

Aviso de Abertura do Concurso para Atribuição de Bolsas de Investigação para Doutoramento

O Instituto Dom Luiz da Universidade de Lisboa (IDL) abre concurso para atribuição de 4 (quatro) bolsas de investigação, adiante designadas por Bolsas de Investigação para Doutoramento, na área de Geologia e Ciências Geofísicas e da Geoinformação, ao abrigo do Regulamento de Bolsas de Investigação da FCT (RBI) e do Estatuto do Bolseiro de Investigação (EBI).

As bolsas serão financiadas pela Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT) ao abrigo do Protocolo de Colaboração para Financiamento do Plano Plurianual de Bolsas de Investigação para Estudantes de Doutoramento, celebrado entre a FCT e a Unidade de I&D UIDP/50019/2020 - Instituto Dom Luiz.

1. APRESENTAÇÃO DE CANDIDATURA

O concurso está aberto entre 18 de maio de 2022 e as 17:00 (hora de Lisboa) de 30 de junho de 2022.

As candidaturas e os documentos de suporte à candidatura previstos no presente Aviso de Abertura de Concurso devem ser submetidos, obrigatoriamente, por correio eletrónico enviado/submetido para idlui@fc.ul.pt.

Cada candidato poderá submeter apenas uma candidatura, sob pena de cancelamento de todas as candidaturas submetidas.

A prestação de falsas declarações ou a realização de atos de plágio por parte dos candidatos é motivo para cancelamento da candidatura sem prejuízo da adoção de outras medidas de natureza sancionatória.

2. TIPO E DURAÇÃO DAS BOLSAS

As bolsas de investigação para doutoramento destinam-se a financiar a realização, pelo bolseiro, de atividades de investigação conducentes à obtenção do grau académico de doutor em universidades portuguesas.

As atividades de investigação conducentes à obtenção do grau académico de doutor decorrerão no IDL, a qual será a instituição de acolhimento dos bolseiros, sem prejuízo dos trabalhos poderem ser realizados em colaboração entre mais do que uma instituição.

As atividades de investigação conducentes à obtenção do grau académico de doutor dos bolseiros selecionados devem estar enquadradas no plano de atividades e estratégia da IDL, e devem ser desenvolvidas no âmbito dos seguintes Programas de Doutoramento:

- Programa de Doutoramento em Geologia, da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa.
- Programa de Doutoramento em Ciências Geofísicas da Geoinformação, da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa.

O plano de trabalhos poderá decorrer integralmente ou de forma parcial numa instituição nacional (bolsa no país ou bolsa mista, respetivamente).

A duração das bolsas é, em regra, anual, renovável até ao máximo de quatro anos (48 meses), não podendo ser concedida bolsa por um período inferior a 3 meses consecutivos.

No caso de bolsa mista, o período do plano de trabalhos que decorra numa instituição estrangeira não pode ser superior a 24 meses.

3. DESTINATÁRIOS DAS BOLSAS

As Bolsas de Investigação para Doutoramento destinam-se a candidatos inscritos ou a candidatos que satisfaçam as condições necessárias para se inscreverem num dos Programas de Doutoramento constantes no ponto 2 do presente Aviso e que pretendam desenvolver atividades de investigação conducentes à obtenção do grau académico de doutor na UIDP/50019/2020 – IDL ou em instituições de acolhimento a ela associadas.

4. ADMISSIBILIDADE

4.1 Requisitos de Admissibilidade do Candidato

Podem candidatar-se ao presente concurso:

- Cidadãos nacionais ou cidadãos de outros Estados membros da União Europeia;
- Cidadãos de Estados terceiros;
- Apátridas;
- Cidadãos beneficiários do estatuto de refugiado político.

Para concorrer a Bolsa de Investigação para Doutoramento é necessário:

- Ser licenciado ou mestre nas áreas de Geologia e Ciências Geofísicas e da Geoinformação.

- Residir de forma permanente e habitual em Portugal à data de início do período do plano de trabalhos no estrangeiro, caso o plano de trabalhos proposto para a bolsa inclua um período em instituições estrangeiras (bolsas mistas), requisito aplicável tanto a cidadãos nacionais como a cidadãos estrangeiros.
- Não ter beneficiado de uma bolsa de doutoramento ou de doutoramento em empresas diretamente financiada pela FCT, independentemente da sua duração.
- Não ser detentor do grau de Doutor.

4.2 Requisitos de Admissibilidade da Candidatura

É indispensável, sob pena de não admissão ao Concurso, anexar à candidatura os seguintes documentos:

- Elementos do bilhete de identidade/cartão de cidadão/passaporte;
- *Curriculum vitae* do candidato;
- Certificados de habilitação dos graus académicos detidos, especificando obrigatoriamente a classificação final e, se possível, as classificações obtidas em todas as disciplinas realizadas, ou, em alternativa, declaração de honra do candidato em como concluiu o grau de licenciado ou mestre até ao final do prazo de candidatura;
- Registo de reconhecimento dos graus académicos atribuídos por instituições de ensino superior estrangeiras e registo da conversão da respetiva classificação final para a escala de classificação portuguesa, ou, em alternativa, declaração de honra do candidato em como obteve o reconhecimento do grau estrangeiro equivalente ao de licenciado ou mestre com efeitos ao final do prazo de candidatura;¹
- Carta de motivação, justificando a adequação do perfil do candidato ao plano de trabalho proposto;
- Cartas de Recomendação (duas);
- Redigir a candidatura e todos os documentos a ela associados, incluindo as cartas de motivação e recomendação, em língua portuguesa ou em língua inglesa.

Relativamente aos requisitos de admissibilidade acima mencionados faz-se notar o seguinte:

¹ Ponderar tendo em conta o ponto 2 das Normas para Abertura de Concursos e Seleção de Bolseiros

- No caso de graus académicos atribuídos por instituições de ensino superior estrangeiras, e por forma a garantir a aplicação do princípio da igualdade de tratamento a candidatos que detêm graus académicos estrangeiros e nacionais, é obrigatório o reconhecimento desses graus e a conversão da respetiva classificação final para a escala de classificação portuguesa.

O reconhecimento de graus académicos e diplomas estrangeiros bem como a conversão da classificação final para a escala de classificação portuguesa pode ser requerido em qualquer instituição de ensino superior pública, ou na Direção-Geral do Ensino Superior (DGES, apenas para o caso do reconhecimento automático). Relativamente a esta matéria, sugere-se a consulta do portal da DGES através do seguinte endereço: <http://www.dges.gov.pt>.

- Só serão admitidos candidatos que tenham concluído o ciclo de estudos conducente ao grau de licenciado ou mestre até ao final do prazo de candidatura. Caso ainda não disponham da certidão de conclusão de curso, será aceite declaração de honra dos candidatos em como concluíram as habilitações necessárias para efeitos do concurso até ao final do prazo de candidatura. A concessão da bolsa está condicionada à apresentação, em fase de contratualização, dos comprovativos da titularidade das habilitações académicas.

5. PLANOS DE TRABALHO E ORIENTAÇÃO CIENTÍFICA DAS BOLSAS

Os Planos de trabalho e respetivos orientadores científicos são os apresentados no documento em anexo e este Aviso.

6. CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO E BONIFICAÇÕES

6.1 Critérios de Avaliação

A avaliação tem em conta o mérito do candidato e a sua adequação ao plano de trabalho. A cada plano de Trabalho será atribuída, no máximo, uma bolsa.

As candidaturas consideradas admissíveis serão pontuadas numa escala de 0 a 5 em cadaum dos seguintes critérios de avaliação:

- Critério A – Avaliação curricular (55 %)
 - Subcritério A1 - Habilitações literárias com peso de (25%);
 - Subcritério A2 - Classificações com peso de (10%);
 - Subcritério A3 - Eventuais publicações com o peso de (10%);
- Critério B – Adequação ao plano de trabalho (45%);
 - Subcritério B1 – Carta de motivação, com o peso de 15%
 - Subcritério B2 - Entrevista, com peso de 30%¹

¹ Não é obrigatória a existência de subcritérios, ficando a sua existência ao critério da Unidade/Entidade face às diferentes componentes do mérito que entendam pertinentes avaliar

Para efeitos da decisão sobre a concessão de bolsas, os candidatos serão ordenados de acordo com a média ponderada da classificação obtida em cada um dos 3 critérios, traduzida pela seguinte fórmula:

$$\textbf{Classificação Final} = (0.55 \times A) + (0.15 \times B1) + (0.30 \times B2)$$

Para efeitos de desempate, a ordenação dos candidatos será efetuada com base nas classificações atribuídas a cada um dos critérios de avaliação pela seguinte ordem de precedência: critério B2, critério A, critério B1.

Aviso importante para candidatos com diplomas emitidos por instituições de ensino superior estrangeiras:

- Os candidatos com diplomas emitidos por instituições de ensino superior estrangeiras podem candidatar-se e serão avaliados com os mesmos critérios que os candidatos com diplomas emitidos por instituições portuguesas, desde que apresentem, em candidatura, prova do reconhecimento dos graus académicos e da conversão da classificação final para a escala de classificação portuguesa nos termos da legislação aplicável.
- Os candidatos com diplomas estrangeiros reconhecidos que não apresentem prova da conversão da classificação final para a escala de classificação portuguesa serão avaliados com a classificação mínima (zero pontos) nos subcritérios A1 e A2.
- Em qualquer caso, os contratos de bolsa com candidatos com diplomas emitidos por instituições estrangeiras só serão celebrados mediante a apresentação da prova de reconhecimento dos graus académicos e conversão da classificação final, conforme acima indicado.

Não são elegíveis para concessão de bolsa os candidatos cuja candidatura seja avaliada com uma classificação final inferior a (5) pontos

7. AVALIAÇÃO

O painel de avaliação dos candidatos é constituído pelos seguintes elementos efetivos):

- Pedro Miranda, IDL/FCUL (coordenador do painel)
- António Mateus, IDL/FCUL
- Graça Silveira, IDL/FCUL
- Felipe Rosas, IDL/FCUL
- Rui Caldeira, IDL/FCUL

O painel de avaliação apreciará as candidaturas de acordo com os critérios de avaliação constantes do presente Aviso de Abertura de Concurso, ponderando os elementos de apreciação.

Todos os membros de painel, incluindo o coordenador, estabelecem o compromisso de respeitar um conjunto de responsabilidades essenciais ao processo de avaliação, tais como os deveres da imparcialidade, da declaração de quaisquer potenciais situações de conflito de interesses e da confidencialidade. Em todos os momentos do processo de avaliação, a confidencialidade é totalmente protegida e assegurada de modo a garantir a independência de todos os pareceres produzidos.

Para cada candidatura será produzida, pelo painel, uma ficha de avaliação final onde de forma clara, coerente e consistente sejam apresentados os argumentos que conduziram às classificações atribuídas a cada um dos critérios e subcritérios de avaliação.

Das reuniões do painel de avaliação será produzida ata da responsabilidade de todos os seus membros.

A ata e os seus anexos devem incluir, obrigatoriamente, a seguinte informação:

- Nome e afiliação de todos os membros do painel de avaliação;
- Identificação de todas as candidaturas excluídas e respetiva fundamentação;
- Metodologia adotada pelo painel para casos considerados particulares;
- Fichas de Avaliação Final de cada candidato;
- Lista provisória de classificação e seriação dos candidatos, por ordem decrescente da classificação final, de todas as candidaturas avaliadas pelo painel;
- Declarações de CDI de todos os membros do painel;
- Eventuais delegações de voto e competências por motivo de ausência justificada.

8. DIVULGAÇÃO DE RESULTADOS

Os resultados da avaliação são comunicados via e-mail para o endereço de correio eletrónico utilizado pelo candidato para remessa da candidatura/indicado na candidatura.

9. PRAZOS E PROCEDIMENTOS DE AUDIÊNCIA PRÉVIA, RECLAMAÇÃO E RECURSO

Após comunicação da lista provisória dos resultados da avaliação, os candidatos dispõem de um período de 10 dias úteis para, querendo, se pronunciarem em sede de audiência prévia de interessados, nos termos dos artigos 121º e seguintes do Código do Procedimento Administrativo.

A decisão final será proferida após a análise das pronúncias apresentadas em sede de audiência prévia de interessados. Da decisão final pode ser interposta reclamação no prazo de 15 dias úteis, ou, em alternativa, interposto recurso no prazo de 30 dias úteis, ambos contados a partir da respetiva notificação. Os candidatos que optarem por submeter reclamação devem dirigir a sua pronúncia ao membro do Conselho Diretivo da FCT com competência delegada. Os candidatos que optarem por apresentar recurso devem dirigir o mesmo ao Conselho Diretivo da FCT.

10. REQUISITOS DE CONCESSÃO DE BOLSA

Os contratos de bolsa de investigação são celebrados diretamente com a FCT.

Os seguintes documentos terão de ser obrigatoriamente remetidos, aquando da eventual concessão da bolsa, para efeitos da sua contratualização:

- a) Cópia do(s) documento(s) de identificação civil, fiscal e, quando aplicável, de segurança social²;
- b) Cópia dos certificados de habilitações dos graus académicos detidos;
- c) Apresentação do registo de reconhecimento dos graus académicos estrangeiros e conversão das respetivas classificações finais para a escala de classificação portuguesa, caso aplicável;
- d) Plano de trabalhos;
- e) Documento comprovativo de matrícula e inscrição num dos Programas de Doutoramento identificados no presente Aviso;
- f) Declaração do(s) orientador(es) assumindo a responsabilidade pela supervisão do plano de trabalhos, nos termos do artigo 5.º-A do Estatuto do Bolseiro de Investigação (minuta da declaração a disponibilizar pela FCT);
- g) Documento comprovativo de aceitação do candidato por parte da instituição onde decorrerão as atividades de investigação, garantindo as condições necessárias ao seu bom desenvolvimento, bem como o cumprimento dos deveres previstos no artigo 13.º do Estatuto do Bolseiro de Investigação (minuta da declaração a disponibilizar pela FCT);
- h) Documento atualizado comprovativo do cumprimento do regime de dedicação exclusiva (minuta da declaração a disponibilizar pela FCT);

A concessão da bolsa encontra-se ainda dependente:

- do cumprimento dos requisitos previstos no presente Aviso de Abertura;
- do resultado da avaliação;
- da inexistência de incumprimento injustificado dos deveres do bolseiro no âmbito de anterior contrato de bolsa financiada, direta ou indiretamente, pela FCT;
- da disponibilidade orçamental da FCT.

A falta de entrega de algum dos documentos necessários para completar o processo de contratualização da bolsa, no prazo de 6 meses a partir da data de comunicação da decisão de concessão condicional da bolsa, implica a caducidade da referida concessão e o encerramento do processo.

² A disponibilização destes documentos pode ser substituída, por opção do candidato, pela apresentação presencial na entidade financiadora, a qual guardará os elementos constantes dos mesmos que sejam pertinentes para a validade e execução do contrato, incluindo os números de identificação civil, fiscal e de segurança social, bem como a validade dos respetivos documentos.

11. FINANCIAMENTO

O pagamento das bolsas terá início após a devolução, pelos candidatos, do contrato de bolsa devidamente assinado, o que deverá ocorrer no prazo máximo de 15 dias úteis contados a partir da data do seu recebimento.

As bolsas atribuídas no âmbito do presente concurso serão financiadas pela FCT com verbas do Orçamento de Estado e, quando elegíveis, com verbas do Fundo Social Europeu, a disponibilizar ao abrigo do PORTUGAL2020, através, nomeadamente, do Programa Operacional Regional do Norte (NORTE 2020), Programa Operacional Regional do Centro (Centro 2020) e do Programa Operacional Regional do Alentejo (Alentejo 2020), ou outros que venham a ser aprovados, de acordo com as disposições regulamentares fixadas para o efeito.

12. COMPONENTES DA BOLSA

Aos bolseiros é atribuído um subsídio mensal de manutenção nos termos da tabela constante do Anexo I do RBI.

A bolsa pode ainda incluir outras componentes, nos termos que constam do artigo 18º do RBI e pelos valores previstos no seu Anexo II.

Todos os bolseiros beneficiam de um seguro de acidentes pessoais relativamente às atividades de investigação, suportado pela FCT.

Todos os bolseiros que não se encontrem abrangidos por qualquer regime de proteção social podem assegurar o exercício do direito à segurança social mediante adesão ao regime do seguro social voluntário, nos termos do Código dos Regimes Contributivos do Sistema Previdencial de Segurança Social, assegurando a FCT os encargos resultantes das contribuições nos termos e com os limites previstos no artigo 10º do EBI.

13. PAGAMENTOS DAS COMPONENTES DA BOLSA

Os pagamentos devidos ao bolseiro são efetuados através de transferência bancária para a conta por este identificada. O pagamento do subsídio mensal de manutenção é efetuado no primeiro dia útil de cada mês.

Os pagamentos das componentes de inscrições, matrículas ou propinas são efetuados pela FCT diretamente à instituição nacional onde o bolseiro esteja inscrito ou matriculado no doutoramento.

14. TERMOS E CONDIÇÕES DE RENOVAÇÃO DA BOLSA

A renovação da bolsa depende sempre de pedido apresentado pelo bolseiro, nos 60 dias úteis anteriores à data de início da renovação, acompanhado dos seguintes documentos:

- pareceres emitidos pelo/s orientador/es e pela/s entidade/s de acolhimento sobre o acompanhamento dos trabalhos do bolseiro e a avaliação das suas atividades;
- documento atualizado comprovativo do cumprimento do regime de dedicação exclusiva;
- documento comprovativo de renovação da inscrição no ciclo de estudos conducente ao grau de doutor.

15. INFORMAÇÃO E PUBLICIDADE DO FINANCIAMENTO CONCEDIDO

Em todas as atividades de I&D direta ou indiretamente financiadas pela bolsa, nomeadamente, em todas as comunicações, publicações e criações científicas, bem como teses, realizadas com os apoios previstos na bolsa, deve ser expressa a menção de apoio financeiro da FCT e do Fundo Social Europeu, através, nomeadamente, do Programa Operacional Regional do Norte (NORTE 2020), Programa Operacional Regional do Centro (Centro 2020) e do Programa Operacional Regional do Alentejo (Alentejo 2020). Para este efeito devem ser inscritos nos documentos referentes a estas ações as insígnias da FCT, do MCTES, do FSE e da UE, conforme as normas gráficas de cada programa operacional.

A divulgação de resultados da investigação financiada ao abrigo do RBI deve obedecer às normas de acesso aberto de dados, publicações e outros resultados da investigação em vigor na FCT.

Em todas as bolsas, e em particular no caso de ações apoiadas por financiamento comunitário, designadamente do FSE, poderão ser realizadas ações de acompanhamento e controlo por parte de organismos nacionais e comunitários conforme legislação aplicável nesta matéria, existindo por parte dos bolseiros apoiados a obrigatoriedade de colaboração e de prestação da informação solicitada, a qual abrange a realização de inquéritos e estudos de avaliação nesta área, ainda que a bolsa já tenha cessado.

16. POLÍTICA DE NÃO DISCRIMINAÇÃO E DE IGUALDADE DE ACESSO

A FCT promove uma política de não discriminação e de igualdade de acesso, pelo que nenhum candidato pode ser privilegiado, beneficiado, prejudicado ou privado de qualquer direito ou isento de qualquer dever em razão, nomeadamente, de ascendência, idade, sexo, orientação sexual, estado civil, situação familiar, situação económica, instrução, origem ou condição social, património genético, capacidade de trabalho reduzida, deficiência, doença crónica, nacionalidade, origem étnica ou raça, território de origem, língua, religião, convicções políticas ou ideológicas e filiação sindical.

17. LEGISLAÇÃO E REGULAMENTAÇÃO APLICÁVEL

O Concurso rege-se pelo presente Aviso de Abertura, pelo Regulamento de Bolsas de Investigação da FCT, aprovado pelo Regulamento nº 950/2019, publicado na II Série do DR de 16 de dezembro de 2019, pelo Estatuto do Bolseiro de Investigação aprovado pela Lei n.º 40/2004, de 18 de agosto, na redação em vigor, e pela demais legislação nacional e comunitária aplicável

ANEXO

CONTEÚDOS

Doutoramentos em Geofísica e Ciências da Geoinformação;

- 1- Avaliação do ambiente sonoro no Atlântico Nordeste e os impactos antropogénicos na fauna marinha utilizando OBS;
- 2- Transporte anómalo de humidade e o seu papel na ocorrência de extremos de precipitação em duas regiões climáticas;
- 3- Mudanças no Uso do Solo e Feedbacks Atmosféricos num Clima em Mudança;
- 4- Melhoria da deteção de terremotos com base em “deep learning” e seleção de fases através de “transfer learning”;
- 5- Dinâmica e variabilidade do sistema de afloramento ibérico;
- 6- Sismicidade no Atlântico e os seus mecanismos forçadores;
- 7- Processamento e aplicação avançados de cubos de dados de interferometria SAR;
- 8- Estrutura litosférica e risco sísmico ao largo do Sudoeste Ibérico a partir de novos dados geofísicos Marinhos;

Douramento em Geologia;

- 9- Evolução petrológica do limite crosta inferior – manto exumado no Norte de Marrocos: uma análise geoquímica e termocronológica;
- 10- A geodinâmica da Junção Tripla dos Açores;
- 11- Espeleotemas como arquivos magnéticos, ambientais e de paleoincêndios;
- 12- O problema da dolomite revisitado: controlos geoquímicos e mineralógicos do processo de dolomitização em ambientes sedimentares e metassomáticos;
- 13- Uma abordagem morfo-funcional para compreender a paleoecologia e a evolução dos dinossauros Terópodes;

IDL 2022 – 1

Doutoramento em Ciências Geofísicas e Geoinformação (Detecção Remota)

Avaliação do ambiente sonoro no Atlântico Nordeste e os impactos antropogénicos na fauna marinha utilizando OBS

Orientação: Luís Matias, Andreia Pereira (IDL)

Objetivos

Propomos usar gravações de longo termo de estações sísmicas de fundo oceânico (OBS) registadas no Atlântico Nordeste no âmbito da campanha UPFLOW e outras experiências para caracterizar o ambiente sonoro do oceano, estimar a sua variabilidade espacial e temporal e avaliar os potenciais impactos de ruído sonoro ambiental em mamíferos marinhos. Finalmente, os níveis de som de fundo das baleias azuis serão usados para avaliar a taxa média de chamamento e a sua variação. A campanha UPFLOW lançou 46 OBS, na sua maioria equipados com hidrofones, ao longo de uma área alargada entre as Ilhas Canárias e a Crista Média Atlântica nos Açores. Estes instrumentos foram lançados no verão de 2021 e permanecerão no fundo marinho durante um ano.

Motivação e resumo

Avaliar o ambiente acústico oceânico, ou ambiente sonoro marinho, é uma tarefa importante para identificar a composição biológica, geológica e antropogénica do habitat, acompanhar mudanças no ecossistema ao longo do tempo e avaliar potenciais efeitos de ruído antropogénico na fauna marinha. A Diretiva Quadro de Estratégia Marinha (DQEM) da UE requer aos seus estados-membros que desenvolvam estratégias para as suas áreas marinhas com vista a estabelecer programas de medidas que alcancem ou mantenham um estado de bom ambiente nos Mares Europeus. O ruído de fundo submarino é um dos indicadores definidos pela DQEM que deve ser avaliado pelos estados-membros europeus. Por conseguinte, um passo essencial para alcançar o estado de bom ambiente é avaliar o ambiente sonoro marinho. Neste projeto, iremos expandir o trabalho já feito pelo grupo (Harris et al., 2013, Matias & Harris, 2015; Andreia Pereira PhD, 2018; Pereira et al., 2020a, 2020b, 2021) com vista a explorar novas linhas de investigação usando ambiente sonoro e níveis de ruído ambiente num conjunto de dados mais vasto, englobando medições em diferentes áreas e diferentes anos medidos, que irão permitir uma avaliação de variações regionais e temporais.

Metodologia

- (i) Caracterizar o ambiente sonoro marinho gravado pelos OBS UPFLOW OBS e compará-lo com outros dados de campo obtidos em diferentes áreas e épocas, identificando os elementos principais que contribuem para os componentes geofísicos, biológicos e antropogénicos e avaliando os níveis médios sonoros. Estimar a variabilidade espacial e temporal dos níveis sonoros dos três componentes do ambiente marinho, com especial foco no componente biológico.
- (ii) Investigar o impacto dos níveis de ruído ambiente no comportamento acústico das baleias.
- (iii) Os níveis sonoros na banda de frequências das vocalizações da baleia azul podem ser usados para fazer uma medição direta da densidade de chamamentos, que pode ser convertida em densidade populacional se for possível estimar a respetiva taxa (Mellinger et al., 2014). Este método tem a vantagem de providenciar uma medição sem a necessidade de detetar ou estimar a distância dos chamamentos individuais.

Referências

- Harris, D., Matias, L., Thomas, L., Harwood, J., & Geissler, W. H. (2013). Applying distance sampling to fin whale calls recorded by single seismic instruments in the northeast Atlantic. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 134(5), 3522-3535.
- Matias, L., & Harris, D. (2015). A single-station method for the detection, classification and location of fin whale calls using ocean-bottom seismic stations. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 138(1), 504-520.
- Mellinger, D. K., Küsel, E. T., Harris, D., Thomas, L., & Matias, L. (2014). Estimating singing fin whale population density using frequency band energy. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 136(4), 2275-2275.
- Pereira, A. (2018). Investigation of fin whales using ocean-bottom recordings, PhD Thesis, Universidade de Lisboa, University of St. Andrews.
- Pereira, A., Harris, D., Tyack, P., & Matias, L. (2020a). Fin whale acoustic presence and song characteristics in seas to the southwest of Portugal. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 147(4), 2235-2249.
- Pereira, A., Harris, D., Tyack, P., & Matias, L. (2020b). On the use of the Lloyd's Mirror effect to infer the depth of vocalizing fin whales. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 148(5), 3086-3101.
- Pereira, A., Romagosa, M., Corela, C., Silva, M.A., Matias, L. (2021). Source Levels of 20 Hz Fin Whale Notes Measured as Sound Pressure and Particle Velocity from Ocean-Bottom Seismometers in the North Atlantic. *Journal of Marine Science and Engineering* 9, 646.

IDL 2022 – 2

Doutoramento em Geofísica e Ciências da Geoinformação (Meteorologia)

Transporte anómalo de humidade e o seu papel na ocorrência de extremos de precipitação em duas regiões climáticas

Orientação: Ricardo M. Trigo (IDL), Alexandre M. Ramos (IDL, KIT), Joaquim Pinto (KIT)

Bolsa Mista: Estão planeadas visitas ao Karlsruhe Institute of Technology (KIT)

Objetivos

- contribuir para a compreensão do transporte anómalo de humidade (Rios Atmosféricos e Monções) e do seu papel na explicação da ocorrência de extremos de precipitação intensa em duas regiões climáticas (sudeste asiático vs Mediterrâneo);
- contribuir para a compreensão das alterações nos padrões de circulação passados e futuros no contexto de simulações paleoclimáticas e cenários de alterações climáticas, respetivamente, vital para identificar o papel do transporte anómalo de humidade nos extremos de precipitação intensa.

Motivação e resumo

Uma das vias críticas para a redução dos estragos devidos a cheias é compreender em que medida os padrões de circulação atmosférica são responsáveis por estes eventos de precipitação extrema e em que medida estas ligações estão a evoluir face às alterações climáticas. Mais concretamente, o transporte de humidade dos oceanos para os continentes é uma componente chave do ciclo hidrológico (Gimeno et al., 2016). Existem três estruturas meteorológicas principais por trás do transporte de humidade à escala planetária: os Rios Atmosféricos (ARs), os jatos dos níveis inferiores da atmosfera e as Monções. Esta proposta foca-se nos dois mecanismos mais importantes de transporte anómalo de humidade: Monções para a Índia e ARs para a Península Ibérica.

Os Rios Atmosféricos (ARs) são corredores longos (~2000km), relativamente estreitos (~300-500km) de vapor de água concentrado (WV) responsáveis pelo intenso transporte horizontal de vapor de água e estão tipicamente associados a um jato de baixo nível que antecede a frente fria de um ciclone extratropical (Ralph et al., 2018). Mais de 90% do transporte meridional de WV nas latitudes médias ocorre em ARs, embora cubram menos de 10% da área do globo.

A Monção de verão na Índia (ISM) é uma interação oceano-atmosfera-terra inter-hemisférica de elevada variabilidade que afeta diretamente o densamente populado subcontinente indiano. A ISM tem origem no aquecimento assimétrico do Oceano Índico, mais frio, e as massas continentais Indo-Asiáticas, mais quentes, de tal forma que, durante o verão boreal (maio a setembro), o aquecimento intenso resulta no forte gradiente de pressão entre a Ásia e o Oceano Índico subtropical, a sul. Isto resulta em desvios de larga escala na posição da Zona Intertropical de Convergência (Bolton et al., 2013).

Nos últimos anos, os ARs têm sido reconhecidos pelo seu papel fundamental no ciclo hidrológico global (Algarra et al., 2020, Gimeno et al., 2016) e no desencadeamento de extremos hidrometeorológicos ou extremos de precipitação intensa (HPEs) nas latitudes médias das costas ocidentais dos continentes.

Recentemente, alguns estudos têm focado o subcontinente indiano e a quantificação do impacto do transporte anómalo de humidade nos HPEs (e.g. Lakshmi et al., 2019). Além disso, a penetração em direção a terra deste transporte anómalo de humidade associada ao forçamento orográfico dos Himalaias pode promover a ocorrência de frequentes HPEs topográficos na região.

O objetivo desta proposta de doutoramento é investigar a dinâmica dos HPEs usando métodos de modelação estatísticos e dinâmicos de ponta e compreender a sua ligação ao transporte anómalo de humidade para a Índia e para a Península Ibérica em paleoclima, no clima presente e em climas futuros. Este doutoramento será realizado no âmbito do projeto AMOTHEC (Anomalous Moisture Transport for Hydrological Extremes in a Changing Climate), que é uma colaboração internacional entre Portugal e a Índia.

Metodologia

Para compreender a dinâmica do transporte anómalo de humidade na explicação dos HPEs no subcontinente indiano na Península Ibérica será usado um conjunto de dados diários de alta resolução de precipitação observada, homogeneamente distribuída e cobrindo o subcontinente indiano e a Península Ibérica, assim como outros dados de reanálise de alta resolução. As alterações presentes e futuras nos padrões de circulação e o papel desempenhado pelo transporte anómalo de humidade nos extremos de precipitação intensa serão analisados com base num amplo leque de simulações de modelos climáticos acoplados, em concreto os incluídos no “Paleoclimate Modelling Intercomparison Project phase 4” (PMIP4) e provenientes do “Coupled Model Intercomparison Project phase 6” (CMIP6).

Referências

- Algarra, I., Nieto, R., Ramos, A.M., Eiras-Barca, J., Trigo, R.M., Gimeno, L. (2020) Significant increase of global anomalous moisture uptake feeding landfalling Atmospheric Rivers. *Nature Communications*, 11, 5082.
- Bolton et al., (2013) A 500,000 year record of Indian summer monsoon dynamics recorded by eastern equatorial Indian Ocean upper water-column structure. *Quaternary Science Reviews*. 77:167–180
- Gimeno et al., (2016) Major Mechanisms of Atmospheric Moisture Transport and Their Role in Extreme Precipitation Events. *Annual Review of Environment and Resources*, 41:1, 117-141.
- Lakshmi, D. D., Satyanarayana, A. N. V. and Chakraborty, A. (2019) Assessment of heavy precipitation events associated with floods due to strong moisture transport during summer monsoon over India, *J. Atmospheric Sol.-Terr. Phys.*, 189, 123–140
- Ralph, F.M., Dettinger M.D., Cairns M.M., Galarneau T.J. and Eylander J. (2018) Defining “Atmospheric River”: How the Glossary of Meteorology Helped Resolve a Debate. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 99(4), 837-839.
- Zhou, Y., Kim, H., & Guan, B. (2018). Life cycle of atmospheric rivers: Identification and climatological characteristics. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 123, 12,715– 12,725.

IDL 2022 – 3

Doutoramento em Geofísica e Ciências da Geoinformação

Mudanças no Uso do Solo e *Feedbacks* Atmosféricos num Clima em Mudança**Orientação:** Rita M Cardoso (IDL), Elena García Bustamante (CIEMAT, Espanha)**Bolsa Mista:** Parte do trabalho proposto será feito no CIEMAT, Espanha**Resumo**

A procura de informação climática regional e local tem aumentado nos últimos anos [1]. Estas requerem informação em escalas locais a regionais; escalas que estão atualmente para além das capacidades dos modelos do sistema terrestre (ESMs) [2]. Estas limitações são grandemente amplificadas em áreas de geomorfologia difícil, onde as circulações térmicas e mecânicas regionais e locais são forçadas por heterogeneidades de superfície [3,4,5,6,7]. Tal como na comunidade ESM, o investimento em conjuntos de simulações climáticas regionais à escala continental tem aumentado para reduzir/avaliar a incerteza nas simulações climáticas regionais [8]. Ainda assim, continua a haver uma falta de claridade na compreensão das mudanças nos fenómenos regionais e fatores de variabilidade (IPCC AR5, [9]). Através das trocas de humidade do solo e vegetação, o acoplamento terra-atmosfera contribui significativamente para a evolução de eventos extremos [10,11,12,13]. Em escalas regionais, a cobertura do solo pode aumentar a heterogeneidade da superfície, o que pode levar ao desenvolvimento de circulações de mesoescala que podem intensificar/suprimir a convecção e o *feedback* às circulações de larga escala [14]. Para várias variáveis, o uso do solo/ mudanças da cobertura do solo (LUC) têm um impacto de magnitude semelhante, mas de sinal oposto ao aumento dos gases com efeito de estufa e oceanos mais quentes [12]. Contudo, a heterogeneidade da representação do uso do solo nos atuais esquemas de superfície terrestre (LSM) leva a resultados contraditórios mesmo em experiências idealizadas [15,16]. As grandes inconsistências nos impactos de LUC sublinham a necessidade de um LUC comum num grande conjunto de modelos [17]. Além disso, a maioria dos LSM atuais carecem de qualquer representação das águas subterrâneas regionais que seja relevante para a drenagem do solo e humidade, e mudanças na vegetação [18]. É, portanto, imperativo investigar mais aprofundadamente os *feedbacks* atmosféricos terrestres, especialmente no âmbito da avaliação de riscos e cenários de aquecimento futuro. No entanto, subsistem inconsistências metodológicas significativas na análise do acoplamento superfície-atmosfera [19,20]. O projeto implica a análise de simulações climáticas regionais utilizando mapas de uso do solo em evolução e diferentes representações das águas subterrâneas para avaliar o impacto do LUC e dos lençóis freáticos nos climas passado, presente e futuro. Este esforço será ligado ao estudo-piloto LUCAS (Land Use & Climate Across Scales). O acoplamento terra-atmosfera associado a eventos climáticos extremos (cheias, ondas de calor, secas) e a influência do LUCAS no seu melhoramento/mitigação será o foco do projeto. A análise centrar-se-á na partição da energia disponível nos fluxos de calor latente e sensível, fluxos de humidade influência da dessecação do solo/feedback de crescimento PBL na gravidade dos eventos extremos. O projeto procurará responder às seguintes questões:

Q1 Em que medida RCMs incorporando esquemas de parametrização mais sofisticados e novos componentes melhoram a descrição do ciclo da água? Como se relaciona isto com o acoplamento terra-atmosfera em diferentes regiões?

Q2 Qual é a dimensão da contribuição do LUC e/ou da termo-hidrodinâmica do solo em relação ao efeito de outras alterações do clima atual?

Q3 Qual é a contribuição do LUC e da termo-hidrodinâmica do solo para as potenciais tendências climáticas futuras detetadas?

Referências

- [1] Stocker et al (2015) Workshop Report of the IPCC: Workshop on Regional Climate Projections and their Use in Impacts and Risk Analysis Studies, IPCC Working Group I
- [2] Meehl et al (2007) Global Climate Projections. In: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to AR4 of the IPCC.

- [3] Cardoso et al (2013) WRF high resolution simulation of Iberian mean and extreme precipitation climate. DOI: 10.1002/joc.3616
- [4] Soares, Cardoso et al (2012) WRF High Resolution Dynamical Downscaling of ERA-Interim for Portugal DOI: 10.1007/s00382-012-1315-2
- [5] Soares, Cardoso et al (2014) Climatology of Iberia Coastal Low-Level Wind Jet: WRF High Resolution Results. <http://dx.doi.org/10.3402/tellusa.v66.22377>
- [6] Martins, Cardoso et al (2016) The diurnal cycle of coastal cloudiness over west Iberia using Meteosat/SEVIRI and a WRF regional climate model simulation DOI:10.1002/joc.4457.
- [7] Rios-Entenza et al (2014) Precipitation recycling in the Iberian Peninsula: spatial patterns and temporal variability DOI:10.1002/2013JD02
- [8] Jacob et al (2020) Regional climate downscaling over Europe: perspectives from the EURO-CORDEX community Reg. Environ. Chang.
- [9] WCRP (2015) IPCC AR5: Lessons learnt for climate change research and WCRP (No. 5). WRP
- [10] Cardoso et al (2018) Mean and extreme temperatures in a warming climate: EURO CORDEX and WRF regional climate high-resolution projections for Portugal DOI: 10.1007/s00382-018-4124-4
- [11] Fischer et al (2007) Contribution of land-atmosphere coupling to recent European summer heat waves DOI:10.1029/2006GL029068
- [12] Seneviratne et al (2006) Land-atmosphere coupling and climate change in Europe. Nature 443 <https://doi.org/10.1038/nature05095>
- [13] Knist et al (2017) Validation of soil moisture and surface fluxes in EURO-CORDEX simulations as part of land-atmosphere coupling analysis DOI:10.1002/2016JD025476
- [14] Wang et al (2016) DOI:10.1007/s00382-015-2812-x
- [15] Davin et al (2019) Biogeophysical impacts of forestation in Europe: First results from the LUCAS Regional Climate Model intercomparison DOI 10.5194/esd-2019-4
- [16] Breil et al. (2020). The opposing effects of re/af-forestation on the diurnal temperature cycle at the surface and in the lowest atmospheric model level in the European summer 10.1175/JCLI-D-19-0624.1
- [17] Pitman et al (2009) Uncertainties in climate responses to past land cover change: First results from the LUCID intercomparison study DOI: dx.doi.org/10.1029/2009GL039076
- [18] de Noblet-Ducoudre et al (2012) Determining robust impacts of land-use induced land-cover changes on surface climate over North America and Eurasia; Results from the first set of LUCID experiments DOI: 10.1175/JCLI-D-11-00338.1
- [19] Sippel et al (2017) Refining multi-model projections of temperature extremes by evaluation against land-atmosphere coupling diagnostics DOI 10.5194/esd-8-387-2017
- [20] Careto, Cardoso et al (2018) Land-Atmosphere Coupling in Africa-CORDEX: hindcast regional climate simulations <https://doi.org/10.1029/2018JD028378>

IDL 2022 – 4

Doutoramento em Geofísica e Ciências da Geoinformação

Melhoria da deteção de terremotos com base em “deep learning” e seleção de fases através de “transfer learning”

Orientação: Carlos Corela (IDL/FCUL), Hamzeh Mohammadigheymasi (IDL/UBI), Nuno Afonso Dias (IDL/ISEL)

Localização: IDL / FCUL & UBI

Resumo

Volumes massivos de dados sísmicos digitais são registados em todo o mundo por redes sísmicas permanentes ou temporárias. A análise dos terremotos locais registados nestes conjuntos de dados é o dado preliminar para delinear regiões sismogénicas, a estrutura da crosta associada e as fontes sísmicas. A deteção manual dos terremotos e a escolha dos tempos de chegada das fases P e S a estes conjuntos de dados é muito demorada. A procura significativa de processamento de tais conjuntos de dados e de processamento em tempo real de fluxos de dados transmitidos por densas matrizes sísmicas tornou a deteção automática de terremotos e a recolha de fases uma tarefa crucial na sismologia moderna (Kong et al., 2019). Por conseguinte, foram desenvolvidos algoritmos supervisionados baseados em Aprendizagem Profunda (*Deep Learning* – DL) para abordar o complexo processo de deteção de terremotos e seleção de fases (Mousavi et al. 2020; Saad et al. 2021; Xiao et al. 2021).

É necessário um grande volume de conjuntos de dados de treino nestes métodos para evitar o sobreajustamento e melhorar a generalização durante esse mesmo treino dos modelos DL. Ainda assim, um modelo treinado normalmente não tem um bom desempenho quando se aplica a novos dados fora da distribuição. O resultado é uma elevada taxa de falsos negativos (FNR) e de falsos positivos (FPR) nas estimativas. Para empregar o poder de generalização de um modelo DL treinado em grandes conjuntos de dados, incorporando as estatísticas do novo conjunto de dados, foram introduzidos métodos de aprendizagem de transferência (*Transfer Learning*) (Zhuang et al., 2020). Além disso, a associação das fases detetadas de formas de ondas registadas por diferentes estações é um desafio no processo automatizado de localização de terremotos. Os algoritmos introduzidos (Zhang et al. 2019; Mousavi et al. 2020) não fornecem resultados adequados e esta desafiante tarefa requer um estudo mais aprofundado.

Assim, o objetivo principal deste trabalho será abordar os seguintes desafios:

- (I) Aumentar a eficiência dos algoritmos de deteção de terremotos baseados em DL (Mousavi et al. 2020; Saad et al. 2021; Xiao et al. 2021) no processamento de conjuntos de dados fora de distribuição através da aplicação de métodos de aprendizagem por transferência, e
- (II) Desenvolver algoritmos otimizados de associação de fases para facilitar o processo de localização automática.

O plano de trabalho centrar-se-á principalmente no desenvolvimento de algoritmos e na sua implementação em linguagens de programação como Python, C++ e Matlab. Os modelos DL atualizados treinados por transferência de aprendizagem e os algoritmos de associação de fase desenvolvidos serão implementados para melhorar a deteção de terremotos e a seleção de

fases em diferentes conjuntos de dados estáveis e bem testados. O estudante de doutoramento irá processar dados previamente adquiridos em projetos envolvendo o grupo de sismologia do IDL nos Açores, Portugal Continental e *offshore*, e também nos Camarões, trabalhando assim em diferentes configurações de rede e ambientes geodinâmicos.

Referências

- [1] Kong, Qingkai, et al. "Machine learning in seismology: Turning data into insights." *Seismological Research Letters* 90.1 (2019): 3-14.

- [2] Mousavi, S. Mostafa, et al. "Earthquake transformer—an attentive deep-learning model for simultaneous earthquake detection and phase picking." *Nature communications* 11.1 (2020): 1-12.
- [3] Saad, Omar M., et al. "SCALODEEP: A Highly Generalized Deep Learning Framework for Real-Time Earthquake Detection." *Journal of Geophysical Research: Solid Earth* 126.4 (2021): e2020JB021473.
- [4] Xiao, Zhuowei, et al. "Siamese Earthquake Transformer: A pair-input deep-learning model for earthquake detection and phase picking on a seismic array." *Journal of Geophysical Research: Solid Earth* 126.5 (2021): e2020JB021444.
- [5] Zhang, Miao, William L. Ellsworth, and Gregory C. Beroza. "Rapid earthquake association and location." *Seismological Research Letters* 90.6 (2019): 2276-2284.
- [6] Zhuang, Fuzhen, et al. "A comprehensive survey on transfer learning." *Proceedings of the IEEE* 109.1 (2020): 43-76.

IDL 2022 – 5

Doutoramento em Geofísica e Ciências da Geoinformação

Dinâmica e variabilidade do sistema de afloramento ibérico

Orientação: Ana Machado (IDL/IPMA), Sandra Plecha (IDL/FCiências.ID)

Objetivos

- Caracterizar a variabilidade interanual do afloramento sazonal no sistema ibérico de correntes
- Relacionar a intensidade do afloramento com processos oceânicos e atmosféricos locais
- Descrever a variabilidade das células verticais do afloramento e identificar a fonte das águas afloradas

Motivação e resumo

A costa ibérica está localizada no limite norte do sistema de afloramento das Canárias. A circulação oceânica na costa ibérica ocidental está sujeita a forte variabilidade sazonal. O verão é caracterizado pela presença de afloramento costeiro devidos aos ventos persistentes de norte característicos da estação, com escoamento associado para sul sobre a plataforma. No inverno, o quadro inverte e a plataforma e vertente ibéricas são ocupadas por escoamentos para norte, forçados pelos ventos de sul, gradientes meridionais de densidade e plumas de rios [1,2]. O sistema está sujeito a uma forte variabilidade interanual, tanto no período de afloramento como no período do escoamento para norte [3].

Na maioria dos estudos acerca da variabilidade interanual do afloramento na costa ibérica são analisados a variabilidade dos ventos paralelos à costa, o índice de afloramento (que também é baseado na componente do vento paralela à costa) ou a temperatura da superfície do mar. Segundo [4], a variabilidade do vento é um bom preditor da variabilidade do afloramento no sistema de afloramento de Benguela, mas nos sistemas de correntes das Canárias, da Califórnia do Norte e de Humboldt a variabilidade parece ser dominada por um coeficiente que combina a profundidade da termoclina e a estratificação, e pode ser influenciada tanto por forçamentos remotos (tais como a passagem de ondas costeiras presas no talude) como por forçamentos locais (e.g ventos, rotacional da tensão do vento, aquecimento da superfície). Este estudo teve como base os resultados de um modelo de circulação oceânica global com uma resolução de 0.25º, demasiado larga para representar os detalhes dos escoamentos ao longo da costa e outros processos de mesoescala na plataforma e vertente ibéricas.

Este estudo tem por objetivo analisar a variabilidade interanual da intensidade do afloramento e relacioná-lo com o forçamento atmosférico direto e a variabilidade da estratificação, analisando em detalhe os processos oceanográficos locais que podem influenciar a variabilidade da estrutura vertical da coluna de água, tais como a presença de escoamentos para norte subsuperficiais que transportam águas mais quentes do sul à profundidade do bordo da plataforma continental e abaixo do jato para sul do afloramento [1,2], ou a passagem de ondas costeiras presas no talude. Também se propõe estudar a estrutura das células verticais do afloramento, identificar a origem das águas afloradas e a sua variabilidade interanual.

Metodologia

Este estudo irá analisar os resultados de uma simulação de alta resolução de 30 anos do sistema ibérico de correntes, compreendendo o período de 1990 a 2020. Este modelo tem uma resolução de cerca de 1,8km, o que permite a representação do jato de afloramento, escoamentos para norte, turbilhões e filamentos na margem ibérica. Os resultados do modelo serão comparados com observações locais e remotas.

Será utilizado um modelo lagrangiano, onde partículas são libertadas em camadas mais profundas, e a análise das suas trajetórias permitirá estudar a variabilidade da intensidade do afloramento, a sua dispersão para o largo e a estrutura vertical das células de afloramento, de uma forma semelhante à realizada por [5].

A intensidade do afloramento será comparada com forçamentos atmosféricos locais e com a variabilidade da estratificação da coluna de água. Os processos que controlam a variabilidade da estratificação também serão analisados, tais como a intensidade do escoamento subsuperficial para norte, fluxos atmosféricos de calor, rotacional da tensão do vento e passagem de ondas costeiras presas no talude.

Referências

- [1] A Teles-Machado, A Peliz, JC McWilliams, X Couvelard, I Ambar. (2016). Circulation on the Northwestern Iberian Margin: Vertical structure and seasonality of the alongshore flows. *Progress in Oceanography*, 140. <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2015.05.021>
- [2] NGF Cordeiro, J Dubert, R Nolasco, ED Barton (2018). Transient response of the Northwestern Iberian upwelling regime. *PLoS ONE*, 13(5), 1–19. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0197627>
- [3] A Teles-Machado, A Peliz, JC McWilliams, RM Cardoso, PMM Soares, PMA Miranda (2015). On the year-to-year changes of the Iberian Poleward Current. *Journal of Geophysical Research Oceans*, 120(7). <https://doi.org/10.1002/2015JC010758>
- [4] G Bonino, E Di Lorenzo, S Masina, D Iovino (2019). Interannual to decadal variability within and across the major Eastern Boundary Upwelling Systems. *Scientific Reports*, 9(1), 1–14. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-56514-8>
- [5] Hailegeorgis, D., Lachkar, Z., Rieper, C., & Gruber, N. (2021). A Lagrangian study of the contribution of the Canary coastal upwelling to the nitrogen budget of the open North Atlantic. *Biogeosciences*, 18(1), 303–325. <https://doi.org/10.5194/bg-18-303-2021>

IDL 2022 – 6

Doutoramento em Geofísica e Ciências da Geoinformação

Sismicidade no Atlântico e os seus mecanismos forçadores

Orientação: Susana Custódio (FCUL/IDL), Conceição Neves (UALg, IDL), Ana Ferreira (UCL, UK)

Bolsa Mista: Parte do trabalho proposto será feito na UCL, Reino Unido

Resumo

À medida que a capacidade de deteção da rede de observação melhora, começam a acumular-se provas de que a crosta responde ao forçamento externo dos sistemas atmosférico e oceânico. Pequenas variações nas massas de água, incluindo os fluidos da crosta, são capazes de perturbar os sistemas de falhas e magmáticos próximos do estado crítico, e podem modular a ocorrência de terremotos e erupções vulcânicas.

A sismicidade dos domínios oceânicos permanece muito menos conhecida do que a sua contraparte terrestre, dadas as limitações instrumentais e logísticas na observação dos oceanos. O lançamento pioneiro de estações sísmicas de fundo oceânico (OBS) no âmbito do projeto ERC UPFLOW (<https://upflow-eu.github.io>) está atualmente a recolher dados sísmicos únicos que nos permitirão investigar a sismicidade do Atlântico com uma resolução sem precedentes.

O objetivo deste doutoramento é caracterizar a sismicidade do Atlântico e as suas variações, utilizando os novos dados UPFLOW OBS. As potenciais regiões de estudo incluem o Rife da Terceira, nos Açores, e a Falha Glória sua vizinha. A sismicidade será então interpretada tanto considerando a tectónica regional e a sua variabilidade no tempo e no espaço, como a sua relação com forçamentos externos. O programa terá 3 componentes principais:

1. Caracterizar a sismicidade da região de estudo, nomeadamente através da deteção, classificação e localização de terremotos. Os mecanismos focais serão calculados para os sismos mais bem gravados.
2. Interpretar a sismicidade à luz da tectónica regional, nomeadamente por comparação com a sismicidade histórica, estruturas tectónicas geologicamente mapeadas e estrutura terrestre subjacente.
3. Investigar a modulação da sismicidade, nomeadamente por forçamentos externos como marés oceânicas e terrestres ou variações na pressão do fundo do oceano exercidas por mudanças estáticas e dinâmicas na coluna de água do oceano.

O candidato selecionado deve ter uma formação sólida em Física, Ciências da Terra e programação informática. Perguntas específicas sobre o plano de trabalho podem ser dirigidas a susanacustodio@campus.ul.pt.

Referências

Custódio, S., Lima, V., Vales, D., Cesca, S., Carrilho, F., 2016. Imaging active faulting in a region of distributed deformation from the joint clustering of focal mechanisms and hypocentres: Application to the Azores-western Mediterranean region. *Tectonophysics* 676, 70–89. <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2016.03.013>

Leptokaropoulos, K., Harmon, N., Hicks, S.P., Rychert, C.A., Schlaphorst, D., Kendall, J.M., 2021. Tidal Triggering of Microseismicity at the Equatorial Mid-Atlantic Ridge, Inferred From the PI-LAB Experiment. *Journal of Geophysical Research:*

Solid Earth 126, 1–20. <https://doi.org/10.1029/2021JB022251> Neves, M.C., Cabral, J., Luttrell, K., Figueiredo, P., Rockwell, T., Sandwell, D., 2015. The effect of sea level changes on fault reactivation potential in Portugal. *Tectonophysics* 658, 206–220. <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2015.07.023>

IDL 2022 – 7

Doutoramento em Geofísica e Ciências da Geoinformação

Processamento e aplicação avançados de cubos de dados de interferometria SAR

Orientação: João Catalão (IDL), Giovanni Nico (IAC-CNR, Bari), Marco Quartulli (Vicomtech, San Sebastian)

Bolsa Mista: Parte do trabalho proposto será realizado em IAC-CNR, Bari e Vicomtech, San Sebastian

Resumo

O lançamento do Sentinel-1A do programa Copernicus com banda C em 2014 e o Sentinel-1B em 2016 inauguraram uma nova era para as aplicações baseadas na interferometria do Radar de Abertura Sintética Radar (SAR). O Sentinel-1C está programado para ser lançado em 2022. Além disso, novos sensores SAR de banda L foram recentemente lançados ou estão planeados num futuro próximo, tais como o SAOCOM e o NISAR. Estão já a providenciar uma riqueza de séries temporais de interferometria SAR (InSAR) sem precedentes, assim como dos respetivos cubos espaciotemporais de parâmetros geofísicos estimados a partir dos dados InSAR. Entre os mais desafiantes e de aplicação de maior potencial mencionamos a possibilidade de monitorizar a evolução temporal de padrões de deslocamento de terreno em áreas tectónicas ativas e vulcânicas, subsidência em áreas urbanas e o efeito conjunto de subsidência e subida de nível do mar em megacidades na orla costeira, a estimativa de vapor de água atmosférico a uma resolução espacial sem precedentes e humidade do solo, útil para os estudos mais avançados dos efeitos climáticos em regiões semiáridas e eventos meteorológicos extremos.

Isto requer novas ferramentas de processamento baseadas em técnicas “deep learning” (DL) e algoritmos “Big-data” para obter toda a informação geofísica das séries temporais InSAR e ir para lá do estudo de fenómenos localizados específicos. Os primeiros estudos baseados em aplicações de técnicas “deep learning” e redes neuronais convolutas para o processamento de vastas séries temporais InSAR demonstram que este é um tópico pioneiro e de ponta para a comunidade de Observação da Terra com base em interferometria SAR.

Um aspeto fundamental extra é a visualização da informação e a análise sinérgica dos dados que pode abrir novas perspetivas para o estudo de diferentes fenómenos geofísicos a ocorrer em terra ou na atmosfera e levar a novos desenvolvimentos teóricos.

Como abordagem também possível, refere-se a possibilidade de construir teoria a partir dos dados. Em ambos os casos, técnicas de manuseamento de dados científicos são necessárias para a análise estatística avançada de dados multidimensionais e a definição de ferramentas a ser usadas na obtenção e análise da informação.

O objetivo destes tópicos de investigação é desenvolver ferramentas viradas para os dados e abordagens baseadas em técnicas “deep learning” e de análise de “Big data” para o processamento, visualização e análise de dados InSAR, em concreto as suas vastas séries temporais. Como objetivo adicional refere-se a aplicação destas técnicas de processamento avançadas para demonstrar a prova de conceito e validar novas aplicações das séries temporais InSAR no estudo de fenómenos meteorológicos, vulcões e tectónica, hidrosfera e áreas urbanas.

Os objetivos específicos do estudo proposto são: a) desenvolver novos algoritmos “Big data” capazes de suportar grandes quantidades de séries temporais InSAR; b) desenvolver novas abordagens de processamento baseadas em técnicas “deep learning” para a estimativa conjunta da fase, coerência e filtragem da InSAR; c) desenvolver novos algoritmos de processamento para extrair as componentes espaciotemporais dos dados de fase InSAR; d) desenvolver e validar novas aplicações das séries temporais InSAR para a estimativa de cubos de parâmetros geofísicos (e.g. vapor de água atmosférico, humidade do solo, rácio água-neve, deformações do terreno, ...)

Referências

V. Pankratius, J. Li, M. Gowanlock, D.M. Blair, C. Rudy, T. Herring, F. Lind, P.J. Erickson, C. Lonsdale, Computer-aided discovery toward scientific insight generation with machine support, IEEE Intelligent Systems, 3-10, 2016.

P. Sica, G. Gobbi, P. Rizzoli, L. Bruzzone, Φ -net: deep residual learning for InSAR parameters estimation, IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 2021.
H. Ansari, F. De Zan, R. Bamler, Sequential estimator: Toward efficient InSAR time series analysis, IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 55(10), 5637-5652, 2017.

IDL 2022 – 8

Doutoramento em Geofísica e Ciências da Geoinformação

Estrutura litosférica e risco sísmico ao largo do Sudoeste Ibérico a partir de novos dados geofísicos marinhos

Orientação: Marta Neres (IPMA, IDL); César Ranero (Institut de Ciències del Mar, ICM-CSIC - Barcelona); Pedro Terrinha (IPMA, FCUL)

Resumo

A SWIM tem sido uma área de intensa investigação marinha, primeiramente desencadeada pela compreensão dos processos de rifting e formação das margens continentais. Os riscos sísmicos e de tsunami também têm sido objecto de intensa investigação porque se sabe que a zona de fractura Açores-Gibraltar desencadeou alguns dos sismos de maior magnitude da Europa, como o grande sismo e tsunami de Lisboa em 1755 ($M \sim 8.3$), o sismo M7.9 em 1969 na Planície Abissal de Ferradura, o sismo M8.4 em 1941 na falha da Gloria e o sismo M7.9 em 1975 a sul da falha da Gloria (e.g., Bufo et al., 1988; Baptista et al., 2016; Omira et al., 2019). A localização destes grandes eventos e a distribuição dos epicentros na SWIM desafiam a simples tectónica de placas rígidas. Além disso, o conhecimento sobre a estrutura da litosfera foi desafiado por trabalhos recentes baseados em novos conjuntos de dados (Grevemeyer et al., 2022; Merino et al., 2021). Uma melhor avaliação dos processos sismogénicos, cinemáticos e dinâmicos da SWIM precisa de incorporar os conhecimentos actuais sobre a extensão, ruptura e história de inversão da margem, os processos tectono-magmáticos que actuam na crista vulcânica Madeira-Tore Rise, e o limite de placas na SWIM (e.g., Zitellini et al., 2009; Martinez-Loriente et al., 2013; Neres et al., 2016).

Neste projecto, o candidato trabalhará com novos dados de alta qualidade que permitirão iluminar a estrutura da litosfera a oeste do Banco de Gorringe, uma região maioritariamente inexplorada da SWIM (Pierce & Barton 1988). Os novos conjuntos de dados geofísicos serão adquiridos durante o cruzeiro LISA em Junho de 2022, a bordo do navio de investigação espanhol Sarmiento de Gamboa, e incluem dados de sísmica de refração e de reflexão sísmica de grande ângulo ($> 30^\circ$ OBS), dados de reflexão sísmica multicanal (com uma cadeia de hidrofones de 6 km), dados magnéticos, gravimétricos e batimétricos, ao longo de um perfil de 460 km.

O plano de trabalho inclui uma primeira fase de processamento de dados utilizando técnicas de última geração para construir um modelo de velocidades da crosta e do manto superior ao longo da secção estudada (Merino et al., 2021; Grevemeyer et al., 2022; Jimenez-Tejero et al., 2022). Numa segunda fase, o modelo de velocidades será interpretado para a definição dos domínios litosféricos (Grevemeyer et al., 2022; Merino et al., 2021) e inferência de propriedades físicas (e.g., Sallarès & Ranero, 2020). Serão utilizados perfis de reflexão sísmica para identificar o tipo e o idade da deformação e a sua relação com a estrutura mais profunda. Os resultados serão integrados com outros conjuntos de dados recentes e mais antigos e será produzido um novo modelo integrado da estrutura litosférica do SWIM. O processamento e modelação de dados será parcialmente desenvolvido no UTM-CSIC (Barcelona). Dependendo do perfil do candidato, uma componente mais forte do projecto poderá ser colocada no processamento de dados, ou na interpretação e integração de dados, incluindo a interpretação de dados sísmicos de alta qualidade. Este projecto de doutoramento está integrado no projecto LISA (Lithospheric Structure of the Southwest Iberia margin, PTDC/CTA-GEF/1666/2020).

Referências:

- Baptista, M.A., Miranda, J.M., Batllo, J., Lisboa, F., Luis, J., Macia, R., 2016. New study on the 1941 Gloria Fault earthquake and tsunami. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.* 16 (8), 1967–197
- Bufo, E., Udias, A., Colombas, M.A., 1988. Seismicity, source mechanisms and tectonics of the Azores-Gibraltar plate boundary. *Tectonophysics* 152 (1–2), 89–118.
- Grevenmeyer, I., Ranero, C. R., Papenberg, C., Sallares, V., Bartolomé, R., Prada, M., ... & Neres, M. (2022). The continent-to-ocean transition in the Iberia Abyssal Plain. *Geology*.
- Jimenez-Tejero, C. E., Ranero, C. R., Sallares, V., & Gras, C. (2022). Downward continuation of marine seismic reflection data: An undervalued tool to improve velocity models. *Geophysical Journal International*.
- Martínez-Loriente, S., Gracia, E., Bartolomé, R., Sallares, V., Connors, C., Perea, H., ... & Zitellini, N. (2013). Active deformation in old oceanic lithosphere and significance for earthquake hazard: Seismic imaging of the Coral Patch Ridge area and neighboring abyssal plains (SW Iberian Margin). *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 14(7), 2206–2231.
- Merino, I., Ranero, C. R., Prada, M., Sallares, V., & Grevenmeyer, I. (2021). The Rift and Continent-Ocean Transition Structure Under the Tagus Abyssal Plain West of the Iberia. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 126(11), e2021JB022629.
- Neres, M., Carafa, M. M. C., Fernandes, R. M. S., Matias, L., Duarte, J. C., Barba, S., & Terrinha, P. (2016). Lithospheric deformation in the Africa-Iberia plate boundary: Improved neotectonic modeling testing a basal-driven Alboran plate. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 121(9), 6566–6596.
- Omira, R., Neres, M., & Batista, L. (2019). The Gloria transform fault—NE Atlantic: seismogenic and tsunamigenic potential. In *Transform Plate Boundaries and Fracture Zones* (pp. 157–167). Elsevier.
- Peirce, C., & Barton, P. J. (1991). Crustal structure of the Madeira-Tore Rise, Eastern North-Atlantic—Results of a DOBS wide-angle and normal incidence seismic experiment in the Josephine Seamount region. *Geophysical Journal International*, 106(2), 357–378.
- Sallares, V., & Ranero, C. R. (2019). Upper-plate rigidity determines depth-varying rupture behaviour of megathrust earthquakes. *Nature*, 576(7785), 96–101.
- Zitellini, N., Gràcia, E., Matias, L., Terrinha, P., Abreu, M. A., DeAlteriis, G., ... & Díez, S. (2009). The quest for the Africa–Eurasia plate boundary west of the Strait of Gibraltar. *Earth and Planetary Science Letters*, 280(1–4), 13–50.

IDL 2022 – 9

Doutoramento em Geologia – Geoquímica

Evolução petrológica do limite crosta inferior – manto exumado no Norte de Marrocos: uma análise geoquímica e termocronológica

Orientação: Telmo Bento dos Santos (IDL) e José Francisco Santos (Universidade de Aveiro)

Parte do trabalho será realizado na Universidade de Aveiro (Portugal)

Resumo

A exumação de rochas da crosta inferior ao longo de zonas de cisalhamento é comum [e.g.: 1], no entanto, um assunto muito debatido. Menos comum é a exumação de rochas do manto superior ao longo destas discontinuidades estruturais. No entanto, é este o caso da Zona de Cisalhamento do Sul do Rif (ZCSR), uma zona de cisalhamento de primeira ordem que separa dois importantes domínios geodinâmicos no norte de Marrocos: a) o Rif, a norte, composto essencialmente por unidades sedimentares miocénicas; e b) a Meseta Ocidental, a sul, composta essencialmente por unidades metassedimentares paleozoicas, correlacionáveis com a Cadeia Varisca Ibérica [2]. Associada à ZCSR, e exumada pela sua atividade, ocorre uma larga faixa metamórfica de alto grau composto por abundantes rochas na fácies granulítica e anfibolítica e uma sequência exótica de rochas máficas e ultramáficas, representativas do manto superior [3].

Várias linhas de evidência sugerem que esta zona de cisalhamento é coeva e correlacionável com os eventos tectónicos que formaram a Cordilheira Bética em Espanha [2]. Embora a ZCSR exponha estas rochas, tornando-as acessíveis para o estudo e estejam bem preservadas, estudos comparativos de petrologia, geoquímica e isotópicos neste segmento do limite crosta inferior – manto estão ainda por realizar, impedindo a completa caracterização deste importante testemunho das condições infracrustais da geodinâmica pré-Alpina e a descrição da atividade e exumação ao longo da ZCSR. Este projeto irá, portanto, ser desenvolvido ao longo de 2 eixos e objetivos principais: 1) a caracterização da evolução petrológica e geoquímica das rochas ígneas e metamórficas expostas neste segmento; e 2) a definição da evolução P-T-t das rochas estudadas no contexto do processo de exumação e da evolução geodinâmica global dos eventos variscos e alpinos.

Plano de Trabalhos

De modo a atingir o Objetivo Principal 1, será necessário:

- a) Realizar trabalho de campo e amostragem na região de Moulay Yacoub (norte de Marrocos) com cartografia geológica detalhada e análise estratigráfica e estrutural em diferentes sectores da área de estudo;
- b) Obter informação da natureza petrográfica, petrológica, litogeoquímica e isotópica das rochas associadas à ZCSR;
- c) Realizar análises geoquímicas e modelação das condições físico-químicas prevaletentes durante a formação e evolução por cristalização fracionada dos diferentes tipos de rochas ígneas e a evolução metamórfica de todos os litótipos [como em 4];
- d) Integrar os dados obtidos de modo a compreender a evolução petrológicas e interação entre reservatórios litosféricos profundos.

De modo a atingir o Objetivo Principal 2, será necessário utilizar os dados obtidos nas tarefas anteriores e ainda:

e) realizar análises micro- e macroestruturais exaustivas, permitindo a definição e caracterização dos eventos de deformação que afetaram a região e suas relações com a atividade da ZCSR;

f) caracterizar do ponto de vista qualitativo e quantitativo as relações entre deformação e metamorfismo (paragéneses minerais, quimismo e geotermobarometria) durante os estágios dos eventos variscos e alpinos;

g) obter dados geocronológicos para as rochas associadas à ZCSR usando sistemas isotópicos robustos (U-Pb, Sm-Nd, Rb-Sr e Ar-Ar) e sua integração termocronológica para determinar a duração dos eventos tectonometamórficos e as taxas de exumação relacionadas com a atividade da ZCSR [como em 1; 5]; Estes dados serão obtidos na Universidade de Brasília (Brasil);

h) construir modelos petrológicos e geoquímicos para a atividade da ZCSR, constranger a evolução alpina no norte de Marrocos e compará-la com o análogo ibérico da Cordilheira Bética.

Adicionalmente, este doutoramento levará a um maior conhecimento global relativo: a) à estrutura, geometria, funcionamento e evolução das zonas de cisalhamento; b) à interação entre diferentes reservatórios geoquímicos (e.g.: transferência de calor e massa no limite crosta/manto) durante os eventos orogénicos; e c) ao conhecimento da circulação de fluidos e calor ao longo de zonas de cisalhamento, crucial para compreender com detalhe o fluxo de águas subterrâneas desta importante região termal.

Referências

[1] Bento dos Santos, T., Munhá, J.M.U., Tassinari, C.C.G., Fonseca, P.E., Dias Neto, C.M., 2010. Thermochronology of central Ribeira Fold Belt, SE Brazil: Petrological and geochronological evidence for high-temperature maintenance during Western Gondwana amalgamation. *Precambrian Research*, 180, 3-4, 285-298.

[2] Michard, A., Frizon de Lamotte, D., Saddiqi, O., Chalouan, A., 2008. An Outline of the Geology of Morocco. In: Michard, A., Saddiqi, O., Chalouan, A., Frizon de Lamotte, D. (Eds.) *Continental Evolution: The Geology of Morocco. Lecture Notes in Earth Sciences*, 116, Springer-Verlag, 1-32.

[3] Chalouan, A., Michard, A., El Kadiri, Kh., Negro, F., Frizon de Lamotte, D., Soto, J.I., Saddiqi, O., 2008. The Rif Belt. In: Michard, A., Saddiqi, O., Chalouan, A., Frizon de Lamotte, D. (Eds.) *Continental Evolution: The Geology of Morocco. Lecture Notes in Earth Sciences*, 116, Springer-Verlag, 203-302.

[4] Garrido, C.J., Gueydan, F., Booth-Rea, G., Précigout, J., Hidas, K., Padron-Navarta, J.A., Marchesi, C., 2011. Garnet Iherzolite and garnet-spinel mylonite in the Ronda peridotite: vestiges of Oligocene backarc mantle lithospheric extension in the western Mediterranean. *Geology*, 39, 927-930.

[5] Ferreira, J.A., Bento dos Santos, T., Pereira, I., Mata, J., 2019. Tectonically assisted exhumation and cooling of Variscan granites in an anatectic complex of the Central Iberian Zone, Portugal: constraints from LA-ICP-MS zircon and apatite U-Pb ages. *International Journal of Earth Sciences*, 108, 2153-2175.

IDL 2022 –10

Doutoramento em Geologia

A geodinâmica da Junção Tripla dos Açores

Orientação: João Duarte (IDL/FCUL), Ricardo Ramalho (IDL/Cardiff University), Rui Quartau (IDL/IH)

Bolsa Mista: Parte do trabalho proposto será feito na Universidade de Cardiff (Reino Unido)

Objetivo

O objetivo do projeto proposto é compilar e usar os dados geológicos e geofísicos disponíveis para produzir um modelo tectónico atualizado dos Açores e testá-lo usando modelos numéricos geodinâmicos.

Descrição

A Junção Tripla dos Açores é uma estrutura tectónica altamente complexa que marca as fronteiras entre as placas Norte-Americana, Eurásia e Núbia, tendo há muito atraído a atenção dos especialistas em geodinâmica. Embora se pense que seja o resultado da interação entre uma pluma mantélica e a Crista Média Atlântica (CMA), a evolução e os mecanismos por trás da dinâmica desta fronteira transiente estão longe de ser compreendidos, havendo várias questões-chave mergulhadas em controvérsia. Uma das questões mais proeminentes é relativa às complexas interações tectónico-magmáticas e o seu papel na criação de algumas das mais flagrantes estruturas morfotectónicas da região, como por exemplo a alternância de bacias profundas e edifícios vulcânicos subaéreos ao longo da crista de expansão ultralenta do rifte da Terceira. Outras questões-chave por resolver dizem respeito à ativação de sistemas locais de fissuras e possíveis “rift jumps”, bem como a ligação entre o rifte da Terceira, a CMA e a falha da Glória, no contexto das forças gerais de tensão em atuação na região e a possível influência de plumas mantélicas.

O projeto proposto destina-se a revisitar e analisar várias destas questões e investigar a evolução da Junção Tripla dos Açores no seu contexto geodinâmico geral. O projeto irá usar uma combinação de cartografia morfotectónica dos fundos marinhos, análise de mecanismos focais, assim como modelação análoga e numérica. Crucialmente, o projeto irá compilar e explorar um conjunto de dados de geofísica marinha de alta resolução, assim como dados de neotectónica “onshore”, adquiridos nos últimos anos por várias fontes, para produzir um mapa estrutural atualizado da região. O projeto irá igualmente tirar partido de inversões recentes de tensor de momento sísmico e novos dados coletados durante a campanha de sismómetros de fundo marinho no âmbito do projeto UPFLOW (em colaboração com A. Ferreira, UCL, IP deste projeto), para formular uma melhor imagem do campo de stress na região e para correlacionar com as estruturas do fundo marinho cartografadas na primeira fase. Este doutoramento será também integrado no recentemente financiado projeto da FCT GEMMA (improving GEodynamic Models in MACaronesia by reconciling geodetic, geophysical and geological data), a começar no início de 2022.

Finalmente o projeto irá explorar os mecanismos atrás da origem, evolução e implicações geodinâmicas da Junção Tripla dos Açores, através de uma combinação entre modelação análoga e numérica usando o software UNDERWORLD, potencialmente resolvendo problemas chave tais como rifting oblíquo, localização de rifting e “rift jumps”, assim como a interação crista-pluma. Espera-se que o projeto irá resultar numa perspetiva moderna e atualizada da Junção Tripla dos Açores, com implicações na geodinâmica global, assim como perigosidade e recursos no contexto do Nordeste do Atlântico.

Requisitos

Licenciatura e Mestrado em Ciências da Terra

Referências

- Beier, C., Haase, K.M., Abouchami, W., 2015. Geochemical and geochronological constraints on the evolution of the Azores Plateau. *Geological Society of America Special Papers* 511.
- Frietsch, M., Ferreira, A.M.G., Vales, D. and Carrilho, F., 2018. On the robustness of seismic moment tensor inversions for mid-ocean earthquakes: the Azores archipelago. *Geophysical Journal International*, 215(1), pp.564-584.
- Gente, P., Dymant, J., Maia, M., Goslin, J., 2003. Interaction between the Mid-Atlantic Ridge and the Azores hot spot during the last 85 Myr: Emplacement and rifting of the hot spot-derived plateaus. *Geochem. Geophys. Geosyst.* 4, 8514.
- Lourenço, N., Miranda, J.M., Luís, J.F., Ribeiro, A., Mendes Victor, L.A., Madeira, J., Needham, H.D., 1998. Morpho-tectonic analysis of the Azores Volcanic Plateau from a new bathymetric compilation of the area. *Mar. Geophys. Res.* 20, 141-156.
- Madeira, J., Brum da Silveira, A., Hipólito, A., Carmo, R., 2015. Active tectonics in the central and eastern Azores islands along the Eurasia–Nubia boundary: a review, in: Gaspar, J.L., Guest, J.E., Duncan, A.M., Barriga, F.J.A.S., Chester, D.K. (Eds.), *Geological Society, London, Memoirs*, 44, pp. 15-32.
- Marques, F.O., Catalão, J.C., DeMets, C., Costa, A.C.G., Hildenbrand, A., 2013. GPS and tectonic evidence for a diffuse plate boundary at the Azores Triple Junction. *Earth Planet. Sci. Lett.* 381, 177-187.
- Miranda, J.M., Luís, J., Lourenço, N., 2018. The Tectonic Evolution of the Azores based on magnetic data, in: Kueppers, U., Beier, C. (Eds.), *Volcanoes of the Azores*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, pp. 89-

IDL 2022 – 11

Doutoramento em Geologia

Espeleotemas como arquivos magnéticos, ambientais e de paleoincêndios

Orientação: Eric Font (UC, IDL; efont@uc.pt), Paulo Fonseca (UL, IDL)

Colaboradores internacionais: Ricardo Trindade (USP, Brasil), Joshua Feinberg (IRM Minnesota, EUA), Eduardo Lima (MIT-Michigan, EUA)

Resumo

Os espeleotemas são depósitos minerais secundários formados em cavernas e são excelentes arquivos das variações do campo magnético e do clima da Terra durante o Quaternário. A sua idade pode ser determinada precisamente utilizando séries de datação de desequilíbrio U-Th, e as assinaturas magnéticas, geoquímicas e mineralógicas preservadas nas suas laminações finas proporcionam séries temporais climáticas e ambientais por proxy de alta resolução, de escalas temporais subanuais a milenares¹. Estudos magnéticos de espeleotemas fornecem duas importantes formas de dados: i) registos contínuos e de alta resolução de variações de curto prazo do campo magnético terrestre (CMT)¹⁻⁵; e ii) registos de alta resolução da variabilidade climática, ligando as propriedades magnéticas das rochas ao clima e aos parâmetros de forçamento ambientais que atuam sobre os solos⁶⁻⁹. No entanto, as aplicações utilizando as propriedades magnéticas dos espeleotemas

como arquivos de alterações climáticas estão numa fase embrionária e requerem uma grande maturação antes de poderem ser comparáveis aos estudos tradicionais. Estudos recentes sugerem também que os espeleotemas são potenciais arquivos de incêndios florestais, mas os seus efeitos na química das cavernas e na hidrologia continuam a ser mal compreendidos ^{10,11}.

Objetivos

Os objetivos do projeto são: i) estudar variações de curto prazo dos CMT registados nos espeleotemas portugueses; ii) investigar a ligação com parâmetros forçadores ambientais que atuam sobre os solos; e iii) testar a utilização de espeleotemas como potenciais arquivos de paleoincêndios. O trabalho envolve a amostragem de espeleotemas em cavernas portuguesas, preparação de amostras, medição de propriedades magnéticas e concentração de mercúrio em laboratório, e interpretação e disseminação de dados.

Esta proposta de doutoramento está integrada no projeto de I&D (Speleothems as magnetic, environmental and paleo-fire archives; ref. PTDC/CTA-GEO/0125/2021; 244.649 €) e no projeto bilateral MIT-FCT (Analyzing environmental and climate records in Portuguese speleothems using ultra-high sensitivity magnetic microscopy; ref. MIT-EXPL/ACC/0023/2021) financiado pela FCT. O candidato será integrado como membro da equipa de investigação do projeto de I&D e beneficiará do apoio financeiro do projeto para transporte e alojamento em viagens de campo, e para custos associados a datação, análises químicas, disseminação e divulgação. O trabalho de campo será realizado em grutas da Orla Meso-Cenozóica Ocidental (Serra da Arrábida, Serras de Sicó, Maciço Calcário Estremenho) e beneficiará do apoio de membros das Associações Espeleológicas de Portugal e da Federação Portuguesa de Espeleologia. A maioria das medições magnéticas será realizada nos laboratórios paleomagnéticos do IDL e do Departamento de Ciências da Terra da Faculdade de Ciências da Universidade de Coimbra. Eventualmente, e dependendo da situação relacionada com a pandemia de COVID-19, o candidato passará ~2 semanas de estágio na Universidade de São Paulo no Brasil, e/ou no MIT da Universidade de Michigan, nos Estados Unidos da América. A datação U-Th e a composição de isótopos de carbono e oxigénio são pagos pelo projeto. Algumas referências do tipo de resultados esperados neste projeto estão listadas abaixo.

Referências

1. Lascu, I. & Feinberg, J. M. Speleothem magnetism. *Quaternary Sci Rev* **30**, 3306-3320, doi:DOI 10.1016/j.quascirev.2011.08.004 (2011).
2. Osete, M. L. *et al.* The Blake geomagnetic excursion recorded in a radiometrically dated speleothem. *Earth Planet Sc Lett* **353**, 173-181, doi:10.1016/j.epsl.2012.07.041 (2012).
3. Trindade, R. I. F. *et al.* Speleothem record of geomagnetic South Atlantic Anomaly recurrence. *P Natl Acad Sci USA* **115**, 13198-13203, doi:10.1073/pnas.1809197115 (2018).
4. Ponte, J. M., Font, E., Veiga-Pires, C. & Hillaire-Marcel, C. Speleothems as Magnetic Archives: Paleosecular Variation and a Relative Paleointensity Record From a Portuguese Speleothem. *Geochemistry Geophysics Geosystems* **19**, 2962-2972, doi:10.1029/2018GC007651 (2018).
5. Ponte, J. M., Font, E., Veiga-Pires, C., Hillaire-Marcel, C. & Ghaleb, B. The effect of speleothem surface slope on the remanent magnetic inclination. *Journal of Geophysical Research-Solid Earth* **122**, 4143-4156, doi:10.1002/2016JB013789 (2017).
6. Zhu, Z. M. *et al.* Holocene ENSO-related cyclic storms recorded by magnetic minerals in speleothems of central China. *P Natl Acad Sci USA* **114**, 852-857 (2017).
7. Bourne, M. D. *et al.* Long-term changes in precipitation recorded by magnetic minerals in speleothems. *Geology* **43**, 595-598 (2015).
8. Jaqueto, P. *et al.* Linking speleothem and soil magnetism in the Pau d'Alho cave (central South America). *Journal of Geophysical Research-Solid Earth* **121**, 7024-7039 (2016).
9. Font, E. *et al.* Magnetic fingerprint of southern Portuguese speleothems and implications for paleomagnetism and environmental magnetism. *Journal of Geophysical Research-Solid Earth* **119**, 7993-8020, doi:10.1002/2014JB011381 (2014).
10. Nagra, G. *et al.* A post-wildfire response in cave dripwater chemistry. *Hydrol Earth Syst Sc* **20**, 2745-2758 (2016).
11. Coleborn, K. *et al.* The impact of fire on the geochemistry of speleothem-forming drip water in a sub-alpine cave (vol 642, pg 408, 2018). *Sci Total Environ* **668**, 1339-1340, doi:10.1016/j.scitotenv.2019.02.350 (2019).

IDL 2022 – 12

Doutoramento em Geologia

O problema da dolomite revisitado: controlos geoquímicos e mineralógicos do processo de dolomitização em ambientes sedimentares e metassomáticos

Orientadores: Mário A. Gonçalves (FCUL/IDL), José Mirão (UÉvora/HERCULES Lab)

O Laboratório HERCULES fornece o acesso complementar aos meios analíticos requeridos.

Introdução

A formação de dolomite primária, ao invés da dolomitização do carbonato de cálcio, constitui ainda um dilema importante na compreensão dos processos que operam no Planeta Terra, em especial os que determinam os balanços globais de Mg no registo sedimentar, em parte revelados pela ausência de depósitos dolomíticos no registo geológico dos últimos 30-40 milhões de anos. Esta constatação deu origem ao famoso “problema da dolomite”, mas até aos dias de hoje não se conseguiu reproduzir experimentalmente a precipitação de dolomite em condições ambientais de superfície, salvo em condições muito específicas que muito raramente são encontradas nos ambientes sedimentares atuais.^[1,2] O insucesso das sucessivas tentativas em cristalizar a dolomite são atribuíveis sobretudo a fatores cinéticos, enquanto que para o caso das calcites existe uma limitação à incorporação de Mg na sua estrutura, a qual depende da atividade do Mg em solução.^[1] Existe contudo uma evidência ampla de que as dolomites resultam sobretudo de mecanismos de substituição tardios cujos os detalhes são ainda objeto de debate, incluindo o mecanismo de dissolução/precipitação acoplados com a geração de porosidade e que tem recebido uma larga aceitação.^[3,4,5] Efetivamente, o volume molar da reação de substituição da calcite por dolomite é negativo. Desta forma, a formação de dolomite é importante na caracterização da porosidade de reservatórios carbonatados com implicações na evolução sedimentar das bacias, incluindo a aptidão como hospedeira de depósitos minerais hidrotermais gerados pelo fluxo e hidrodinâmica de fluidos à escala da própria bacia, assim como a apetência para reservatório de hidrocarbonetos.

Objectivos

O projeto pretende estudar este problema escolhendo para o efeito dois ambientes geológicos em que se reconhecem processos de dolomitização: a Bacia Lusitana (BL), uma sequência sedimentar espessa (cerca de 5 km) de idade Mesozóica resultante dos primeiros estádios de abertura do Atlântico, e uma sequência de mármore dolomitizados de idade Paleozóica associados a rochas metavulcânicas na Zona de Ossa Morena (ZOM).

Descrição

Tem sido demonstrado que as rochas dolomíticas na BL apresentam uma história algo complexa com reações de desdolomitização frequentes, os quais colocam outros desafios como seja o balanço e destino do Mg no sistema^[6,7] (Figura 1). Para o efeito, serão seleccionadas frentes de dolomitização de acordo com a sua origem mais provável, seja diagenética (controlada estratigraficamente) seja associada a falhas (discordante às estruturas sedimentares primárias). Cada um destes ambientes será estudado em detalhe através da sua mineralogia e caracterização microscópica das estruturas minerais e suas interfaces. Esta abordagem é combinada com uma caracterização cuidada e detalhada das assinaturas químicas, em especial

nos elementos traço e isótopos estáveis. É expectável que esta abordagem permita revelar diferenças entre os processos associados e elucidar que mecanismos de formação da dolomite operam em cada um dos ambientes. O projeto terá à disposição um conjunto de técnicas analíticas de ponta, incluindo microscopia eletrónica (SEM Ambiental com EDS e Microsonda Eletrónica), μ -difração de Raios-X, LA-ICP-MS, μ -FTIR, e Espectrometria de Massa. O equipamento de suporte encontra-se disponível nas instituições parceiras, no entanto técnicas adicionais que possam vir a ser usadas encontram-se igualmente asseguradas através de colaborações internacionais em curso com instituições estrangeiras, incluindo possibilidade de submeter propostas para o usufruto de tempo de feixe num sincrotrão desde que se verifique a sua necessidade para a resolução das questões associadas ao problema estudado.

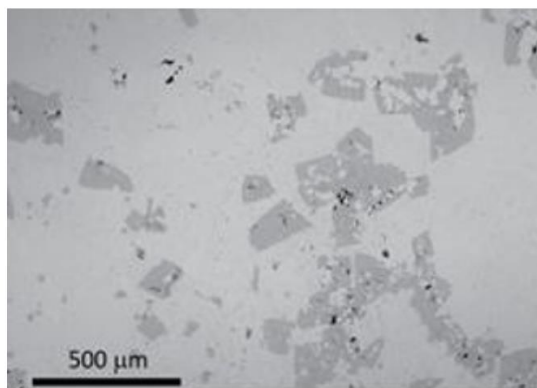
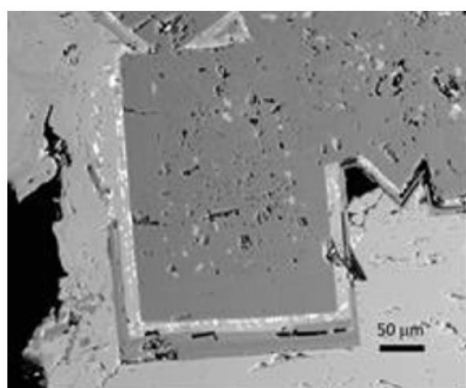


Figura 1. Esquerda: Imagem de electrões retrodifundidos (BSE) de cristais de dolomite (cinzento escuro) com o bordo recristalizado e o núcleo poroso com relíquias de calcite. Calcite tardia encontra-se a substituir a dolomite ao longo dos planos de clivagem deixando um lastro de (hidr)óxidos de Fe; **Direita:** Imagem BSE de cristais de dolomite (cinzento escuro) parcialmente substituídos por calcite (desdolomitização). Imagem de [7].

Requisitos

Licenciatura em Ciências da Terra (Geologia/Geofísica) ou Química; bons conhecimentos em Mineralogia/Química Estrutural.

Bibliografia

- [1] Arvidson, R. S. and Mackenzie; F. T. (1999). *Am J. Sci.*, 299: 257-288.
- [2] Warren, J. (2000). *Earth Sci. Rev.*, 52: 1-81.
- [3] Sibley, D.F., Nordeng, S.H. and Borkowski, M. L. (1994). *J. Sedim. Res.*, 64: 630-637.
- [4] Jonas, L., Muller, T., Dohmen, R., Baumgartner, L. and Putlitz, B. (2015). *Geology*, 43: 779-782.
- [5] Putnis, A. (2009). *Rev. Mineral. Geochem.*, 70: 87-124.
- [6] Vuckovic, M. et al. (2017), *Proc. Goldschmidt 2017*, Paris.
- [7] Gonçalves, M.A. et al. (2019), *E3S Web of Conferences*, 98: 01017. doi:10.1051/e3sconf/20199801017.

IDL 2022 – 13

Doutoramento em Geologia

Uma abordagem morfo-funcional para compreender a paleoecologia e a evolução dos dinossauros terópodes

Orientação: Elisabete Malafaia (IDL, Lisboa), Francisco Ortega (UNED, Madrid), Jordi Marcé-Nogué (URV, Tarragona)

Bolsa Mista: Parte do trabalho será feito na UNED (Madrid, Espanha) e na Universitat Rovira i Virgili (Tarragona, Espanha)

Objetivos

Objetivos gerais: (1) compreender a paleoecologia e evolução dos dinossauros carnívoros de tamanho médio e grande, com particular foco no registo fóssil Jurássico e Cretácico da Península Ibérica; (2) avaliar os padrões macroevolucionários e as características morfo-funcionais de larga escala dos clades de dinossauros terópodes que se tornaram mega-predadores dominantes nos ecossistemas do Jurássico Final e Cretácico da Península Ibérica; (3) compreender os fatores (bióticos e abióticos) que impulsionaram a evolução da fauna de dinossauros terópodes ibéricos.

Objectivos específicos: (1) identificar ligações entre forma e desempenho biomecânico no sistema músculo-esquelético dos dinossauros terópodes; (2) investigar as características do crânio e do esqueleto pós-craniano dos terópodes mega-predadores que mais eficazmente explicam a variação do comportamento alimentar; (3) analisar traços que representam adaptações relacionadas com estratégias de captura de presas ou hábitos alimentares (por exemplo, especialização de dieta); (4) testar parâmetros biomecânicos (e.g. força de mordida, abertura mandibular, movimentos horizontais e verticais da mandíbula) em diferentes clades de terópodes que possam ter restringido a sua ocupação de nicho ecológico; (5) compreender os efeitos das principais inovações nos padrões de diversificação dos dinossauros terópodes; (6) verificar a ocorrência de adaptações semelhantes em diferentes linhagens de terópodes do Jurássico Final e Cretácico de grande tamanho que possam estar relacionadas com pressões ecológicas análogas.

Descrição e metodologia

Descrição: O registo fóssil do Jurássico Superior e Cretácico da Península Ibérica produziu abundantes restos esqueléticos de vertebrados continentais, incluindo um importante conjunto de materiais atribuídos a dinossauros carnívoros. O Jurássico Superior da Bacia Lusitana é particularmente notável no que diz respeito ao registo fóssil dos terópodes, com pelo menos cinco taxas de tamanho médio/grande identificados, para além de materiais abundantes que foram interpretados como pertencentes a pequenos terópodes celurássicos [e.g. 1-4]. Uma tão grande diversidade de grandes predadores dentro de um nicho ecológico de recursos limitados é difícil de explicar e pode indicar algum tipo de partição ecológica. Os terópodes apresentam um elevado grau de diversidade morfológica craniana, o que tem sido interpretado como estando relacionado com diversos mecanismos de alimentação e, portanto, com diferentes preferências alimentares, estratégias, comportamentos e ecologia [5-6]. Têm sido identificadas em diferentes clades terópodes algumas especializações morfológicas associadas a uma ecologia única [e.g. 7], mas a maioria dos grupos não tem adaptações óbvias associadas a estratégias de alimentação específicas. Portanto, a paleoecologia dos terópodes, em particular as relações entre espécies simpátricas, é ainda mal compreendida. Este projeto procura combinar diferentes abordagens, principalmente centradas na modelação biomecânica e análises morfo-funcionais, para investigar a dinâmica ecológica (e.g. estabelecimento de associações de predadores, interpretação de relações tróficas, identificação de interações predador-presa, identificação de ligações coevolucionárias) e a história evolutiva da fauna terópode do Jurássico Final e Cretácico da Península Ibérica.

Metodologia. Será desenvolvida uma análise morfo-funcional comparativa dos diferentes táxones dos terópodes de médio a grande porte representados no registo fóssil do Jurássico Superior e Cretácico da Península Ibérica com base numa abordagem combinada de morfometria geométrica e modelação de elementos finitos (FEM). A metodologia inclui a digitalização dos restos fósseis, produção de modelos esqueléticos 3D, reconstrução da musculatura e dos volumes de tecidos moles, proposta de modelos músculo-esqueléticos digitais e execução de simulações biomecânicas. As ferramentas de elementos finitos permitem aceder ao comportamento mecânico de uma estrutura complexa através da sua partição

(discretização) em elementos de forma simples [e.g. 8]. Foi inicialmente desenvolvido para fins de engenharia, mas a aplicação destas ferramentas em estudos paleontológicos deu nas últimas décadas uma contribuição significativa para uma melhor compreensão da biomecânica, morfologia funcional e paleoecologia de organismos extintos [e.g. 9-11]. Estas ferramentas permitem determinar os estritos limites de desempenho do sistema músculo-esquelético e determinar quais as estruturas que podem ser mais bem-adaptadas para realizar um objetivo específico. Com base nestas ferramentas, será testada a função dos elementos esqueléticos e/ou as principais inovações adquiridas em alguns clades do terópode. Um estudo comparativo em larga escala morfo-funcional de diferentes clades de terópodes de grande tamanho será aplicado para avaliar quantitativamente como as mudanças específicas de forma no crânio e no esqueleto pós-craniano resultaram em adaptações funcionais dentro de uma linhagem. As análises de tensão-deformação serão utilizadas para testar o efeito no desempenho biomecânico da modificação, adição ou remoção de estruturas anatómicas (e.g. suturas abertas ou fundidas no crânio, tamanho e forma de uma fenestra ou expansão cerebral). A integração da FEM com ferramentas morfométricas geométricas permitirá comparar quantitativamente padrões de variação de forma do crânio e esqueleto pós-craniano de diferentes linhagens de terópodes e compreender a variação morfológica numa estrutura biomecânica. Esta metodologia combinada integrada num contexto filogenético permitirá testar algumas hipóteses relacionadas com a paleoecologia e evolução da fauna terópode da Península Ibérica (e.g. abordar a prevalência de eventos de substituição competitivos, analisar a influência das interações coevolutivas e os efeitos das principais inovações na diversificação do clade).

Requisitos

Ter licenciatura ou mestrado em Geologia, Biologia, Paleontologia, ou áreas afins.

Referências

- [1] Mateus O. 1998. Mem. Acad. Ciênc. Lisboa. 37: 111–124.
- [2] Pérez-Moreno B.P. et al. 1999. J. Geol. Soc. 156: 449–452.
- [3] Rauhut O.W.M. 2003. Palaeontology. 46(5): 903–910.
- [4] Malafaia E. et al. 2020. J. Vertebr. Paleontol. 40, DOI: 10.1080/02724634.2020.1768106.
- [5] Barrett P.M., Rayfield E.J. 2006. Trends Ecol. Evol. 21(4): 217–224.
- [6] Sakamoto M. 2010. Proc. R. Soc. B. 277: 3327–3333.
- [7] Ibrahim N. et al. 2014. Science. 345(6204): 1613–1616.
- [8] Richmond B.G. et al. 2005. Anat. Rec. 283: 259–274.
- [9] Rayfield E.J. 2005. Anat. Rec. 283A: 349–365.
- [10] Lautenschlager S. 2015. R. Soc. open sci. 2: 150495.
- [11] Marcé-Nogué et al. 2020. Sci. Rep. 10: 6793.