



**CAPTAR**  
ciência e ambiente para todos

volume 3 • número 1 • p i - ii

**CAPÍTULO ESPECIAL • PERCURSOS INTERDISCIPLINARES**  
Programa de Doutoramento em Ciências, Universidade de Coimbra

**EDITORIAL**

A complexidade dos novos problemas com que a sociedade humana se confronta, resultantes do seu crescimento e rápida evolução científica e tecnológica, sobretudo registada nas últimas décadas, exige soluções inovadoras que necessariamente terão que ser geradas pela integração de conhecimentos de diferentes disciplinas. Neste contexto surgiu e sofreu um incremento significativo a investigação interdisciplinar, recentemente redefinida por van Rijnsoever e Hessels (2011) como “*a colaboração entre cientistas de diferentes disciplinas com o objectivo de produzir conhecimento novo*”. Associado ao termo interdisciplinaridade ocorrem ainda os termos multidisciplinaridade e transdisciplinaridade, sendo a primeira focada no somatório da acção de especialistas de diferentes disciplinas, que com as suas teorias, competências, ideias e dados, trabalham em simultâneo e de forma isolada na resolução de um mesmo problema (Hammer e Söderqvist, 2001; Dillon, 2006), enquanto a transdisciplinaridade atravessa as fronteiras da ciência e representa a coordenação entre a ciência, a educação, a economia e as políticas, com um propósito social específico (Pohl, 2008). O elevado ênfase dado à investigação interdisciplinar e à formação de equipas interdisciplinares coloca um grande desafio ao sistema educativo assente sobretudo em currículos específicos (Dillon, 2006) e muitas vezes estanques, para cada uma das disciplinas que integram os diferentes níveis de ensino. Os formadores terão que ser capazes não apenas de comunicar e organizar conhecimento específico de cada disciplina, com base nos conhecimentos prévios e experiências dos seus estudantes, assim como de os conduzir a percursos que exijam a integração dos conheci-

Ruth Pereira<sup>1</sup>•

Rui Ribeiro<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Biologia e CESAM, Universidade de Aveiro.

<sup>2</sup> Departamento de Ciências da Vida, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra.

• ruthp@ua.pt

**ISSN 1647-323X**



mentos emanados das diferentes disciplinas, e a sua aplicação criativa na resolução de problemas sociais complexos.

Um passo crucial para que este objectivo possa ser alcançado consiste em confrontar os alunos da formação pós-graduada (dos cursos de formação de professores) com percursos interdisciplinares diversos, conduzindo-os posteriormente a construir percursos exemplificativos. Este exercício foi realizado na Universidade de Coimbra, com alunos da disciplina de Análise de Desenvolvimento Curricular, do Programa de Doutoramento em Ensino das Ciências, ao qual se dedicou este número especial da Revista CAPTAR. Para o efeito foram convidados investigadores/professores da Universidade de Coimbra e da Universidade de Aveiro, envolvidos em projectos/áreas de investigação com uma forte componente interdisciplinar e relacionados com temas como por exemplo a nanoecotoxicologia, o impacto de alterações climáticas em pequenos ribeiros de água doce, ou a análise de isótopos estáveis em estudos de ecologia. Após as apresentações os estudantes foram convidados a serem criativos e a conceberem e publicarem os seus percursos interdisciplinares na Revista CAPTAR. Deste modo foi dada a oportunidade aos estudantes de se iniciarem na comunicação em ciência e na revisão por pares que a caracteriza. Com este exercício demonstrou-se que é possível dar pequenos contributos para promover a interdisciplinaridade ao nível do ensino graduado de uma forma relativamente simples, apesar do currículo disciplinar das formações. Uma palavra especial de agradecimento aos investigadores/professores que, para além da sua apresentação aos estudantes, prepararam o respectivo resumo que se partilha neste número da CAPTAR, antes das contribuições elaboradas pelos estudantes.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

- Dillon P (2006). Creativity, integrativism and pedagogy of connection. *Thinking Skills and Creativity* 1: 69-83.
- Hammer M, Söderqvist T (2001). Enhancing transdisciplinarity dialogue in curricula development. *Ecological Economics* 38: 1-5.
- Klein JT (2004). Prospects for transdisciplinarity. *Futures* 36:515-526.
- Pohl C (2008). From Science to policy through transdisciplinary research. *Environmental Science and Policy II*: 46-53.
- Van Rijnsoever FJ, Hessels LK (2011). Factors associated with disciplinarity and interdisciplinary research collaboration. *Research Policy* 40:463-472.



**CAPTAR**  
ciência e ambiente para todos

volume 3 • número 1 • p iii-v

**CAPÍTULO ESPECIAL • PERCURSOS INTERDISCIPLINARES**  
Programa de Doutoramento em Ciências, Universidade de Coimbra

## RESUMO ALARGADO

### **Prever os efeitos do aquecimento global em ecossistemas ribeirinhos**

**- uma experiência manipulativa global, uma experiência de vida -**

É actualmente aceite pela comunidade científica que estamos num período de aquecimento global. O aumento expectável da temperatura média do ar reflectir-se-á na temperatura da água dos ribeiros e rios com consequências na qualidade e quantidade de água disponível. A integridade ecológica dos sistemas de água doce poderá vir a ser afectada directa (muitos processos vitais são dependentes da temperatura) e indirectamente através de alterações no regime hidrológico, solubilidade de oxigénio, matéria orgânica disponível para as cadeias alimentares, intensidade do stress antropogénico, etc.

Um sistema fluvial é largamente composto (~85%) por pequenos ribeiros. Para além da sua abundância, a sua posição na origem do contínuo fluvial torna-os extremamente importantes. São, por isso, locais privilegiados para estudar os impactos do aquecimento global nos cursos de água. Em zonas temperadas, os ribeiros de montanha são normalmente ladeados por árvores que os tornam sombrios limitando a produção primária. As suas cadeias alimentares dependem portanto da matéria orgânica de origem terrestre, nomeadamente das folhas das árvores que caem maioritariamente no Outono. Estas folhas, uma vez na água, são decompostas. A sua incorporação em biomassa

Cristina Canhoto •

Departamento de Ciências da Vida,  
Faculdade de Ciências e Tecnologia da  
Universidade de Coimbra.

• [ccanhoto@ci.uc.pt](mailto:ccanhoto@ci.uc.pt)

ISSN 1647-323X

viva ocorre gradualmente: as folhas perdem compostos solúveis para a água; são posteriormente colonizadas por fungos (Hifomicetes aquáticos) que as tornam, tal como a *“manteiga na bolacha de água e sal”*, mais apetecíveis para serem consumidas por invertebrados. Estes serão posteriormente consumidos por predadores também invertebrados, por peixes (se existirem), anfíbios ou mesmo aves. O processo de decomposição, vital para o funcionamento destes ribeiros, é extremamente sensível a alterações ambientais como variações na temperatura sendo, por isso, recentemente utilizado como “indicador” do estado ecológico dos cursos de água.

O projecto **“Previsão dos Efeitos do Aquecimento Global em Ecossistemas Ribeirinhos”** do IMAR & Departamento de Ciências da Vida da Universidade de Coimbra, foi financiado pela Fundação para a Ciência e Tecnologia (PTDC/CLI/67180/2006), conta com a colaboração da Universidade do Minho e com a participação de docentes de Universidades de 10 países da Europa e América. Único na Europa, tem como originalidade o facto de abordar os efeitos do aquecimento global nos cursos de água através de uma experiência manipulativa global. Ou seja, uma secção de um ribeiro é aquecida e os efeitos no sistema são avaliados a vários níveis de organização biológica. Mas... como fazer? Como aquecer um curso de água? Não tem sido fácil e só tem vindo a ser realizado porque tem tido a intervenção de uma equipa com várias valências: biólogos, engenheiros civis, engenheiros electrotécnicos e hidráulicos, serralheiros (com excelentes ideias!), carpinteiros, electricistas. Tem tido a colaboração da população local, que nos permitiu realizar muitas actividades em zonas privadas, e o auxílio das entidades camarárias locais ([http://www.cm-lousa.pt/servicos/hig\\_sal\\_pub.php](http://www.cm-lousa.pt/servicos/hig_sal_pub.php)). Segue-se a história de um projecto que se vai tornando realidade...

O projecto iniciou-se com a selecção de um curso de água (Serra da Lousã, Candal) cuja boa qualidade era previamente conhecida pela equipa de biólogos proponente do projecto. A selecção da secção do troço em estudo foi feita tendo em conta a proximidade de energia eléctrica necessária para a posterior instalação do sistema de aquecimento. Elementos da equipa pertencentes ao Laboratório de Hidráulica do Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Coimbra fizeram os planos para permitir que o troço seleccionado fosse dividido longitudinalmente em duas partes, ao longo de 22 m, e tivesse um caudal controlado. Cada metade tem um caudal idêntico (~3L/s) garantido por válvulas instaladas a montante. A restante água do curso de água circula fora deste sistema num canal pré-existente paralelo graças à construção de um sistema de muros elaborados com o auxílio dos engenheiros e pessoal da Câmara da Lousã. A captação da água é feita a montante e, por gravidade, desloca-se até dois depósitos de forma e tamanho idênticos idealizados por Engenheiros Electrotécnicos e tornados reais por uma importante equipa de electricistas e serralheiros. Um dos depósitos possui um sistema de aquecimento que permitirá, a partir deste mês, elevar a temperatura da água, de metade do ribeiro, cerca de 5°C acima da temperatura real da água do rio que circula na outra metade. Protegidos numa cabana por questões de segurança e operacionalidade, o funcionamento destes depósitos necessita de energia eléctrica pelo que uma importante fatia do orçamento irá para o pagamento da electricidade (Figuras 1, 2).

As experiências propriamente ditas iniciaram-se há pouco mais de um ano (a temperatura da água era igual nas duas metades do troço) e pretende-se que terminem dentro de um ano (a temperatura de metade do troço é sempre superior em 5°C à outra metade). No fim do projecto teremos dados sobre o efeito da temperatura na (a) decomposição da folhada, (b) metabolismo do curso de água, (c) estrutura das comunidades de algas, fungos, bactérias, invertebrados e sua produção, (d) metabolismo de invertebrados,

(e) história de vida dos invertebrados entre outros. Esperamos ter dados de particular interesse para biólogos, em particular ecólogos de rios, e para a população em geral sobre os efeitos do aquecimento global na integridade estrutural e funcional dos ribeiros. Esperamos mesmo adquirir informações que nos permitam apontar estratégias de mitigação para eventuais efeitos nefastos do aquecimento nos cursos de água.



FIGURA 1: Troço experimental. Candal, Lousã.  
(Foto: João Rosa)



FIGURA 2: Localização dos depósitos de aquecimento e válvulas de controlo de fluxo do troço experimental.  
(Foto: Ana Lírio)

É fácil concretizar um projecto destes? Não... às intempéries que por vezes não nos deixam chegar ao local, juntam-se imponderáveis naturais ou *timings* humanos que não se coadunam com os *timings* da natureza ou de um projecto necessariamente limitado monetaria e temporalmente. Mas concretizar um projecto destes é, de facto, para todos os que nele colaboramos, uma experiência de vida e para a vida. Quanto a dores de cabeça, MUITAS... mas quem as não tem?



**PALAVRAS-CHAVE:** aquecimento global; cursos de água



**CAPTAR**

ciência e ambiente para todos

volume 3 • número 1 • p vi-viii

## CAPÍTULO ESPECIAL • PERCURSOS INTERDISCIPLINARES

Programa de Doutoramento em Ciências, Universidade de Coimbra

### RESUMO ALARGADO

#### **A Aplicação dos conceitos de isótopos estáveis na Ecologia**

Vítor H Paiva •

‘Nós somos aquilo que comemos’... De facto esta expressão não podia estar mais correcta, na medida em que a utilização das análises de isótopos estáveis em Ecologia se baseia na premissa de que, os níveis isotópicos que possuímos são um reflexo claro daquilo que consumimos do meio ambiente. A utilização destes conceitos da área da Física e Química na Ecologia tem tido como objectivo mais comum o estudo das teias alimentares. Mas o que são isto dos isótopos estáveis? A palavra “isótopo” vem do grego, isos (igual) e topos (lugar), a qual se refere a um local comum de um elemento específico na tabela periódica. Em termos práticos, qualquer organismo na natureza possui isótopos leves e pesados de um mesmo elemento químico e é a medição da proporção entre os isótopos leves e pesados, que nos dá uma assinatura isotópica para o organismo. Numa cadeia trófica o consumo de uma presa por parte de um predador, leva à retenção selectiva do isótopo pesado e perda do leve. É na base destes pressupostos que se utiliza a medição de isótopos estáveis em Ecologia.

IMAR-CMA, Departamento de Ciências da Vida, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra.

Temos então duas premissas que envolvem os isótopos mais usuais em Ecologia (carbono e azoto): a) A assinatura de carbono de um consumidor é usualmente similar à da sua dieta. Isto porque ao longo da cadeia trófica esta assinatura varia muito pouco (~0.8‰ a cada nível trófico); b) A assinatura de azoto reflecte a assinatura dos produtores primários na base da cadeia alimentar e a posição trófica do predador.

• [vitorpaiva@ci.uc.pt](mailto:vitorpaiva@ci.uc.pt)

ISSN 1647-323X

Dado que esta assinatura de azoto aumenta 2 – 5‰ a cada nível trófico. Passando a um exemplo simples, uma ave marinha terá uma assinatura isotópica similar à dos peixes que consome, os quais por sua vez vão ter uma assinatura similar à do plâncton do qual se alimentam, plâncton esse que por sua vez adquiriu a sua assinatura através de nutrientes dissolvidos na água do mar, que em última instância provieram da atmosfera (também com uma assinatura isotópica específica).

Os níveis de isótopos estáveis permitem-nos então ter uma visão mais integrada e completa de toda a dieta assimilada por organismos difíceis (ou impossíveis) de monitorizar em meio selvagem (p.e. a dieta de uma ave marinha em áreas oceânicas remotas onde ela passa o Inverno). É, regra geral, uma técnica menos intrusiva que a recolha de conteúdos estomacais (p.e. a recolha de uma pena tem um impacto mínimo no animal e dá-nos uma informação da composição da sua dieta durante determinados períodos do seu ciclo de vida). Os resultados da ecologia alimentar da espécie-alvo não são enviesados pelos diferentes graus de digestão de diversas presas, algo que pode acontecer se avaliarmos a dieta com base em conteúdos estomacais. No entanto, apesar da relevância da informação obtida através das análises de isótopos estáveis, estas não nos permitem saber em detalhe a proveniência da dieta assimilada pela espécie-alvo.

Nos últimos anos, tem-se assistido a um aumento generalizado do número de estudos em ecologia, nos quais a monitorização de organismos no seu meio natural tem recorrido à utilização de dispositivos de seguimento remoto (p.e. dispositivos GPS<sup>1</sup>). Trata-se portanto de aproveitar os desenvolvimentos na área da Engenharia Electrónica para aplicação na área da Ecologia. De facto, a miniaturização e aumento de precisão dos dispositivos, tornam hoje em dia possível usar dispositivos GPS para saber toda a rotina diária de uma dada espécie-alvo. Estes aparelhos têm vindo a ser usados na Cagarra *Calonectris diomedea*, a ave marinha mais abundante do Atlântico Norte. Nos últimos anos, a colocação destes dispositivos em aves de diferentes populações desta espécie (que se reproduz nos Açores, Madeira e Berlengas), têm-nos ajudado a perceber melhor o comportamento e utilização de habitat por parte deste predador-topo das teias alimentares oceânicas. Por outro lado, a recolha de amostras de sangue para análises de isótopos estáveis, tem possibilitado a compreensão da ecologia alimentar desta espécie (i.e. as análises de isótopos no plasma sanguíneo refletem a dieta do organismo nos últimos 7 dias). Se a esta informação detalhada do posicionamento (os dispositivos GPS podem recolher dados a cada segundo) juntarmos então as análises de isótopos estáveis no predador e nas suas principais presas, temos uma imagem muito mais completa de toda a ecologia trófica das teias alimentares marinhas. Ou seja, sabemos aquilo que a ave tem vindo a comer e onde tem vindo a comer, ficando apenas por responder a questão do porquê, de estar a comer em determinada área em detrimento de outra(s).

Recentemente, tem-se assistido a uma maior disponibilização de dados de detecção remota do globo terrestre, efectuada por parte de diferentes satélites que orbitam o nosso planeta. Assim, é possível ter dados ambientais de, por exemplo, temperatura da superfície do mar, concentração de clorofila, ou profundidade do fundo marinho. Os valores destas variáveis representam a produtividade de determinada região e podem ser obtidos a escalas temporais e espaciais diminutas, começando nos valores médios diários e a cada 300m, respectivamente. Este conhecimento da área da Oceanografia é de extrema importância para o mapeamento das características do habitat disponível para as cagaras, tanto mais que a

---

<sup>1</sup> GPS – *Global Positioning System*, um sistema de navegação baseado na aquisição de sinal de satélites em órbita, para visualizar informação precisa de localização e tempo.

espécie explora áreas oceânicas por vezes a centenas de quilómetros das colónias de reprodução. Isto é, torna-se impossível mapear as características de habitats remotos, sem o recurso a estes dados oceanográficos. A junção deste mapeamento das características do meio disponível (detecção remota), com a distribuição detalhada das aves (dados GPS) e a dieta assimilada pela espécie (análises isotópicas) resulta numa compreensão completa da história de vida desta espécie. A qual, por ter uma distribuição tão alargada e dieta similar a outras espécies de aves marinhas de menor porte, se torna um bom bioindicador da qualidade dos ecossistemas marinhos e potencial veículo para a Biologia da Conservação. É por essa razão que nos últimos anos, todo este trabalho anteriormente descrito, tem contribuído para o inventário das áreas marinhas mais importantes para as aves. O resultado desta abordagem interdisciplinar, tem sido um contributo fulcral para o estabelecimento de reservas marinhas protegidas em Portugal, nomeadamente na região autónoma dos Açores, onde o processo legislativo está a dar os primeiros passos.

**PALAVRAS-CHAVE:**

azoto; cadeia trófica; carbono; dispositivos GPS; habitats remotos; isótopos estáveis



**CAPTAR**  
ciência e ambiente para todos

volume 3 • número 1 • p ix-xi

**CAPÍTULO ESPECIAL • PERCURSOS INTERDISCIPLINARES**  
Programa de Doutoramento em Ciências, Universidade de Coimbra

## RESUMO ALARGADO

### **Nanoecotoxicologia: um desafio multidisciplinar**

Isabel Lopes •

Ruth Pereira

Departamento de Biologia e CESAM,  
Universidade de Aveiro.

O rápido desenvolvimento da nanotecnologia<sup>2</sup> despertou preocupações relativamente aos possíveis efeitos adversos que os compostos de tamanho nanométrico (nanomateriais-NMs<sup>3</sup>), por ela produzidos, poderão provocar no ambiente. Esta preocupação prende-se com o facto destes novos materiais apresentarem características físicas, químicas, eléctricas, ópticas, mecânicas e magnéticas diferentes dos seus equivalentes de tamanho maior (> 100nm), que os pode tornar mais persistentes, reactivos e/ou biodisponíveis (Nel et al., 2006; Heinlaan et al., 2008). Por exemplo, o tamanho nanométrico confere-lhes uma área superficial relativa muito maior, com maior número de átomos à superfície, o que lhes atribui uma maior reactividade. Mais ainda, o seu tamanho extremamente reduzido, permite-lhes atravessar barreiras biológicas por vários meios de transporte (ex. penetração através da pele) e interagir com células e até macromoléculas intracelulares (Kahru e Dubourguier, 2010). Apesar do atrás referido, e do facto de vários NMs já serem utilizados numa vasta gama de produtos de consumo humano corrente (ex. medicamentos, produtos

<sup>2</sup> Nanotecnologia é uma área científica e económica inovadora que pretende investigar, desenvolver, produzir e aplicar materiais e estruturas (a nível atómico, molecular, macromolecular) de tamanho nanométrico (entre 1 e 100 nm), uma vez que nestas dimensões ocorrem fenómenos únicos que permitem novas aplicações destes materiais (NNI, 2006 [http://www.nano.gov/html/facts/home\\_facts.html](http://www.nano.gov/html/facts/home_facts.html)).

<sup>3</sup> Nanomaterial *sensu* material produzido por via tecnológica com pelo menos uma dimensão de tamanho inferior ou igual a 100 nm (ASTM, 2006; BSI, 2007).

• [ilopes@ua.pt](mailto:ilopes@ua.pt)

**ISSN 1647-323X**

de cosmética, aditivos alimentares, tintas), pouco se sabe acerca dos seus potenciais efeitos no ambiente. Torna-se assim imperativo gerar este tipo de conhecimento científico uma vez que muitos dos NM produzidos já estão, presentemente, a ser libertados para o ambiente. Neste contexto, surge a disciplina nanoecotoxicologia, que pretende avaliar os efeitos que os NMs podem provocar nos organismos, populações, comunidades e ecossistemas (Kahru e Dubourguier, 2010). De modo a promover uma avaliação precisa dos possíveis riscos ecológicos associados aos NMs, a nanoecotoxicologia (e à semelhança da disciplina onde se integra – a ecotoxicologia) necessita gerar informação a vários níveis, pois é fundamental compreender as propriedades físico-químicas dos NMs e de que modo estas poderão determinar o seu transporte, mobilidade, destino, comportamento, transformação, nos diferentes compartimentos ambientais, e particularmente a forma como irão determinar a sua biodisponibilidade e toxicidade. Face ao exposto, entre muitos outros, é necessário conhecer e compreender:

(i) A sua composição química e os processos químicos a que irão estar sujeitos no ambiente. A título de exemplo, Heinlaan et al. (2008) reportou que, dependendo da sua composição química, três NM apresentavam diferentes graus de toxicidade para a bactéria *Vibrio fischeri*: NM de TiO<sub>2</sub>, numa concentração de 20 g/L, não apresentaram toxicidade para a bactéria, enquanto NMs de ZnO e CuO induziram inibição de bioluminescência na mesma bactéria a concentrações muito inferiores (de 1.9 e 79 mg/L, respectivamente). Mais ainda, Brunner et al. (2006) observaram que a toxicidade de um determinado NM era dependente da sua solubilidade; sendo que o mais solúvel apresentava maior toxicidade para linhagens celulares de humanos e roedores.

(ii) Os processos físicos (ex. gravidade, movimentos brownianos<sup>4</sup>) que poderão influenciar a estabilidade e formação de agregados de NMs quando em suspensões aquosas. No caso de ocorrer agregação/aglomeração os NM tendem a depositar-se no sedimento, pelo que se espera que os organismos bentónicos<sup>5</sup> sejam receptores chave relativamente a organismos que vivem na coluna de água (Navarro et al., 2008). No entanto, estes últimos também podem sofrer efeitos adversos devido à formação de agregados. Por exemplo durante a formação destes agregados pode ocorrer aprisionamento de organismos unicelulares, podendo provocar efeitos adversos a nível populacional (ex. inibição do crescimento algal) (Aruoja et al., 2009). Mais ainda a caracterização do tamanho dos NM é essencial para compreender e prever os efeitos adversos que possam provocar no biota. Alguns investigadores colocam a hipótese de que NMs de menor tamanho apresentam maior toxicidade. De facto, Choi e Hu (2008) observaram que NMs de prata com tamanho inferior a 5 nm induziram uma maior inibição do crescimento de bactérias do que NM de tamanho superior.

(iii) Os factores biológicos envolvidos por exemplo na internalização e transformação de NMs. Uma vez dentro dos organismos, os NMs podem ser confinados em vesículas de modo a impedir que interajam a nível celular e provoquem efeitos adversos. De facto este mecanismo já foi reportado por alguns investigadores: Fernandes et al. (2007) observaram que após ingestão de NM, o crustáceo *Daphnia magna* translocava-os do intestino para gotas de gordura tornando-os assim indisponíveis. No entanto, se os NM se mantiverem livres no interior da célula podem interagir de várias formas com os seus componentes e induzir efeitos adversos. Como exemplo, num estudo de modelação realizado por computador, os investigadores

<sup>4</sup> Movimentos brownianos refere-se ao movimento aleatório de partículas as suspensas num fluido.

<sup>5</sup> Organismo bentónico, refere-se a seres vivos que vivem associados ao sedimento/substrato.

Zhao et al. (2005) previram que NM de C60 em suspensão, apresentavam maior associação com moléculas de DNA do que entre si. Deste modo, concluíram que quando a dupla hélice de DNA é danificada, NMs de C60 podem ocupar o local danificado impedindo a acção dos processos de reparação do DNA e consequentemente provocar impacto na sua estrutura, estabilidade e funções biológicas.

Além da compreensão dos factores atrás descritos (e de muitos outros que aqui não foram referidos), é ainda necessário incluir conhecimentos estatísticos e matemáticos na avaliação dos efeitos que NM podem provocar no ambiente, de modo a ser possível quantificar (relações concentração-efeito) e prever os seus efeitos tóxicos e determinar qual a probabilidade da sua ocorrência. Torna-se assim evidente que para uma avaliação exacta e apropriada dos riscos ecológicos dos NM é necessária uma abordagem multidisciplinar (envolvendo disciplinas como a física, química, matemática, fisiologia, ecologia, histologia, ...) de modo a estabelecer valores limite que permitam a libertação dos NMs no ambiente, em concentrações que não afectem os ecossistemas.



**PALAVRAS-CHAVE:** contaminação; ecotoxicologia; nanoecotoxicologia; nanomateriais

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

- Aruoja V, Dubourguier HC, Kasemets K, Kahru A. (2009). Toxicity of nanoparticles of CuO, ZnO, and TiO<sub>2</sub> to microalgae *Pseudokirchneriella subcapitata*. *Science of the Total Environment* 407:1461-1468.
- ASTM - American Society for Testing and Materials (2006). Standard terminology relating to nanotechnology. E 2456-06. West Con-shohocken, PA.
- BSI - British Standards Institution (2007). Terminology for nanomaterials. PAS 136: 2007. London, UK.
- Brunner TJ, Wick P, MAnser P, Spohn P, Grass RN, Limbach LK, bruinink A, Stark WJ (2006). In vitro cytotoxicity of oxide nanoparticles: comparison to asbestos, silica, and the effect of particle solubility. *Environmental Science and Technology* 40:4374-4381.
- Choi O, Hu Zhiqiang (2008). Size dependent and reactive oxygen species related nanosilver toxicity to nitrifying bacteria. *Environmental Science and Technology* 42:4583-4588.
- Fernandes TF, Christoti N, Stone V (2007). The environmental implications of nanomaterials. In Monteiro-Riviere N, Lang Tran C, eds, *Nanotoxicology: characterization, dosing and health effects*. CRC, Boca Raton, FL, USA.
- Heinlaan M, Ivask A, Blinova I, Dubourguier H-C, Kahru A (2008). Toxicity of nanosized and bulk ZnO, CuO and TiO<sub>2</sub> to bacteria *Vibrio fischeri* and crustaceans *Daphnia magna* and *Thamnocephalus platyurus*. *Chemosphere* 71: 1308-1316.
- Kahru A, Dubourguier H-C (2010). From ecotoxicology to nanoecotoxicology. *Toxicology* 269: 105-119.
- National Nanotechnology Initiative (2006). What is nanotechnology. [http://www.nano.gov/html/facts/home\\_facts.html](http://www.nano.gov/html/facts/home_facts.html)
- Navarro E, Baun A, Behra R, Hartmann NM, Filser J, Miao A-J, Quigg A, Santshi PH, Sigg L (2008). Environmental behavior and ecotoxicity of engineered nanoparticles to algae, plants, and fungi. *Ecotoxicology* 17:372-386.
- Nel A, Xia T, Mädler L, Li N (2006). Toxic potential of materials at nanolevel. *Science* 311: 622-627.
- Zhao X, Striolo A, Cummings PT (2005). C60 binds to and deforms nucleotides. *Biophysics Journal* 89:3856-3862.



**CAPTAR**  
ciência e ambiente para todos

volume 3 • número 1 • p xiii-xx

**CAPÍTULO ESPECIAL • PERCURSOS INTERDISCIPLINARES**  
Programa de Doutoramento em Ciências, Universidade de Coimbra

**Rochas metamórficas na região da Lousã:  
abordagem interdisciplinar**

Carlos Antunes •

Alexandra Gonçalves

Instituto de Geofísica da Universidade de  
Coimbra.

Actualmente, considera-se que a interdisciplinaridade é a utilização de várias disciplinas para a construção de uma interpretação/descrição de um problema, onde a solução procurada se estrutura e organiza em função da resolução do problema, no seu contexto específico e para destinatários específicos (Fourez et al., 2002). A interdisciplinaridade surge como uma tentativa de superar uma visão fragmentária dos objectos e dos acontecimentos através da confrontação de olhares plurais na sua observação.

Enquanto abordagem interdisciplinar, a aula de campo deve permitir: identificar e compreender as relações entre as diversas Ciências para a compreensão do tema, analisar e reconhecer as vantagens das aplicações das rochas metamórficas e transferir aprendizagens para outros domínios (cognitivos, afectivos e sociais). Pretende-se ainda elaborar materiais com carácter interdisciplinar que possam ser utilizados na disciplina de Biologia e Geologia.

Assim, a proposta de percurso interdisciplinar apresentada propõe uma aula de campo com base no modelo de Orion (Orion, 1993). Este modelo inclui uma aula pré-campo, em sala de aula, de modo a consciencializar para a novidade (aspectos cognitivos, psicológicos e geográficos), inclui a aula de campo propriamente dita e a aula pós-campo, onde se realiza a síntese, a reflexão, a consolidação e a avaliação, também em sala de aula.

**Palavras-chave**

rochas metamórficas  
actividade prática de campo  
percurso interdisciplinar  
modelo de Orion

• CarlosLousa@gmail.com

ISSN 1647-323X

## INTRODUÇÃO

O trabalho de investigação realizado consistiu na elaboração de materiais didácticos, na pesquisa bibliográfica do tema escolhido e na contextualização do tema em termos educacionais. Estes materiais foram construídos de acordo com: (i) o preconizado pelo Ministério da Educação (Freire et al., 2001; Mendes et al., 2001; Silva et al., 2001), na temática “Rochas Metamórficas”; (ii) a metodologia de ensino orientada para a aprendizagem em contexto e com carácter prático. Assim, este artigo está dividido nas seguintes secções: Introdução; Descrição da Abordagem Multidisciplinar; Resultados Esperados; Conclusões; Referências Bibliográficas, e Anexos.

A introdução está subdividida em subsecções, onde se apresenta uma revisão bibliográfica relativamente à interdisciplinaridade e ao Modelo de Orion, uma contextualização educacional e científica dos temas escolhidos (rochas metamórficas) para realizar o estudo.

Actualmente, considera-se que a interdisciplinaridade é a utilização de várias disciplinas para a construção de uma interpretação/descrição de um problema, onde a solução procurada se estrutura e organiza em função da resolução do problema, no seu contexto específico e para destinatários específicos (Fourez et al., 2002). Ou seja, a interdisciplinaridade surge como uma tentativa de superar uma visão fragmentária dos objectos e dos acontecimentos através da confrontação de olhares plurais na sua observação.

O contacto dos alunos com ferramentas exteriores à escola ajudam o aluno a construir uma abordagem contextualizada, ligando-o à construção significativa do conhecimento e à partilha do mesmo. Orion (Orion, 1993) considera que as características amplamente significativas de uma saída de campo, onde o trabalho e a observação adquirem primazia, em detrimento dos aspectos lúdicos se relacionam com o desenvolvimento de competências específicas, nomeadamente no âmbito da Geologia.

De acordo com Bonito e Sousa (1997), as actividades práticas de campo permitem: considerar os pré-conceitos de conceitos geológicos de cada aluno; desenvolver aprendizagens significativas de novos conceitos geológicos; ter um primeiro contacto com a realidade para iniciar um novo aspecto temático; contactar, comprovar ou aplicar directamente factos ou algum tema já desenvolvido na aula; sugerir problemas e permitir uma primeira elaboração de dúvidas e questões; recolher material de campo para trabalhos posteriores em sala ou laboratório; exercitar habilidades e desenvolver destrezas sensório-motoras, e capacidades próprias da actividade de campo; exemplificar conhecimentos teóricos ou fenómenos da natureza; despertar atitudes e valores, como sejam o entusiasmo pela descoberta, o desenvolver de uma atitude científica e de assumir um compromisso ético com o meio ambiente; desenvolver gosto pelo trabalho em equipa e capacidade para realizá-lo.

Uma vez que o percurso interdisciplinar proposto apresenta uma base sólida, urge a necessidade de fazer uma pesquisa científica consistente e objectiva.

A Serra da Lousã soergueu-se na continuidade estruturada da Cordilheira Central (Soares et al., 2007), atingindo a sua altitude máxima de mil duzentos e quatro metros (1204 m), no Castelo do Trevim. Localiza-se nos concelhos de Lousã, Miranda do Corvo, Góis, Castanheira de Pêra e Figueiró dos Vinhos, encontrando-se por isso, na transição entre os distritos de Coimbra e de Leiria.

De acordo com Trincão et al. (1989), a depressão intra-montanhosa da Lousã, conhecida como “Bacia da Lousã”, está localizada na faixa Oeste do cratão ibérico, é ladeada pelo flanco Noroeste da Serra da Lousã segundo direcção NE-SW, estando separada da Orla Ocidental Portuguesa pelo Maciço Marginal (um *horst* de orientação N-S de soerguimento tardi-terciário).

A Serra da Lousã é, simultaneamente, imponente e simples, visto que os muitos espaços naturais se encontram pouco antropicamente “agredidos” e ocupados. Na grande panóplia de espaços são de destacar as aldeias serranas e os diversos percursos pedestres, devidamente assinalados, nos quais se observa uma clara presença de rochas metamórficas. Em termos estruturais, a bacia da Lousã é um *graben* definido pelas fracturas Porto-Tomar e Lousã-Góis. Este sistema de falhas inverso estabelece o contacto dos sedimentos da depressão com o Complexo Cristalofílico (a Ocidente) e com o Complexo Xisto-Grauváquico (CXG) (a Oriente) (Trincão et al., 1989).

A deformação do CXG no bordo ocidental da Serra da Lousã é classificada como essencialmente Varisca. Sobre esta região actua uma tectónica mais recente, Alpina, com características essencialmente fracturantes e caracterizando um âmbito reologicamente (ou seja, em termos de viscosidade) mais frágil do que os diversos regimes tectónicos variscos (Gama Pereira et al., 2004) (Figura 1).

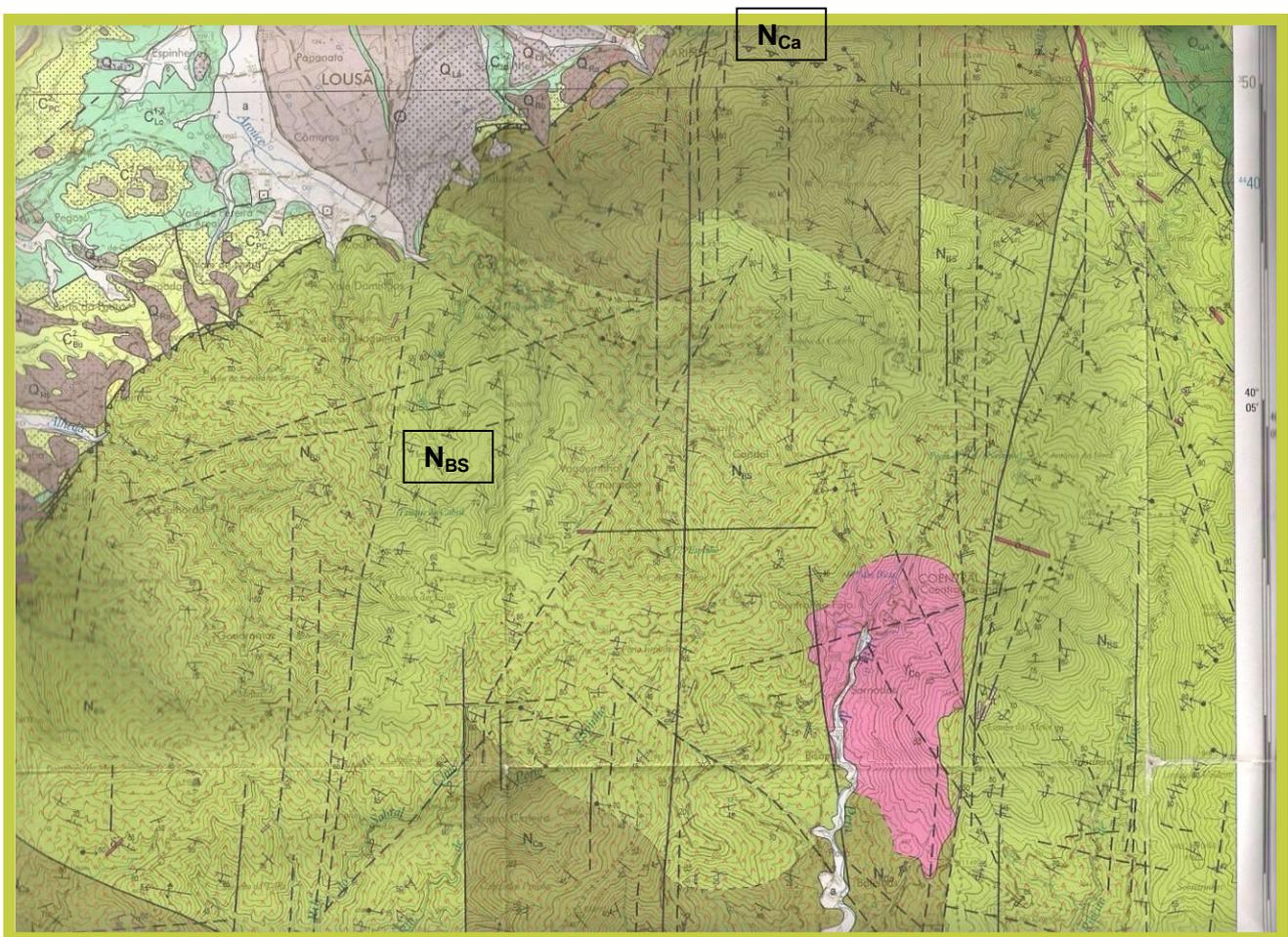


FIGURA 1: Excerto da Carta Geológica 19-D. N<sub>Ca</sub> – Formação de Caneiro; N<sub>Bs</sub> – Formação de Boque-Serpins.

As rochas metamórficas são rochas resultantes da transformação, no estado sólido, de rochas preexistentes (protólitos), apresentando texturas e estruturas muito características (Neves et al., 2003). A sua aparência é muito variável dado que se podem formar a partir de rochas ígneas, sedimentares ou mesmo de outras rochas metamórficas, devido à acção das altas temperaturas e enormes pressões, além da acção de fluidos quimicamente activos. De acordo com Press et al. (2003), as rochas modificam-se mineralogicamente e texturalmente até atingirem o equilíbrio com as novas condições de temperatura e pressão, conduzindo, eventualmente a uma nova composição química.

Estas novas características, bem como a combinação entre elas, que levam a este equilíbrio, podem ser determinadas através da recriação, em laboratório, das condições de metamorfismo. De acordo com estas condições, podem identificar-se, entre muitas outras, duas categorias principais de metamorfismo: o metamorfismo regional e o metamorfismo de contacto.

O tipo mais frequente de metamorfismo, o metamorfismo regional ou dinamotermal, ocorre, em grandes extensões da crosta, quando há uma conjugação de temperaturas e pressões elevadas (Press et al., 2003). Apresenta-se como um processo característico da tectónica de placas convergentes. Durante o metamorfismo regional, dependendo das condições de pressão e temperatura, uma rocha específica preexistente pode recrystalizar originando diversos tipos de rochas metamórficas.

No caso do metamorfismo de contacto ou termal, as temperaturas elevadas das intrusões ígneas provocam a ocorrência de metamorfismo, sendo os minerais da rocha preexistente sujeitos a novas condições. Este tipo de metamorfismo afecta, normalmente, apenas uma região estreita de rocha continental ao longo da zona de contacto. Os efeitos da pressão apenas são relevantes no caso da intrusão do magma ocorrer a grandes profundidades. O metamorfismo de contacto originado por rochas extrusivas está limitado a zonas muito estreitas porque as lavas solidificam muito rapidamente à superfície, o que leva a que não ocorram alterações muito extensas.

O metamorfismo confere novas texturas às rochas que alteram. Press et al. (2003) refere que a textura de uma rocha metamórfica é determinada com base no tamanho, forma e arranjo dos seus minerais constituintes. Essa determinação leva à distribuição das rochas por três categorias: as rochas foliadas, as rochas granoblásticas e as texturas de cristais grandes (Tabela I).

Neste estudo salientam-se as rochas foliadas, havendo que distinguir quanto ao grau crescente de metamorfismo: metapelitos e metagrauvaques. Os metapelitos são rochas com baixo grau de metamorfismo, constituídos por materiais arenosos finos ou mesmo siltíticos e argilosos. Os metagrauvaques denotam um metamorfismo de grau médio a alto, apresentando materiais arenosos grosseiros a envolver clastos argilosos. Estas são as rochas dominantes nas duas formações constituintes do Grupo das Beiras e, especificamente, da Serra da Lousã: a N<sub>Ca</sub> – Formação de Caneiro e a N<sub>Bs</sub> – Formação de Boque-Serpins (Figura 1).

A primeira é fundamentalmente metagrauacóide, em bancadas com espessuras desde decímetros a metros, que formam conjuntos decamétricos, separados por intercalações de metapelitos laminados, com uma presença mais reduzida. A Formação de Boque-Serpins é a unidade que se sobrepõe à Formação de Caneiro. Apresenta um carácter essencialmente pelítica, sendo constituída por metapelitos cinzento escuros, laminados, com intercalações de metagrauvaques em bancadas de dimensões decimétricas a

métricas, não ultrapassando os 10-15m de espessura. A passagem da Formação de Caneiro à Formação de Boque-Serpins é gradual e marca-se por predomínio de fácies de pelitos laminados. Na passagem de uma unidade à outra, há, por vezes, xistos laminados negros, ricos em matéria orgânica e com níveis de pirite (Soares et al. 2007).

TABELA I: Classificação de rochas metamórficas com base na textura (adaptado de Press et al., 2003).

CLASSIFICAÇÃO	CARACTERÍSTICAS	NOME	PROTÓLITO PREEXISTENTE
<b>Foliada</b>	Distinguida pela clivagem xistenta, xistosidade ou foliação gnáissica; grãos minerais denotam orientação preferencial	Ardósia Filito Xisto Gnaisse	Argila, arenito
<b>Granoblástica</b>	Granular, caracterizada por grãos grosseiros ou finos; pouca ou nenhuma orientação preferencial	Corneana Quartzito Mármore Argilito Xisto verde Anfibolito Granulito	Argila, rochas vulcânicas Arenito rico em quartzo Calcário, dolomite Argila Basalto Argila, basalto Argila, basalto
<b>Porfiroblástica</b>	Cristais grandes dispostos numa matriz fina	De ardósia a Gnaisse	Argila

A aula de campo, apresentando uma abordagem interdisciplinar, deve permitir: identificar e compreender as relações entre as diversas Ciências para a compreensão do tema, analisar e reconhecer as vantagens das aplicações das rochas metamórficas e transferir aprendizagens para outros domínios (cognitivos, afectivos e sociais). Pretende-se ainda elaborar materiais com carácter interdisciplinar que possam ser utilizados na disciplina de Biologia e Geologia.

Assim, ambiciona-se analisar se a abordagem interdisciplinar nas aulas de campo, segundo o modelo de Orion, contribuem, efectivamente, para uma melhor aprendizagem do tema “rochas metamórficas”, tendo como base a seguinte questão-problema “De que modo as rochas metamórficas influenciam o meio envolvente?”.

## METODOLOGIA

Os conhecimentos específicos das Ciências têm subjacentes processos de ensino e de aprendizagem diferentes de outras áreas (Cachapuz et al., 2001), por isso, é natural que não existam leis gerais de aprendizagem igualmente aplicáveis em todos os ambientes. Assim, a proposta de percurso interdisciplinar apresentada propõe uma aula de campo com base no modelo de Orion (Orion, 1993). Este modelo inclui uma aula preparatória (pré-campo), em sala de aula, de modo a consciencializar para a novidade (aspectos cognitivos, psicológicos e geográficos), inclui a aula de campo propriamente dita e a aula pós-campo, onde se realiza a síntese, a reflexão, a consolidação e a avaliação, também em sala de aula.

A aula de pré-campo deve decorrer em sala de aula e as actividades a desenvolver com os alunos devem visar uma revisão/apresentação do quadro conceptual a abordar durante a visita (enquadramento geográfico, geológico, geomorfológico e trajecto) e o desenvolvimento de competências necessárias à realização das tarefas previstas para o campo – por exemplo, orientação, observação, identificação e interpretação de estruturas e outros fenómenos geológicos. Além das actividades relacionadas com os aspectos cognitivos, devem tentar superar aspectos como a ansiedade e insegurança dos alunos relativamente ao que se passará no campo.

Na aula de campo deve ser distribuído o guião pelos alunos que deve conter o trajecto com as paragens e as respectivas actividades a desenvolver. Em termos de estrutura, o guião deve, em cada paragem, procurar que as primeiras questões colocadas sejam menos abstractas do que as últimas. O tipo de tarefas a elaborar deve ser o mais diversificado possível, de modo a evitar a monotonia. No guião, devem existir questões que possibilitem a sua análise na aula de pós-campo.

Na aula de pós-campo devem ser alvo de análise, discussão e reflexão as questões e aspectos geológicos mais abstractos, a correcção do guião e a realização de sínteses e conclusões gerais. A correcção do guião deve constituir um meio de auto-regulação e de auto-avaliação, permitindo aos alunos reflectir sobre o seu empenho, trabalho e atitudes no contexto da actividade.

Para a elaboração do guião de campo foi necessário consultar os actuais currículos e programas dos Ensinos Básico (Freire et al., 2001) e Secundário (Mendes et al., 2001; Silva et al., 2001), verificando a inserção do tema das rochas metamórficas. Constatou-se que o tema é abordado na disciplina de Ciências Naturais no 7º ano de escolaridade (Unidade: Dinâmica externa – Rochas metamórficas), na disciplina de Biologia e Geologia no 10º ano de escolaridade (Unidade: Rochas magmáticas e metamórficas) e na disciplina de Biologia e Geologia no 11º ano de escolaridade (Unidade: Metamorfismo. Agentes de metamorfismo. Rochas metamórficas).

O guião foi elaborado tendo como destinatários os alunos do 11º ano de escolaridade e apresenta a opção de 4 paragens, conforme se indica na Figura 2.

A questão inicial, em cada paragem, refere aspectos como a altitude a que o aluno que se encontra e deve ser verificada na carta militar (a entregar aos alunos).

Em cada uma das paragens são apresentadas questões com carácter interdisciplinar, relacionadas com os cogumelos característicos, a identificação dos tipos de rochas metamórficas, de espécies animais e vegetais, a caracterização de aspectos geomorfológicos relevantes, como a falha geológica, medição de parâmetros e recolha de amostras.

O tipo de questões é de um tipo mais directo, que requerem respostas curtas e algumas de observação e interpretação.

Na aula de pós-campo, deve ser preenchida uma grelha de avaliação da actividade. A avaliação da actividade deve incidir na realização de um questionário aos alunos relativo às aprendizagens construídas nas três fases da actividade. No tratamento dos dados não deve ser esquecida a determinação da consistência interna das escalas utilizadas.

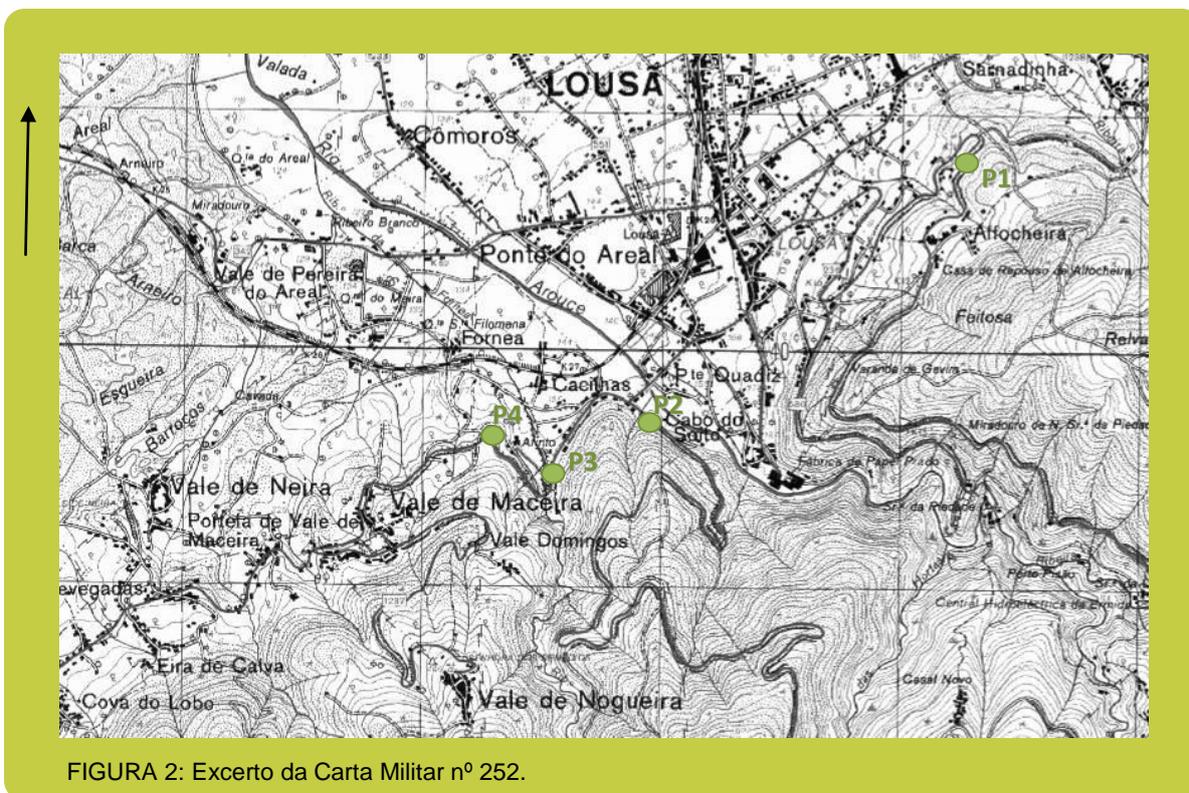


FIGURA 2: Excerto da Carta Militar nº 252.

Este projecto interdisciplinar recorre a diversas áreas/ciências (Figura 3), procura um resultado original e está organizado em torno de objectivos, em vez de disciplinas, apesar de poder haver uma área mais central, que neste caso é a Geologia.

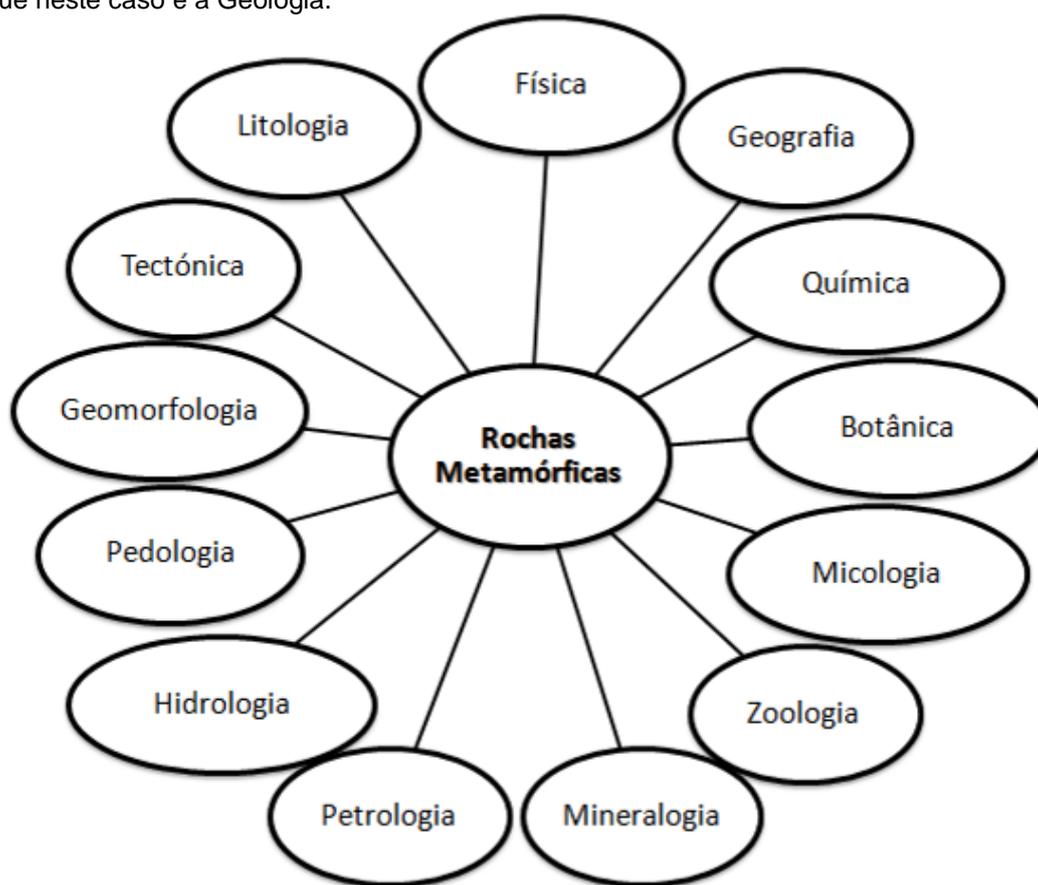


FIGURA 3 – Ciências/Áreas envolvidas no percurso interdisciplinar apresentado.

Para compreender o tema das rochas metamórficas foram utilizadas diversas áreas/ciências que contribuem para a resolução da questão-problema. A Física permite compreender conceitos como a temperatura, a pressão e a erosão física, essenciais para aprender os processos de metamorfismo que dão origem às rochas metamórficas. A Química dá o seu contributo no conhecimento das fórmulas químicas dos minerais constituintes das rochas e das reacções químicas que ocorrem aquando da erosão química. A Mineralogia permite-nos conhecer os minerais característicos das rochas metamórficas. Por outro lado, a Botânica, a Zoologia e a Micologia são Ciências que permitem verificar se os seres vivos envolvidos dependem do tipo de rocha e também contribuem para a erosão das mesmas. Relativamente à Geografia, esta permite-nos fazer uma representação mental da contextualização e da distribuição das rochas metamórficas em Portugal Continental. A Petrologia fornece-nos informação sobre a origem, a ocorrência, a estrutura e a história das rochas. A Hidrologia permite-nos averiguar que o tipo de rocha envolvente altera as características das linhas de água envolvente, nomeadamente o tipo de sais minerais e os iões presentes. A Pedologia permite-nos estudar os tipos de solos resultantes de processos químicos e físicos de alteração de rochas metamórficas. A par deste estudo surge também a Litologia que permite compreender os processos que convertem sedimentos em rochas. Já a Geomorfologia permite relacionar o relevo característico das rochas metamórficas, que são resultantes da dinâmica da litosfera, sendo para tal necessário o contributo da Tectónica.

## RESULTADOS ESPERADOS

Com este percurso interdisciplinar espera-se que os alunos do Ensino Secundário obtenham melhores resultados e tenham uma aprendizagem mais eficaz do tema “rochas metamórficas”.

No final, os alunos devem ser capazes de construir o seu próprio mapa de conceitos (Figura 4), reflexo da sua aprendizagem e da interligação entre as diferentes áreas que contribuíram para a resolução do problema inicial.

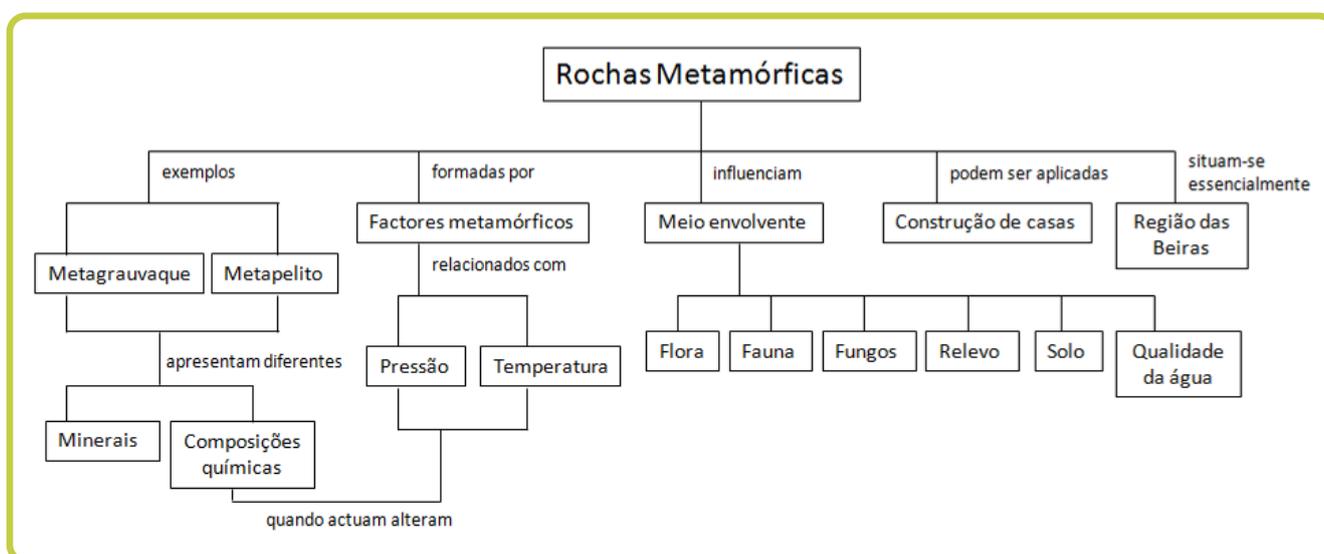


FIGURA 4: Mapa de conceitos sobre as rochas metamórficas, numa visão interdisciplinar.

## CONCLUSÕES

Pelo exposto, considera-se que a metodologia apresentada pode auxiliar na melhoria do ensino e da aprendizagem da Geologia. Estudos feitos sobre ensino baseado em actividades com carácter prático e/ou experimental têm revelado que este contribui para uma aprendizagem mais eficaz dos conteúdos.

Como também vem referido nos Currículos fornecidos pelo Ministério da Educação, sugere-se que, em futuras investigações, o tipo de estudo aqui desenvolvido se estenda a outras temáticas do Currículo Nacional para o 3.º Ciclo do Ensino Básico, bem como a outros níveis de ensino (Ensino Secundário e Ensino Superior), de modo a facilitar a contextualização dos conteúdos a leccionar nas disciplinas de Ciências Naturais e Biologia e Geologia.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

- Bonito J, Sousa M (1997). Actividades Práticas de Campo em Geociências: uma proposta alternativa. *In* L Leite et al. (eds.), *Didácticas. Metodologias da Educação*. Universidade do Minho, Braga, pp. 75-91.
- Cachapuz A, Praia J, Pérez DG, Carrascosa J, Terrades IM (2001). A Emergência da Didáctica como campo específico de conhecimento. *Revista Portuguesa de Educação* 14(001): 155-195.
- Fourez G, Maingain A, Dufour B (2002). *Approches didactiques de l'interdisciplinarité*. De Boeck Université, Bruxelles, 188 pp.
- Freire A, Galvão C, Lopes A, Neves A, Oliveira M, Pereira M, Santos M, Vilela M (2001). *Ciências Físicas e Naturais Orientações Curriculares 3º Ciclo*. Ministério da Educação, Departamento da Educação Básica, 42 pp.
- Gama Pereira LC, Sequeira AJD, Gomes EMC (2004). A deformação varisca do Maciço Hespérico na região da Serra da Lousã (Portugal Central). *Caderno Lab. Xeológico de Laxe* 29: 203-214.
- Mendes A, Rebelo D, Pinheiro E, Silva C, Amador F, Baptista J & Valente R (2001). *Programa de Biologia e Geologia 11º ou 12º anos – Curso Científico-Humanístico de Ciências e Tecnologias*. Ministério da Educação, Departamento do Ensino Secundário, 48 pp.
- Neves PCP, Schenato F, Bachi FA (2003). *Introdução à Mineralogia Prática*. Editora da ULBRA, Brasil, 256 pp.
- Orion N (1993). A Model for Development and Implementation of Field Trips as an Integral Part of the Science Curriculum. *School Science and Mathematics* 93(6): 325-331.
- Press F, Siever R, Grotzinger J, Jordan TH (2003). *Understanding Earth – Fourth Edition*. W.H.Freeman and Company, USA, 567 pp.
- Silva C, Amador F, Baptista J & Valente R (2001). *Programa de Biologia e Geologia 10º ou 11º anos – Curso Científico-Humanístico de Ciências e Tecnologias*. Ministério da Educação, Departamento do Ensino Secundário, 98 pp.
- Soares AF, Marques JF, Sequeira AJD (2007). *Notícia Explicativa da Folha 19-D Coimbra-Lousã*. Departamento de Geologia – Instituto Nacional de Engenharia, Tecnologia e Inovação, Lisboa, 71pp.
- Trincão P, Reis RP, Pais J, Cunha PP (1989). Palinomorfos ante-cenomianos do «Grés do Buçaco» (Lousã, Portugal). *Ciências da Terra NL* 10: 51-64.