89, 135-154.
- Fiolhais, C. (Coord.), Ferreira, A. J., Constantino, B., Portela, C., Braguez, F., Ventura, G., Nogueira, R., & Rodrigues, S. (2013). *Metas curriculares do 3.º ciclo do ensino básico – Ciências Físico-Químicas*. Lisboa: Ministério da Educação.
- Galvão, C. (Coord.), Neves, A., Freire, A., Lopes, A., Santos, M., Vilela, M., Oliveira, M., & Pereira, M. (2001). *Ciências Físicas e Naturais. Orientações curriculares para o 3º ciclo do ensino básico*. Lisboa: Ministério da Educação, Departamento da Educação Básica.
- Gomes, C. (1996). *Observações paleomagnéticas no quadro da Bacia Lusitânica (1ª Fase de rifting). Estudo da estabilidade da magnetização remanescente natural*. Tese de Doutoramento (não publicado), Centro de Geociências, Universidade de Coimbra, 148 p.
- IGESPAR (2005). *Sé Nova de Coimbra*. Acedido em: <http://www.igespar.pt/pt/patrimonio/pesquisa/geral/patrimonioimovel/detail/70315/> [29/01/2014].
- IGESPAR (2008) *Aqueduto de S. Sebastião*. Acedido em: <http://www.igespar.pt/pt/patrimonio/pesquisa/geral/patrimonioimovel/detail/70173/> [29/01/2014].
- IGESPAR (s.d., a). *Igreja da Sé Velha*. Acedido em: <http://www.igespar.pt/pt/patrimonio/pesquisa/geral/patrimonioimovel/detail/70529/> [29/01/2014].
- IGESPAR (s.d., b). *Paços da Universidade*. Acedido em:

- <http://www.igespar.pt/pt/patrimonio/pesquisa/geral/patrimonioimovel/detail/70318/> [29/01/2014].
- Kullberg, J., Rocha, R., Soares, A., Rey, J., Callapez, P., & Martins, L. (2006). A Bacia Lusitaniana: Estratigrafia, Paleogeografia e Tectónica. In R. Dias, A. Araújo, P. Terrinha, & J. Kullberg (Eds.) *Geologia de Portugal no contexto da Ibéria* (pp. 317-368). Évora: Universidade de Évora.
- Marques, L., & Praia, J. (2009). Educação em Ciência: atividades exteriores à sala de aula. *Terræ Didactica*, 5(1), 10-26. Acedido em: http://www.ige.unicamp.br/terraedidactica/v5/v5_a2.html [20/05/2013].
- Marques, J. F. (1997). O significado dos depósitos quaternários do Baixo Mondego. Uma perspetiva. *Livro de Actas do Seminário “O Baixo Mondego – Organização Geossistémica e Recursos Naturais”*, Praxis XXI – Projecto 2/2.1/CTA-156/94, Coimbra, 21-40.
- Marques, L., Praia, J., & Andrade, A. S. (2008). Atividades exteriores à sala de aula em ambientes formais de ensino das ciências: sua relevância. In P. Callapez, R. Rocha, J. Marques, L. Cunha, & P. Dinis (Eds.), *A Terra. Conflitos e ordem. Livro de Homenagem ao Professor Ferreira Soares* (pp. 325-342). Coimbra: Museu Mineralógico e Geológico da Universidade de Coimbra.
- Mateus, A. (2001). Perspetivas actuais da Geologia; sua importância educativa. In A. Veríssimo, M. A. Pedrosa, & R. Ribeiro (Coords.), *(Re)Pensar o Ensino das Ciências. Ensino Experimental das Ciências, 3º volume* (pp. 107-128). Lisboa: Departamento do Ensino Secundário, Ministério da Educação.
- Moran, J. (2010). *Interdisciplinarity*. Nova Iorque: Routledge.
- Orion, N. (1993). Model for the development and implementation of field trip as an integral part of the science curriculum. *School Science and Mathematics*, 93(6), 325-331.
- Orion, N., & Hofstein, A. (1994). Factors that influence learning during a scientific field trip in a natural environmental. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(10), 1097-1119.
- Palain, C. (1976). Une série détritique terrigène les “Grès de Silves”: Trias et Lias Inférieur du Portugal”. *Mem. Serv. Geol. de Portugal*, 25, Lisboa.
- Pedrinaci E., Sequeiros, L., & García, E. (1994). El trabajo de campo y el aprendizaje de la Geología. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 2, 37-45.
- Pena dos Reis, R., Pimentel, N., & Garcia, A. (2007). *Curso de Campo na Bacia Lusitânica (Portugal), Roteiro*. Coimbra.

- Pombo, O. (1994). A interdisciplinaridade. Conceito, problemas e perspectivas. In O. Pombo, T. Levy, & H. Guimarães. *A interdisciplinaridade: reflexão e experiência* (pp. 8-14). Lisboa: Texto Editores.
- Praia, J., & Marques, L. (1997). Para uma metodologia do trabalho de campo: contributos da Didáctica da Geologia. *Geólogos*, n.º 1, Faculdade de Ciências, Universidade do Porto, 27-33.
- Praia, J. (1999). *Relatório da disciplina de Didáctica da Geologia*. Porto: Departamento de Geologia, Faculdade de Ciências, Universidade do Porto, 171p.
- Quinta-Ferreira, M., Soares, A., Rodrigues, J., & Monteiro, B. (1992). Carbonate rocks from Sé Velha Cathedral, Coimbra, Portugal. In J. Rodrigues, F. Henriques, & T. Jeremias (Eds.), *Proceedings of the 7th International Congress on Deterioration and Conservation Stone* (pp. 947-956). Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa.
- Rebelo, D., & Marques, L. (2000). O trabalho de campo em Geociências na formação de professores: situação exemplificativa para o Cabo Mondego. *Cadernos Didácticos, Série Ciência*, n.º 4. Aveiro: Universidade de Aveiro.
- Ribeiro, A., Antunes, M., Ferreira, M., Rocha, R., Soares, A., Zbyszewski, G., Almeida, F., Carvalho, D., & Monteiro, J. (1979). *Introduction à la géologie générale du Portugal*. Lisboa: Serv. Geol. Portugal.
- Rodrigues, J., Pinto, A., & Proença, N. (2005). Porta Especiosa da Sé Velha de Coimbra. Aspectos metodológicos e apontamentos sobre uma intervenção de conservação. *Intervenções em Património*, 8, 67-72.
- Rola, A., Gama-Pereira, L., & Gomes, C. (2013). What do I want to know about rocks? A study with 3rd grade Portuguese students. In Chova, L. G., Martínez, A. L. e I. C. Torres (Eds.), *ICERI2013 Proceedings* (pp. 364-369). International Association of Technology, Education and Development. 6th International Conference of Education, Research and Innovation, Sevilha, 18-20 Novembro.
- Scotese, C. R. (2002). *Earth History*. Acedido em: <http://www.scotese.com> (PALEOMAP website) [20/03/2011].
- Soares, A., & Gomes, C. (1997). A Geologia do Baixo Mondego – Organização do Mesozoico. *Livro de Actas do Seminário “O Baixo Mondego – Organização Geossistémica e Recursos Naturais”*, Praxis XXI – Projecto 2/2.1/CTA-156/94, Coimbra, 5-20.
- Soares, A. F., Kullberg, J. C., Marques, J. F., Rocha, R. B., & Callapez, P. (2012). Tectono-sedimentary model for the evolution of the Silves Group (Triassic, Lusitanian basin, Portugal). *Bull. Soc. Géol. France*, 183(3), 203-216.
-

- Soares, A. F., Marques, J., Rocha, R., Cunha, P. P., Duarte, L. V., Sequeira, A., Sousa M. B., Pereira, E., Gama-Pereira, L. C., Gomes, E., & Santos, J. R. (2005). *Carta Geológica de Portugal, escala 1:50 000, folha 19-D, Coimbra-Lousã*. Lisboa: Ministério da Economia e da Inovação, Instituto Nacional de Engenharia, Tecnologia e Inovação, I. P., Departamento de Geologia.
- Soares, A., Marques, J., & Rocha, R. (1985). Contribuição para o conhecimento geológico de Coimbra. *Memórias e Notícias*, Publ. Mus. Lab. Min. Geol. Univ. Coimbra, 100, 41-71.
- Soares, A., Marques, J., & Sequeira, A. (2007). *Notícia Explicativa da Folha 19-D Coimbra-Lousã*. Lisboa: Instituto Nacional de Engenharia, Tecnologia e Inovação.
- Thiesen, J. (2008). A interdisciplinaridade como um movimento articulador no processo ensino-aprendizagem. *Revista Brasileira de Educação*, 39(13), 545-554.

CAPÍTULO V

ATIVIDADES PRÁTICAS PARA O ENSINO DA ESTABILIDADE DE TALUDES COM BASE EM CASOS REAIS. UM ESTUDO DE AVALIAÇÃO

ATIVIDADES PRÁTICAS PARA O ENSINO DA ESTABILIDADE DE TALUDES COM BASE EM CASOS REAIS. UM ESTUDO DE AVALIAÇÃO

1. Introdução

Numa sociedade tecnologicamente desenvolvida, a pressão sobre o ambiente é muito elevada. O crescimento urbano impõe um aumento da ocupação de áreas de risco geológico e a desflorestação de vastas áreas florestadas, o que conduz a uma maior frequência de catástrofes naturais exacerbadas pela ação antrópica, como cheias e movimentos em massa, condição que também se reconhece na cidade de Coimbra (Tavares & Cunha, 2008). Face a este cenário, são exigidas mudanças efetivas no que diz respeito ao ordenamento do território e ao desenvolvimento sustentado. Esta mudança passa por uma participação mais ativa, fundamentada e consciente dos cidadãos. É nesta conjuntura que, nos últimos anos, se tem acentuado a importância de um ensino das ciências focado também para a compreensão das relações entre a Ciência, a Tecnologia, a Sociedade e o Ambiente, numa abordagem CTS-A.

O ensino com enfoque CTS-A é uma proposta educativa que visa compreender a ciência e a tecnologia no seu contexto social, através da análise das relações que se estabelecem entre os avanços científicos, tecnológicos e os processos sociais (Acevedo, 2001; Acevedo *et al.*, 2002). Ambiciona o desenvolvimento de capacidades, atitudes, valores acerca dos produtos e processos atuais da ciência e da tecnologia e as implicações destes na vida pessoal, em sociedade (Chagas, 2000) e no ambiente. Visando, a promoção da literacia científica e a formação de cidadãos capazes de tomar decisões fundamentadas e responsáveis, em relação controversas que afetam a vida em sociedade (Chagas, 2000; Acevedo, 2001; Acevedo *et al.*, 2002). O ensino com enfoque CTS-A dá sentido aos conhecimentos adquiridos em contexto de aula e potencializa a sua funcionalidade no mundo real, permite formar cidadãos conscientes, participativos e informados e constitui um elemento motivador para a aprendizagem da ciência e da tecnologia (Acevedo & Acevedo, 2002).

A integração deste enfoque (CTS-A) dos conteúdos científicos depende não só da organização dos programas, como se verifica nas orientações curriculares de Ciências Naturais (Galvão *et al.*, 2001) e na componente de Geologia do programa de Biologia e Geologia do 11.º ano (Amador *et al.*, 2003), mas também da

construção de materiais didáticos/recursos, que enfatizem as relações entre a Ciência, a Tecnologia, a Sociedade e o Ambiente, a partir de problemas pertinentes para a sociedade (Chagas, 2000; Martins, 2002). Como escreveu Canavarro (1999, p. 134) "...a abordagem STS [*Science, Technology and Society*] procura criar um contexto real e com significado para que a aprendizagem possa ocorrer, almeja que os alunos aprendam ciência num contexto de experiências reais, ligadas ao mundo desses alunos. A criação do contexto real e com significado permitirá aos alunos aplicar o que aprendem, agir sobre o mundo e sobre as suas aprendizagens". A abordagem CTS-A possibilita a integração do conhecimento curricular teórico-conceitual com prático-processual, estimula a compreensão de objetos e processos do mundo real, exterior à sala de aula, uma vez que possibilitam a sua interpretação (Pedrosa, 2001).

Em Portugal, diversos estudos identificam algumas dificuldades na implementação do enfoque CTS-A na prática letiva, nomeadamente alguma resistência dos professores à inovação (Martins, 2002; Bettencourt *et al.*, 2011). Por este motivo, Tréz (2007) salienta a importância da formação dos professores, quer em formação inicial, quer em formação contínua, no Ensino das Ciências com Orientação CTS. No entanto, verifica-se também um défice de investigação na área dos materiais didáticos (Martins, 2002; Tenreiro-Vieira & Vieira, 2005). Dada a dependência de muitos professores em relação ao manual escolar e às metodologias por ele disponibilizadas (Pereira & Duarte, 1999), este instrumento didático é fundamental no que respeita à disponibilização de atividades práticas com orientação CTS. No entanto, um estudo realizado com manuais de Biologia e Geologia do 11.º ano (Rola & Gomes, 2009) revelou que, de entre as diversas atividades práticas disponibilizadas para o tema Magmatismo e Rochas Magmáticas, os exercícios CTS-A tinham pouca representatividade nos manuais e, em alguns casos, eram mesmo inexistentes.

No sentido de colmatar a falta de recursos relevantes para o ensino da Geologia, devidamente validados em contexto de sala de aula, que promovam um ensino direcionado para as relações entre a Geologia, a Tecnologia, a Sociedade e o Ambiente e que promovam efetivas mudanças de atitude face aos problemas científicos, tecnológicos, sociais e ambientais, foi preparada uma atividade prática, do tipo papel e lápis, com enfoque CTS-A, a partir de um caso real descrito na literatura científica - o deslizamento de 27 de dezembro de 2000, ocorrido na Avenida Elísio de Moura, em Coimbra. O tema enquadra-se nos "riscos geológicos", uma das temáticas identificada por Praia (1999) como possível de ser explorada numa situação de interface CTS-A.

Os objetivos do estudo foram planejar, construir, validar e avaliar materiais didáticos para o estudo do tema Ocupação antrópica e problemas de ordenamento (zonas de vertente) da disciplina de Biologia e Geologia do 11.º ano (Amador *et al.*, 2003), no âmbito de um ensino das ciências de enfoque CTS-A.

2. Metodologia

A metodologia deste estudo envolveu três grandes etapas de desenvolvimento: planeamento da atividade prática, construção de materiais e avaliação (Figura 1).

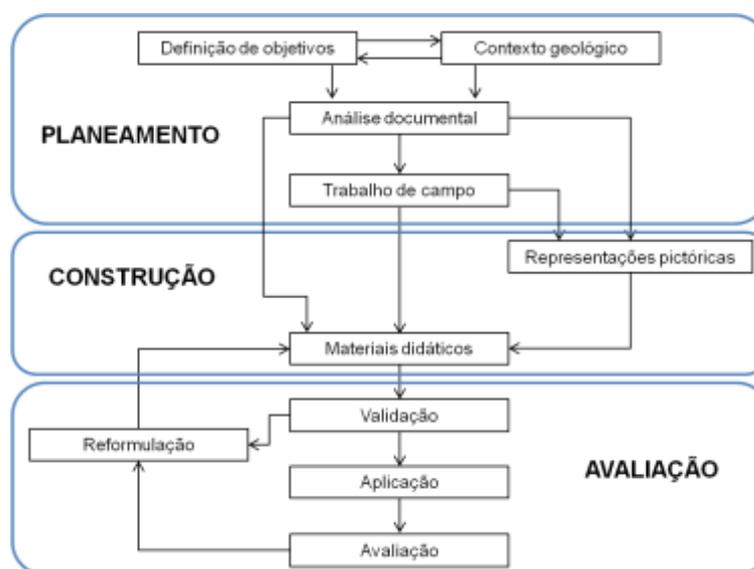


Figura 1 – Esquema conceptual do estudo.

2.1. Planeamento e construção dos materiais didáticos

O planeamento dos materiais didáticos teve início com a definição dos objetivos da atividade do tipo papel e lápis, ao qual se seguiu a revisão bibliográfica dos artigos científicos publicados sobre o deslizamento de 27 de dezembro de 2000. Seguiu-se trabalho de campo para caracterização geológica do local e para registo, em suporte fotográfico, das medidas de consolidação tomadas após o deslizamento.

A partir dos dados recolhidos, foram construídos os materiais didáticos seguintes: uma ficha de trabalho sobre o deslizamento ocorrido a 27 de dezembro de 2000, na Avenida Elísio de Moura, em Coimbra, na versão do aluno e na versão do professor, e dois recursos multimédia. A ficha de trabalho está dividida em duas partes. A primeira parte, de carácter mais genérico, visa a análise dos fatores

(naturais, climáticos e antrópicos) que determinam os movimentos em massa. A segunda parte está direcionada para a análise do deslizamento de 27 de dezembro de 2000 na Avenida Elísio de Moura e identificação dos fatores condicionantes e desencadeantes do deslizamento, no âmbito de uma abordagem CTS-A. Os recursos multimédia construídos foram um vídeo de apresentação dos fatores condicionantes e das consequências do deslizamento e uma animação que mostra a evolução do perfil da vertente entre a Rua António Jardim e a Avenida Elísio de Moura, em Coimbra, desde o início da década de 80 até ao momento do deslizamento. Os recursos foram construídos para um horizonte temporal de aplicação de 135 minutos, correspondendo este tempo a uma aula de cariz prático (Decreto-Lei n.º 272/2007, de 26 julho).

2.2. Validação e avaliação dos materiais didáticos

Os recursos didáticos desenvolvidos foram analisados por dois investigadores, um da área das Geociências, outro da área da Educação, que analisaram as componentes científica e didática dos materiais construídos e apresentaram sugestões. Após a reformulação dos recursos, estes foram enviados para professores do ensino secundário para serem validados e aplicados em contexto de sala de aula, por diferentes professores e em diferentes escolas. A análise das respostas a dois questionários possibilitou a avaliação dos recursos.

2.2.1. Participantes

Os recursos desenvolvidos (ficha de trabalho – versão aluno e versão professor, vídeo sobre o deslizamento e animação sobre a evolução do perfil do terreno) foram enviados, por correio eletrónico, para 17 professores do ensino secundário, junto com dois questionários, um para o professor e o outro para os alunos, tendo-se recebido 9 respostas. No que respeita à habilitação académica, 3 professores possuem licenciatura, os restantes possuem mestrado. Quanto ao tempo de serviço, 4 professores têm entre 10 a 16 anos de tempo de serviço no ensino enquanto 5 professores têm 20 ou mais anos de serviço. Por distrito temos a distribuição seguinte: Coimbra, 4 professores; Viseu, 3 professores; Guarda, 2 professores.

Dos professores que responderam à solicitação de validação dos recursos, 5 aplicaram os materiais em contexto de aula, o que corresponde a 6 turmas de Biologia e Geologia do 11.º ano, num total de 136 alunos (81 raparigas e 55 rapazes), com idades compreendidas entre os 16 e os 20 anos (Tabela 1).

Tabela 1 – Dados dos alunos por turma/escola/distrito.

Distrito	Escola	Turma	N.º de Alunos	Raparigas	Rapazes	Média de idades	Localização da escola
Viseu	A	A1	21	9	12	16,2	Urbana
		A2	19	13	6	16,3	
Coimbra	B	B1	16	12	4	16,5	Rural
		B2	27	15	12	16,5	
	C	C1	24	14	10	16,2	Urbana
		C2	29	18	11	16,1	
		Total	136	81	55	16,3	

Todos os recursos foram aplicados em contexto de sala de aula, com exceção da turma A2, que, por motivo de gestão do tempo, foram realizados como trabalho de casa. Nas turmas A1, A2 e B1, os materiais foram aplicados no ano letivo 2011/2012, enquanto nas restantes foram aplicados no ano letivo 2013/2014.

2.2.1. Procedimentos

O Questionário para Avaliação de Materiais Didáticos (para o Tema Ocupação Antrópica e Problemas de Ordenamento – zonas de vertente) [QAMD], na versão do aluno (QAMD-VA) era composto por 8 questões de resposta fechada do tipo escala de avaliação e procurava aferir a complexidade da ficha de trabalho e sobre a importância dos materiais didáticos desenvolvidos para o ensino e para a aprendizagem em Geologia. As questões eram avaliadas numa escala de 1 a 5, onde 1 correspondia a nada complexo/nada importante e 5 a muito complexo/muito importante. O questionário tinha ainda uma questão de resposta aberta, na qual se solicitava a apresentação de sugestões, críticas e/ou opiniões. O questionário foi aplicado na aula seguinte à da validação dos recursos e foi respondido de forma anónima.

O Questionário para Avaliação de Materiais Didáticos na versão do professor (QAMD-VP) era composto por 10 questões de resposta fechada. Nele se solicitava a avaliação da adequação, da complexidade e da importância, dos materiais didáticos desenvolvidos para o ensino e para a aprendizagem em Geologia. As questões eram avaliadas segundo uma escala de 1 a 5, onde 1 correspondia a nada adequado/nada complexo/nada importante e 5 a muito adequado/muito complexo/muito importante. Tal como no questionário dos alunos, havia uma questão de resposta aberta, na qual se solicitava a apresentação de sugestões, críticas e/ou opiniões.

Para cada questão dos questionários (QMDA-VA e QMDV-VP) foi determinada a média e o desvio-padrão (Tabelas 3 e 6). Com a finalidade de se verificar a existência de diferenças estatisticamente significativas entre as turmas, foi realizado, para cada parâmetro avaliado um teste ANOVA - fator único (Tabela 4), com um nível de significância de 5%. No caso de p-valor ser menor que α (0,05), a hipótese zero (não há diferenças entre as turmas) será rejeitada.

As respostas à questão aberta do QAMD-VA e QAMD-VP foram sujeitas a uma análise de conteúdo (Amado, 2000; Bardin 2008) de onde emergiram, para ambos os questionários, duas categorias independentes, exclusivas e exaustivas, *apreciações e sugestões*, que foram subdivididas em *pontos fortes e pontos fracos e ficha de trabalho e multimédia*, respetivamente (Tabelas 5 e 7). A categorização foi sujeita a um teste de fiabilidade (Amado, 2000), no qual o grau de fiabilidade foi determinado pelo dobro do número de acordos entre os codificadores, dividido pelo total de categorizações efetuadas por cada um.

3. Resultados

3.1. Enquadramento do caso

O deslizamento de 27 de dezembro de 2000 ocorreu na vertente situada entre a Rua António Jardim e a Avenida Elísio de Moura, em Coimbra (Figura 2).



Figura 2 – Localização do deslizamento, Avenida Elísio de Moura, Coimbra, Portugal (Bing Maps®).

A área de estudo é constituída por arenitos da Formação de Conraria (Figura 3), pertencente ao Grupo de Silves [Grés de Silves, segundo Choffat (*in*

Soares *et al.*, 2007)], sobre a qual assentam depósitos de vertente (Quinta-Ferreira *et al.*, 2002). O Grupo de Silves corresponde a um conjunto de sedimentos siliciclásticos que denunciam uma deposição continental ou de transição para meio marinho, relacionado com a fragmentação da Pangeia e a abertura do Atlântico Norte. É datado do Triásico Superior, com o limite inferior situado no Carniano (Palain, 1976; Ribeiro *et al.*, 1979; Gomes, 1996). Assenta, em discordância, sobre a Formação Série Negra (Azerêdo *et al.*, 2003) e é constituído por quatro formações: Formação de Conraria, Formação de Penela, Formação de Castelo Viegas e Formação de Pereiros (Soares *et al.*, 2012).

A Formação de Conraria [= Camadas de Conraria (Soares *et al.*, 1985); = Formação de Conraria (Gomes, 1996; Soares & Gomes, 1997)] está organizada em duas subunidades, que têm correspondência aos termos A1 e A2 de Palain (1976). A subunidade inferior (termo A1) é constituída por depósitos areno-conglomeráticos, arcósicos a subarcósicos, grosseiros a muito grosseiros, de cor vermelha, de natureza aluvio-fluvial. Para o topo, a formação (termo A2) passa a depósitos finos areno-pelíticos e pelitos laminados, de cores vermelho-violáceos e/ou cinzentos, por vezes negros, que alternam com dolomitos e/ou dolomitos arenosos amarelados (Palain, 1976; Soares *et al.*, 2007; Reis *et al.*, 2007; Soares *et al.*, 2012).

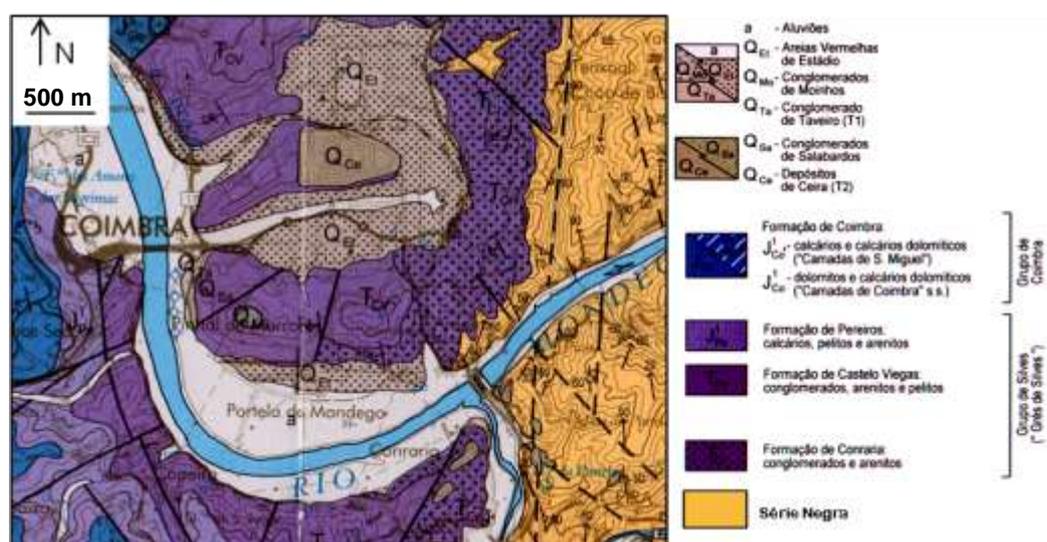


Figura 3 – Excerto da carta geológica de Portugal, escala 1:50 000, folha 19-D, Coimbra-Lousã (Soares *et al.*, 2005), referente às formações sedimentares sobre as quais se edifica a cidade de Coimbra.

Na área afetada pela instabilização, as litologias pertencem à subunidade superior e apresentam granulometria areno-pelítica, de cor vermelho-acastanhado,

por vezes com tons amarelados. Os arenitos apresentam-se estratificados, com bancadas centimétricas, sub-horizontais, que inclinam para o interior da vertente (Figura 4) (Quinta-Ferreira *et al.*, 2002).

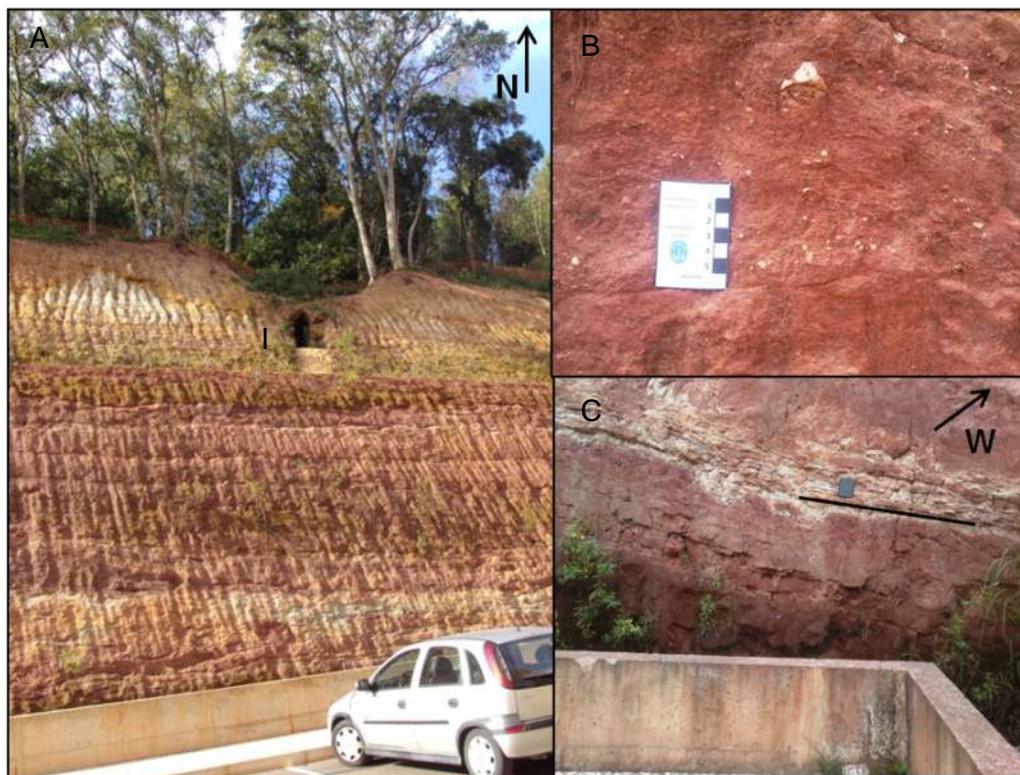


Figura 4 – Afloramento pertencente à Formação de Conraria, Rua António Jardim, Coimbra. Este afloramento encontra-se a Sul do local onde ocorreu o deslizamento de 27 de dezembro de 2000. A – É visível uma antiga mina de água (I). B – Pormenor do afloramento, no qual se observam arenitos, de tonalidade avermelhada. C – As camadas sedimentares, sub-horizontais, inclinam para o interior da vertente.

A morfologia inicial da vertente foi alterada pela deposição, no topo da vertente, dos materiais escavados nas fundações dos prédios em construção na Avenida Elísio de Moura. A construção dos aterros teve duas fases, uma em meados da década de 70, a outra no início da década de 80, do século XX. Na primeira fase foram construídos aterros de menor altura (inferior a 7 m), a norte da zona instabilizada. Na segunda fase foram construídos aterros com maior altura, com cerca de 14 m, na zona superior à do prédio que foi afetado pelo deslizamento (Quinta-Ferreira *et al.*, 2002). O declive da vertente passou de 18° para 38° na parte superior do aterro, correspondendo a um declive médio de 31°. A cota subiu

14 m acima do terreno natural (Quinta-Ferreira *et al.*, 2002; Lemos & Quinta-Ferreira, 2004).

Durante a construção dos aterros não houve uma preparação das fundações que permitissem uma boa ligação entre os materiais do aterro e os arenitos do Triásico, que apresentam uma resistência mecânica elevada. Deveriam ter sido acautelados determinados cuidados geotécnicos na preparação do terreno, entre os quais a decapagem do coberto vegetal, a compactação mecânica dos materiais e a drenagem das águas pluviais e de infiltração. Como os materiais do aterro foram despejados sobre os depósitos de vertente, encontravam-se soltos e com grande capacidade de absorção de água. Para remediar esta situação, foram plantados eucaliptos no topo da vertente, com o objetivo de estabilizarem o aterro com as suas raízes (Lourenço & Lemos, 2001; Quinta-Ferreira *et al.*, 2002; Lemos & Quinta-Ferreira, 2004). Os materiais do aterro cobriram ainda uma mina de água antiga, que existia no local para captação de águas subterrâneas e que era usada antigamente para a irrigação dos terrenos agrícolas (Figura 4A). Sobre a zona plana criada pelos aterros, sobranceira à vertente, foram construídas as vivendas da Rua António Jardim (Lourenço & Lemos, 2001; Quinta-Ferreira *et al.*, 2002; Lemos & Quinta-Ferreira, 2004).

No inverno de 1995, a observação de sinais de instabilidade no topo do aterro levou à construção de um muro de gravidade, de betão armado, com uma altura de 4,5 metros, para permitir o acesso às garagens, nas traseiras das vivendas da Rua António Jardim. No inverno de 1997, aparecem fissuras nas vivendas. Em 1998 ocorreu uma instabilização nos logradouros das vivendas, com o desenvolvimento de duas fendas de tração, impossibilitando o acesso às garagens. Os moradores das vivendas solicitaram um estudo geotécnico e, com base nesse estudo, foi colocada no topo da vertente uma cortina de 33 estacas de 80 cm de diâmetro, espaçadas de 1,5 m. Estas estacas foram ligadas a uma viga com 16 ancoragens de 600 kN, inclinadas a 45° e afastadas entre si 3 m. Os logradouros foram impermeabilizados e as águas superficiais foram coletadas e canalizadas (Lourenço & Lemos, 2001; Quinta-Ferreira *et al.*, 2002; Lemos & Quinta-Ferreira, 2004, Quinta-Ferreira, 2007). A 27 de dezembro de 2000, perto das 21 horas, ocorreu a instabilização da vertente entre a Rua António Jardim e a Avenida Elísio de Moura, que afetou os solos de aterro resultantes das escavações no Grupo de Silves, os solos naturais subjacentes constituídos por terra vegetal, e ainda os depósitos de vertente deixados *in situ*. A superfície de rotura formou-se à frente da cortina de estacas ancorada (Lourenço & Lemos, 2001; Quinta-Ferreira & Quinta-Ferreira, 2002; Quinta-Ferreira *et al.*, 2002).

A pluviosidade elevada, verificada durante os meses de novembro e dezembro, levou à saturação dos materiais do aterro e ao aumento na pressão dos fluídos nos poros e espaços intersticiais dos materiais, dando início à instabilização e ao movimento em massa. A pluviosidade acumulada no ano 2000/2001 foi aproximadamente de 70% superior à média. A precipitação acumulada no dia 27 de dezembro de 2000 foi de 15 mm, com uma média nos últimos cinco dias de 12 mm, para uma precipitação acumulada de 90 mm nos oito dias anteriores. O inverno de 2000/2001 foi o de maior pluviosidade após a construção do prédio e das vivendas (Lourenço & Lemos, 2001; Quinta-Ferreira & Quinta-Ferreira, 2002; Quinta-Ferreira *et al.*, 2002; Lemos & Quinta-Ferreira, 2004).

A zona instabilizada sofreu desde pequenos movimentos nas zonas laterais até à zona central, que sofreu um fluxo de solos em resultado da sua liquefação (Figura 5) (Lemos & Quinta-Ferreira, 2004). O volume de solos mobilizados foi, aproximadamente, 10 000 m³ na zona mais espessa da vertente (Quinta-Ferreira, 2007). Foi esta massa de solo que desceu a encosta e que provocou danos em 27 garagens, 31 viaturas, 3 pilares e 2 andares de um edifício da Avenida Elísio de Moura (Figuras 6 e 7) (Quinta-Ferreira *et al.*, 2002; Lemos & Quinta-Ferreira, 2004).



Figura 5 – Aspeto da vertente entre a Rua António Jardim e a Avenida Elísio de Moura, em 1983. Observa-se o prédio, afetado pelo deslizamento, em construção. São assinaladas as zonas que sofreram instabilização (fotografia cedida por F. Gomes da Silva e anotada por M. Quinta-Ferreira).



Figura 6 – Algumas consequências do deslizamento de 27 de dezembro de 2000 (fotografias cedidas por M. Quinta-Ferreira). A – destruição dos andares de um edifício da Avenida Elísio de Moura. B – Destruição de garagens; C – Cortina de estacas ancoradas, construídas aquando da estabilização de 1998, visíveis. D – Microestacas partidas.



Figura 7 – Aspeto do prédio afetado pelo deslizamento na Avenida Elísio de Moura (fotografias cedidas por M. Quinta-Ferreira). A – No dia seguinte ao do deslizamento. B – Um ano depois do deslizamento.

A estabilização efetuada em 1998, com a construção de uma cortina de estacas ancoradas, reduziu o volume de solos instabilizados, impediu a destruição das vivendas da Rua António Jardim e evitou a perda de vidas (Figura 6D) (Lourenço & Lemos, 2001; Quinta-Ferreira *et al.*, 2002).

A instabilização revelou os solos naturais subjacentes, constituídos por terra vegetal e depósitos de vertente, deixados “*in situ*”. Durante as obras de consolidação da área afetada, foram visíveis restos de raízes e de troncos de árvores, na base do aterro, o que atesta a ausência de cuidados geotécnicos na preparação do aterro (Figura 8) (Quinta-Ferreira & Quinta-Ferreira, 2002; Quinta-Ferreira *et al.*, 2002).

A Figura 9 mostra algumas obras realizadas para consolidação dos terrenos na zona afetada pelo deslizamento de 27 de dezembro de 2000.



Figura 8 – Nível do terreno natural antes da deposição dos materiais do aterro. É visível, *in situ*, um tronco de árvore (anotado sobre fotografia cedida por F. Miraldo).



Figura 9 – Medidas de consolidação tomadas após o deslizamento de 27 de dezembro de 2000. A – Triângulos de suporte. B – Drenos (fotografia cedida por F. Miraldo). C – Muros com ancoragens.

3.2. Construção dos materiais didáticos

Com base nos dados obtidos em artigos científicos sobre o deslizamento de 27 de dezembro de 2000 (p.e. Lourenço & Lemos, 2001; Quinta-Ferreira *et al.*, 2002; Lemos & Quinta-Ferreira, 2004; Quinta-Ferreira & Pereira, 2005; Quinta-Ferreira, 2007) foi desenvolvida uma atividade prática do tipo papel e lápis. Para esta atividade foi elaborada uma ficha de trabalho intitulada “Estudo de caso: deslizamento na Avenida Elísio de Moura, em Coimbra”, em duas versões, uma para o aluno e a outra para o professor, e dois materiais multimédia sobre o deslizamento em estudo.

A ficha de trabalho foi planeada e desenvolvida com base nos objetivos educativos seguintes: a) realizar um estudo de caso real, b) compreender que os movimentos em massa resultam da convergência de fatores naturais, potenciados pela ação antrópica, c) reconhecer a importância da Geologia na implementação de medidas de prevenção/remediação, na identificação de potenciais riscos e no ordenamento do território, e d) assumir novas atitudes face à Geologia. A ficha é composta por 16 questões, distribuídas por dois grupos e três subgrupos: grupo A – Fatores que influenciam os movimentos em massa, subgrupo A.1 – Inclinação da vertente, subgrupo A.2 – Coesão dos materiais e presença de água, subgrupo A.3 – Descontinuidades e grupo B – Movimentação de terreno na vertente da Avenida Elísio de Moura, em Coimbra. No Grupo A são apresentados e analisados alguns fatores que determinam a ocorrência de um movimento em massa. No grupo B, apresentam-se textos adaptados da literatura científica, que possibilitam a análise dos fatores condicionantes e instabilizadores do deslizamento de 27 de dezembro de 2000.

No que respeita à tipologia das questões propostas, a maioria enquadra-se na tipologia de itens de construção, com 4 de resposta curta e 11 de resposta restrita e/ou extensa. Apenas uma questão pertence à tipologia itens de seleção (do tipo associação/correspondência) (IAVE, 2013). As questões de construção foram classificadas segundo a taxonomia de Bloom *et al.* (1956) (Tabela 2). A maioria das questões apresentadas (n=11) corresponde a um nível cognitivo superior, o que é congruente com o nível de ensino a que se destina a atividade prática (11.º ano de escolaridade).

A ficha de trabalho na versão do professor apresenta ainda os objetivos da atividade, uma proposta de correção, um glossário de termos científicos e técnicos (Bitar *et al.*, 2008; Carvalho, 2011; Peixeiro & Dias, s.d.; LNEG, s.d.) e duas listas de referências (bibliografia consultada e proposta de consulta).

Tabela 2 – Classificação das questões da ficha de trabalho segundo da taxonomia de Bloom *et al.* (1956).

Categorias	Quantidade	Número da questão	Verbos
Conhecimento	1	B.1	Identificar
Compreensão	1	B.2	Explicar
Aplicação	3	A.1, A.2.1, A.3.4	Corresponder, apresentar, determinar
Análise	8	A.2, A.1.2, A.1.3, A.2.2, A.2.3, A.3.2., A.3.3, B.3	Relacionar, analisar, discutir, inferir
Avaliação	3	A.1.1, A.3.1, B.4	Justificar, Refletir
Total	16		

A ficha de trabalho é complementada por dois recursos multimédia, elaborados para facilitar a compreensão do processo geológico em estudo: um vídeo sobre o deslizamento e uma animação. No vídeo apresenta-se a geologia do local afetado, a sequência de acontecimentos que antecedeu o deslizamento no dia 27 de dezembro de 2000, alguns registos de jornais nacionais da época, fotografias dos efeitos do deslizamento e fotografias das obras de remediação realizadas (Figura 10). Este recurso foi produzido no programa *MovieMaker®* e, após a validação pelos professores e alunos, foram-lhe adicionados mais fotografias do local afetado, antes e depois do deslizamento, conforme as sugestões apresentadas. As fotografias do local antes do deslizamento são do Prof. Doutor Fernando Gomes da Silva e datam do início da década de 80 do século XX. As fotografias dos efeitos do deslizamento são do Prof. Doutor Mário Quinta Ferreira.



Figura 10 – Miniaturas do vídeo sobre os efeitos do deslizamento de 27 de dezembro de 2000, na Avenida Elísio de Moura.

Outro recurso multimédia desenvolvido foi uma animação da evolução do perfil do terreno onde ocorreu a instabilização, desde o início da década de 80 do século XX até ao momento em que ocorreu o deslizamento (ano 2000) (Figura 11). A construção deste recurso envolveu a sucessiva modificação de uma representação pictórica da área afetada, publicada num artigo científico (Lourenço & Lemos, 2001), de modo a representar as alterações realizadas na vertente situada entre a Rua António Jardim e a Avenida Elísio de Moura, ao longo de duas décadas.

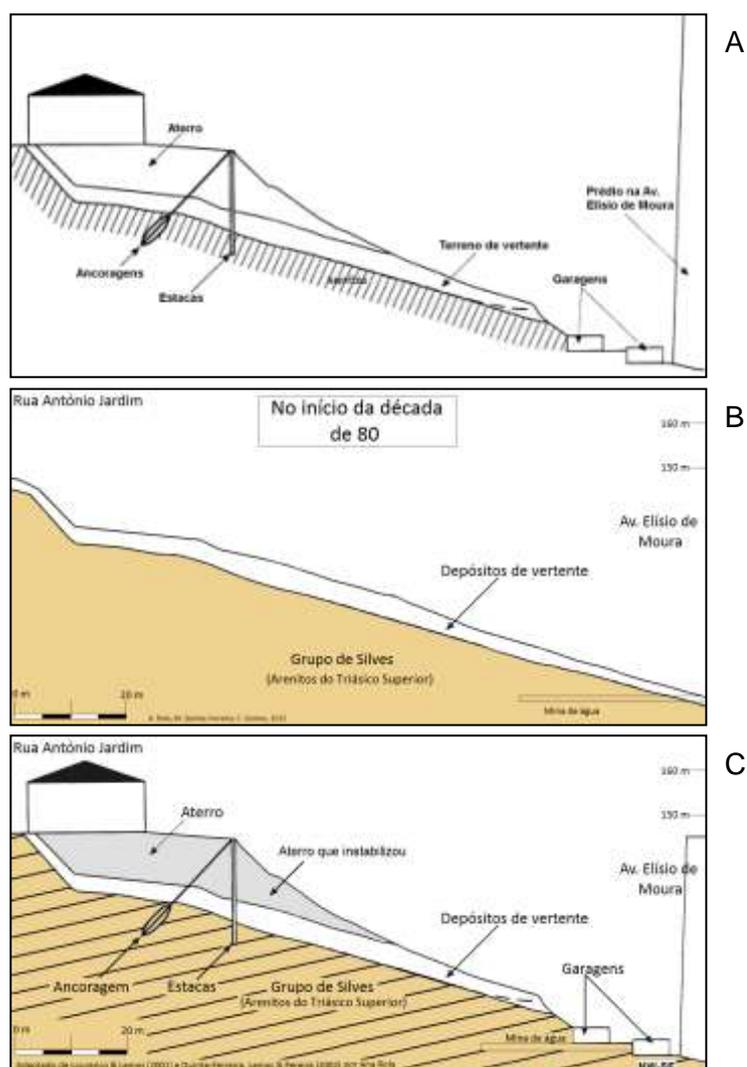


Figura 11 – Perfil do terreno entre a Rua António Jardim e a Avenida Elísio de Moura. A – Perfil após a estabilização dos logradouros e dos acessos às vivendas, em 1998. Representação pictórica original (Lourenço & Lemos, 2001). B – Esquema modificado, que representa o perfil do terreno no início da década de 80, antes da construção do prédio afetado pelo deslizamento. C – Representação pictórica modificada, que representa o perfil do terreno após a estabilização dos logradouros e dos acessos às vivendas, em 1998.

3.3. Avaliação dos materiais didáticos

3.3.1. Avaliação dos materiais didáticos com base nos dados obtidos com os questionários implementados aos alunos

A Tabela 3 apresenta os valores da média e do desvio-padrão obtidos para cada questão do QAMD-VA em cada turma-aplicadora dos recursos.

Tabela 3 – Média e desvio-padrão das respostas dos alunos ao QAMD-VA.

Questões	Turma 1	Turma 2	Turma 3	Turma 4	Turma 5	Turma 6
1. Complexidade da ficha de trabalho	2,62±0,86*	2,89±1,10	2,88±0,89	3,00±0,55	2,57±0,73	2,76±0,83
2. Complexidade das figuras	2,19±0,98	2,58±1,07	1,63±0,72	2,19±0,88	2,17±0,7	2,48±0,99
3. Complexidade dos textos	2,57±0,68	2,79±0,77	2,25±0,58	2,74±0,9	2,58±0,83	2,86±0,88
4. Complexidade das questões	2,48±0,68	2,47±0,77	3,00±0,82	3,00±0,68	2,54±0,78	2,79±0,9
5. Importância do vídeo sobre o deslizamento para a compreensão do tema	4,24±0,77	3,26±0,93	4,63±0,72	4,07±0,62	3,75±0,9	3,93±0,75
6. Importância da animação para a compreensão do tema	4,38±0,67	3,21±0,92	4,56±0,81	4,00±0,48	3,79±0,72	3,86±0,74
7. Importância do estudo de caso para a compreensão do tema	4,19±0,81	4,00±1,05	4,46±0,81	4,19±0,68	3,92±0,78	3,90±0,72
8. Contributo para a compreensão da importância da Geologia na Sociedade	4,24±0,62	3,84±1,01	4,56±0,81	4,37±0,49	3,83±0,82	3,93±0,88

*Média ± Desvio-Padrão

A análise das questões assinaladas com os números de 1 a 4 do QAMD-VA mostra que, no global, os quatro parâmetros analisados (ficha de trabalho, figuras, textos e questões) foram considerados entre pouco complexos e medianamente complexos, dado que a média $\leq 3,00$. As figuras foram o parâmetro considerado menos complexo pela maioria das turmas, com exceção da turma 2, cujo parâmetro considerado menos complexo foi as questões. As turmas 1 e 2 (escola A) consideraram a ficha de trabalho, no global, como o aspeto mais complexo. Por sua vez, as turmas 3 e 4 (escola B) consideram as questões mais complexas em relação aos restantes parâmetros. Nas turmas 5 e 6 (escola C), os textos foram considerados relativamente complexos, em relação aos restantes parâmetros.

No que respeita ao parâmetro multimédia (questões 5 e 6), as turmas 1, 3 e 4 consideram-no importante para a compreensão do tema, enquanto as restantes turmas avaliam-no como relativamente importante.

No que respeita à importância do estudo de caso para a compreensão da problemática das zonas de vertentes, na ótica do ordenamento do território e da ocupação antrópica, todas as turmas consideram-no importante. No entanto, esta unanimidade não existe quanto ao contributo do estudo de caso para a

compreensão da importância da Geologia na sociedade, com classificações entre relativamente importante e importante.

A realização de um teste ANOVA (fator único) aos resultados das diferentes turmas mostra diferenças significativas em alguns dos parâmetros avaliados (Tabela 4). A análise revela diferenças significativas entre as turmas nas questões 1, 4 e 8 do QAMD-VA, onde $p\text{-valor} < 0,05$. Para as restantes questões, as diferenças entre as turmas não são significativas, dado que $p\text{-valor} > 0,05$.

Tabela 4 – Resultados do teste ANOVA – Fator Único das respostas dos alunos ao QAMD.

Questões	P-valor
1. Complexidade da ficha de trabalho	0,014688
2. Complexidade das figuras	7,52E-16
3. Complexidade dos textos	1,53E-05
4. Complexidade das questões	0,000152
5. Importância do vídeo sobre o deslizamento para a compreensão do tema	2,311E-05
6. Importância da animação para a compreensão do tema	7,17E-07
7. Importância do estudo de caso para a compreensão do tema	0,076399
8. Contributo para a compreensão da importância da Geologia na Sociedade	0,012902

A tabela 5 mostra os resultados da análise de conteúdo à questão aberta do QAMD-VA. Dos 136 alunos participantes no estudo, 46 responderam a esta questão. A categorização foi analisada por um investigador externo e o grau de fiabilidade obtido foi de 0,89.

A categoria *apreciações* apresentou maior número de unidades de registo que a categoria *sugestões*. Dentro da categoria *apreciações*, a subcategoria *pontos fortes* foi aquela que registou mais unidades de registo. Nesta subcategoria, os alunos (A) referem: “O texto na ficha que nos deram estava bem estruturado (...)” (A26), e “(...) ajuda a entender melhor a situação.” (A13); “O vídeo foi bastante importante para melhor perceber o caso em estudo (...)” (A1). Os alunos também consideram que “(...) a ficha é importante pois estes problemas merecem um estudo aprofundado para evitarmos futuros deslizamentos em massa e evitar dano material para as populações.” (A30). Por isso, “Deveriam continuar a fazer fichas destas!” (A39), já que “(...) o trabalho apresentado serviu para percebermos melhor o estudo das vertentes (...)” (A6).

A subcategoria *pontos fracos*, com 44% das unidades de registo quantificadas, está relacionada com alguns aspetos menos apreciados pelos alunos, nomeadamente o vídeo, considerado por alguns como “(...) pouco

interessante (...)” (A28) e, por vezes, “(...) um pouco lento.” (A34), e os textos, considerados relativamente extensos e com linguagem demasiado técnica.

Tabela 5 – Categorias, subcategorias e unidades de registo das respostas dos alunos da questão aberta do QAMD-VA.

Categorias	Subcategorias	Unidades de registo		Respostas (exemplos)
		N.º	%	
Apreciações	Pontos fortes	29	57,8	“O vídeo foi bastante elucidativo e foi importante para a compreensão do tema.” (A11)
				“O texto na ficha que nos deram estava bem estruturado...” (A26)
				“Ficha bem-feita, com perguntas pertinentes que nos fazem perceber melhor o tema da ocupação antrópica.” (A64)
Apreciações	Pontos fortes	29	57,8	“Os materiais estão bem elaborados e ajudam a compreender melhor o tema da ocupação antrópica e problemas de ordenamento em zonas de vertentes.” (A98)
				“A ficha é simples e compreensível. (A100)”
				“O texto (...) utilizava vocabulário muito específico, que dificultava a sua interpretação.” (A34)
Apreciações	Pontos fracos	23	44,2	“O vídeo não é muito interessante.” (A33)
				“Os textos eram demasiado compridos.” (A128)
				“(...) a ficha não tem a estrutura de exame. (A91)
Total		52	100	
Sugestões	Ficha de trabalho	33	82,5	“A informação da ficha deveria ser mais sintética...” (A24)
				“A ficha deveria apresentar mais imagens ilustrativas.” (A25)
				“As perguntas deveriam ser mais explícitas.” (A31)
Sugestões	Ficha de trabalho	33	82,5	“Os textos deveriam ser mais acessíveis, para que o público-alvo possa entender.” (A31)
				“Devia ter um formato mais parecido ao Exame Nacional”. (A89)
				“No entanto, as perguntas eram fáceis, poderiam ser mais complicadas.” (A128)
Sugestões	Multimédia	7	17,5	“...deveriam ter sido colocadas mais imagens do incidente e do local atualmente.” (A1)
				“O vídeo deveria ter mais imagens ilustrativas.” (A24)
				“O vídeo deveria ter mais imagens ilustrativas.” (A24)
Total		40	100	

No que respeita à categoria *sugestões*, a subcategoria *ficha de trabalho* reúne maior número de unidades de registo. No que respeita a esta subcategoria, os alunos apontam determinados aspetos dos recursos que, na sua opinião, poderiam ser melhorados, nomeadamente a linguagem, a extensão dos textos e a

tipologia das questões. Por exemplo, “Os textos deveriam ser menos extensos.” (A14) e serem “(...) mais acessíveis, para que o público-alvo os possa entender.” (A31). Para isso, “Os textos (...) deveriam (...) utilizar uma linguagem não tão técnica.” (A32). Por outro lado, poder-se-ia “Comparar este caso com outros em risco de deslizamento onde o ordenamento prévio impediu o deslizamento.” (A40).

Nas turmas 5 e 6, da escola C, do distrito de Coimbra, as questões da ficha de trabalho poderiam estar “(...) um pouco mais próximo de um grupo próprio do exame nacional”. (A86), com “(...) respostas mais diretas e de escolhas rápidas”. (A87), ou seja “Questões mais adaptadas a exame.” (A101). De uma maneira geral, a ficha de trabalho “Devia ter um formato mais parecido ao Exame Nacional.” (A89).

Na subcategoria *multimédia*, os alunos sugerem a incorporação de mais imagens do local antes do deslizamento e atualmente. Consideram também que se poderiam apresentar bons exemplos de ordenamento para prevenção dos movimentos em massa, por exemplo, “O vídeo deveria mostrar uma comparação com avenidas ou locais onde um bom ordenamento impediu deslizamentos e como os cidadãos podem intervir nestes aspetos.” (A30).

3.3.2 Avaliação dos materiais didáticos com base nos dados obtidos através das respostas dos professores

A Tabela 6 apresenta os valores da média (M) e do desvio-padrão obtidos para cada questão do QAMD-VP, realizado por 9 professores do ensino secundário.

Tabela 6 – Média (M) e desvio-padrão (DV) das respostas dos professores ao QAMD-VP.

Questões	M ± DV
1. Adequação ao número de aulas	4,33±0,66
2. Adequação aos conteúdos programáticos	4,67±0,5
3. Adequação ao nível etário	4,67±0,5
4. Extensão da ficha de trabalho	2,67±0,49
5. Complexidade das questões	2,67±1,20
6. Adequação das figuras	4,33±1,64
7. Adequação dos textos	5,00±0,33
8. Importância do glossário	4,67±0,71
9. Importância dos recursos multimédia	5,00±0,33
10. Adequação dos materiais à perspetiva CTS-A	5,00±0,33

No que diz respeito à adequação ao número de horas disponíveis para aplicação, aos conteúdos programáticos e ao nível etário, os professores

classificam os recursos como adequados a muito adequados ($M > 4$). Relativamente à ficha de trabalho, esta foi considerada pouco extensa e adequada ao ensino com orientação CTS-A. As questões foram consideradas pouco complexas e as figuras e os textos adequados. Quanto aos recursos multimédia e ao glossário, estes foram considerados muito importantes para a compreensão do estudo de caso.

A tabela 7 apresenta os resultados obtidos após a análise de conteúdo e categorização das respostas dadas pelos professores à questão aberta do QMDA-VP. De entre os 9 professores que avaliaram os recursos, apenas um não respondeu a esta questão. O teste de fiabilidade foi realizado por um investigador independente e obteve-se um valor de 0,97 de fiabilidade.

Tabela 7 – Categorias, subcategorias e unidades de registo das respostas dos professores à questão aberta do QAMD-VP.

Categorias	Subcategorias	Unidades de registo		Exemplos de repostas dos professores
		N.º	%	
Apreciações	Pontos fortes	11	84,6	“A atividade é excelente para integrar os conteúdos do 11.º ano num contexto real e próximo dos interesses dos alunos.” (P2) “A ficha mobiliza um caso prático muito pertinente e inovador.” (P6) “Nesta região de Coimbra, este estudo de caso é muito oportuno e ao mesmo tempo consegue captar a atenção dos alunos/motivá-los para os problemas de ordenamento do território.” (P9)
	Pontos fracos	2	15,4	“Faço apenas uma pequena crítica (sempre positiva): penso que os textos são ligeiramente extensos.” (P8) “Para uma aula e com o auxílio de todos os ficheiros é extensa.” (P9)
	Total	13	100	
Sugestões	Ficha de trabalho	4	66,7	“Incluir na ficha do aluno o glossário e os objetivos da atividade.” (P3) “Sugiro (...) uma formatação mais próxima do Exame Nacional de BG.” (P6)
	Multimédia	2	33,3	“Nos materiais audiovisuais poderiam ser apresentadas mais figuras/imagens relativas ao local anteriores aos deslizamentos.” (P1) “Incluir outros exemplos de deslizamentos na cidade de Coimbra e arredores.” (P4)
	Total	6	100	

A categoria *apreciações* regista maior número de unidades de registo em relação à categoria *sugestões*. Nesta categoria, os professores (P) apresentam alguns *pontos fortes* dos recursos. Por exemplo, “Este tipo de materiais é bastante útil já que o programa sugere a abordagem de um estudo de caso.” (P1) e “(...) possibilita a integração das aprendizagens em contexto de sala de aula.” (P4). No

entanto, apontam também alguns pontos fracos, nomeadamente no que respeita aos textos, considerados relativamente extensos, apreciação esta que vai de encontro à opinião dos alunos.

As sugestões apresentadas pelos professores coincidem também com as dos alunos, nomeadamente no que respeita à apresentação de imagens do local afetado pelo deslizamento e ainda a referência a outros movimentos em massa, na região de Coimbra: “Nos materiais audiovisuais poderiam ser mais apresentadas figuras/imagens relativas ao local anteriores aos deslizamentos.” (P1) e “Incluir outros exemplos de deslizamentos na cidade de Coimbra e arredores.” (P4). Para ultrapassar a dificuldade com a linguagem técnica, um professor sugere: “Incluir na ficha do aluno o glossário e os objetivos da atividade.” (P3)

4. Discussão dos resultados

A análise das médias obtidas para cada questão do QAMD-VA, em cada uma das turmas e dos resultados da análise Anova (fator único) mostram concordância em determinados aspetos dos recursos. As diferenças entre as turmas não são estatisticamente significativas no que concerne à complexidade das figuras e dos textos, considerados pouco complexos e medianamente complexos. Os aspetos multimédia foram aspetos considerados importantes para a compreensão do estudo de caso, pois possibilitam: a) a compreensão dos fatores que condicionaram a instabilização; b) a visualização das consequências do deslizamento; c) a visualização da evolução do perfil da vertente que sofreu a instabilização; d) a compreensão dos efeitos da ocupação antrópica desordenada em zonas de vertente; e) a perceção da importância do ordenamento do território. Também não se verificam diferenças significativas no que concerne à importância do estudo do deslizamento na Avenida Elísio de Moura para a compreensão do tema “Ocupação Antrópica e problemas de ordenamento (Zonas de vertente)”, que foi considerado importante e o que concorda com um dos objetivos definidos para a ficha de trabalho.

No entanto, existem diferenças estatisticamente significativas no que respeita à complexidade das questões e da ficha de trabalho, no geral. Algumas turmas consideram as questões e ficha de trabalho medianamente complexas (turmas 3 e 4, da escola B), enquanto outras classificam-nas como pouco complexas. Esta diferença pode estar relacionada com o contexto socioeconómico onde as escolas estão implementadas. As escolas B e C pertencem ao mesmo

distrito, Coimbra, no entanto a escola C está localizada em plena cidade de Coimbra enquanto a escola B pertence a um concelho limítrofe, de caráter rural.

No que respeita ao contributo do estudo de caso para a compreensão da importância da Geologia na sociedade, também aqui se registam diferenças estatisticamente significativas entre as turmas. Enquanto a turma 1 da escola A e as turmas 3 e 4 da escola B avaliam o contributo do estudo de caso como importante, as restantes avaliam-no apenas como medianamente importante.

A análise das respostas dos alunos à questão aberta permite afirmar que, a maioria dos alunos foi da opinião que a ficha de trabalho e os recursos multimédia apresentam muitos pontos fortes e que “(...) os materiais produzidos são bastantes esclarecedores e importantes no estudo desta unidade.” (A68). No entanto, apontam também algumas dificuldades e pontos fracos nos materiais didáticos desenvolvidos.

O estudo de caso apresenta três textos, adaptados da bibliografia, que descrevem a geologia do local, as alterações ao perfil do terreno, os fatores condicionantes e os fatores estabilizadores do deslizamento. Apesar da simplificação efetuada aos textos, a linguagem científica foi apontada como um obstáculo por alguns dos alunos. Esta dificuldade na utilização da linguagem científica foi também identificada num estudo com alunos portugueses do 10º ano, da disciplina de Biologia e Geologia (Rola *et al.*, 2012). Por esta razão e no sentido de colmatar esta dificuldade, foi inicialmente facultado, na versão do professor, um glossário com a explanação de alguns termos técnicos e científicos. Apesar disso, os alunos continuaram a manifestar dificuldades na interpretação dos textos apresentados na ficha de trabalho. Por isso, atendeu-se à sugestão de um professor e introduziu-se o glossário na versão do aluno, com vista à superação deste obstáculo.

Um dos pontos fracos apontados pelos alunos foi a extensão dos textos da ficha de trabalho, ponto também anotado por um dos professores. Apesar da extensão dos textos, consideram-se que estes são importantes para a compreensão de todos os fatores condicionantes e desencadeadores da instabilização de 27 de dezembro de 2000.

No que respeita à ficha de trabalho, esta foi considerada “(...) bem elaborada” (A92), “(...) simples e compreensível.” (A100). Contudo, alguns alunos consideram que a ficha deveria apresentar uma formatação mais próxima da tipologia de exame (IAVE, 2013), opinião partilhada por um dos professores: “Sugiro a inclusão de alguns itens do tipo escolha múltipla, associação/correspondência e ordenação, assim como uma formatação mais

próxima do Exame Nacional de BG.” (P6). No sentido de colmatar esta necessidade, foi desenvolvido um grupo de questões que segue a tipologia que integra o Exame Nacional (IAVE, 2013). O Grupo é constituído por 6 questões/itens, distribuídas pelas tipologias seguintes: 3 itens de escolha múltipla, 1 item de ordenação, 1 item de associação; 1 item de resposta extensa.

No que respeita aos recursos multimédia, os alunos consideram-nos importantes para uma melhor compreensão do tema porque apresentam representações pictóricas relevantes para o entendimento da dimensão do deslizamento e as consequências deste. Os resultados estão em concordância com a opinião manifestada pelos professores. No sentido de melhorar a perceção do deslizamento, atendeu-se à sugestão dos alunos e dos professores e incluiu-se mais imagens/fotografias referentes ao local antes da instabilização e aos efeitos do deslizamento.

5. Considerações finais

No âmbito do tema Ocupação antrópica e problemas de ordenamento (Zonas de vertente), do 11.º ano da componente de Geologia, da disciplina de Biologia e Geologia, foi desenvolvida uma atividade prática, de papel e lápis, relacionada com o estudo do deslizamento de 27 de dezembro de 2000, na Avenida Elísio de Moura, Coimbra.

A recetividade aos recursos desenvolvidos foi boa. A análise do Questionário de Avaliação dos Materiais Didáticos revelou que os alunos consideraram o estudo de caso importante para a compreensão da problemática da ocupação antrópica das zonas de vertente, no contexto dos riscos geológicos. Relativamente à ficha de trabalho, as figuras e as questões foram os aspetos das atividades considerados menos complexos, enquanto a ficha no global e os textos foram considerados mais complexos. Os materiais multimédia foram considerados importantes para a compreensão do estudo de caso.

A avaliação dos recursos conduziu à reformulação de alguns aspetos dos materiais desenvolvidos. Para minimizar a situação relacionada com a complexidade dos textos utilizados, foi introduzido, na versão do aluno, um glossário de termos científicos e técnicos. Este já existia na versão do professor. O vídeo foi também aperfeiçoado com a adição de mais fotografias do local, antes e depois do deslizamento. Foi ainda desenvolvido um grupo de questões que segue a tipologia de exame.

Em conclusão, os recursos apresentados neste trabalho constituem uma proposta válida para o ensino da estabilidade de taludes no tema Riscos Naturais e Problemas de Ocupação Antrópica (zonas de vertente). Possibilitam a integração das aprendizagens construídas em sala de aula, promovem momentos de discussão das relações entre a Geologia, a Geotecnia e a sociedade e sensibilizam para os riscos geológicos e para a importância de um ordenamento do território. Estes recursos serão disponibilizados através de um sítio eletrónico, que será posteriormente desenvolvido para a divulgação de atividades práticas, devidamente validadas por investigadores e avaliadas em contexto de aula.

6. Referências

- Acevedo, J. A. (2001). Cambiando la práctica docente en la enseñanza de las ciencias a través de CTS. Versão corrigida e atualizada da publicada em *Borrador*, 13, 26-30, (1996). Acedido em: <http://www.oei.es/salactsi/acevedo2.htm> [07/03/2014].
- Acevedo, J. A., Vásquez, A., & Mas, M. A. M. (2002). *El movimiento Ciencia, Tecnología y Sociedad y la enseñanza de las ciencias*. Acedido em: <http://www.campus-oei.org/salactsi/acevedo13.htm> [07/03/ 2014].
- Acevedo, P., & Acevedo, J. A. (2002). Proyectos y materiales curriculares para la educación CTS: enfoques, estructuras, contenidos y ejemplos. *Bordón*, 54(1), 5-18. Acedido em: <http://www.oei.es/salactsi/acevedo19.htm> [07/03/2014]
- Amado, J. (2000). A técnica de análise de conteúdo. *Revista Referência*, 5, 53-65.
- Amador, F. (Coord.), Baptista, J., Mendes, A. (Coord.), Pinheiro, E., Rebelo, D., Silva, C., & Valente, R. (2003). *Programa de Biologia e Geologia - 11.º ou 12.º anos*. Lisboa: Ministério da Educação, Departamento do Ensino Secundário.
- Azerêdo, A., Duarte, L., Henriques, M., & Manuppella, G. (2003). Da dinâmica continental no Triásico aos mares do Jurássico inferior e médio. *Cadernos de Geologia de Portugal*. Lisboa: Instituto Geológico Mineiro.
- Bardin, L. (2008). *Análise de conteúdo*. Lisboa: Edições 70.
- Bettencourt, C., Velho, J. L., & Almeida, P. A. (2011). Biology teachers' perceptions about Science-Technology-Society (STS) education. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 15 (2011), 3148-3152.doi:10.1016/j.sbspro.2011.04.262.
- Bitar, O., Braga, T., Freitas, C., Consoni, A., & Campos, S. (2008). *Glossário geotecnologia ambiental*. Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental. Acedido em:

-
- http://itpack31.itarget.com.br/uploads/abe/arquivos/GLOSSARIO2008_v.1.pdf
[20/01/2011].
- Bloom, B. S., Engelhart, M. D., Furst, E. J., Hill, W. H., & Krathwohl, D. R. (1956). *Taxonomy of educational objectives: Handbook I: Cognitive domain*. Nova Iorque: David McKay, 19(56).
- Canavarro, J. M. (1999). *Ciência e Sociedade*. Coimbra: Quarteto Editora.
- Carvalho, A. M. G. (2011). *Dicionário de Geologia*. Lisboa: Âncora Editora.
- Galvão, C. (Coord.), Neves, A., Freire, A. M., Lopes, A. M., Santos, M. C., Vilela, M. C., Oliveira, M. T., & Pereira, M. (2001). *Ciências Físicas e Naturais. Orientações Curriculares para o 3º Ciclo do Ensino Básico*. Lisboa: Ministério da Educação, Departamento da Educação Básica.
- Chagas, I. (2000). Literacia científica. O grande desafio para a escola. In M. O. Valente (Coord.), *Itinerários – Investigar em educação* (pp. 29-34). Lisboa: Centro de Investigação em Educação, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa.
- Gomes, C. (1996). *Observações paleomagnéticas no quadro da Bacia Lusitânica (1ª Fase de rifting). Estudo da estabilidade da magnetização remanescente natural*. Tese de Doutoramento, Centro de Geociências, Universidade de Coimbra, 148p.
- IAVE (2013). *Instrumentos de avaliação externa-tipologia de itens*. Acedido em: http://www.gave.min-edu.pt/np3content/?newsId=393&fileName=Tipologia_itens_dez2013.pdf
[15/03/2014].
- Lemos, L., & Quinta-Ferreira, M. (2004). Escorregamento de terras na encosta da Avenida Elísio de Moura. *Geotecnica*, 100, 143-156.
- LNEG (s.d.). Riscos Geológicos. Acedido em: <http://www.lneg.pt/iedt/areas/7/temas/33> [20/01/2011].
- Lourenço, L., & Lemos, L. (2001). Considerações acerca da movimentação em massa ocorrida na vertente poente da Avenida Elísio de Moura, em Coimbra. *Territorium*, 8, 93-109.
- Martins, I. P. (2002). Problemas e perspectivas sobre a integração CTS no sistema educativo português. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 1(1), art. 2, 28-39. Acedido em: http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen1/REEC_1_1_2.pdf [24/02/2014].
- Palain, C. (1976). Une série détritique terrigène les “Grès de Silves”: Trias et Lias Inférieur du Portugal”. *Mem. Serv. Geol. de Portugal*, 25, Lisboa.
-

- Pedrosa, M. (2001). Ensino das Ciências e trabalhos práticos – (Re)Conceptualizar... In A. Veríssimo, M. A. Pedrosa, & R. Ribeiro (Org.), *Ensino experimental das Ciências. (Re)Pensar o ensino das Ciências*, 3º Volume (pp.19-33.). Lisboa: Ministério da Educação, Departamento do Ensino Secundário.
- Peixeiro, C., & Ruas, H. (s.d.). *Construção civil. Glossário de Termos Técnicos*. Lisboa: GICEA, Gabinete de Gestão de iniciativas comunitárias.
- Pereira, A. C., & Duarte, M. (1999). O manual escolar como facilitador da construção do conhecimento científico – o caso do tema “Reacções de oxidação-redução do 9º ano de escolaridade”. In R. Castro, A. Rodrigues, J. Silva, & M. Sousa (Org.), *Manuais Escolares. Estatuto, Funções e História* (pp. 367-374). Actas do I Encontro Internacional sobre Manuais Escolares. Braga: Universidade do Minho.
- Praia, J. (1999). *Relatório da disciplina de Didáctica da Geologia*. Porto: Departamento de Geologia, Faculdade de Ciências, Universidade do Porto, 171p.
- Quinta-Ferreira, M. (2007). Natural and man made causes for the Elísio de Moura soil flow in Coimbra, Portugal. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, 66 (1), 35-43.
- Quinta-Ferreira, M., & Pereira, L. (2005). *Vamos ver porque caem taludes em Coimbra*. Geologia no Verão, Ciência Viva.
- Quinta-Ferreira, M., & Quinta-Ferreira, T. (2002). O problema das instabilizações de taludes em Coimbra. *Cadernos de Geografia*, nº 21/23, Coimbra, 127-142.
- Quinta-Ferreira, M., Lemos, L., & Dias, J. (2002). Caracterização preliminar do deslizamento da Avenida Elísio de Moura. Coimbra. *Atas do 8.º Congresso Nacional de Geotecnia, A Geotecnia Portuguesa e os Desafios do Futuro*, vol. 2. Sociedade Portuguesa de Geotecnia, Lisboa, 601-611.
- Reis, R. P., Pimentel, N., & Garcia, A. (2007). *Curso de Campo na Bacia Lusitânica (Portugal), Roteiro*. Coimbra.
- Ribeiro, A., Antunes, M., Ferreira, M., Rocha, R., Soares, A., Zbyszewski, G., Almeida, F., Carvalho, D., & Monteiro, J. (1979). *Introduction à la géologie générale du Portugal*. Lisboa: Serv. Geol. Portugal.
- Rola, A., & Gomes, C. R. (2009). Atividades Práticas sobre Magmatismo e Rochas Magmáticas nos Manuais de Biologia e Geologia do 11.ºAno. *XIII Encontro Nacional de Educação em Ciências*. Castelo Branco: Escola Superior de Educação do Instituto Politécnico de Castelo Branco, 1023-1032.

- Rola, A., Abrantes, I., & Gomes, C. (2012). Students' Difficulties in Biology and Geology Project Work, in Portuguese Secondary Education. In Pixel (Eds.), *Conference proceedings. International Conference New Perspective for Science Education* (pp. 381-384). Florence, Italy.
- Soares, A. F., Kullberg, J. C., Marques, J. F., Rocha, R. B., & Callapez, P. (2012). Tectono-sedimentary model for the evolution of the Silves Group (Triassic, Lusitanian basin, Portugal). *Bull. Soc. Géol. France*, 183(3), 203-216.
- Soares, A. F., Marques, J. F., & Sequeira, A. J. D. (2007). *Notícia Explicativa da Folha 19-D, Coimbra-Lousã*. Lisboa: Ministério da Economia e da Inovação, Instituto Nacional de Engenharia, Tecnologia e Inovação, Departamento de Geologia.
- Soares, A. F., Marques, J., Rocha, R., Cunha, P. P., Duarte, L. V., Sequeira, A., Sousa M. B., Pereira, E., Gama-Pereira, L.C., Gomes, E., & Santos, J. R. (2005). *Carta Geológica de Portugal, Escala 1:50 000, Folha 19-D, Coimbra-Lousã*. Lisboa: Ministério da Economia e da Inovação, Instituto Nacional de Engenharia, Tecnologia e Inovação, I. P., Departamento de Geologia.
- Soares, A., & Gomes, C. (1997). A Geologia do Baixo Mondego – Organização do Mesozoico. Livro de Actas do Seminário “O Baixo Mondego – Organização Geossistémica e Recursos Naturais”, Praxis XXI – Projecto 2/2.1/CTA-156/94, Coimbra, 5-20.
- Soares, A., Marques, J., & Rocha, R. (1985). Contribuição para o conhecimento geológico de Coimbra. *Memórias e Notícias*, Publ. Mus. Lab. Min. Geol. Univ. Coimbra, 100, 41-71.
- Tavares, A., & Cunha, L. (2008). Perigosidade natural na gestão territorial. O caso do Município de Coimbra. In P. Callapez, R. Rocha, J. Marques, L. Cunha, & P. Dinis (Eds.), *A Terra. Conflitos e ordem. Livro de Homenagem ao Professor Ferreira Soares* (pp. 89-100). Coimbra: Museu Mineralógico e Geológico da Universidade de Coimbra.
- Tenreiro-Vieira, C., & Vieira, R. M. (2005). Construção de práticas didático-pedagógicas com orientação CTS: impacto de um programa de formação continuada de professores de ciências do ensino básico. *Ciência & Educação*, v.11, n.º 2, 191-211.
- Tréz, T. (2007). *Concepções e Práticas CTS dos Professores de uma Escola Inovadora*. Dissertação de mestrado. Aveiro: Universidade de Aveiro, 451p.

Legislação

Decreto-Lei n.º 272/2007, de 26 de julho. Diário da República n.º 143/07 - I Série.
Ministério da Educação, 4785-4789.

CAPÍTULO VI

CONSIDERAÇÕES FINAIS

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Atividades práticas são todas as metodologias que envolvem o aluno de forma ativa no seu processo de ensino e de aprendizagem. Existem diversas tipologias de atividades práticas consoante os objetivos que pretendem atingir. Podem ser do tipo laboratorial, quando envolve manuseamento de material de laboratório, pode ser uma atividade prática de campo, quando decorre em ambiente natural, exterior à sala de aula ou pode ser uma atividade do tipo experimental, se ocorrer controlo e manipulação de variáveis. As atividades práticas podem ainda abarcar outras tipologias como a construção de modelos, o trabalho de projeto ou atividades de aprendizagem de papel e lápis.

As atividades práticas apresentadas neste estudo enquadram-se nas tipologias de atividades práticas de campo, também designadas aulas de campo, e de atividades de aprendizagem de papel e lápis. Estas atividades foram desenvolvidas com as finalidades de envolver o aluno na construção do seu conhecimento, no âmbito do ensino e da aprendizagem em Geologia e de promover o desenvolvimento de capacidades e de atitudes, no âmbito da literacia científica e da formação de cidadãos, tanto no terceiro ciclo do ensino básico como no ensino secundário.

As atividades foram planeadas e construídas com base no contexto geológico da região entre a cidade de Coimbra e a Serra da Lousã. A seleção deste contexto prendeu-se com a premissa de que quanto maior a proximidade do aluno ao objeto de estudo, mais significativa será a aprendizagem dos conteúdos.

O planeamento das atividades exigiu a análise documental, trabalho de campo e trabalho laboratorial, a simplificação de cartas e mapas geológicos e construção de modelos. Com base nos dados obtidos durante o planeamento, procedeu-se à construção dos materiais didáticos/recursos que acompanham as atividades práticas. Esta fase envolveu a elaboração de animações e de vídeos, a construção de guias de campo, de fichas de trabalho, de exercícios de consolidação e de avaliação de conhecimentos e ainda o desenvolvimento de um sítio eletrónico para funcionar como interface aluno/professor/campo, numa aula de campo virtual. Os recursos foram validados por professores do ensino superior, especialistas em Geociências e em Educação, e posteriormente por professores do ensino básico e secundário. Em seguida, as atividades práticas foram implementadas em contexto de aula/ambiente exterior e validadas pelos alunos participantes no estudo.

Foram desenvolvidas três atividades práticas, uma aula de campo na Serra da Lousã, uma aula de campo na zona Alta de Coimbra e uma atividade de aprendizagem de papel e lápis sobre o deslizamento de 27 de dezembro de 2000, na Avenida Elísio de Moura, em Coimbra.

A aula de campo “Viagem através das rochas da Serra da Lousã” envolveu o planeamento e a construção de recursos para dois cenários distintos, mas não incompatíveis, a aula de campo tradicional e a aula de campo virtual, no âmbito do ensino e da aprendizagem da Geologia, no 11.º ano de escolaridade. Esta atividade foi preparada para superar algumas dificuldades reveladas pelos professores e identificadas em alguns estudos, nomeadamente a falta de recursos e as dificuldades de logística, que envolve o transporte e a segurança dos alunos.

O contexto geológico escolhido foi a Serra da Lousã, onde foram selecionadas algumas litologias, como o Granito do Coentral (dois afloramentos), o Grupo das Beiras com evidência de metamorfismo de contacto (um afloramento) e o leito da Ribeira das Quelhas. Foi ainda selecionada a aldeia do Candal, como exemplo da importância da geologia e da geomorfologia na implementação das populações. A aula de campo foi desenvolvida com vista à concretização dos objetivos seguintes: a) conhecer as litologias predominantes na Serra da Lousã; b) compreender a influência dos diferentes ambientes geodinâmicos nas litologias da Serra da Lousã; c) relacionar a geologia com a geomorfologia da região; d) relacionar a geologia e a geomorfologia com a distribuição populacional e o património construído. O planeamento da atividade exigiu análise documental, nomeadamente de bibliografia específica, de cartas e mapas geológicos, seleção de afloramentos, trabalho de campo, trabalho de laboratório e construção de modelos. Foram elaboradas quatro fichas de caracterização das rochas em afloramento, uma por paragem.

A construção dos recursos exigiu também a simplificação de cartas e mapas geológicos e a interpretação dos registos efetuados durante o trabalho de campo (fotografia e vídeo). Foram desenvolvidos recursos para as três fases da aula de campo: vídeo de apresentação da área de estudo (preparação), dois guias de campo (aula de campo convencional e virtual), tópicos de discussão e exercícios de consolidação e/ou avaliação de conhecimentos com a tipologia de exame (síntese). Estes materiais foram disponibilizados num sítio eletrónico, construído no *Google Sites*®, para funcionar como interface entre o aluno e o professor na aula de campo virtual. Foram também disponibilizadas fotografias interpretadas de afloramentos, de amostras de mão e de lâminas delgadas, um glossário com termos científicos, informações sobre as litologias estudadas, sugestões de atividades a realizar

durante a aula de preparação e a aula de campo, assim como as referências consultadas.

Os recursos didáticos foram validados por investigadores de Geociências e de Educação e ainda por professores do ensino secundário, nível de ensino a que se destinam os recursos (11.º ano de escolaridade). Todos os professores do ensino secundário consideraram utilizar os recursos na sua prática letiva. A avaliação revelou a existência de pontos fortes, relacionados com a adequação ao nível etário, a qualidade científica e didática e a superação de dificuldades na realização de aulas de campo. Foram também identificados alguns pontos menos fortes, nomeadamente alguma complexidade dos textos e do guia de campo. O passo seguinte será a validação com alunos.

Em resumo, os recursos desenvolvidos para a aula de campo (virtual) na Serra da Lousã apresentam diversas vantagens: a) possibilitam a aprendizagem sobre uma área de difícil acesso, a Serra da Lousã, mas muito interessante do ponto de vista geológico e didático; b) são de fácil acesso e de utilização; c) promovem a construção de modelos interpretativos de processos geológicos; d) permitem, aos professores, repetir a aula de campo; e) também constituem um incentivo ao estudo da geologia. Poderão ainda ser importantes ao nível do turismo geológico da região da Serra da Lousã.

A atividade “Da Geologia à História através das rochas” enquadra-se na tipologia de aula de campo e foi planeada e construída para o 8.º ano de escolaridade, 3.º ciclo do ensino básico, no âmbito do ensino e da aprendizagem dos recursos geológicos em ambiente exterior à sala de aula. A atividade foi desenvolvida numa perspetiva de interdisciplinaridade com História e com Ciências Físico-Químicas. O meio natural selecionado foi a zona Alta de Coimbra e alguns dos seus monumentos.

A atividade foi planeada com vista à consecução do objetivo seguinte: relacionar os materiais geológicos, usados na construção dos edifícios antigos, com os recursos geológicos disponíveis no momento da sua construção e com os custos associados à sua exploração, designadamente com o transporte. No que respeita à componente histórica, foram selecionados cinco monumentos de diferentes épocas: Sé Velha, Aqueduto de S. Sebastião, Pátio da Universidade, Colégio de Jesus e Sé Nova. Os monumentos, do século XII, foram construídos com calcários dolomíticos aflorantes na zona da Alta de Coimbra, pertencentes à Formação de Coimbra. Já os mais recentes (séculos XVI e XVII) foram construídos com calcários de uma povoação distante alguns quilómetros da cidade de Coimbra, Ançã. Para esta atividade prática foram desenvolvidos: um roteiro geológico, uma apresentação de

preparação da aula de campo, uma apresentação de síntese da aula de campo e um póster sobre a geologia de Coimbra. Os recursos foram sujeitos a três fases de validação: 1.^a fase – professor do ensino superior (investigador nas áreas de Geociências e Educação); 2.^a fase – em contexto de atividade de exterior; 3.^a fase – alunos que participaram na atividade de exterior. As questões de índole histórica foram validadas por dois professores de História, do 3.^o ciclo do ensino básico.

O roteiro foi aplicado numa aula de campo e validado por alunos do 8.^o ano de escolaridade, ano a que se destina a atividade. A avaliação revelou que os objetivos definidos para a atividade foram concretizados e que o roteiro se revelou um instrumento inovador, promotor da interdisciplinaridade e do conhecimento em ação. A aula de campo possibilitou: a) a mobilização dos conhecimentos sobre minerais e rochas, adquiridos no 7.^o ano; b) o desenvolvimento da capacidade de observação do mundo natural; c) a sensibilização para questões ambientais, nomeadamente para a alteração dos calcários devido à ação humana sobre o meio; d) a sensibilização para o património histórico.

A atividade de aprendizagem do tipo papel e lápis “Estudo de caso: deslizamento na avenida Elísio de Moura, Coimbra” foi desenvolvida no âmbito do tema “Ocupação antrópica e problemas de ordenamento – Zonas de vertente”, da componente de Geologia do 11.^o ano. Esta atividade foi desenvolvida com vista à concretização dos seguintes objetivos: a) compreender que os movimentos em massa resultam da convergência de fatores naturais, potenciados pela ação antrópica; b) interpretar situações de atuação de fatores, condicionantes e/ou desencadeantes, de movimentos em massa; c) realizar um estudo de caso sobre um acontecimento real; d) reconhecer a importância da geologia na implementação de medidas de prevenção/remediação, na identificação de potenciais riscos e no ordenamento do território; e) assumir novas atitudes face à geologia.

O planeamento da atividade envolveu pesquisa bibliográfica, trabalho de campo, realização de registos fotográficos e modificação de representações esquemáticas. Para a atividade prática, os materiais didáticos desenvolvidos foram: uma ficha de trabalho, com exercícios do tipo CTS-A sustentados em informações disponíveis na literatura científica (duas versões, uma do aluno, outra do professor) e dois recursos multimédia (um vídeo sobre o deslizamento e uma animação da evolução do perfil da vertente afetada, desde o início da década de 80 do século XX até ao momento do deslizamento).

Os materiais didáticos foram enviados, por correio eletrónico, a professores do ensino secundário, que os aplicaram em contexto de aula. A receptividade aos materiais foi boa tanto da parte dos alunos como dos professores. Os alunos

consideraram que o estudo de caso foi importante para a compreensão da temática. Os recursos multimédia, devido à sua dimensão pictórica, facilitaram o entendimento da amplitude do deslizamento. Os professores concordam que os materiais didáticos estão de acordo com as sugestões metodológicas do programa de Biologia e Geologia do 11.º ano e possibilitam a integração dos conteúdos num contexto real e próximo dos interesses dos alunos. No que respeita aos pontos menos fortes, os alunos apontam os textos científicos apresentados como os aspetos mais difíceis, quer pela sua extensão quer pela linguagem mais técnica. Para superar este último obstáculo identificado pelos alunos, a versão entregue aos professores continha já um glossário. No entanto e como não foi suficiente, o glossário foi incluído na versão dos alunos.

Em resumo, as atividades práticas apresentadas neste estudo constituem uma proposta válida para o ensino e para a aprendizagem da Geologia, nos ensinos básico (3º ciclo) e secundário. O estudo de situações-problema concretas, geradas a partir de um contexto geológico próximo do aluno, possibilita a integração das aprendizagens construídas em sala de aula, promove momentos de discussão das relações entre a Geologia, a Tecnologia, a Sociedade e o Ambiente e fomenta uma educação ambiental. A realização de atividades em ambiente exterior à sala de aula é também muito importante como motivação para a aprendizagem e para o desenvolvimento da capacidade de observação e da compreensão do mundo natural. Possibilitam ainda a aplicação do “saber” adquirido em contexto de sala de aula, num contexto mais prático e natural, “em ação”.

Uma das limitações do estudo apresentado é a amostra. Apesar de se ter procurado que um maior número de alunos e professores aplicasse e validasse as atividades práticas, isso nem sempre foi possível. Todavia, os resultados permitem-nos afirmar que as atividades práticas em Geologia, quando inseridas num contexto próximo da realidade do aluno, constituem uma motivação à aprendizagem e, por isso, fomentam a construção de conhecimentos e o desenvolvimento de capacidades. Exige-se, no entanto, um processo criterioso de planeamento, de construção, de validação, de planeamento e de avaliação, sempre com uma componente de reflexão crítica.

Os passos seguintes serão a tradução dos recursos para língua inglesa e a construção de uma página para divulgação destes e de outros trabalhos que venham a ser desenvolvidos no âmbito do ensino e da aprendizagem em Geociências.

ANEXOS

MATERIAIS DIDÁTICOS

A. AULA DE CAMPO NA SERRA DA LOUSÃ, PORTUGAL

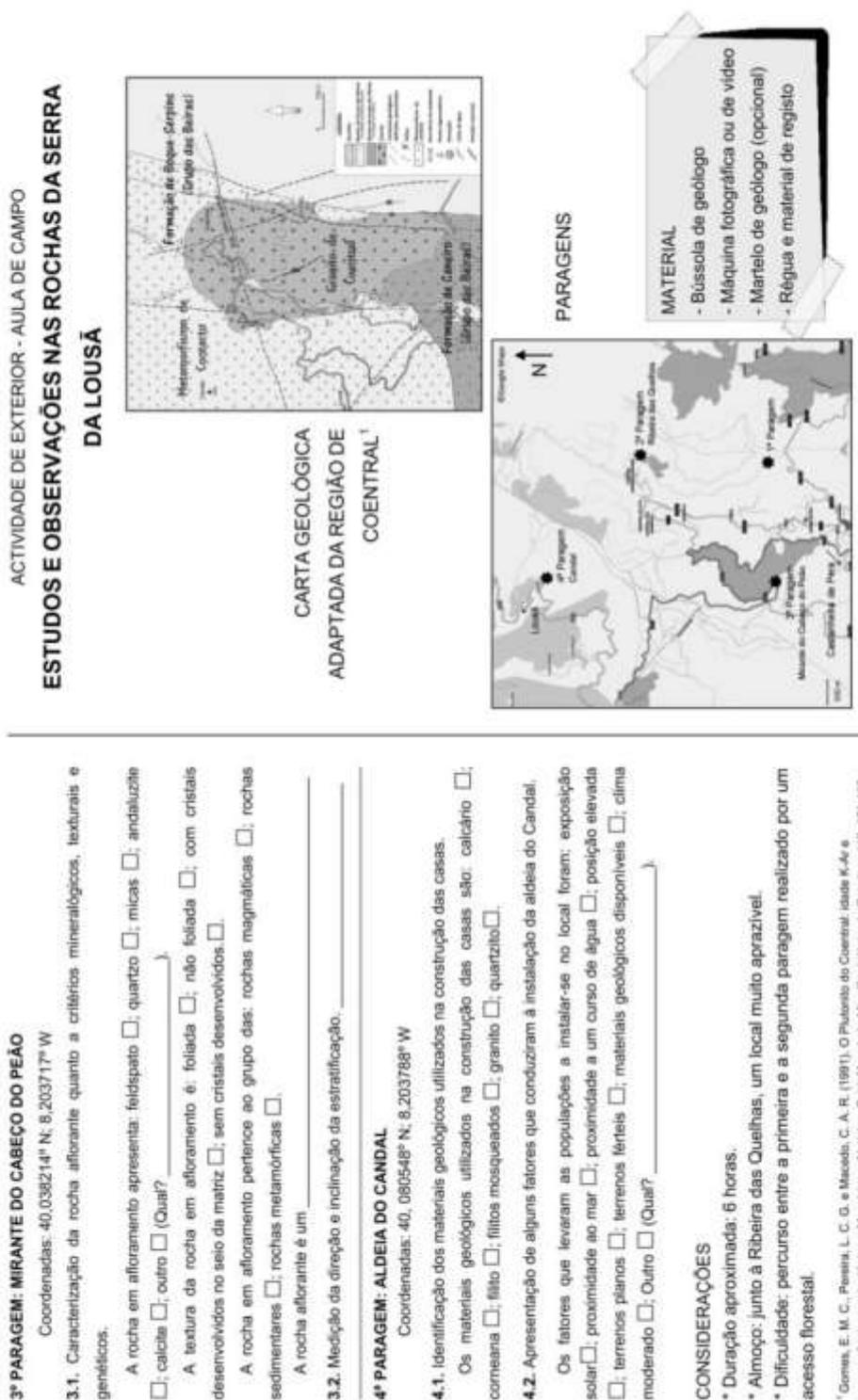


Figura 1 – Guia de campo para a aula de campo na Serra da Lousã.

OBJETIVOS

- Conhecer as litologias predominantes na Serra da Lousã;
- Compreender a influência dos diferentes ambientes geodinâmicos nas litologias que, atualmente, se podem observar na Serra da Lousã;
- Relacionar a geologia com a geomorfologia da região;
- Relacionar a geologia e a geomorfologia com a distribuição populacional e o património construído.

TAREFAS

Observe e registre, em suporte de papel, fotográfico e vídeo, os aspetos mais relevantes dos afloramentos estudados.

1º PARAGEM: GRANITO DE COENTRAL

Coordenadas: 40,040298° N; 8,174688° W Percurso realizado a pé

1.1. Caracterização mineralógica e textural do granito aflorante em diferentes pontos do percurso.

No início do percurso:

Relativamente à composição mineralógica, observam-se: feldspato ; quartzo ; biotite ; moscovite ; clorite ; calcite ; andaluzite ; outro (Qual? _____). Relativamente à textura, o granito apresenta: grão fino ; grão médio ; grão grosseiro .

Relativamente à cor, o granito é: leucocrata ___; mesocrata ___; melanocrata ___.

Relativamente à textura, o granito é: equigranular ___; porfiroide ___; pegmatítico ___.

No final do percurso, próximo da Ribeira das Quelhas:

Relativamente à composição mineralógica, observam-se: feldspato ; quartzo ; biotite ; moscovite ; clorite ; calcite ; andaluzite ; outro (Qual? _____). Este granito é semelhante ao do início do percurso? Sim Não .

A textura é semelhante à do granito do início do percurso? Sim Não . Se respondeu Não, assinala a textura: grão fino ; grão médio ; grão grosseiro .

1.2. Identificação e caracterização de falhas quanto à direção e pendor.

O granito é intersectado por algumas falhas. A maioria das falhas apresenta...
 Direção N50°E, pendor 20°N; Direção N-S, subvertical; Direção E-W, pendor 10° N.

1.3. Caracterização dos aspetos da paisagem.
 A paisagem que observa designa-se por: _____

1.4. Caracterização da alteração do granito.
 O granito encontra-se: pouco alterado ; medianamente alterado ; muito alterado .

2º PARAGEM: RIBEIRA DAS QUELHAS

Coordenadas: 40,063331° N; 8,172650° W Percurso a pé

2.1. Identificação das rochas do leito da Ribeira das Quelhas (critério genético).
 A Ribeira das Quelhas atravessa rochas do tipo: magmático ; sedimentares ; metamórficas .

2.2. Caracterização litológica dos clastos da Ribeira das Quelhas.
 Os clastos da ribeira são constituídos por:
 granito ; quartzo ; filito ; comeana ; calcário ; filitos mosqueados .

2.3. Faça o registo esquemático do percurso realizado pela Ribeira das Quelhas (setor terminal), segundo a direção E-W.

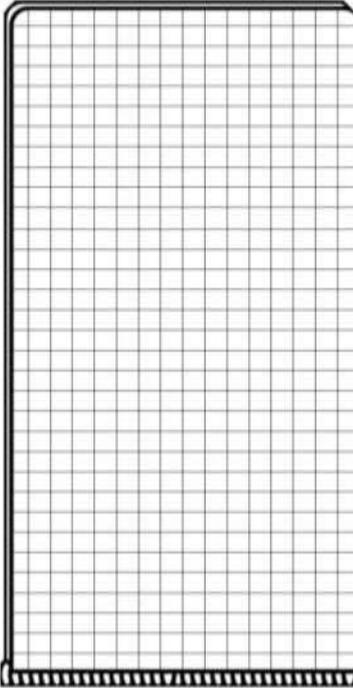
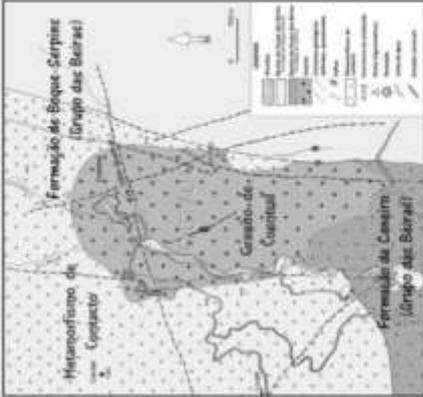


Figura 1 (Continuação) – Guia de campo para a aula de campo na Serra da Lousã.

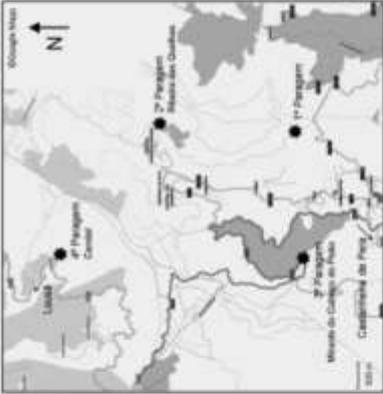
AULA DE CAMPO VIRTUAL

ESTUDOS E OBSERVAÇÕES NAS ROCHAS DA SERRA DA LOUSÃ

**CARTA GEOLÓGICA
ADAPTADA DA REGIÃO DE
COENTRAL¹**



PARAGENS



MATERIAL

- Site Eletrónico: "Viagem através das rochas da Serra da Lousã"
- Vídeo de apresentação
- Material de registo

3º PARAGEM: MIRANTE DO CABEÇO DO PEÃO (Grupo das Beiras)

3.1. Caracterização da rocha aflorante quanto a critérios mineralógicos, texturais e genéticos.

A rocha em afloramento apresenta: feldspato ; quartzo ; micas ; andaluzite ; calcite ; outro (Qual? _____).

A textura da rocha em afloramento é: foliada ; não foliada ; com cristais desenvolvidos no seio da matriz ; sem cristais desenvolvidos no seio da matriz .

A rocha em afloramento pertence ao grupo das: rochas magmáticas ; rochas sedimentares ; rochas metamórficas .

A rocha aflorante é um _____.

4º PARAGEM: ALDEIA DO CANDAL

A aldeia do Candal situa-se na vertente Oeste da Serra da Lousã.

4.1. Identificação dos materiais geológicos utilizados na construção das casas.

Prevê quais serão os materiais geológicos utilizados na construção das casas são: calcário ; corneana ; filito ; filitos mosqueados ; granito ; quartzito .

4.2. Apresentação de alguns fatores que conduziram à instalação da aldeia do Candal.

Os fatores que levaram as populações a instalar-se no local foram: exposição solar ; proximidade ao mar ; proximidade a um curso de água ; posição elevada ; terrenos planos ; terrenos férteis ; materiais geológicos disponíveis ; clima moderado ; Outro (Qual? _____).

¹Gomes, E. M. C., Pereira, L. G. e Macedo, C. A. R. (1991). O Puzosito do Coentral. *Atas K-Ar e consequências geotectónicas. Memórias e Notícias, Publ. Mus. Nat. Min. Geol. Univ. de Coimbra*, 112, 171-183.

Figura 2 – Guia de campo para aula de campo virtual na Serra da Lousã.

<p>OBJETIVOS</p> <ul style="list-style-type: none"> - Conhecer as litologias predominantes na Serra da Lousã; - Compreender a influência dos diferentes ambientes geodinâmicos nas litologias que, atualmente, se podem observar na Serra da Lousã; - Relacionar a geologia com a geomorfologia da região; - Relacionar a geologia e a geomorfologia com a distribuição populacional e o património construído. <p>TAREFAS</p> <p>Visualize o vídeo de apresentação da área de estudo e analise a informação presente no sítio eletrónico.</p> 	<p>A textura é semelhante à do granito anterior? Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>.</p> <p>Se respondeu Não, assinale a textura: grão fino <input type="checkbox"/>; grão médio <input type="checkbox"/>; grão grosseiro <input type="checkbox"/>.</p> <p>1.2. Caracterização dos aspetos da paisagem. A paisagem que observa designa-se por: _____</p> <p>1.3. Caracterização da alteração do granito. O granito encontra-se: pouco alterado <input type="checkbox"/>; medianamente alterado <input type="checkbox"/>; muito alterado <input type="checkbox"/>.</p>
<p>1ª PARAGEM: GRANITO DE COENTRAL</p> <p>1.1. Caracterização mineralógica e textural do granito aforante em diferentes pontos do percurso. Observe as imagens identificadas como granito1 e granito2. Relativamente à composição mineralógica, observam-se: feldspato <input type="checkbox"/>; quartzo <input type="checkbox"/>; biotite <input type="checkbox"/>; moscovite <input type="checkbox"/>; clorite <input type="checkbox"/>; calcite <input type="checkbox"/>; andaluzite <input type="checkbox"/>. Relativamente à textura, o granito apresenta: grão fino <input type="checkbox"/>; grão médio <input type="checkbox"/>; grão grosseiro <input type="checkbox"/>.</p> <p>Refira outro aspeto importante do granito do Coentral. _____</p>	<p>2ª PARAGEM: RIBEIRA DAS QUELHAS</p> <p>2.1. Identificação das rochas do leito da Ribeira das Quelhas (critério genético). A Ribeira das Quelhas atravessa rochas do tipo: magmático <input type="checkbox"/>; sedimentares <input type="checkbox"/>; metamórficas <input type="checkbox"/>.</p> <p>2.2. Caracterização litológica dos clastos da Ribeira das Quelhas. Com base na informação contida na carta geológica, pode-se afirmar que os clastos da ribeira são constituídos por: granito <input type="checkbox"/>; quartzo <input type="checkbox"/>; filito <input type="checkbox"/>; comeana <input type="checkbox"/>; calcário <input type="checkbox"/>; filitos mosqueados <input type="checkbox"/>.</p> <p>2.3. Caracterize, quanto à direção, o percurso realizado pela Ribeira das Quelhas. _____</p> <p>2.4. Justifique o percurso realizado pela Ribeira das Quelhas. _____ _____ _____</p>
<p>Observe as imagens identificadas como granito3. Relativamente à composição mineralógica, observam-se: feldspato <input type="checkbox"/>; quartzo <input type="checkbox"/>; biotite <input type="checkbox"/>; moscovite <input type="checkbox"/>; clorite <input type="checkbox"/>; calcite <input type="checkbox"/>; andaluzite <input type="checkbox"/>; outro <input type="checkbox"/> (Qual? _____). Este granito é semelhante ao anterior? Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>.</p>	

Figura 2 (Continuação) – Guia de campo para aula de campo virtual na Serra da Lousã.

GEOLOGIA DA SERRA DA LOUSÃ

A Serra da Lousã corresponde a um horst, de orientação geral NE-SW, limitada a NW pela falha Lousã-Seia. O soerguimento da Serra da Lousã está relacionado com a tectónica compressiva alpina que reativou, no Miocénico Superior, a falha cretácica Lousã-Seia em movimento inverso. Este acidente tectónico corresponde a uma das falhas de gravidade (ou normal) que se formaram devido à movimentação das falhas transcorrentes que definiram a movimentação de rotação da Península Ibérica aquando da abertura do Golfo da Biscaia e a separação da Península Ibérica da Bretanha, no Cretácico. A Serra da Lousã e o desligamento Porto – Coimbra – Tomar delimitam a bacia da Lousã, que foi preenchida por depósitos de origem continental (figura 1). A sedimentação inicia-se no Cretácico Superior e corresponde a sequências areno-conglomeráticas, arcósicas, por vezes com clastos de quartzo, quartzitos e filitos. No Quaternário, a sedimentação corresponde a níveis de terraços fluviais e a depósitos de vertente.



Figura 1 – Carta geológica simplificada da região Coimbra-Lousã (adaptado da Carta Geológica de Portugal, escala 1: 500 000, folha Norte, 1992).

A Serra da Lousã é constituída por metassedimentos pertencentes ao Grupo das Beiras (Precâmbrico Superior), cujo metamorfismo regional não ultrapassa a zona da clorite da fácies dos xistos verdes. Estudos geológicos permitiram individualizar duas unidades litostratigráficas com características que sugerem uma paleogeografia

Figura 3 – Exercícios de consolidação e/ou avaliação de conhecimentos.

deposicional em zona próxima de talude continental. A primeira unidade é essencialmente constituída por metagrauvaques, que formam bancadas espessas, intercaladas por bancadas de filitos de espessura reduzida. A segunda unidade é fundamentalmente metapelítica, constituída por filitos cinzentos-escuros, laminados. Os metassedimentos do Grupo das Beiras são atravessados por filões de doleritos e riolitos, geralmente de orientação NW-SE.

Na área em estudo assinalam-se alguns corpos graníticos que intruem o Grupo das Beiras e de que são exemplos os granitos de Coentral e de Vila Nova. O Granito de Coentral apresenta uma forma elíptica, alongado segundo a direção N-S e impõe uma auréola de metamorfismo de contacto (figura 2) constituída por xistos mosqueados, com porfiroblastos de cordierite e andaluzite, e corneanas.

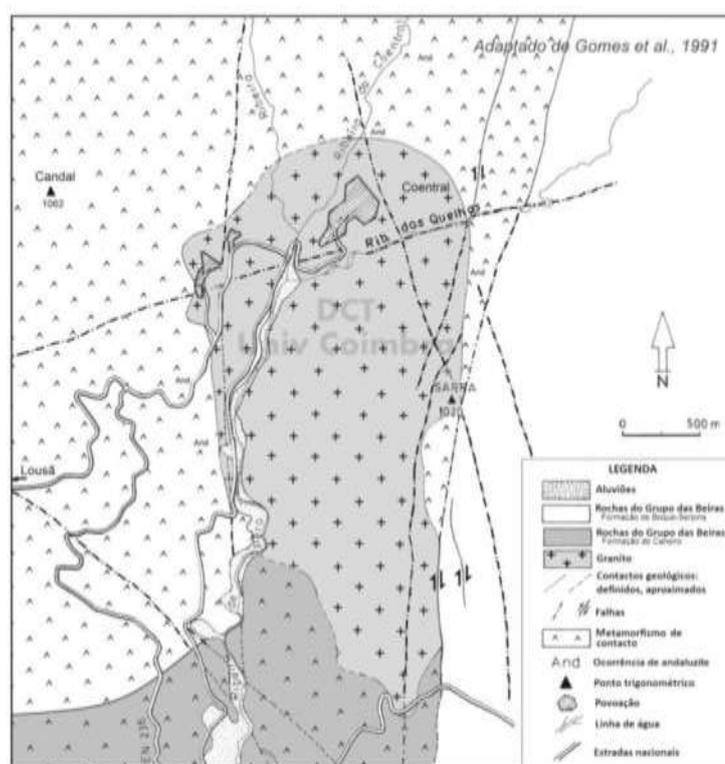


Figura 2 – Carta geológica simplificada da região de Coentral (adaptado de Gomes et al., 1991).

A Este, o granito encontra-se limitado por um sistema de falhas norteadas, com movimentação direita e descida do bloco Este, que decepa o conjunto metamorfizado e reduz a auréola a uma faixa entre falhas, com cerca de 30 m de largura. Corresponde a um granito de duas micas (moscovite e biotite), leucocrata, com

Figura 3 (Continuação) – Exercícios de consolidação e/ou avaliação de conhecimentos.

megacristais de feldspato potássico (microclina), numa matriz granular de grão médio a fino. Apresenta ainda plagioclase como mineral principal. Como minerais secundários exibe clorite, epidoto, esfena e rútilo. A composição da plagioclase varia de albite a oligoclase. Foram identificadas duas gerações de biotite: a biotite I, primária, substituída por clorite, e a biotite II, metamórfica/metassomática, que aparece relativamente fresca nas amostras mais alteradas.

A implantação do granito terá tido lugar no Neoproterozoico Superior (ca. 540 Ma) e está relacionada com a fase final da orogenia cadomiana, que antecedeu a formação do continente Gondwana. O estudo dos xistos mosqueados sugere que o metamorfismo de contacto precedeu a deformação imposta pela Orogenia Hercínica (relacionada com a colisão continental durante o Devónico Médio-Carbónico Superior, que precedeu a formação da Pangeia). Os reajustamentos metamórficos/metassomáticos terão ocorrido durante a 1ª fase desta orogenia.

O quadro 1 apresenta as idades absolutas, obtidas pelo método radiométrico K-Ar, em concentrados de moscovite (M) e de biotite (B) do granito do Coentral (Gomes et al., 1991).

Quadro 1 - Idades absolutas, obtidas pelo método radiométrico K-Ar, em concentrados de moscovite (M) e de biotite (B) do granito (Gomes et al., 1991).

Amostra	Idade em Ma
CO-31M	523 ± 9
CO-33B	372 ± 7
CO-57M	506 ± 13
CO-68M	555 ± 10
CO-71M	536 ± 10
CO-74B	341 ± 6

A Norte e a Sul da Serra da Lousã encontram-se sedimentos paleozoicos (Ordovícico-Silúrico) (figura 1), pertencentes ao sinclinal de Buçaco-Penedos de Góis, que assentam em discordância angular sobre os metassedimentos do Grupo das Beiras. A formação mais antiga corresponde aos quartzitos da Formação do Quartzito Armoricano. Esta formação apresenta alguns fósseis e icnofósseis, nomeadamente *Cruzianas* e *Scolithus*. Os sedimentos paleozoicos foram afetados por metamorfismo regional hercínico de baixo grau.

Figura 3 (Continuação) – Exercícios de consolidação e/ou avaliação de conhecimentos.

QUESTÕES

Na resposta a cada um dos itens 1 a 9, selecione a única opção que permite obter uma afirmação correta.

1. O acidente tectónico Lousã-Seia corresponde a...

- (A) uma falha normal, atualmente associada a um regime distensivo.
- (B) uma falha normal, atualmente associada a um regime compressivo.
- (C) uma falha inversa, atualmente associada a um regime distensivo.
- (D) uma falha inversa, atualmente associada a um regime compressivo.

Critério de Correção: Opção (D)

2. O riolito corresponde a uma rocha magmática...

- (A) extrusiva, com elevada percentagem de sílica.
- (B) intrusiva, com elevada percentagem de sílica.
- (C) extrusiva, com baixa percentagem de sílica.
- (D) intrusiva, com baixa percentagem de sílica.

Critério de Correção: Opção (A)

3. No sinclinal de Buçaco-Penedos de Góis, a Formação de Quartzito Armoricano, em relação à série estratificada, situa-se...

- (A) no interior, com a concavidade das dobras voltada para baixo.
- (B) no exterior, com a concavidade das dobras voltada para baixo.
- (C) no exterior, com a concavidade das dobras voltada para cima.
- (D) no interior, com a concavidade das dobras voltada para cima.

Critério de Correção: Opção (D)

4. Os valores da idade absoluta do granito para as amostras CO-68M e CO-74B correspondem ao momento em que, respetivamente...

- (A) o magma se formou e o granito sofreu metamorfismo.
- (B) o magma arrefeceu e o granito sofreu metamorfismo.
- (C) o magma arrefeceu e o granito sofreu alteração.
- (D) o magma se formou e o granito sofreu alteração.

Critério de Correção: Opção (B)

Figura 3 (Continuação) – Exercícios de consolidação e/ou avaliação de conhecimentos.

5. Sabendo que o tempo de meia-vida do isótopo ^{40}K é 1250 Ma ($T_{1/2}$), a análise da amostra CO-31M pelo método K-Ar permite afirmar que...

- (A) a quantidade de isótopos-pai é inferior ao de isótopos-filho, uma vez que desde a formação da moscovite passou aproximadamente $0,4 T_{1/2}$.
- (B) a quantidade de isótopos-pai é superior ao de isótopos-filho, uma vez que desde a formação da moscovite passou aproximadamente $0,6 T_{1/2}$.
- (C) a quantidade de isótopos-pai é inferior ao de isótopos-filho, uma vez que desde a formação da moscovite passou aproximadamente $0,6 T_{1/2}$.
- (D) a quantidade de isótopos-pai é superior ao de isótopos-filho, uma vez que desde a formação da moscovite passou aproximadamente $0,4 T_{1/2}$.

Critério de Correção: Opção (D)

6. Os metagrauwaques e os metapelitos do Grupo das Beiras correspondem a sedimentos depositados numa...

- (A) zona de declive muito acentuado, situada no bordo da crosta continental submersa, que foram posteriormente sujeitos a metamorfismo regional de alto grau.
- (B) zona de declive muito acentuado situada no bordo da crosta continental submersa, posteriormente sujeitos a metamorfismo regional de baixo grau.
- (C) zona de declive suave, situada no bordo da crosta continental submersa, que foram posteriormente sujeitos a metamorfismo regional de alto grau.
- (D) zona de declive suave, situada no bordo da crosta continental submersa, posteriormente sujeitos a metamorfismo regional de baixo grau.

Critério de Correção: Opção (B)

7. A andaluzite é um mineral...

- (A) polimorfo da silimanite, que ocorre em condições de baixa pressão e temperatura variada.
- (B) polimorfo da aragonite, que ocorre em condições de baixa alta e temperatura variada.
- (C) polimorfo da silimanite, que ocorre em condições de alta pressão e temperatura variada.
- (D) polimorfo da aragonite, que ocorre em condições de baixa pressão e temperatura variada.

Critério de Correção: Opção (A)

Figura 3 (Continuação) – Exercícios de consolidação e/ou avaliação de conhecimentos.

8. As unidades do Grupo das Beiras constituem, da base para o topo, uma sequência de granulometria...

- (A) crescente, constituída por sedimentos grosseiros.
- (B) decrescente, constituída por sedimentos grosseiros.
- (C) decrescente, constituída por sedimentos finos.
- (D) crescente, constituída por sedimentos finos.

Critério de Correção: Opção (C)

9. O metamorfismo regional corresponde a um conjunto de processos geológicos que atuam no interior da crosta...

- (A) sobre rochas no estado líquido, por ação de temperaturas mais elevadas do que aquelas a que o protólito esteve sujeito.
- (B) sobre rochas no estado líquido, por ação de pressões e temperaturas diferentes daquelas a que o protólito esteve sujeito.
- (C) sobre rochas no estado sólido, por ação de temperaturas mais elevadas do que aquelas a que o protólito esteve sujeito.
- (D) sobre rochas no estado sólido, por ação de pressões e temperaturas diferentes daquelas a que o protólito esteve sujeito.

Critério de Correção: Opção (D)

10. Faça corresponder a cada uma das descrições de rochas da coluna A, a respetiva designação, que consta da coluna B. Utilize cada letra e cada número apenas uma vez.

Coluna A	Coluna B
(a) Rocha sedimentar detrítica, consolidada, constituída por mais de 50% de balastros arredondados.	(1) Argilito
(b) Rocha metamórfica, de granularidade fina e muito dura, formada no contacto de uma intrusão magmática.	(2) Corneana
(c) Rocha metamórfica constituída essencialmente por grãos de quartzo provenientes de uma rocha sedimentar.	(3) Conglomerado
(d) Rocha de metamorfismo regional de baixo grau, com grão mais desenvolvido que a ardósia.	(4) Quartzito
(e) Rocha sedimentar detrítica, não consolidada, de granulometria inferior a 0.004 mm.	(5) Siltito
	(6) Filito
	(7) Argila
	(8) Arenito

Critério de Correção: a – 3; b – 2; c – 4; d – 6; e – 7.

Figura 3 (Continuação) – Exercícios de consolidação e/ou avaliação de conhecimentos.

11. Ordene as letras de A a E, de modo a reconstituir a formação dos metassedimentos mosqueados.

- (A) Recristalização da matriz das rochas por ação do calor e de fluidos.
- (B) Transformação dos sedimentos por ação da pressão não litostática.
- (C) Deposição de sedimentos em ambiente próximo do talude continental.
- (D) Instalação do magma nos metassedimentos.
- (E) Alteração das rochas emersas do cratão.

Critério de Correção: E – C – B – D – A.

12. Indique a origem provável dos sedimentos da bacia da Lousã.

Crítérios de Correção:

Erosão das rochas do Precâmbrico e do Ordovícico.

13. Explique por que razão a auréola de metamorfismo de contacto se estende preferencialmente para Oeste do Granito de Coentral.

Crítérios de Correção:

- 1) Existência de uma falha a Este do granito de Coentral de orientação N-S.
- 2) Esta falha corta a auréola de metamorfismo e restringe-a a Oeste do Granito de Coentral.

14. Explique o traçado aproximadamente E-W da Ribeira das Quelhas perto da confluência com a Ribeira de Pera.

Crítérios de Correção:

- 1) A Ribeira das Quelhas, no sector terminal, segue o traçado de uma falha de orientação W-E.
- 2) A movimentação ao longo do plano de falha origina material rochoso esmagado que facilita a instalação de uma linha de água.

Figura 3 (Continuação) – Exercícios de consolidação e/ou avaliação de conhecimentos

15. Estudos geoquímicos do Granito de Coentral sugerem um ambiente tectónico de arco insular vulcânico. A partir do ambiente geodinâmico, explique como se formou o Granito de Coentral.

Critérios de Correção:

- 1) Num arco vulcânico, a placa oceânica mais densa mergulha sob a placa oceânica menos densa.
- 2) O aumento da pressão e da temperatura, aliado à presença de fluidos nos sedimentos da placa subductada, leva à fusão destes e das rochas da placa sobrejacente.
- 3) O magma ascende ao longo da crosta, arrefece e cristaliza, formando-se o granito.

Figura 3 (Continuação) – Exercícios de consolidação e/ou avaliação de conhecimentos.

COTAÇÕES

1.	5
2.	5
3.	5
4.	5
5.	5
6.	5
7.	5
8.	5
9.	5
10.	10
11.	5
12.	5
13.	10
14.	10
15.	15

100 pontos

GLOSSÁRIO

Clorite – Grupo de minerais filossilicatos, de coloração verde.

Cloritização – Transformação de alguns minerais em clorite.

Dolerito – rocha básica, essencialmente constituída por piroxenas e plagioclase cálcica.
Equivalente microgranular do gabro e do basalto.

Falha transcorrente – falha de desligamento horizontal.

Megacristal – cristal que teve condições para crescer no magma e, por isso, sobressai da massa granular da respetiva rocha.

Metagrauvaque – rocha de origem sedimentar ligeiramente metamorfizada. Corresponde a um arenito, imaturo e coeso, cuja génese está associada às correntes turbidíticas.

Metassedimento – rocha sedimentar afetada por metamorfismo de grau baixo, que não apaga as características originais.

Metassomatismo – substituição de um mineral por outro. Acontece quer na diagénese, quer no metamorfismo.

Microclinização – processo metassomático que conduz ao enriquecimento de uma rocha em microclina, um feldspato potássico com a mesma composição química da ortoclase, mas diferente estrutura cristalina.

Mineral secundário – mineral que substitui os minerais primários da rocha. Nas rochas magmáticas, o mineral secundário não cristaliza a partir do magma mas substitui, no estado sólido, os minerais primários ou magmáticos.

Pelito – rocha sedimentar detrítica, de grão fino, silto-argiloso.

Xenólito – fragmento de rocha encaixante no seio da rocha magmática.

Figura 3 (Continuação) – Exercícios de consolidação e/ou avaliação de conhecimentos.

REFERÊNCIAS

- Carvalho, A. M. G. (2011). Dicionário de Geologia. Lisboa: âncora Editora.
- Gomes, E. M. C., Gama-Pereira, L. C., & Macedo, C. A. R. (1991). O Plutonito do Coentral: idade K-Ar e consequências geotectónicas. *Memórias e Notícias*, Publ. Mus. Lab. Min. Geol. Univ. de Coimbra, 112, 171-183.
- Gama-Pereira, L. C. (2008). A região da Figueira da Foz no contexto da Cadeia Central Ibérica. Notas para a sua compreensão. In F. Lopes, & P. Callapez (Coord.). *Por Terras da Figueira* (pp. 29-34). Figueira da Foz: Kiwanis Clube da Figueira da Foz
- Pereira, M. F., Linnemann, U., Hofmann, M., Chichorro, M., Solá, A. R., Medina, J. & Silva, J. B. (2012). The provenance of Late Ediacaran and Early Ordovician siliciclastic rocks in the Southwest Central Iberian Zone: Constraints from detrital zircon data on northern Gondwana margin evolution during the late Neoproterozoic. *Precambrian Research*, 192, 166-189. doi: 10.1016/j.precamres.2011.10.019
- Ribeiro, A., Antunes, M. T., Ferreira, M. P., Rocha, R. B., Soares, A. F., Zbyszewski, G., Almeida, F. M., Carvalho, D., & Monteiro, J. (1979). *Introduction à la géologie générale du Portugal*. Lisboa: Serviços Geológicos de Portugal.
- Sequeira, A. J. D., & Sousa, M. B. (1991). O Grupo das Beiras (Complexo Xisto-Grauváquico) da região de Coimbra-Lousã. *Memórias e Notícias*, Publ. Mus. Lab. Min. Geol. Univ. de Coimbra, 12, 1-13.
- Soares, A. F., Marques, J. F., & Sequeira, A. J. D. (2007). *Notícia Explicativa da Folha 19-D, Coimbra-Lousã*. Lisboa: Ministério da Economia e da Inovação, Instituto Nacional de Engenharia, Tecnologia e Inovação, Departamento de Geologia.

Figura 3 (Continuação) – Exercícios de consolidação e/ou avaliação de conhecimentos.

Aula de campo: Viagem através das rochas da Serra da Lousã

Caro professor

No âmbito do doutoramento em Geologia (Pré-Bolonha), Especialização em História e Metodologia das Ciências Geológicas, foram desenvolvidos materiais didáticos para uma aula de campo/aula de campo virtual na Serra da Lousã, para o ensino Geologia no 11º ano. Estes materiais estão relacionados, de forma não exclusiva, com conteúdos no âmbito do magmatismo e metamorfismo.

Solicitávamos que desse a sua opinião sobre esses materiais didáticos, designadamente o vídeo de preparação, o guia de campo e os exercícios de consolidação, que podem ser consultados no endereço eletrónico <<https://sites.google.com/site/louzanrocks/>>.

Obrigada pela sua participação.

Informação

1. Género Masculino Feminino
2. Anos de serviço _____
3. Concelho da Escola _____

Avaliação

1. Dê a sua opinião sobre os materiais didáticos desenvolvidos.

No sentido de facilitar a reflexão, sugerimos os seguintes itens de abordagem: pontos fortes, pontos menos fortes, interesse dos materiais didático para o ensino de conteúdos de geologia, sugestões, outros.

2. Consideraria utilizar estes materiais nas aulas de Geologia do 11º ano? *

Sim

Não

3. Justifique, por favor, a sua escolha.

Figura 4 – Questionário de avaliação da atividade aula de campo – professores do ensino secundário.

B. ROTEIRO PARA O ENSINO DOS RECURSOS GEOLÓGICOS NA ALTA DE COIMBRA, PORTUGAL

Observa as rochas que foram utilizadas na construção dos monumentos visitados.

Regista, por escrito, o que observas e as conclusões a que chegas.

Regista os aspetos históricos e arquitetónicos mais importantes dos monumentos.

**RESPEITA OS OUTROS E RESPEITA OS MONUMENTOS HISTÓRICOS!
NÃO DEITES LIXO PARA O CHÃO**

ALGUMAS QUESTÕES PARA REFLECTIRES

- 1) Analisa a proveniência das rochas utilizadas na construção dos monumentos.
- 2) Apresenta uma razão para a utilização de calcários de proveniências diferentes, ao longo do tempo.
- 3) Explica por que razão não se encontra granito nos monumentos antigos de Coimbra.
- 4) Apresenta uma explicação para o facto de alguns tipos de rochas, utilizados na construção dos monumentos, se encontrarem alteradas.
 1. Escreve a equação química dessa alteração.
 2. Planeia e realiza uma atividade experimental onde analises o problema de alteração dos diferentes calcários utilizados na construção dos monumentos.
- 5) Reflete sobre a importância do restauro dos monumentos.
- 6) Explica por que as rochas sedimentares detríticas, abundantes em Coimbra, não foram usadas na construção dos monumentos.
- 7) Analisa a possibilidade de todos os tipos de calcários poderem ser usados como pedra ornamental de exterior.

**Da Geologia à História,
através das rochas!**



Roteiro elaborado por Ana Rola e Celeste Gomes

Nome do aluno: _____

Figura 5 – Roteiro para o ensino dos recursos geológicos (versão final).

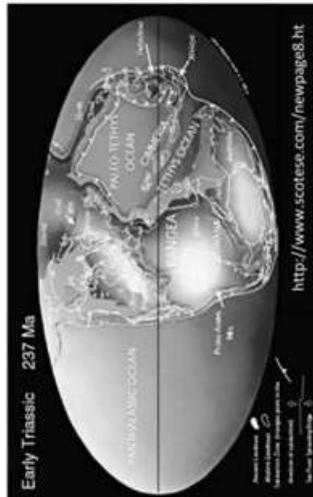
<p>Dirige-te à Sé Nova.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. A cor das rochas que predomina é _____ 2. O edifício foi construído com: calcários <input type="checkbox"/>; calcários dolomíticos <input type="checkbox"/>. 3. O monumento foi recentemente restaurado. 3.1. O material usado no restauro é igual ao original? Sim <input type="checkbox"/>; Não <input type="checkbox"/>. 3.2. O grão do material usado é: muito fino <input type="checkbox"/>; médio <input type="checkbox"/>. 	<p>4ª PARAGEM: PÁTIO DA UNIVERSIDADE</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Observa a porta férrea. Data do ano _____ (a) e um _____ (b). 2. Quem vigia, imóvel, este pátio? _____ 3. Observa as rochas usadas na construção da reitoria. 3.1. As rochas usadas na construção foram: Calcários <input type="checkbox"/>; calcários dolomíticos <input type="checkbox"/>. 3.2. Qual o grau de alteração? Alto <input type="checkbox"/>; médio <input type="checkbox"/>; baixo <input type="checkbox"/>. 3.3. Apresenta uma explicação para essa alteração. 
<p>1ª PARAGEM: FORMAÇÃO DE CASTELO VIEGAS E ARCO DE S. SEBASTIÃO (AQUEDUTO)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Faz um esquema das rochas aflorantes na <u>base</u> do aqueduto. 2. O grão das rochas sedimentares é: muito fino a fino <input type="checkbox"/>; médio a grosseiro <input type="checkbox"/>. 3. A cor das rochas que predomina é _____ 4. O afloramento é constituído por: calcários <input type="checkbox"/>; arenitos <input type="checkbox"/>; conglomerados <input type="checkbox"/>. 5. As rochas do afloramento formam camadas: horizontais <input type="checkbox"/>; inclinadas <input type="checkbox"/>. 6. O monumento foi construído com rochas do afloramento? Sim <input type="checkbox"/>; Não <input type="checkbox"/>. 7. A função do aqueduto era: transporte de água <input type="checkbox"/>; transporte de bens e pessoas <input type="checkbox"/>. 8. Apresenta uma explicação para a falta da coroa no escudo de Portugal, que se encontra no Arco de S. Sebastião. 	<p>2ª PARAGEM: FORMAÇÃO DE COIMBRA</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. O afloramento é constituído por: arenitos <input type="checkbox"/>; calcários <input type="checkbox"/>; calcários dolomíticos <input type="checkbox"/>. 2. A cor das rochas que predomina é _____ 3. As rochas do afloramento formam camadas: horizontais <input type="checkbox"/>; inclinadas <input type="checkbox"/>. 4. Consegues encontrar algum fóssil? Sim <input type="checkbox"/> Qual? _____; Não <input type="checkbox"/>. 5. Consegues encontrar algum mineral? Sim <input type="checkbox"/> Qual? _____; Não <input type="checkbox"/>.
<p>Dirige-te à porta Especiosa.</p> <ol style="list-style-type: none"> 4.1. Esta fachada é contemporânea do restante edifício? Sim <input type="checkbox"/>; Não <input type="checkbox"/>. 4.2. As rochas usadas na construção foram: Calcários <input type="checkbox"/>; calcários dolomíticos <input type="checkbox"/>. 4.3. Qual o grau de alteração das rochas? Alto <input type="checkbox"/>; médio <input type="checkbox"/>; baixo <input type="checkbox"/>. 4.4. A fachada foi construída com as rochas que afloram em Coimbra? Sim <input type="checkbox"/>; Não <input type="checkbox"/>. 	<p>5ª PARAGEM: SÉ VELHA</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. As rochas usadas na construção foram: Calcários <input type="checkbox"/>; calcários dolomíticos <input type="checkbox"/>. 2. Qual o grau de alteração? Alto <input type="checkbox"/>; médio <input type="checkbox"/>; baixo <input type="checkbox"/>. 3. Apresenta uma explicação para a diferença de alteração que se observa nas rochas usadas na construção. 
<p>Reflete, com o teu professor, sobre a utilização dos recursos geológicos, ontem e hoje</p>	

Figura 5 (Continuação) – Roteiro para o ensino dos recursos geológicos (versão final).

INFORMAÇÃO GEOLÓGICA

Uma grande parte da cidade de Coimbra foi construída sobre unidades sedimentares que datam do Triássico Superior e do Jurássico Inferior. Algumas destas unidades formaram-se há mais de 200 milhões de anos. Estas rochas testemunham a passagem de ambientes continentais a marinhos e representam o início da grande transgressão que marca o começo do Jurássico português, como resultado da fragmentação da Pangeia. Apresentam-se em estratos ou camadas inclinados. Na base do Aqueduto de S. Sebastião encontra-se uma sucessão de rochas detríticas, desde conglomerados a siltitos e argilitos, atribuída ao Triássico Superior. Na base do edifício do antigo hospital da Universidade de Coimbra podem observar rochas carbonatadas de cor amarelada. São calcários dolomíticos do Jurássico Inferior que pertencem à Formação de Coimbra.

Algumas das rochas, sobre as quais foi construída a cidade de Coimbra, foram utilizadas na construção de monumentos como a Sé Velha e os Arcos do Jardim, nos séculos XII e XIII e no século XVI, respectivamente, bem como na construção dos muros do Jardim Botânico, no século XIX.



INFORMAÇÃO HISTÓRICA

AQUEDUTO DE S. SEBASTIÃO

Mandado construir em 1570, por D. Sebastião, para levar a água da Alta da cidade até à colina onde, mais tarde, se iria erguer o Convento de Santa Ana. Estende-se por 1 km, atinge 13 m, no ponto mais alto, e segue o traçado de um antigo aqueduto romano. Apresenta um arco de honra, rematado por uma cornija, com o escudo de Portugal, encimado por um pálio, com as imagens de S. Sebastião e S. Roque.

COLÉGIO DE JESUS E SÉ NOVA

Mandado construir por D. João III, em 1547, com a Reforma do Ensino Universitário, o **Colégio de Jesus** foi alterado, em 1560, para receber a Companhia de Jesus e novamente na 2ª metade do séc. XVIII, com a reforma pombalina. A construção da **igreja do Colégio de Jesus** iniciou-se em 1598 e o culto em 1640. Com a expulsão dos jesuítas (1759), por ordem do Marquês de Pombal, a sede episcopal foi transferida da Sé Velha para a igreja jesuíta (1772). A parte inferior da fachada é do estilo maneirista, com 4 estátuas de santos jesuítas. Na parte superior, do estilo barroco (séc. XVIII), destacam-se as armas da nação e 2 santos com o dobro do tamanho natural (S. Pedro e S. Paulo), para harmonizar as diferenças de largura entre as partes superior e inferior.

PÁTIO DA UNIVERSIDADE

Fundada em Lisboa em 1290, a Universidade foi definitivamente transferida para Coimbra em 1537. O Paço Real (Faculdade de Direito e a Reitoria) foi adquirido em 1597, no reinado de Felipe I de Portugal. A Sala dos Capelos corresponde à antiga sala do trono, de meados do séc. XVII. A Capela de S. Miguel, com fachada do estilo manuelino, foi construída entre 1517 e 1522. A Biblioteca Joanina data de 1717, do reinado de D. João V, e pertence ao estilo barroco, tal como a Torre da Cabra, erigida entre 1728 e 1733. A Via Latina é uma colunata neoclássica, do séc. XVIII, com um conjunto escultórico ao qual se juntou o busto de D. José I e duas figuras alegóricas. A Porta Férrea data de 1634 e pertence ao estilo maneirista.

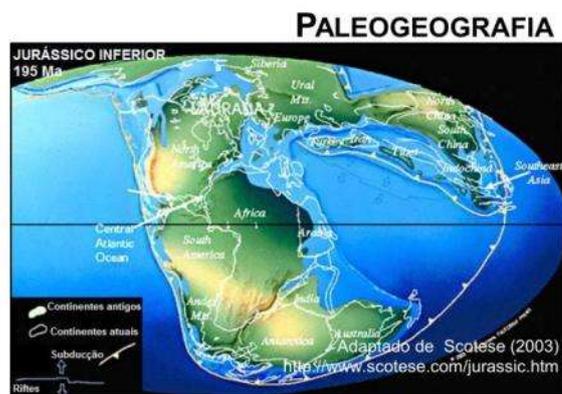
SÉ VELHA

Edificação do estilo românico, cuja construção durou desde a década de 60, do séc. XII até à 1ª metade do séc. XIII. Os capitéis são decorados com temas vegetais e animalistas. A fachada principal assemelha-se a uma fortaleza, com um corpo central avançado e duas torres, com ameias. O claustro é do estilo gótico (1218). Nos séculos seguintes, o edifício foi sujeito a remodelações. As obras prosseguiram pelo Renascimento, com destaque para a ação do arquiteto João de Ruão, a quem se deve, entre outras obras, a Porta Especiosa. Esta é composta de um arco triunfal de três andares, com o tímpano decorado com um baixo-relevo com Virgem e o Menino. O interior do templo mantém a sua feição original.

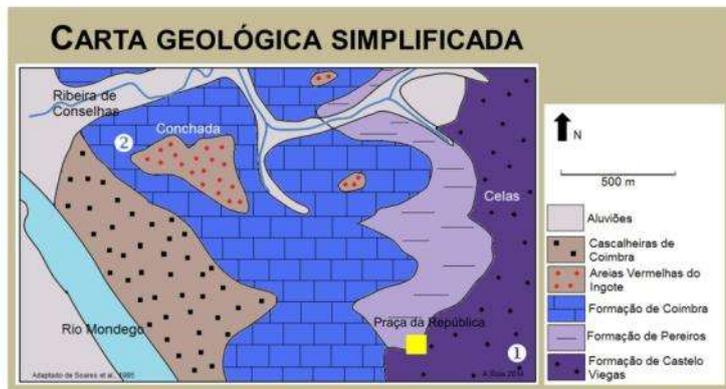
Fonte Histórica: Consultado no sítio do IPPAR, em 25 de Junho de 2009.

Figura 5 (Continuação) – Roteiro para o ensino dos recursos geológicos (versão final).

Geologia de Coimbra



A cidade foi edificada sobre formações sedimentares, relacionadas com a fragmentação da Pangeia e a abertura do Atlântico Norte, durante o Mesozoico e que marcam a transição da deposição continental para a deposição marinha.



Dolomitos e dolomitos calcários



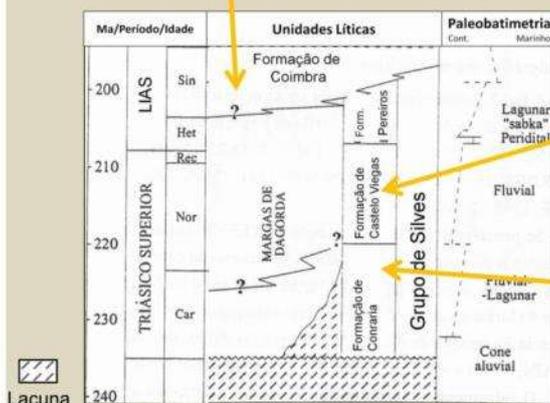
EVOLUÇÃO MEGASSEQUENCIAL



Conglomerados de cor amarelada



Conglomerados de cor vermelha. Base do Mesozoico em Portugal



Referências

Soares, A. & Gomes, C. (1997). A Geologia do Baixo Mondego (Organização do Mesozoico). Livro de Actas do Seminário "O Baixo Mondego – Organização Geossistémica e Recursos Naturais", 06-20.
Soares, A., Marques, J., & Rocha, R. (1985). Contribuição para o conhecimento geológico de Coimbra. *Memórias e Notícias*, Publ. Mus. Lab. Min. Geol. Univ. de Coimbra, 100, 41-71.

Ana Rola & Celeste R. Gomes
2014

Figura 6 – Póster sobre a geologia de Coimbra.

Da Geologia à História através das rochas!
Preparação da aula de campo
6 de Abril de 2011

Disciplinas envolvidas
Ciências Naturais
História
Ciências Físico-Químicas
Matemática
Língua Portuguesa

Objetivos da aula de campo

- a) Identificar os recursos geológicos, utilizados na construção dos monumentos
- b) Comparar materiais geológicos com a geologia e com o desenvolvimento histórico e tecnológico da sociedade, ao longo do tempo
- c) Analisar os efeitos da poluição atmosférica nos monumentos históricos

Horas importantes

- Partida: 10h20
- Almoço: 13h00
- Chegada
Saímos de Coimbra às 17h30
Chegada prevista entre as 18h15 e as 18h30

Material necessário

- Calçado confortável
- Almoço e lanche para a tarde
- Caneta e bloco de notas
- Máquina fotográfica (uma por cada três alunos)

Percurso

Saída junto ao Jardim Botânico da Universidade de Coimbra

12h00: Museu da Ciência. Exposição Luz e Cor; Gabinete de Física

13h00: Almoço no Jardim Botânico

14h00: **Aula de campo**
"Da Geologia à História, através das rochas"

16h00: Monumento Miguel Torga

16h30: Exploratório Infante D. Henrique

Figura 7 – Apresentação para a aula de preparação.

Tarefas para a aula de campo

Observação e caracterização das rochas em afloramento e dos materiais geológicos utilizados na construção dos monumentos.

Registo, em suporte fotográfico, dos aspetos mais importantes dos afloramentos e dos monumentos, com escala e orientação.

Paragens



5 Paragens: 4 monumentos, 2 afloramentos.

Monumentos



Sé Velha



Aqueduto



Pátio da Universidade



Sé Nova

Recomendações

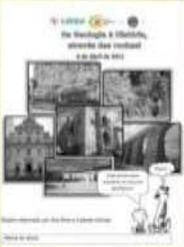
Observa as rochas que foram utilizadas na construção dos monumentos visitados

Regista, por escrito, o que observas e as conclusões a que chegas.

Regista os aspetos históricos e arquitectónicos mais importantes dos monumentos

RESPEITA OS OUTROS E RESPEITA OS MONUMENTOS HISTÓRICOS!

NÃO DEITES LIXO PARA O CHÃO!



Boa aula de campo

Figura 7 (Continuação) – Apresentação para a aula de preparação.

Da Geologia à História através das rochas!

Resumo e reflexão da aula de campo

6 de Abril de 2011

1ª PARAGEM: FORMAÇÃO DE CASTELOVIEGAS E AQUEDUTO DE S. SEBASTIÃO

1. Faz um esquema das rochas na base do aqueduto.
2. O grão das rochas sedimentares é **médio a grosseiro**.
3. A cor das rochas que predomina é **amarelada**.
4. O afloramento é constituído por: **arenitos e conglomerados**.
5. As rochas do afloramento formam camadas **inclinadas**.
6. O monumento foi construído com rochas do afloramento? **Não**.
7. A função do aqueduto era: **transporte de água**.
8. Apresenta uma explicação para a falta da coroa no escudo de Portugal, que se encontra no Arco de S. Sebastião. **Foi retirada após a implantação da República em 1910.**

Aqueduto de S. Sebastião

1ª PARAGEM

Formação de Castelo Viegas

2ª PARAGEM: FORMAÇÃO DE COIMBRA

1. O afloramento é constituído por: **calcários dolomíticos**.
2. A cor das rochas que predomina é o **amarelado**.
3. As rochas do afloramento formam camadas **inclinadas**.
4. Consegues encontrar algum fóssil? **Não**.
5. Consegues encontrar algum mineral? **Sim**.

Formação de Coimbra

Calcareo

3ª PARAGEM: COLÉGIO DE JESUS E SÉ NOVA

Observa o Colégio de Jesus, construído aquando da reforma do **Ensino Superior**. Na fachada principal, as varandas em ferro apresentam a face de um estadista português do séc. XVIII, o **Marquês de Pombal**.

1. Este edifício foi construído com as rochas que afloram em Coimbra? **Não**.

Dirige-te à Sé Nova.

1. A cor das rochas que predomina é **clara**.
2. O edifício foi construído com: **calcários**.
3. O monumento foi recentemente restaurado.
- 3.1. O material usado no restauro é igual ao original? **Não**.
- 3.2. O grão do material usado no restauro é: **médio**.

Figura 8 – Apresentação para a aula de resumo.



4ª PARAGEM: PÁTIO DA UNIVERSIDADE

1. Observa a porta férrea. Data do ano **1634** e e um dos materiais geológicos usados na sua construção terá sido **o ferro**.
2. Quem vigia, imóvel, este pátio? **D. João V**.
3. Observa as rochas usadas na construção da reitoria.
 - 3.1. As rochas usadas na construção foram: **Calcários**.
 - 3.2. Qual o grau de alteração? **Médio a alto**.
 - 3.3. Apresenta uma explicação para essa alteração.
Chuva ácida provocada pelos automóveis e fábrica. Alteração natural provocada pelos agentes erosivos.



5ª PARAGEM: SÉ VELHA

1. As rochas usadas na construção foram: **calcários dolomíticos**.
2. Qual o grau de alteração? **Baixo a médio**.
3. Apresenta uma explicação para a diferença de alteração que se observa nas rochas usadas na construção.
Diferenças na sedimentação da rocha; descontinuidades.
4. Este edifício foi construído com as rochas que afloram em Coimbra? **Sim**.
Dirige-te à porta Especiosa.
 - 4.1. Esta fachada é contemporânea do restante edifício? **Não**.
 - 4.2. As rochas usadas na construção foram: **Calcários**.
 - 4.3. Qual o grau de alteração das rochas? **Médio a alto**.
 - 4.4. A fachada foi construída com as rochas que afloram em Coimbra? **Não**.



ALGUMAS QUESTÕES PARA REFLECTIRES

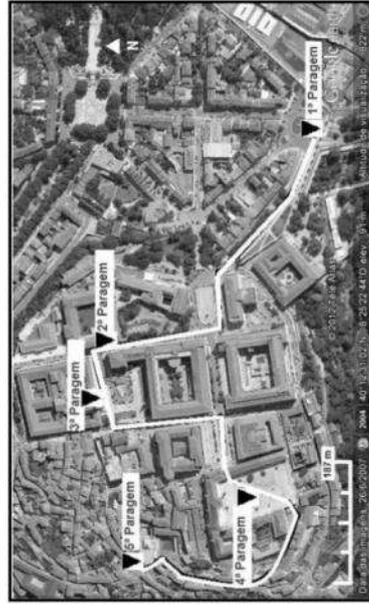
- 1) Analisa a proveniência das rochas utilizadas na construção dos monumentos.
- 2) Apresenta uma razão para a utilização de calcários de proveniências diferentes, ao longo do tempo.
- 3) Explica por que razão não se encontra granito nos monumentos antigos de Coimbra.
- 4) Apresenta uma explicação para o facto de alguns tipos de rochas, utilizados na construção dos monumentos, se encontrarem alteradas.
 1. Escreve a equação química dessa alteração.
 2. Planeta e realiza uma atividade experimental onde analises o problema de alteração dos diferentes calcários utilizados na construção dos monumentos.
- 5) Reflete sobre a importância do restauro dos monumentos.
- 6) Explica por que as rochas sedimentares detríticas, abundantes em Coimbra, não foram usadas na construção dos monumentos.
- 7) Analisa a possibilidade de todos os tipos de calcários poderem ser usados como pedra ornamental de exterior.



Figura 8 (Continuação) – Apresentação para a aula de resumo.

A utilização dos recursos geológicos ao longo da História de Coimbra

ANA ROLA e CELESTE GOMES



5ª PARAGEM: SÉ VELHA

1. As rochas usadas na construção foram: ___ calcários; ___ calcários dolomíticos; ___ grés.
- 1.1. Indique o grau de alteração desse material. ___ Alto; ___ Médio; ___ Baixo.
2. Este edifício foi construído com as rochas que afloram em Coimbra? ___ Sim; ___ Não.
3. **Dirija-se à porta Especiosa.**
- 3.1. Esta fachada é contemporânea do restante edifício? ___ Sim; ___ Não.
- 3.2. As rochas usadas na construção foram: ___ calcários; ___ calcários dolomíticos; ___ grés.
- 3.3. Indique o grau de alteração desse material. ___ Alto; ___ Médio; ___ Baixo.
- 3.4. A fachada foi construída com as rochas que afloram em Coimbra? ___ Sim; ___ Não.
4. Justifique a diferença de alteração que se observa nas rochas usadas na construção deste edifício.

QUESTÕES PARA REFLEXÃO

- A) Analisa a proveniência das rochas utilizadas na construção dos monumentos.
- B) Justifique a utilização de calcários de proveniências diferentes ao longo do tempo.
- C) Explique por que razão não se encontra granito nos monumentos antigos de Coimbra.
- D) Apresente uma explicação para o facto de alguns tipos de rochas, utilizados na construção dos monumentos, se encontrarem alteradas.
 1. Escreva a equação química dessa alteração.
 2. Planeie e realize uma atividade experimental onde analises o problema de alteração dos diferentes calcários utilizados na construção dos monumentos.
 3. Justifique as diferenças de alteração entre os calcários e os calcários dolomíticos.
- E) Reflita sobre a importância do restauro dos monumentos.
- F) Explique por que as rochas sedimentares detríticas, abundantes em Coimbra, não foram usadas na construção na construção dos monumentos.

Referências
 Soares, A., Marques, J. & Rocha, R. (1985). Contribuição para o conhecimento geológico de Coimbra. Memórias e Notícias, Coimbra, 100, 41-71.
 Soares, A., Marques, J. & Sequeira, A. (2007). Notícia Explicativa da Folha 19-D Coimbra-Lousã. Lisboa: Instituto Nacional de Engenharia, Tecnologia e Inovação.

MATERIAIS

- Bússola
- Escala ou régua
- Martelo de geólogo
- Material de escrita

OBJETIVOS

- a) Identificar os recursos geológicos, utilizados na construção dos monumentos;
- b) Comparar materiais geológicos com a geologia e com o desenvolvimento histórico e tecnológico da sociedade, ao longo do tempo.

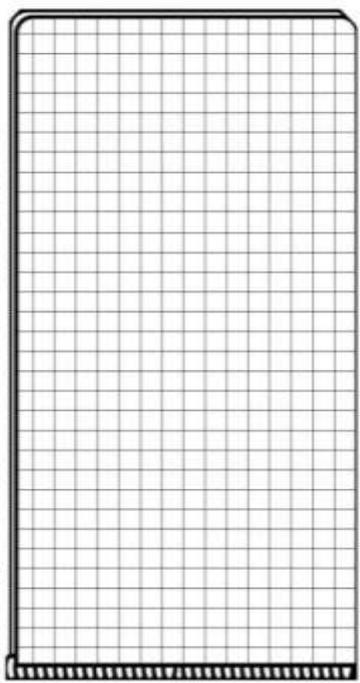
TAREFAS

Observe e caracterize as rochas em afloramento e os materiais geológicos utilizados na construção dos monumentos;
 Registe, em suporte fotográfico, os aspetos mais importantes dos afloramentos e dos monumentos, com escala e orientação.

Figura 9 – Roteiro geológico desenvolvido para o 11º ano.

1ª PARAGEM: FORMAÇÃO DE CASTELO VIEGAS E ARCO DE S. SEBASTIÃO (AQUEDUTO)

1. Faça um esquema das rochas aflorantes na base do aqueduto.



2. Classifique o grão das rochas sedimentares. ___ Muito fino a fino; ___ Fino a médio; ___ Médio a grosseiro.

3. A cor predominante do afloramento é _____.

4. O afloramento é constituído por: ___ calcários; ___ arenitos; ___ conglomerados.

5. Determine as coordenadas geológicas das camadas (inclinação e pendor).

6. Identifique os minerais presentes nas rochas. _____.

7. As rochas, presentes em afloramento, formaram-se em ambiente: ___ continental; ___ transição; ___ marinho.

8. O aqueduto foi construído com rochas do afloramento? ___ Sim; ___ Não.

9. Identifique a rocha utilizada na construção do aqueduto. _____.

10. Apresente uma explicação para a falta da coroa no escudo de Portugal, que se encontra no Arco de S. Sebastião. _____.

2ª PARAGEM: FORMAÇÃO DE COIMBRA (Rua dos Estudos, base do antigo Hospital da Universidade de Coimbra)

1. O afloramento é constituído por: ___ margas; ___ calcários; ___ calcários dolomíticos.

2. A cor predominante do afloramento é _____.

3. As rochas do afloramento formam camadas: ___ horizontais; ___ inclinadas.

4. Identifica algum fóssil? Sim ___ Qual? _____; Não ___.

5. Identifique os minerais presentes nas rochas. _____.

6. As rochas, presentes em afloramento, formaram-se em ambiente: ___ continental; ___ transição; ___ marinho.

3ª PARAGEM: SÉ NOVA

1. A cor predominante das rochas utilizadas na construção do edifício é... _____.

2. O edifício foi construído com: ___ calcários; ___ calcários dolomíticos; ___ grés.

3. O edifício foi construído com rochas que afloram em Coimbra? ___ Sim; ___ Não.

4. O monumento foi recentemente restaurado.

4.1. O material usado no restauro é igual ao original? ___ Sim; ___ Não.

4.2. Identifique o material utilizado no restauro. _____.

4.3. O grão do material usado é: ___ muito fino a fino; ___ médio; ___ grosseiro.

4ª PARAGEM: PÁTIO DA UNIVERSIDADE

1. Observe a porta férrea, datada do ano 1634.

1.1. Indique um material geológico usado na sua construção. _____.

1.2. Proponha uma explicação para a alteração reduzida deste portão. _____.

2. Quem vigia, imóvel, este pátio? _____.

3. Observe os materiais geológicos utilizados na construção da reitoria.

3.1. As rochas usadas foram: ___ calcários; ___ calcários dolomíticos; ___ grés.

3.2. Indique o grau de alteração dessas rochas? ___ Alto; ___ Médio; ___ Baixo.

3.3. Apresente uma explicação para essa alteração. _____.

Figura 9 (Continuação) – Roteiro geológico desenvolvido para o 11º ano.

INFORMAÇÃO GEOLÓGICA E HISTÓRICA

Uma parte da cidade de Coimbra foi edificada sobre unidades sedimentares que datam do Triásico Superior e do Jurássico Inferior (figura 1). Estas rochas testemunham a passagem de ambientes continentais a marinhos e representam o início da grande transgressão que marca o começo do Jurássico português, como resultado da fragmentação da Pangeia (figura 2). Apresentam-se em estratos inclinados. Na base do Aqueduto de S. Sebastião encontram-se uma sucessão de rochas detríticas, desde conglomerados a siltilitos e argilitos, atribuída ao Triásico Superior. Na base do edifício do antigo hospital da Universidade de Coimbra podem observar rochas carbonatadas de cor amarelada. São calcários dolomíticos do Jurássico Inferior que pertencem à Formação de Coimbra.

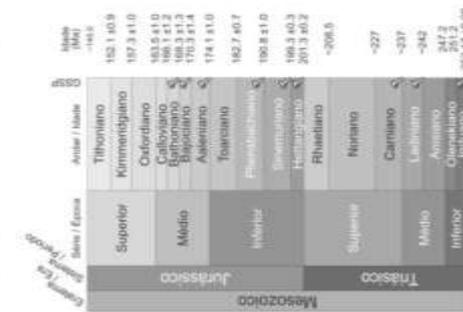


Figura 1 – Excerto da Tabela Cronostratigráfica Internacional, v2013/01 (Cohen et al., 2013).

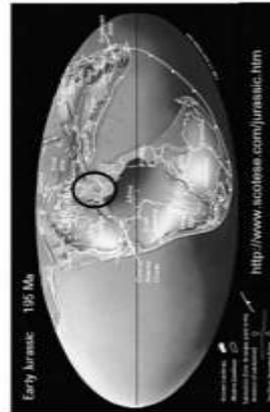


Figura 2 – Reconstituição paleogeográfica do Jurássico Inferior (Scotese, 2003). O círculo assinala a posição da placa ibérica.

AQUEDUTO DE S. SEBASTIÃO

Mandado construir em 1570, por D. Sebastião, para levar a água da Alta da cidade até à colina onde, mais tarde, se iria erguer o Convento de Santa Ana. Estende-se por 1 km, atinge 13 m, no ponto mais alto, e segue o traçado de um antigo aqueduto romano. Apresenta um arco de honra, rematado por uma cornija, com o escudo de Portugal, encimado por um pálio, com as imagens de S. Sebastião e S. Roque.

SÉ NOVA

A construção da igreja do Colégio de Jesus iniciou-se em 1598 e o culto em 1640. Com a expulsão dos jesuítas (1759), por ordem do Marquês de Pombal, a sede episcopal foi transferida da Sé Velha para a igreja jesuíta (1772). A parte inferior da fachada é do estilo maneirista, com 4 estátuas de santos jesuítas. Na parte superior, do estilo barroco (séc. XVIII), destacam-se as armas da nação e 2 santos com o dobro do tamanho natural (S. Pedro e S. Paulo), para harmonizar as diferenças de largura entre as partes superior e inferior.

PÁTIO DA UNIVERSIDADE

Fundada em Lisboa em 1290, a Universidade foi definitivamente transferida para Coimbra em 1537. O Paço Real (Faculdade de Direito e a Reitoria) foi adquirido em 1597, no reinado de Felipe I de Portugal. A Sala dos Capelos corresponde à antiga sala do trono, de meados do séc. XVII. A Capela de S. Miguel, com fachada do estilo manuelino, foi construída entre 1517 e 1522. A Biblioteca Joanina data de 1717, do reinado de D. João V, e pertence ao estilo barroco, tal como a Torre da Cabra, erigida entre 1728 e 1733. A Via Latina é uma colunata neoclássica, do séc. XVIII, com um conjunto escultórico ao qual se juntou o busto de D. José I e duas figuras alegóricas. A Porta Férrea data de 1634 e pertence ao estilo maneirista.

SÉ VELHA

Edificação do estilo românico, cuja construção durou desde a década de 60, do séc. XII até à 1ª metade do séc. XIII. Os capitéis são decorados com temas vegetais e animalistas. A fachada principal assemelha-se a uma fortaleza, com um corpo central avançado e duas torres, com ameias. O claustro é do estilo gótico (1218). Nos séculos seguintes, o edifício foi sujeito a remodelações. As obras prosseguiram pelo Renascimento, com destaque para a ação do arquiteto João de Ruão, a quem se deve, entre outras obras, a Porta Especiosa. Esta é composta de um arco triunfal de três andares, com o tímpano decorado com um baixo-relevo com Virgem e o Menino. O interior do templo mantém a sua feição original.

Fonte Histórica: Consultado no sítio do IPPAR, em 25 de Junho de 2009.
Cohen, K.M, Finney, S.C. e Gibbard, P.L. (2013). Tabela Cronostratigráfica Internacional (v2013/01). International Commission on Stratigraphy (IUGS). Acedido em http://www.stratigraphy.org/ICSChart/ChronostratChart2013-01/Portuguese_PT.pdf

Figura 9 (Continuação) – Roteiro geológico desenvolvido para o 11.º ano.

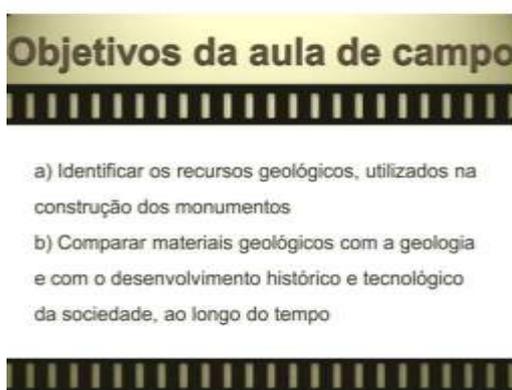
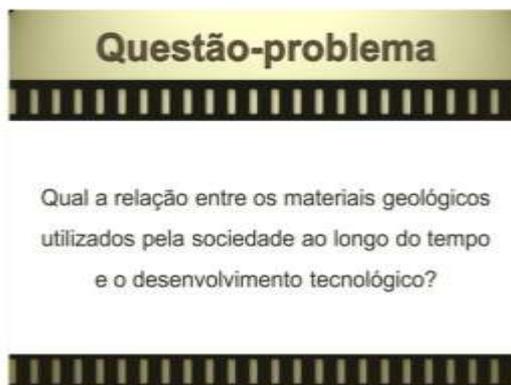


Figura 10 – Informação para os professores sobre a aula de campo na zona Alta de Coimbra para o 11.º ano.



Figura 10 (Continuação) – Informação para os professores sobre a aula de campo na zona Alta de Coimbra para o 11.º ano.

Aula de síntese/resumo

- Correção das questões do guia de campo**
- Discussão das questões de reflexão presentes no guia de campo**
- Realização de atividades laboratoriais**
- Resposta à questão-problema**

Referências

Orton, N. (1993). Model for the development and implementation of field trip as an integral part of the science curriculum. *School Science and Mathematics*, 93(6), 325-331.

Orton, N., & Hofstein, A. (1994). Factors that influence learning during a scientific field trip in a natural environment. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(10), 1097-1119.

Soares, A., & Gomes, C. (1997). A Geologia do Baixo Mondego – Organização do Mesozóico. Livro de Actas do Seminário “O Baixo Mondego – Organização Geotectónica e Recursos Naturais”, Pratas XXI – Projecto 2/2.1/CTA-156/94, Coimbra, 5-20.

Soares, A. F., Marques, J. F., & Sequeira, A. J. D. (2007). *Notícia Explicativa da Folha 19-D, Coimbra-Lousã*. Lisboa: Ministério da Economia e da Inovação, Instituto Nacional de Engenharia, Tecnologia e Inovação, Departamento de Geologia.

Soares, A. F., Marques, J., Rocha, R., Cunha, P. P., Duarte, L. V., Sequeira, A., Sousa M. B., Pereira, E., Gama-Pereira, L.C., Gomes, E., & Santos, J. R. (2005). *Carta Geológica de Portugal Folha 19-D, Coimbra-Lousã*. Escala 1:50 000. Lisboa: Ministério da Economia e da Inovação, Instituto Nacional de Engenharia, Tecnologia e Inovação, I.P., Departamento de Geologia.

Soares, A., Marques, J., & Rocha, R. (1995). Contribuição para o conhecimento geológico de Coimbra. *Memórias e Notícias, Publ. Mus. Lab. Min. Geol. Univ. de Coimbra*, 100, 41-71.

Autores: Ana Rolã & Celeste Gomes, 2014

Figura 10 (Continuação) – Informação para os professores sobre a aula de campo na zona Alta de Coimbra para o 11.º ano.

C. ATIVIDADES PRÁTICAS PARA O ENSINO DA ESTABILIDADE DE TALUDES COM BASE EM CASOS REAIS

**OCUPAÇÃO
ANTRÓPICA E
PROBLEMAS DE
ORDENAMENTO
(ZONAS DE
VERTENTE)**

**ESTUDO DE CASO:
DESLIZAMENTO NA AVENIDA
ELÍSIO DE MOURA, COIMBRA
(versão do professor)**

11.º Ano

Figura 11 – Ficha de trabalho para o tema ocupação antrópica e problemas de ordenamento (zonas de vertente) – versão do professor.

ESTUDO DE CASO: DESLIZAMENTO NA AVENIDA ELÍSIO DE MOURA, COIMBRA

A. FATORES QUE INFLUENCIAM OS MOVIMENTOS EM MASSA

1. Faça a correspondência possível entre os termos das colunas A e B (Tabela 1).
2. Discuta a inclusão de cada fator da coluna B na respetiva categoria.

Tabela 1 - Fatores que influenciam os movimentos em massa.

COLUNA A – CATEGORIAS	COLUNA B – FATORES QUE INFLUENCIAM OS MOVIMENTOS EM MASSA
A – Fatores geológicos	1. Desflorestação _____
B – Fatores antrópicos	2. Litologia _____
C – Fatores climáticos	3. Alteração do declive das vertentes _____
	4. Saturação dos terrenos _____
	5. Sismos _____
	6. Descontinuidades _____
	7. Precipitação intensa _____

A.1. INCLINAÇÃO DA VERTENTE

Qualquer material numa vertente está sujeito à força gravítica. Esta pode ser decomposta na componente normal e na componente tangencial. A componente tangencial é responsável pelo eventual movimento ao longo da superfície de vertente. A este movimento opõem-se forças de resistência como o atrito, a coesão dos materiais e o efeito de ancoragem das raízes.

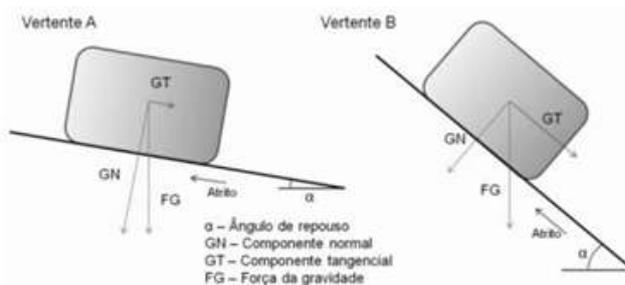


Figura 1 – Ação da gravidade sobre um bloco rochoso, em duas vertentes distintas.

1. Justifique qual a vertente (A ou B) da figura 1 tem maior possibilidade de instabilização.
2. Discuta a influência do declive na estabilidade das vertentes.
3. Infira a influência da desflorestação na instabilização de vertentes.

Figura 11 (Continuação) – Ficha de trabalho para o tema ocupação antrópica e problemas de ordenamento (zonas de vertente) – versão do professor.

SOLUÇÕES

A.

Questão 1:

A – 2, 3, 5, 6

B – 1, 3, 4

C – 7, 4

Questão 2:

Fator 3: a alteração do declive pode ocorrer por erosão ou por ação antrópica, p.e. para construção de estradas.
Fator 4: A saturação dos terrenos pode ocorrer devido a precipitação elevada ou por causas antrópicas (rega, fuga de água)

A.1.

Questão 1

A vertente B tem maior possibilidade de instabilização devido à componente tangencial da força gravítica ser maior que em A.

Questão 2

Quanto maior a inclinação, maior a componente tangencial da força gravítica, maior a possibilidade de instabilização.

Questão 3

A desflorestação aumenta a instabilização das vertentes, devido à ausência do efeito de ancoragem da vegetação.

A.2. COESÃO DOS MATERIAIS E PRESENÇA DE ÁGUA

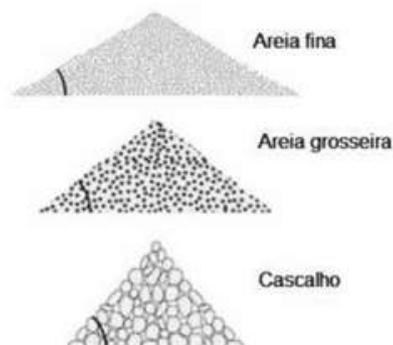


Figura 2 – Ângulo de repouso de diferentes materiais (Press & Siever, 1998).

1. Determine, a partir da figura 2, o ângulo de repouso dos diferentes materiais representados.
2. Relacione o ângulo de repouso com a granulometria dos materiais.
3. Infira o comportamento dos mesmos materiais quando saturados em água

A.3. DESCONTINUIDADES

O termo "descontinuidade" é utilizado em Geotecnia para designar qualquer interrupção física da continuidade de uma dada unidade geológica (fraturas, contactos geológicos, diaclases, planos de estratificação, de foliação e de xistosidade, clivagens, falhas). A análise da estabilidade de um talude passa pela definição da sua geometria, o carregamento, as características mecânicas do terreno e as condições de água (Lemos & Quinta-Ferreira, 2004).

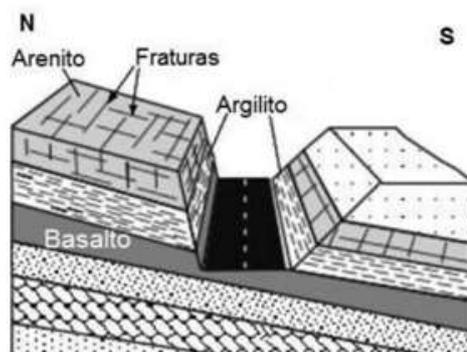


Figura 3 – Corte de estratos sedimentares para a construção de uma estrada (Nelson, 2011).

1. Justifique em qual das vertentes (N ou S) existe maior probabilidade de ocorrer uma instabilização.

A.2.

Questão 1

Areia fina 25°

Areia grosseira 30°

Cascalho 35°

Questão 2

Quanto maior a granulometria, maior o ângulo de repouso dos materiais.

O programa sugere que se faça a interligação com as rochas sedimentares.

Questão 3.

Quando saturados em água, a coesão entre as partículas dos materiais diminui, estes ficam instáveis e podem gerar deslizamentos.

A.3.

Questão 1

O talude N tem maior probabilidade de instabilizar porque os estratos pendem para o exterior da vertente. Já o talude S é mais estável, pois os estratos pendem para o interior da vertente.

Figura 11 (Continuação) – Ficha de trabalho para o tema ocupação antrópica e problemas de ordenamento (zonas de vertente) – versão do professor.

2. Discuta a validade do argumento apresentado na resposta anterior caso a litologia dominante fosse granito com diaclases.

3. Parte do pressuposto que ocorre uma pequena instabilização na vertente norte. Discuta a necessidade de uma intervenção na vertente.

4. Apresente, pelo menos, duas outras intervenções humanas que podem potenciar a instabilização de vertentes.

B. MOVIMENTAÇÃO DE TERRENO NA VERTENTE DA AV. ELÍSIO DE MOURA, EM COIMBRA

Texto A: No local onde ocorreu a movimentação em massa existia, há mais de trinta anos, duas minas para a captação das águas subterrâneas. Estas minas eram usadas para rega de terrenos agrícolas e contribuíam para a estabilidade da vertente. Nos anos 70 e 80, os materiais resultantes das escavações para a construção dos prédios na base da vertente foram depositados no topo da colina, local onde mais tarde viriam a ser construídos os logradouros das vivendas afetadas. Estes materiais, por não terem sido compactados, encontravam-se soltos e tinham uma grande capacidade de absorção de água. Foram plantados eucaliptos na vertente para estabilizar superficialmente o aterro com as raízes e criar uma cortina vegetal. Também as minas foram tapadas pelos materiais do aterro. Dever-se-ia ter assegurado a drenagem das águas pluviais, a preparação da fundação do aterro, a compactação dos materiais do aterro e, eventualmente, a construção de estruturas de suporte. No inverno de 1995, com a observação de sinais de instabilidade na vertente, construiu-se um muro de gravidade de betão armado com uma altura de 4,5 metros. No inverno de 1997, após o aparecimento de fissuras nas vivendas, os seus moradores solicitaram um estudo geotécnico. Com base neste estudo foram colocadas, em julho de 1998, estacas de 80 cm de diâmetro, espaçadas de 1,5 m e ancoradas; os logradouros foram impermeabilizados e as águas superficiais foram coletadas e canalizadas. A 27 de dezembro de 2000, perto das 21 horas, ocorreu o deslizamento (adaptado de Lourenço & Lemos, 2001).

Texto B: A instabilização afetou essencialmente solos de aterro despejados sobre depósitos de vertente. O deslizamento de 27 de dezembro de 2000 mobilizou uma superfície de rotura à frente da cortina de estacas ancorada, devido aos índices elevados de pluviosidade, verificados durante os meses de novembro e dezembro, que levaram à saturação dos materiais do aterro e provocaram um aumento na pressão dos fluidos (água) nos poros e espaços intersticiais. A pluviosidade acumulada no ano 2000/2001 foi cerca de 70% superior à média. A precipitação acumulada nesse dia foi de 15 mm, com uma média nos últimos 5 dias de 12 mm, para uma precipitação acumulada de 90 mm nos oito dias anteriores. Este acidente teria sido evitado caso o aterro tivesse sido executado com a boa prática geotécni-

Questão 2

No granito há descontinuidades, como as diaclases que devem ser caracterizadas, quanto à orientação, espaçamento e desenvolvimento. Por exemplo, se a orientação for para dentro da face do talude, há uma situação de estabilidade. Se for para fora do talude, há uma situação de instabilidade.

Questão 3

Quando ocorre uma instabilização numa vertente há que primeiro avaliar a estabilidade. Se mesmo com a instabilização não há risco maior, então não se opta pela intervenção.

Questão 4

Alterações do talude, aumento de peso no topo do talude, choque e vibrações.

Materiais sobre o deslizamento de 27/12/2000

1. Vídeo sobre os efeitos do deslizamento
2. Animação sobre a evolução do perfil do terreno entre a rua António Jardim e a av. Elísio de Moura

Figura 11 (Continuação) – Ficha de trabalho para o tema ocupação antrópica e problemas de ordenamento (zonas de vertente) – versão do professor.

ca (adaptado de: Quinta-Ferreira, Lemos & Dias, 2002; Lemos & Quinta-Ferreira, 2004).

Texto C: "A geologia é constituída essencialmente por grés do Triásico (Grés de Silves), coberto por depósitos de vertente podendo atingir vários metros de espessura. (...) O grés do Triásico apresenta-se estratificado, com bancadas de poucas dezenas de centímetros de espessura, sub-horizontais, com orientação sensivelmente N20W; (...) inclinando para o interior da vertente que estabilizou. A geomorfologia original da vertente foi significativamente alterada com a execução dos aterros na parte superior. Antes da colocação dos aterros, a vertente possuía um declive médio de cerca de 18°. Com a colocação dos aterros, aumentou-se o declive, na zona superior, para cerca de 38° obtendo-se um declive médio da vertente de cerca de 31°. Este agravamento verificou-se essencialmente na parte superior da vertente, tendo maior expressão na zona em que veio a ocorrer a instabilização. O deslizamento de terras atingiu dois lotes de prédios da avenida Elísio de Moura, provocando elevados prejuízos materiais (...). Os danos mais importantes foram a destruição de 27 garagens, de 31 viaturas, de 3 pilares e de dois andares do edifício." (Quinta-Ferreira & Pereira, 2005).

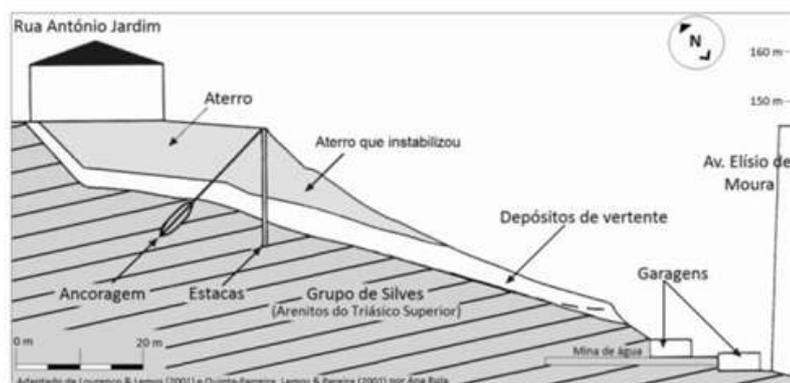


Figura 4 - Perfil do terreno onde ocorreu a instabilização que provocou o deslizamento de 27 de dezembro de 2000 (Adaptado de Lourenço & Lemos, 2001; Quinta-Ferreira, Lemos e Pereira, 2002).

1. Identifique os fatores condicionantes e os fatores instabilizadores do deslizamento.
2. Explique por que ocorreu este deslizamento.
3. A partir dos dados apresentados, analise a importância da realização de estudos geotécnicos na construção de edificações e de infraestruturas.
4. Reflita sobre o papel da Geologia no ordenamento do território e na avaliação do risco geológico.

Figura 11 (Continuação) – Ficha de trabalho para o tema ocupação antrópica e problemas de ordenamento (zonas de vertente) – versão do professor.

B

Questão 1

Fatores condicionantes:
aterro não compactado,
ausência de drenagem das águas pluviais,
aumento do declive
Fatores instabilizadores:
elevada pluviosidade nos dias anteriores.

Questão 2

O acontecimento deu-se quando ocorreu a saturação dos solos do aterro. Como não tinha havido preparação das fundações do aterro, o deslizamento ocorreu através de uma superfície de rotura contígua ao antigo perfil.

Questão 3

Estudos geotécnicos envolvem realização de ensaios com a finalidade de definir parâmetros do solo ou rocha, necessários à construção de obras de engenharia.

Questão 4

Utilização da Geologia enquanto ciência que visa o estudo dos processos dinâmicos internos e externos da Terra e que, por isso, é passível de identificar locais de maior perigosidade e vulnerabilidade geológica.

C. OBJETIVOS DA ATIVIDADE

- a) Compreender que os movimentos em massa resultam da convergência de fatores naturais, potenciados pela ação antrópica.
- b) Interpretar situações de atuação de fatores, condicionantes e/ou desencadeantes, de movimentos em massa.
- c) Realizar um estudo de caso sobre um acontecimento verídico.
- d) Reconhecer a importância da geologia na implementação de medidas de prevenção/remediação, na identificação de potenciais riscos e no ordenamento do território.
- e) Assumir novas atitudes face à geologia.

D. GLOSSÁRIO

Arcose: arenito geralmente argiloso, com elevada percentagem de feldspato e, quase sempre, alguma mica.

Ângulo de repouso: declive de equilíbrio da vertente de uma acumulação de materiais detriticos não consolidados, determinado pela fricção entre os detritos.

Aterro: subida do nível de um terreno, natural ou artificialmente.

Coesão: Aderência ou força que une, umas às outras, as partículas de um solo.

Compactação: processo artificial conducente à redução do volume de um sedimento e conseqüente diminuição ou eliminação dos vazios.

Drenagem: conjunto de processos ou métodos destinados a coletar, retirar e conduzir a água de percolação de um maciço, estrutura ou escavação.

Geomorfologia: estudo das formas e evolução do relevo.

Geotecnia (geologia da engenharia): domínio da geologia aplicada visando o conhecimento das características geológicas dos terrenos, tendo como objetivo a implementação de obras de engenharia.

Granulometria: distribuição dos elementos detriticos de um sedimento, segundo as suas dimensões.

Grau de saturação: teor de vazios preenchidos por água.

Grés de Silves (Grupo de Silves): conjunto de 4 formações com rochas essencialmente areno-conglomeráticas, arcósicas a subarcósicas e submaturas a maduras – Formação de Conraria, Formação de Penela, Formação de Castelo Viegas e Formação de Pereiros.

Logradouro: terreno ou espaço anexo a uma habitação, usado para serventia ou com outras funcionalidades.

Movimentos de massa: movimentação de rochas ou de rególito numa superfície inclinada, induzido principalmente pela gravidade.

Muro de gravidade (muro de arrimo): Muro de suporte de terras. Muro de sustentação ou proteção de taludes.

Risco geológico: Eventos geológicos, naturais ou devido a ações antrópicas, que provocam situações de perigosidade. É calculado em função da probabilidade de

Figura 11 (Continuação) – Ficha de trabalho para o tema ocupação antrópica e problemas de ordenamento (zonas de vertente) – versão do professor.

ocorrência de um qualquer evento geológico perigoso num dado espaço e tempo (perigosidade geológica) e das consequências que lhe estejam associadas (danos humanos e/ou materiais).

Talude: superfície de terreno inclinado, resultado de uma escavação ou aterro estabilizado. Pode também ser de origem natural.

E. REFERÊNCIAS

- Lemos, L., & Quinta-Ferreira, M. (2004). Escorregamento de terras na encosta da Av. Elísio de Moura. *Geotecnia*, 100, 143-156.
- Lourenço, L., & Lemos, L. (2001). Considerações acerca da movimentação em massa ocorrida na vertente poente da Av^a. Elísio de Moura, em Coimbra. *Territorium*, 8, 93-108.
- Nelson, S. (2011). *Slope stability, triggering events, mass movement hazards*. Acedido em <http://www.tulane.edu/~sanelson/geol204/slopestability.htm> [03/01//2012].
- Press, F., & Siever, R. (1998). *Understanding earth* (2^a ed.). New York: W. H. Freeman and Company.
- Quinta-Ferreira, M., & Pereira, L., (2005). Vamos ver porque caem taludes em Coimbra. *Geologia no verão*, Ciência Viva.
- Quinta-Ferreira, M., Lemos, L., & Dias, J. (2002). Caracterização preliminar do deslizamento da Avenida Elísio de Moura. Coimbra. *Actas do 8º Congresso Nacional de Geotecnia, A Geotecnia Portuguesa e os Desafios do Futuro*, vol.2 (pp. 601-611). Lisboa: Sociedade Portuguesa de Geotecnia.
- Soares, A. F., Marques, J. F., & Rocha, R. B. (1985). Contribuição para o conhecimento geológico de Coimbra. *Memórias e Notícias*, Publ. Mus. Lab. Min. Geol. Univ. Coimbra, 100, 41-71.

Outras referências que podem ser consultadas sobre o assunto

- Quinta-Ferreira, M. (2007). Natural and man made causes for the Elísio de Moura soil flow in Coimbra, Portugal. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, 66(1), 35-43.
- Quinta-Ferreira, M., Andrade, P., & Saraiva, A. (2011). Instabilidade de taludes de escavação no Areeiro, Coimbra. In L. Neves, A. Pereira, C. Gomes, L. Pereira, & A. Tavares (Eds.), *Modelação de Sistemas Geológico, Livro de Homenagem ao Professor Doutor Manuel Maria Godinho* (pp. 329 – 342). Coimbra: Laboratório de Radioactividade Natural, Universidade de Coimbra.
- Quinta-Ferreira, M., Lemos, L., & Pereira, L. (2004). Análise da relação entre a precipitação e a ocorrência de deslizamento em Coimbra. *8ª Conferência Nacional de Ambiente, Monitorização e Gestão de Recursos Naturais*, Lisboa.
- Quinta-Ferreira, M., Lemos, L., & Pereira, L. (2006). Influência da precipitação nos deslizamentos e no comportamento dos pelitos do triásico, em Coimbra. *10º Congresso Nacional de Geotecnia*, vol. 1, 61-72.

Figura 11 (Continuação) – Ficha de trabalho para o tema ocupação antrópica e problemas de ordenamento (zonas de vertente) – versão do professor.

Quinta-Ferreira, M., & Quinta-Ferreira, T. (2002). O problema das instabilizações de taludes em Coimbra. *Cadernos de Geografia*, 21/23, 127 – 142.

Rebelo, F. (2003). *Riscos Naturais e Acção Antrópica. Estudos e Reflexões* (3ª ed.). Coimbra: Imprensa da Universidade.

Referências do glossário

Bitar, O., Braga, T., Freitas, C., Consoni, A., & Campos, S. (2008). *Glossário geotecnologia ambiental. Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental*. Consultado em http://itpack31.itarget.com.br/uploads/abe/arquivos/GLOSSARIO2008_v.1.pdf [20/01/2011].

Dias, J. A. (2000). *Movimentos em massa. Geologia Ambiental*. Consultado em http://w3.ualg.pt/~jdias/GEOLAMB/GA4_MovMassa/index4.html [20/01/2011]

Galopim-Carvalho, A. M. (2011). *Dicionário de Geologia*. Lisboa: Âncora Editora.

Logradouro (2011). In *Priberam – Dicionário Priberam da Língua Portuguesa*. Consultado em <http://priberam.pt/DLPO/default.aspx?pal=logradouro> [20/01/2011].

Mecânica de solos (2011). In *Wikipedia*. Consultado em http://pt.wikipedia.org/wiki/Mec%C3%A2nica_dos_solos [20/01/2011]

Peixeiro, C., & Ruas, H. (s.d). *Construção civil. Glossário de Termos Técnicos*. Lisboa: GICEA, Gabinete de Gestão de iniciativas comunitárias.

Riscos Geológicos (s.d.). In *LNEG*. Consultado em <http://www.lneg.pt/iedt/areas/7/temas/33> [20/01/2011].

Soares, A. F., Marques, J. F., & Rocha, R. B. (1985). Contribuição para o conhecimento geológico de Coimbra. *Memórias e Notícias*, Publ. Mus. Lab. Min. Geol. Univ. Coimbra, 100, 41-71.

Figura 11 (Continuação) – Ficha de trabalho para o tema ocupação antrópica e problemas de ordenamento (zonas de vertente) – versão do professor.

ESTUDO DE CASO: DESLIZAMENTO NA AVENIDA ELÍSIO DE MOURA, COIMBRA

A. FATORES QUE INFLUENCIAM OS MOVIMENTOS EM MASSA

1. Faça a correspondência possível entre os termos das colunas A e B (Tabela 1).
2. Discuta a inclusão de cada fator da coluna B na respetiva categoria.

Tabela 1: Fatores que influenciam os movimentos em massa.

COLUNA A – CATEGORIAS	COLUNA B – FATORES QUE INFLUENCIAM OS MOVIMENTOS EM MASSA
A – Fatores geológicos	1. Desflorestação _____
B – Fatores antrópicos	2. Litologia _____
C – Fatores climáticos	3. Alteração do declive das vertentes _____
	4. Saturação dos terrenos _____
	5. Sismos _____
	6. Descontinuidades _____
	7. Precipitação intensa _____

A.1. INCLINAÇÃO DA VERTENTE

Qualquer material numa vertente está sujeito à força gravítica. Esta pode ser decomposta na componente normal e na componente tangencial (Fig. 1). A componente tangencial é responsável pelo eventual movimento ao longo da superfície de vertente. A este movimento opõem-se forças de resistência como o atrito, a coesão dos materiais e o efeito de ancoragem das raízes.

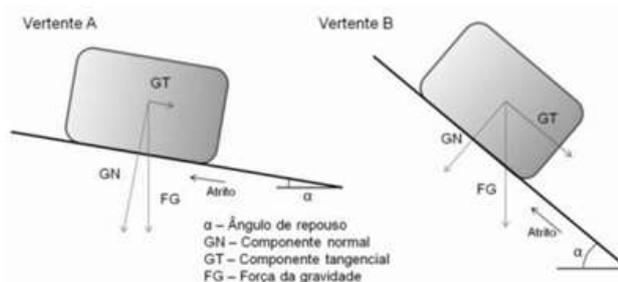


Figura 1 – Ação da gravidade sobre um bloco rochoso, em duas vertentes distintas.

1. Justifique qual a vertente (A ou B) da figura 1 tem maior possibilidade de instabilização.
2. Discuta a influência do declive na estabilidade das vertentes.
3. Infira a influência da desflorestação na instabilização de vertentes.

Figura 12 – Ficha de trabalho para o tema ocupação antrópica e problemas de ordenamento (zonas de vertente) – versão do final do aluno.

A.2. COESÃO DOS MATERIAIS E PRESENÇA DE ÁGUA

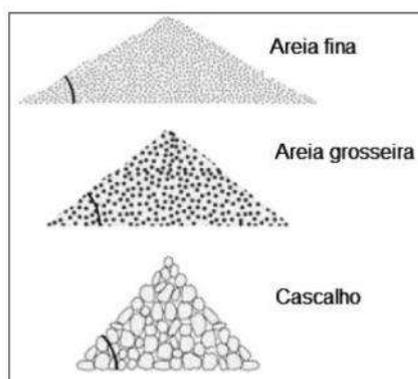


Figura 2 – Ângulo de repouso de diferentes materiais função da sua granulometria (Press & Siever, 1998).

1. Determine, a partir da figura 2, o ângulo de repouso dos diferentes materiais representados.
2. Relacione o ângulo de repouso com a granulometria dos materiais.
3. Infira o comportamento dos mesmos materiais quando saturados em água.

A.3. DESCONTINUIDADES

O termo “descontinuidade” é utilizado em Geotecnia para designar qualquer interrupção física da continuidade de uma dada unidade geológica (fraturas, contactos geológicos, diaclases, planos de estratificação, de foliação e de xistosidade, clivagens, falhas). A análise da estabilidade de um talude passa pela definição da sua geometria, o carregamento, as características mecânicas do terreno e as condições de água (Lemos & Quinta-Ferreira, 2004).

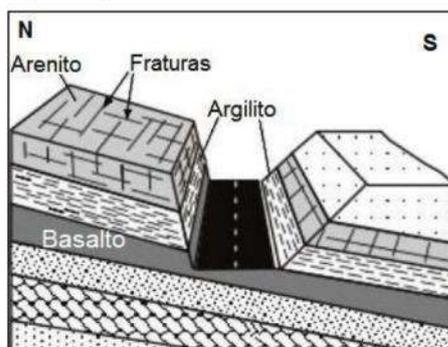


Figura 3 – Bloco digrama dos terrenos, com a representação da geometria de um conjunto de camadas inclinadas, para a construção de uma estrada (Nelson, 2011).

1. Justifique em qual das vertentes (N ou S), da figura 3, existe maior probabilidade de ocorrer uma instabilização.

Figura 12 (Continuação) – Ficha de trabalho para o tema ocupação antrópica e problemas de ordenamento (zonas de vertente) – versão do final do aluno.

2. Discuta a validade do argumento apresentado na resposta anterior caso a litologia dominante fosse granito com diaclases.

3. Parte do pressuposto que ocorre uma pequena instabilização na vertente norte. Discuta a necessidade de uma intervenção na vertente.

4. Apresente, pelo menos, duas outras intervenções humanas que podem potenciar a instabilização de vertentes.

B. MOVIMENTAÇÃO DE TERRENO NA VERTENTE DA AV. ELÍSIO DE MOURA, EM COIMBRA

Texto A: No local onde se deu a movimentação em massa existia, há mais de trinta anos, duas minas para a captação das águas subterrâneas, relativamente abundantes. Estas minas eram usadas para a rega e contribuía para a estabilidade da vertente. Nos anos 70 e 80, os materiais resultantes das escavações para a construção dos prédios na base da vertente foram depositados no topo da colina, local onde mais tarde viriam a ser construídos os logradouros das vivendas afetadas. Estes materiais, por não terem sido compactados, encontravam-se soltos e tinham uma grande capacidade de absorção de água. Foram plantados eucaliptos na vertente para estabilizar superficialmente o aterro com as raízes e criar uma cortina vegetal. Também as minas foram tapadas pelos materiais do aterro. Dever-se-ia ter assegurado a drenagem das águas pluviais, a preparação da fundação do aterro, a compactação dos materiais do aterro e, eventualmente, a construção de estruturas de suporte. No inverno de 1995, com a observação de sinais de instabilidade na vertente, construiu-se um muro de gravidade de betão armado com uma altura de 4,5 metros. No inverno de 1997, após o aparecimento de fissuras nas vivendas, os seus moradores solicitaram um estudo geotécnico. Com base neste estudo foram colocadas, em julho de 1998, estacas de 80 cm de diâmetro, espaçadas de 1,5 m e ancoradas; os logradouros foram impermeabilizados e as águas superficiais foram coletadas e canalizadas. A 27 de dezembro de 2000, perto das 21 horas, ocorreu o deslizamento (adaptado de Lourenço & Lemos, 2001).

Texto B: A instabilização afetou essencialmente solos de aterro despejados sobre depósitos de vertente. O deslizamento de 27 de dezembro de 2000 mobilizou uma superfície de rotura à frente da cortina de estacas ancorada, devido aos índices elevados de pluviosidade, verificados durante os meses de novembro e dezembro, que levaram à saturação dos materiais do aterro e provocaram um aumento na pressão dos fluidos (água) nos poros e espaços intersticiais. A pluviosidade acumulada no ano 2000/2001 foi cerca de 70% superior à média. A precipitação acumulada nesse dia foi de 15 mm, com uma média nos últimos 5 dias de 12 mm, para uma precipitação acumulada de 90 mm nos oito dias anteriores. Este acidente

Figura 12 (Continuação) – Ficha de trabalho para o tema ocupação antrópica e problemas de ordenamento (zonas de vertente) – versão do final do aluno.

teria sido evitado caso o aterro tivesse sido executado com a boa prática geotécnica (adaptado de: Quinta-Ferreira, Lemos & Dias, 2002; Lemos & Quinta-Ferreira, 2004).

Texto C: "A geologia é constituída essencialmente por grés do Triásico (Grés de Silves), coberto por depósitos de vertente podendo atingir vários metros de espessura. (...) O grés do Triásico apresenta-se estratificado, com bancadas de poucas dezenas de centímetros de espessura, sub-horizontais, com orientação sensivelmente N20W; (...) inclinando para o interior da vertente que estabilizou. A geomorfologia original da vertente foi significativamente alterada com a execução dos aterros na parte superior. Antes da colocação dos aterros, a vertente possuía um declive médio de cerca de 18°. Com a colocação dos aterros, aumentou-se o declive, na zona superior, para cerca de 38° obtendo-se um declive médio da vertente de cerca de 31°. Este agravamento verificou-se essencialmente na parte superior da vertente, tendo maior expressão na zona em que veio a ocorrer a instabilização. O deslizamento de terras atingiu dois lotes de prédios da avenida Elisio de Moura, provocando elevados prejuízos materiais (...). Os danos mais importantes foram a destruição de 27 garagens, de 31 viaturas, de 3 pilares e de dois andares do edifício." (Quinta-Ferreira & Pereira, 2005).

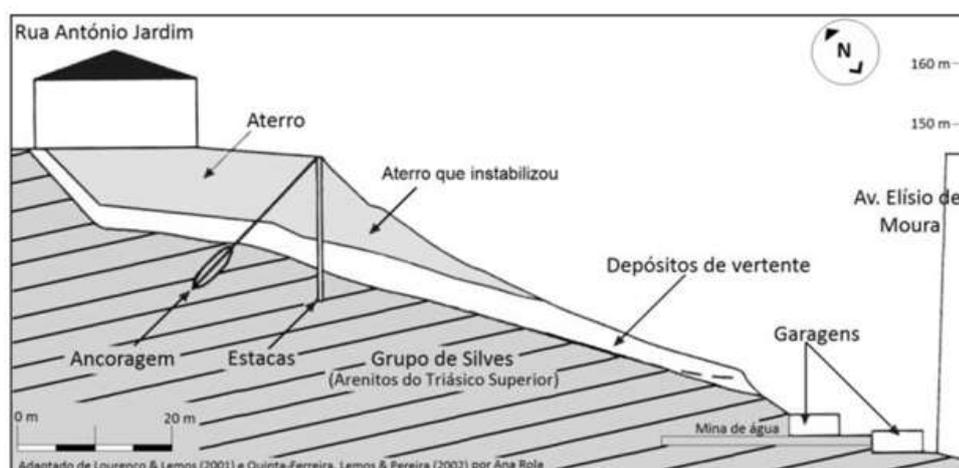


Figura 4 - Perfil do terreno onde ocorreu a instabilização que provocou o deslizamento de 27 de dezembro de 2000 (Adaptado de Lourenço e Lemos, 2001; Quinta-Ferreira, Lemos e Pereira, 2002).

1. Identifique os fatores condicionantes e os fatores instabilizadores do deslizamento.
2. Explique por que ocorreu este deslizamento.
3. A partir dos dados apresentados, analise a importância da realização de estudos geotécnicos na construção de edificações e de infraestruturas.
4. Reflita sobre o papel da Geologia no ordenamento do território e na avaliação do risco geológico.

Figura 12 (Continuação) – Ficha de trabalho para o tema ocupação antrópica e problemas de ordenamento (zonas de vertente) – versão do final do aluno.

GLOSSÁRIO

Arcose: arenito geralmente argiloso, com elevada percentagem de feldspato e, quase sempre, alguma mica.

Ângulo de repouso: declive de equilíbrio da vertente de uma acumulação de materiais detriticos não consolidados, determinado pela fricção entre os detritos.

Aterro: subida do nível de um terreno, natural ou artificialmente.

Coesão: Aderência ou força que une, umas às outras, as partículas de um solo.

Compactação: processo artificial conducente à redução do volume de um sedimento e consequente diminuição ou eliminação dos vazios.

Drenagem: conjunto de processos ou métodos destinados a coletar, retirar e conduzir a água de percolação de um maciço, estrutura ou escavação.

Geomorfologia: estudo das formas e evolução do relevo.

Geotecnia (geologia da engenharia): domínio da geologia aplicada visando o conhecimento das características geológicas dos terrenos, tendo como objetivo a implementação de obras de engenharia.

Granulometria: distribuição dos elementos detriticos de um sedimento, segundo as suas dimensões.

Grau de saturação: teor de vazios preenchidos por água.

Grés de Silves (Grupo de Silves): conjunto de 4 formações com rochas essencialmente areno-conglomeráticas, arcósicas a subarcósicas e submaturas a maduras – Formação de Conraria, Formação de Penela, Formação de Castelo Viegas e Formação de Pereiros.

Logradouro: terreno ou espaço anexo a uma habitação, usado para serventia ou com outras funcionalidades.

Movimentos de massa: movimentação de rochas ou de rególito numa superfície inclinada, induzido principalmente pela gravidade.

Muro de gravidade (muro de arrimo): Muro de suporte de terras. Muro de sustentação ou proteção de taludes.

Risco geológico: Eventos geológicos, naturais ou devido a ações antrópicas, que provocam situações de perigosidade. É calculado em função da probabilidade de ocorrência de um qualquer evento geológico perigoso num dado espaço e tempo (perigosidade geológica) e das consequências que lhe estejam associadas (danos humanos e/ou materiais).

Talude: superfície de terreno inclinado, resultado de uma escavação ou aterro estabilizado. Pode também ser de origem natural.

Figura 12 (Continuação) – Ficha de trabalho para o tema ocupação antrópica e problemas de ordenamento (zonas de vertente) – versão do final do aluno.

Avaliação de Material Didático para o Tema Ocupação Antrópica e Problemas de Ordenamento (zonas de vertente)

Agora que realizou a ficha de trabalho intitulada "Estudo de caso: deslizamento na Avenida Elísio de Moura, Coimbra", pedimos-lhe que responda às questões que se seguem, com vista à sua validação. Desde já agradecemos a sua participação.

IDENTIFICAÇÃO

Género Masculino Feminino Idade _____

Localidade _____

Profissão do encarregado de educação _____

AVALIAÇÃO

Em todas as questões que se seguem, assinala, com um X, a tua opção.

1. A ficha de trabalho, quanto à sua complexidade, é...

1 2 3 4 5

Nada complexa Muito complexa

2. As figuras, quanto à sua complexidade, são...

1 2 3 4 5

Nada complexas Muito complexas

3. Os textos, quanto à sua complexidade, são...

1 2 3 4 5

Nada complexos Muito complexos

4. As questões da ficha, quanto à sua complexidade, são...

1 2 3 4 5

Nada complexas Muito complexas

Figura 13 – Questionário de avaliação de material didático para o tema ocupação antrópica e problemas de ordenamento (zonas de vertente) – versão aluno.

5. O vídeo sobre o deslizamento, quanto à sua importância para a compreensão do tema, é...

1 2 3 4 5
Nada importante Muito importante

6. O ficheiro sobre a evolução do perfil do terreno, quanto à sua importância para a compreensão do tema, é...

1 2 3 4 5
Nada importante Muito importante

7. O estudo do deslizamento na av. Elísio de Moura, quanto à sua importância para a compreensão do tema "Ocupação Antrópica e problemas de ordenamento (Zonas de vertente)", é...

1 2 3 4 5
Nada importante Muito importante

8. O contributo do estudo do deslizamento na av. Elísio de Moura, para a compreensão da importância da Geologia na sociedade, é...

1 2 3 4 5
Nada importante Muito importante

Por favor, apresente sugestões, críticas ou opiniões sobre os materiais (não deixe de responder)

Obrigada!

Figura 13 – Questionário de avaliação de material didático para o tema ocupação antrópica e problemas de ordenamento (zonas de vertente) – versão aluno.

Avaliação de Material Didático para o Tema Ocupação Antrópica e Problemas de Ordenamento (zonas de vertente)

Ocupação Antrópica e problemas de ordenamento é um tema lecionado no 11º ano de Biologia e Geologia. Com o objetivo de aproximar os conteúdos programáticos ao quotidiano dos alunos e de dar sentido às aprendizagens na sala de aula, propusemos uma ficha de trabalho intitulada "Estudo de caso: deslizamento na Avenida Elísio de Moura, Coimbra". Por favor, dê a sua opinião, com vista à validação. Agradecemos a sua participação.

IDENTIFICAÇÃO	
Género	<input type="checkbox"/> Masculino <input type="checkbox"/> Feminino
Formação	<input type="checkbox"/> Licenciatura <input type="checkbox"/> Mestrado <input type="checkbox"/> Doutoramento <input type="checkbox"/> Outro
Categoria profissional	<input type="checkbox"/> Contratado <input type="checkbox"/> Integrado nos quadro
Concelho da escola	<input type="checkbox"/> Coimbra <input type="checkbox"/> Outro: _____
Anos de serviço	<input style="width: 50px; height: 20px;" type="text"/>

AVALIAÇÃO	
Em todas as questões que se seguem, assinale, com um X, a sua opção.	
1. A ficha de trabalho, quanto à sua adequação ao número de aulas disponível, é...	1 2 3 4 5 Nada adequada <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> Muito adequada
2. A ficha de trabalho, quanto à sua adequação aos conteúdos programáticos, é...	1 2 3 4 5 Nada adequada <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> Muito adequada
3. A ficha de trabalho, quanto à sua adequação ao nível etário, é...	1 2 3 4 5 Nada adequada <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> Muito adequada

Figura 14 – Questionário de avaliação de material didático para o tema ocupação antrópica e problemas de ordenamento (zonas de vertente) – versão professor.

-
4. A ficha de trabalho, quanto à sua extensão, é...
- 1 2 3 4 5
- Nada extensa Muito extensa
-
5. As questões, quanto à sua complexidade, são...
- 1 2 3 4 5
- Nada complexas Muito complexas
-
6. As figuras, quanto à sua complexidade, são...
- 1 2 3 4 5
- Nada complexas Muito complexas
-
7. Os textos, quanto à sua adequação à temática em causa, são...
- 1 2 3 4 5
- Nada adequados Muito adequados
-
8. O glossário, quanto à sua importância na complementaridade da ficha de trabalho, é...
- 1 2 3 4 5
- Nada importante Muito importante
-
9. Os recursos multimédia, quanto à sua importância na motivação dos alunos, são...
- 1 2 3 4 5
- Nada importantes Muito importantes
-
10. Os materiais, quanto à sua adequação para a lecionação da perspetiva CTS-A, são...
- 1 2 3 4 5
- Nada adequados Muito adequados
-

Por favor, apresente sugestões, críticas ou opiniões sobre os materiais (não deixe de responder)

Obrigada!

Figura 14 (Continuação) – Questionário de avaliação de material didático para o tema ocupação antrópica e problemas de ordenamento (zonas de vertente) – versão professor.

DESLIZAMENTO DE 27 DE DEZEMBRO DE 2000, AV. ELÍSIO DE MOURA, COIMBRA, PORTUGAL

A geologia do local afetado é constituída essencialmente por arenitos e pelitos do Triásico, pertencentes ao Grupo de Silves. Apresentam-se estratificados, com bancadas de poucas dezenas de centímetros de espessura, sub-horizontais, com orientação sensivelmente N20W, inclinando para o interior da vertente que estabilizou. Estas formações sedimentares pertencem à Bacia Lusitânica e estão relacionadas com a fragmentação da Pangeia e a abertura do Atlântico Norte, durante o Mesozoico.

O local está coberto por depósitos de vertente que, em algumas zonas, pode atingir vários metros de espessura. Nos anos 70 e 80 do séc. XX, os materiais, resultantes da escavação para as fundações dos prédios na base da vertente, foram depositados no topo da colina, local onde mais tarde viriam a ser construídos os logradouros das vivendas afetadas. Estes materiais, por não terem sido sujeitos a compactação, encontravam-se soltos e com grande capacidade de absorção de água. A mina de água existente no local para captação de águas subterrâneas ficou tapada pelo aterro. No inverno de 1997, após o aparecimento de fissuras nas vivendas da rua António Jardim, os moradores das vivendas solicitaram um estudo geotécnico. Com base neste estudo foram colocadas, o aterro, junto às vivendas, foi estabilizado (Figura 1). Nos meses que antecederam o deslizamento, verificou-se índices de pluviosidade elevados, que conduziram à saturação dos materiais do aterro. A 27 de dezembro de 2000, perto das 21 horas, ocorreu o deslizamento, que afetou dois lotes de prédios da avenida Elísio de Moura, provocando elevados prejuízos materiais.

Adaptado de Quinta-Ferreira *et al.*, 2002; Lemos & Quinta-Ferreira, 2004; Soares *et al.*, 2007.

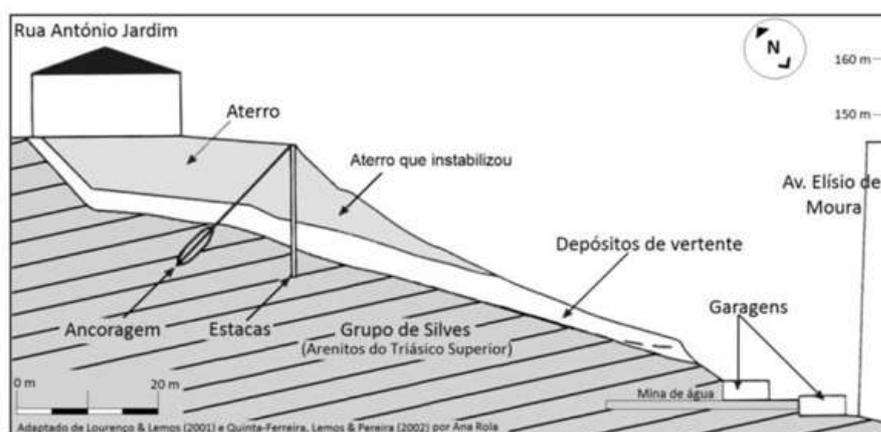


Figura 1 – Perfil do terreno onde ocorreu a instabilização que provocou o deslizamento de 27 de dezembro de 2000 (Adaptado de Lourenço e Lemos, 2001; Quinta-Ferreira *et al.*, 2002).

Figura 15 – Exercícios de avaliação de conhecimentos para o tema ocupação antrópica e problemas de ordenamento (zonas de vertente) – versão professor.

QUESTÕES

Na resposta a cada um dos itens 1 a 3, selecione a única opção que permite obter uma afirmação correta.

1. A Bacia Lusitânica formou-se

- (A) após uma fase de colisão intercontinental, por ação de forças distensivas.
- (B) após uma fase de colisão intercontinental, por ação de forças compressivas.
- (C) durante uma fase de colisão intercontinental, por ação de forças distensivas.
- (D) durante uma fase de colisão intercontinental, por ação de forças compressivas.

Critérios de correção: A

2. A geologia do local onde ocorreu o deslizamento foi um fator condicionante do deslizamento devido

- (A) ao pendor das camadas sedimentares.
- (B) à direção das camadas sedimentares.
- (C) à existência de falhas sin-sedimentares nas camadas.
- (D) à granulometria dos materiais constituintes das camadas sedimentares.

Critérios de correção: D

3. A ocupação antrópica em zonas de vertente exige que a construção de aterros cumpra boas práticas geotécnicas como

- (A) a compactação dos materiais geológicos sob o aterro e drenagem do terreno.
- (B) a compactação dos materiais geológicos do aterro e drenagem do terreno.
- (C) a compactação dos materiais geológicos sob o aterro e impermeabilização do terreno.
- (D) a compactação dos materiais geológicos do aterro e impermeabilização do terreno.

Critérios de correção: B

4. Ordene as letras de A a E, de modo a reconstituir os processos que conduziram à formação de depósitos de vertente.

- (A) Escorregamento dos materiais ao longo de uma vertente.
- (B) Deposição de areias e argilas numa bacia.
- (C) Alteração dos materiais geológicos.
- (D) Compactação e cimentação dos materiais detríticos.
- (E) Soerguimento das camadas sedimentares.

Critérios de correção: B – C – E – C – A

Figura 15 (Continuação) – Exercícios de avaliação de conhecimentos para o tema ocupação antrópica e problemas de ordenamento (zonas de vertente) – versão professor.

5. Faça corresponder a cada uma das descrições de rochas sedimentares da coluna A, a respetiva designação, que consta da coluna B. Utilize cada letra e cada número apenas uma vez.

Coluna A	Coluna B
(A) Rocha sedimentar detrítica, consolidada, constituída por mais de 50% de balastros arredondados.	(1) Argilito
(B) Rocha sedimentar detrítica, não consolidada, de granulometria inferior a 0.004 mm.	(2) Conglomerado
(C) Sulfato de cálcio hidratado, formado em ambientes lacustre ou lagunar sujeitos a evaporação intensa.	(3) Calcário conquífero
(D) Rocha sedimentar constituída essencialmente por carbonato de cálcio.	(4) Gesso
(E) Rocha sedimentar resultante da deposição de bioclastos, essencialmente conchas de moluscos.	(5) Argila
	(6) Arenito
	(7) Calcário
	(8) Sal-gema

CrITÉRIOS de correção: A – 2; B – 5; C – 4; D – 7; E – 3.

6. Explique em que medida a existência de estudos geotécnicos anteriores ao deslizamento minimizou os danos causados nos edifícios da Rua António Jardim e da Av. Elísio de Moura.

CrITÉRIOS de correção (4 descritores):

- A realização de estudos geotécnicos anteriores ao deslizamento de 27 de dezembro de 200 levou à execução de obras de consolidação do aterro sob as vivendas da rua António Jardim.
- As obras de consolidação do aterro reduziram o volume de solos mobilizados pelo deslizamento e impediram danos nas vivendas.
- O menor volume de solos mobilizado minimizou os danos no prédio da Av. Elísio de Moura.
- As obras de consolidação do aterro impediram danos nas vivendas e a possível perda de vidas.

Figura 15 (Continuação) – Exercícios de avaliação de conhecimentos para o tema ocupação antrópica e problemas de ordenamento (zonas de vertente) – versão professor.

COTAÇÕES

1.	5
2.	5
3.	5
4.	5
5.	10
6.	20
	50 Pontos

REFERÊNCIAS

- Soares, A. F., Marques, J. F., & Sequeira, A. J. D. (2007). *Notícia Explicativa da Folha 19-D, Coimbra-Lousã*. Lisboa: Ministério da Economia e da Inovação, Instituto Nacional de Engenharia, Tecnologia e Inovação, Departamento de Geologia.
- Lemos, L., & Quinta-Ferreira, M. (2004). Escorregamento de terras na encosta da Av. Elísio de Moura. *Geotecnia*, 100, 143 - 156.
- Lourenço, L., & Lemos, L. (2001). Considerações acerca da movimentação em massa ocorrida na vertente poente da Av^a. Elísio de Moura, em Coimbra. *Territorium*, 8, 93-108.
- Quinta-Ferreira, M., Lemos, L., & Dias, J. (2002). Caracterização preliminar do deslizamento da Avenida Elísio de Moura. Coimbra. *Actas do 8º Congresso Nacional de Geotecnia, A Geotecnia Portuguesa e os Desafios do Futuro*, vol.2 (601-611). Lisboa: Sociedade Portuguesa de Geotecnia.

Figura 15 (Continuação) – Exercícios de avaliação de conhecimentos para o tema ocupação antrópica e problemas de ordenamento (zonas de vertente) – versão professor.