

# Sinopse dos estudos de quistos de dinoflagelados fósseis em Portugal

Lígia Castro<sup>1</sup> & Luís B. Fernandes<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidade NOVA de Lisboa, GEOBIOTEC - GeoBiociências, Geotecnologias e Geoengenharias, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Departamento de Ciências da Terra, Quinta da Torre, P-2829 516 Caparica, Portugal. E-mail: lscastro@fct.unl.pt

<sup>2</sup> Universidade do Minho, Instituto de Ciências da Terra, Escola de Ciências, Departamento de Ciências da Terra, Quinta da Torre, P-4710 057 Braga. E-mail: lberardo18@hotmail.com

**Resumo:** Os dinoflagelados são microorganismos, essencialmente unicelulares, que juntamente com outro fitoplâncton produzem alimento para organismos maiores e ocupam a generalidade dos ambientes aquáticos, desde água doce e salobra a marinha. Apresentam grande variedade de estratégias vitais, sendo sensíveis à temperatura e salinidade, oxigenação, luminosidade e disponibilidade de nutrientes minerais do meio. Certas espécies de dinoflagelados podem produzir quistos resistentes, depositando-se nos sedimentos. Estes quistos são constituídos por material quimicamente inerte permitindo o seu registo fóssil. São uma ferramenta biostratigráfica de grande valia, para além de servirem como indicadores paleobiogeográficos e paleoambientais. Pais (1978) fez a primeira caracterização de dinoflagelados fósseis (dinoquistos) em Portugal e, desde então, o número de estudos em território nacional tem vindo a crescer. Os primeiros trabalhos apresentam, essencialmente, documentação fotográfica e/ou breves descrições, utilizando-se, algumas vezes, os dinoquistos como marcadores biostratigráficos. Desde o início deste século, a informação tem sido enriquecida com importantes estudos pormenorizados: efetuaram-se estudos biostratigráficos detalhados, estabeleceram-se correlações entre a biostratigrafia dos dinoquistos e as de outros grupos fossilíferos, fizeram-se correlações com outras bacias sedimentares do país e do planeta, construíram-se perfis lito- e quimiostratigráficos com base em análises geoquímicas, estudaram-se as palinofácies e analisaram-se e caracterizaram-se os paleoambientes e a paleogeografia. No presente trabalho, propomo-nos a apresentar uma síntese dos estudos científicos documentados e inventariados com estes microfósseis em território nacional e o importante conhecimento que tem sido obtido, logrando-se, ainda de informação útil, para a pesquisa e exploração de recursos energéticos.

**Palavras-chave:** Fósseis, Portugal, Quistos de dinoflagelados, Síntese.

**Abstract:** *Dinoflagellates are microorganisms, essentially single-celled, which together with other phytoplankton produce food for larger organisms and occupy most aquatic environments, from freshwater habitats and brackish to marine plankton. They present a great variety of vital strategies, being sensitive to temperature and salinity, oxygenation, luminosity and availability of mineral nutrients in the environment. Certain species of dinoflagellates can produce resting stages, called dinoflagellate cysts or dinocysts, settling on sediments. These cysts are made up of chemically inert material, allowing their fossil record. They are a biostratigraphical tool of great value, in addition to serving as paleobiogeographic and paleoenvironmental indicators. Pais (1978) made the first characterization of fossil dinoflagellates in Portugal and, since then, the number of studies in the national territory has been growing. The first works essentially present photographic documentation and/or brief descriptions, and sometimes they use dinocysts as biostratigraphical markers. Since the beginning of this century, information has been enriched with important researches. Detailed biostratigraphical studies have been carried out, correlations have been established between the biostratigraphy of dinocysts and other fossiliferous groups, correlations have been made with other sedimentary basins in the country and from the planet, litho- and chemostratigraphic profiles were built based on geochemical analyzes, palinofacies were studied and paleoenvironments and paleogeography were analyzed and characterized. In the present work, we propose to present a synthesis of the scientific studies documented and inventoried with these microfossils in national territory and the important knowledge that has been obtained, still getting useful information for the research and exploration of energy resources.*

**Keywords:** *Fossils, Portugal, Dinoflagellate cysts, Synthesis.*

## Introdução

A primeira inventariação e caracterização de dinoflagelados fósseis (ou dinoquistos), em Portugal, reporta a Pais (1978), com sedimentos datados do Miocénico, da Bacia do Baixo-Tejo (Fig. 1). Desde então, o estudo dos dinoquistos tem vindo a desenvolver-se como ferramenta importante para o estudo da estratigrafia e para a compreensão dos ambientes passados, em Portugal e em muitas regiões do planeta, por serem resistentes e ficarem preservados nos sedimentos.

O estudo dos dinoquistos permite a compreensão da distribuição das associações de dinoflagelados, de parâmetros físico-químicos como a sazonalidade, a produtividade, a disponibilidade de nutrientes, a temperatura e a salinidade, perceber tendências transgressivas e regressivas e a proximidade da linha de costa. Quando estudados individualmente ou em associações, estes definem modelos ecológicos, geográficos, ambientais e biostratigráficos. O desenvolvimento de estudos pormenorizados do conteúdo palinológico e estratigráfico, incluindo os dinoquistos tem contribuído, também, para a prospeção e pesquisa de recursos energéticos.

O presente trabalho tem como objetivo constituir uma sùmula dos trabalhos de conteúdo palinológico, essencialmente com incidência no estudo de dinoquistos fósseis e baseados em material de território nacional.



Figura 1 - Primeira publicação com o estudo de dinoflagelados fósseis em Portugal. A. Frontispício da revista Ciências da Terra, 4 (1978). B. Artigo de João Pais, "Notes sur la Géologie et la paléontologie du Miocène de Lisbonne. XXI - Primeira caracterização de dinoflagelados dos níveis mais baixos da Série miocénica de Lisboa".

## Dinoflagelados, o que são?

Encontram-se incluídos no grupo dos palinórfos (pólenes, esporos, algas coloniais, acritarcas, quitinozoários, escolecodontes e fungos) constituídos por uma parede orgânica, quimicamente inerte, com dimensões aproximadas entre 5 e 500  $\mu\text{m}$ . Os dinoflagelados são microorganismos eucariontes, essencialmente unicelulares, com dimensões entre 5 e 100  $\mu\text{m}$  de diâmetro; porém alguns podem ultrapassar os 2 mm. Possuem dois flagelos distintos, um transversal (o qual permite movimentos de rotação), que circunda o corpo e divide a célula em duas metades, e outro longitudinal (o qual promove deslocamentos propulsores), que se estende desde um sulco médio para o exterior. Alguns dinoflagelados são constituídos por uma parede externa, essencialmente de natureza celulósica mais ou menos rígida (teca), composta por placas independentes simples ou ornamentada, cuja disposição e número de placas (tabulação) caracterizam uma espécie ou grupo taxonómico (Fig. 2). Caso não apresentem este revestimento os dinoflagelados designam-se atecados ou nus. A taxonomia dos dinoflagelados é, também, baseada nas dimensões, forma, simetria, relevo e outras formas presentes na parede ou sua extensão. As formas das células são variáveis, geralmente ovóides e, por vezes, com prolongamentos para o extremo anterior (corno apical) e extremo posterior (corno antapical).

Na generalidade ocupam ambientes aquáticos, desde ambientes de água doce e salobra a marinha. A maioria dos dinoflagelados são planctónicos, ocorrendo em maiores concentrações na zona fótica, servindo de alimento para alguns organismos (como foraminíferos e baleias).

A reprodução dos dinoflagelados pode ser assexuada ou sexuada (conhecida em 1% das espécies atuais). Podem sofrer meiose ou originar quistos de resistência passando a um tempo de dormência obrigatório, comportando-se como uma partícula sedimentar de parede resistente suscetível de fossilizar. Depois deste período, a célula sai do quisto, que rapidamente passa a forma móvel que, por meiose, encerra o ciclo. Os quistos de resistência são, geralmente, os que se apresentam no registo fóssil. Cerca de 13-16% dos dinoflagelados atuais produzem diversos quistos (Head, 1996) e são compostos por material orgânico (dinosporina) ou material inorgânico (carbonato de cálcio ou sílica). Podem também produzir quistos temporários ou vegetativos que são mais facilmente destruídos pela ação bacteriana após a morte.

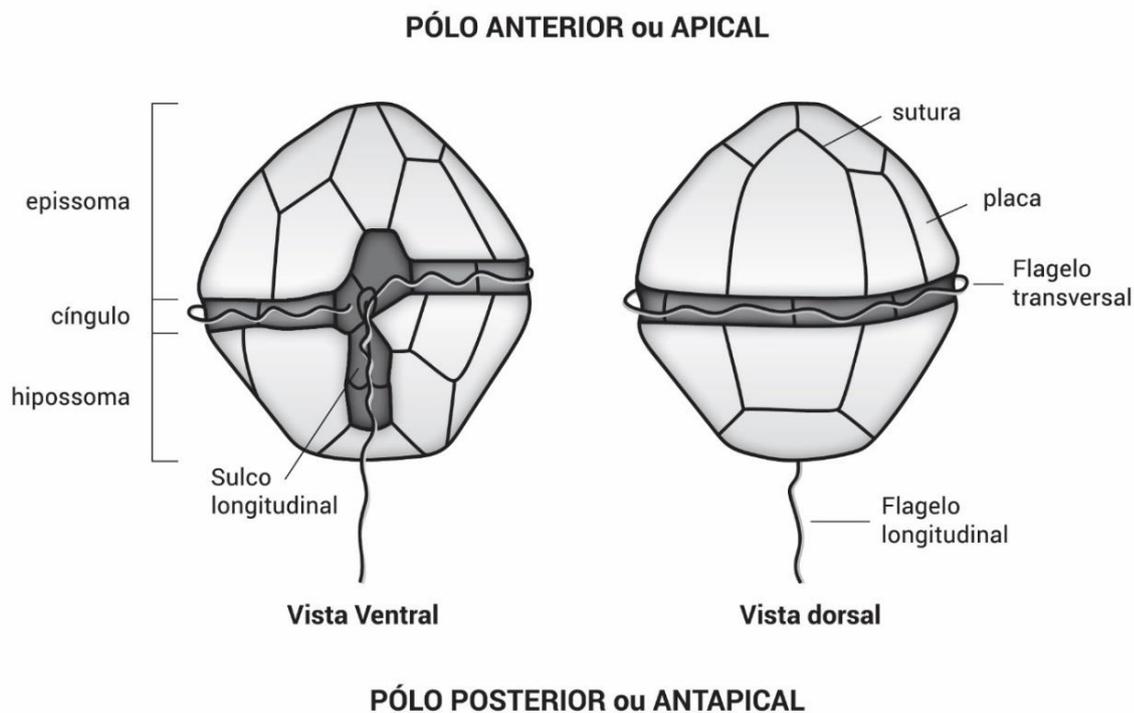


Figura 2 - Morfologia e orientação de um dinoflagelado móvel tecado [Fonte: adaptado de Evitt, 1985 e Fensome et al., 1993].

Todos os fósseis de dinoflagelados conhecidos incluem-se no Reino Protista, Sub-divisão Dinokaryota e Classe Dinophyceae (Tab. I). As subclasses distinguem-se pela sua tabulação, na qual todas, exceto Prorocentrophycidae, têm representantes fósseis. A Subclasse Peridiniophycidae, caracterizada pelas tabulações gonialacoide e peridinioide correspondente às Ordens Gonyaulacales e Peridinales respetivamente, onde se encontram a maioria dos taxa fósseis (Fensome et al., 1993).

Tabela I - Classificação de dinoflagelados, com categoria da hierarquia e respetivas designações [Fonte: Fensome et al., 1993].

|                |                        | Subdivisão  | Classe      | Subclasse           | Ordem              |
|----------------|------------------------|-------------|-------------|---------------------|--------------------|
| Reino Protista | Divisão Dinoflagellata | Dinokaryota | Dinophyceae | Gymnodiniphyceidae  | Gymnodiniales      |
|                |                        |             |             |                     | Ptychodiscales     |
|                |                        |             |             |                     | Suessiales         |
|                |                        |             |             | Peridiniphyceidae   | Gonyaulacales      |
|                |                        |             |             |                     | Peridiniales       |
|                |                        |             |             |                     | Incerta            |
|                |                        |             |             | Dinophysiphyceidae  | Nannoceratopsiales |
|                |                        |             |             |                     | Dinophysiales      |
|                |                        |             |             | Prorocentrophycidae | Prorocentrales     |
|                |                        |             |             | Incerta             | Desmocapsales      |
|                |                        |             |             |                     | Phytodiniales      |
|                |                        |             |             |                     | Thoracosphaerales  |
|                |                        |             |             |                     | Incerta            |

### Importância do estudo dos dinoquistos

Os dinoflagelados mais importantes para o estudo palinológico são os capazes de produzir quistos resistentes que fossilizam, com registo desde o Triásico Superior até à atualidade.

O estudo dos dinoquistos permite reconhecer a variação da abundância, da diversidade e da morfologia destes microorganismos ao longo do tempo geológico. Podem ser usados para definir a curva eustática, caracterizar ciclos de transgressão-regressão e proximidade da linha de costa. Algumas espécies podem, ainda, indicar a presença de gelo. Possibilitam a construção de limites cronológicos, a correlação entre sedimentos, fornecem informações para a reconstituição da paleogeografia, dos paleoambientes e da paleoecologia. São, ainda, uma ferramenta útil para o estudo de pesquisa de recursos energéticos, como hidrocarbonetos, indicando o grau de maturação térmica dos sedimentos.

### Estudos de quistos de dinoflagelados fósseis em Portugal

Desde o final do século XX, até aos dias de hoje, que o conhecimento científico dos dinoquistos em Portugal resultaram no início, apenas em documentação fotográfica ou breves descrições e, desde o

início deste século, foi enriquecido com importantes estudos pormenorizados efetuando-se inventariação de *taxa* em diferentes regiões, permitindo responder a questões relevantes como, o conhecimento dos paleoambientes, da paleogeografia e das idades das rochas. Estes dados, complementados com outros registos geológicos têm permitido reconstituir com maior detalhe, a história da Terra e da Vida.

No final do século XX, o estudo de dinoflagelados fósseis em Portugal, estava ainda numa fase incipiente e, por isso, houve a necessidade de apresentar nomenclatura atualizada em língua portuguesa, referente à biologia, taxonomia, ecologia, paleoecologia e biostratigrafia (Sousa et al., 1999).

Em seguida, apresentam-se estudos palinológicos, com base em dinoquistos fósseis de material sedimentar português, descritos e organizados por períodos geológicos, onde foram identificados *taxa* de valor estratigráfico. Na figura 3 encontram-se registados os locais de amostragem dos respetivos trabalhos.

## Quaternário

O estudo das associações de dinoquistos tem se revelado importante na compreensão dos ambientes durante o Quaternário. Ao longo deste período, o clima da Terra tem variado entre estádios glaciais e interglaciais influenciados pelas variações da órbita terrestre e mecanismos de feedback.

Com o reconhecimento das ações climáticas durante o Quaternário existiu a necessidade de identificar e relacionar estes eventos em Portugal. Os trabalhos de Zippi (1992), Eynaud et al. (2000, 2016), Turon et al. (2003), Penaud et al. (2011), Eynaud et al. (2016) e Datema et al. (2017, 2019) permitiram caracterizar estes ciclos climáticos ao longo do *offshore* da margem ocidental portuguesa, apoiando os resultados obtidos com estudo de dinoquistos.

Em 1992, Zippi investigou as variações dos *taxa* nos últimos 150 000 anos e estabeleceu a relação destas variações com os ciclos climáticos, de sedimentos a W da costa portuguesa (*Core* TR174-4). Observou que as abundâncias relativas de *Bitectatodinium tepikiense* (Fig. 4a) aumentaram durante períodos frios, enquanto as abundâncias relativas de *Impagidinium* spp. aumentaram durante as fases mais quentes. Ambos os *taxa* demonstraram um elevado coeficiente de correlação com a % de CaCO<sub>3</sub>. As abundâncias relativas de dinoquistos sugeriram águas superficiais mais frias durante o *isotope stage* 3 (~29 000 a 61 000 anos BP) e mais quentes durante o *isotope stage* 2 (~11 000 a 29 000 anos BP).

Eynaud et al. (2000) analisaram dinoquistos do *Core* MD952042, localizado na Planície Abissal do Tejo, o qual marca a ocorrência de eventos de *Heinrich* durante o *Marine Isotope Stage* 5 (MIS 5, ~74 000 - 130 000 anos BP). Estes eventos, relacionados com elevadas descargas de icebergs no oceano Atlântico, ficaram registados em sedimentos do *offshore* de Portugal. Os picos percentuais de *Bitectatodinium tepikiense* demonstraram ser síncronos com os eventos de *Heinrich*. Por sua vez, este padrão é análogo com os principais recuos das florestas, indicando, variações climáticas locais abruptas.

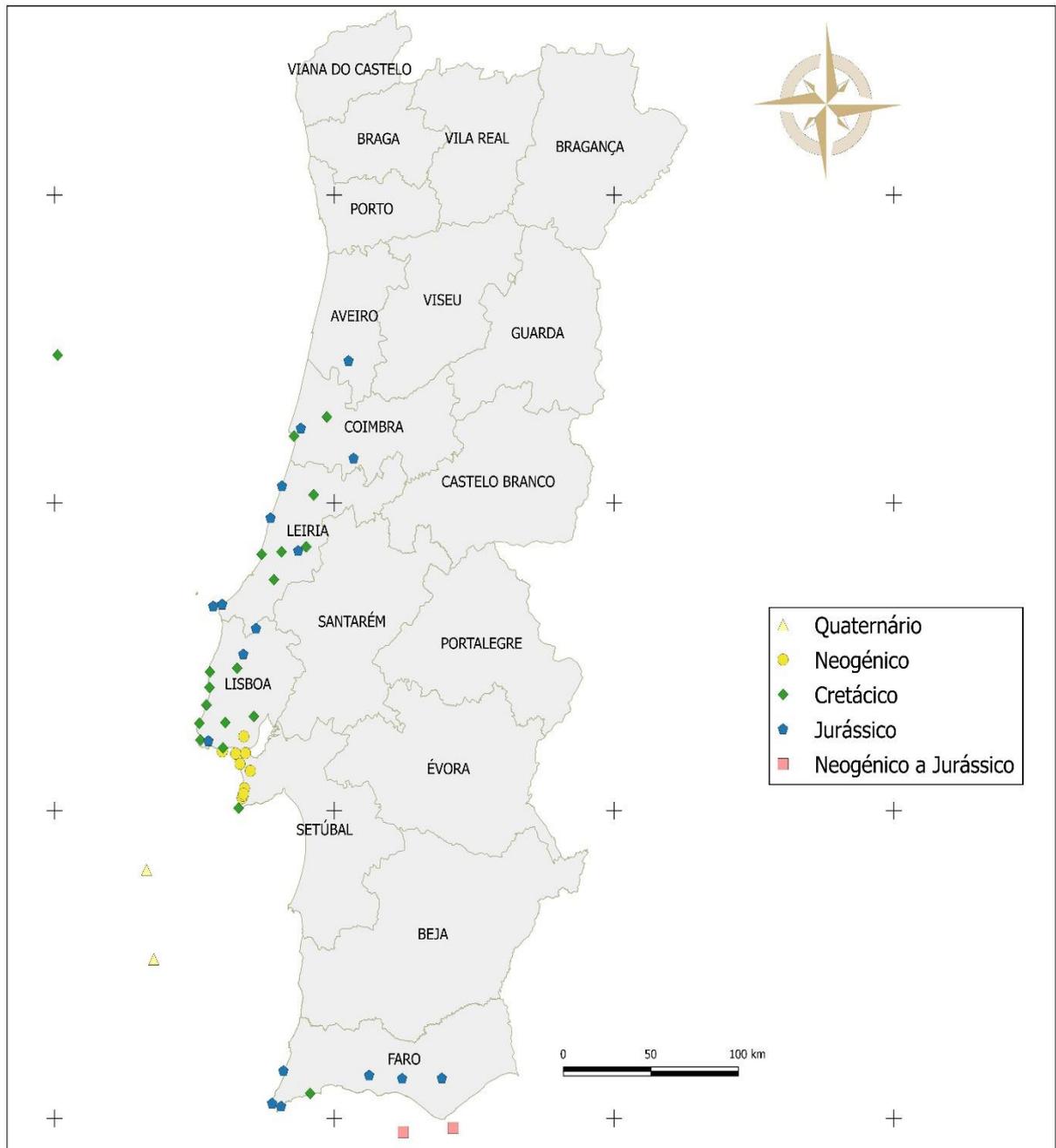


Figura 3 - Localização dos cortes geológicos e sondagens de estudos palinológicos com base em dinocistos, efetuados em Portugal. Mapa produzido com recurso ao software QGIS 2.14.7 no sistema de coordenadas Datum Lisboa/Grelha Portuguesa Modificada (Hayford-Gauss Militar), EPSG: 20790.

Turon et al. (2003) documentaram variações climáticas de período curto que ocorreram no SW da Europa há 25 000 anos BP, em sedimentos recuperados a SW do *offshore* de Portugal (Core SU 81-18), através de indicadores marinhos/continentais (sedimentos, foraminíferos, pólenes e dinocistos). Constataram que os eventos *Heirinch 1* e *Heirinch 2* se dividiram em duas fases distintas: uma com

*Neogloboquadrina pachyderma*, sugerindo a deposição de detritos *in situ* pelos icebergs e a ocorrência de águas oceânicas frias; outra com dinofíceis de afinidade subpolar, *Bitectatodinium tepikiense*, indicando um controlo sazonal marcado por águas superficiais oceânicas (SST - Sea Surface Temperature) quentes no verão e frias no inverno.

Penaud et al. (2011) caracterizaram a variação climática glacial entre 25 000 e 50 000 anos BP, comparando a superfície paleohidrológica da margem SW da Ibéria (core MD95-2042) e o mar Alborán (core MD95-2043). Quantificaram variações na SST e salinidade da superfície do mar (SSS - Sea Surface Salinity), analisando os dinofíceis. Compararam, ainda, as associações de dinofíceis com dados conhecidos de foraminíferos planctónicos e da geoquímica. Surge como primeiro estudo, a quantificar reconstituições de SST e de SSS com base em dinofíceis para MIS 3. Em ambos os locais, verificaram-se abundâncias relativas elevadas de *Brigantedinium* spp., sugerindo produtividade elevada induzida pelas correntes de *upwelling* permanentes e intensificadas ao longo da margem portuguesa. Durante os *Greenland Interstadials (GI)* ter-se-á verificado águas quentes ricas em nutrientes no mar Alborán, provavelmente, relacionadas com *upwelling*. *B. tepikiense* caracteriza cada *Greenland Stadial (GS)* na margem SW da Ibéria, enquanto no mar Alborán apenas se desenvolveu durante *Heirinch Stadials (HS)* sugerido pelo enfraquecimento do máximo climático durante HS e a incursão de águas subpolares de baixa salinidade para W no Mediterrâneo. As estimativas SST baseada em dinofíceis sugeriram elevados contrastes sazonais durante o GS comparado com o GI.

Eynaud et al. (2016) forneceram novos padrões biogeográficos e estratigráficos para a margem Ibérica, com base em registos micropaleontológicos (dinofíceis) durante períodos interglaciais (MIS 1, 5, 11 e 19; Site U1385), a SW da Ibéria, durante a expedição *Integrated Ocean Drilling Program (IODP) - Expedition 339*. Definiram grupos índice que podem ser usados para avaliar a capacidade de adaptação e a dinâmica dos dinoflagelados, especialmente de quistos autotróficos (*Lingulodinium machaerophorum* (Fig. 4b), *Bitectatodinium tepikiense*, juntamente com espécies do grupo *Spiniferites* (Fig. 4c) e *Impagidinium*) e quistos heterotróficos. Os dados demonstraram uma ligação constante dos biomas marinhos Atlântico e Mediterrânico, mesmo durante períodos de descida relativa do nível médio das águas do mar. As alterações observadas nas comunidades de dinofíceis com outros indicadores das águas superficiais oceânicas e indicadores continentais (pólenes), demonstraram uma ligeira comunicação entre os ambientes marinhos e a Ibéria nos últimos 800 000 anos.

O desenvolvimento dos trabalhos de Datema et al. (2017) tiveram como objetivo comparar o potencial dos indicadores qualitativos e quantitativos, obtidos de MAT (*Modern Analogue Technique*), na reconstituição SST, SSS, produção (SSP - *Sea Surface Production*) e sazonalidade, em sedimentos depositados nos últimos 22 000 anos na margem ocidental ibérica (realizados no âmbito do *IODP Expedition 339* no Site U1385). As reconstituições SST e SSS permitiram os primeiros registos contínuos baseados em MAT. Durante o Drias recente (YD - *Young Drias*) e o HS1 verificou-se que a salinidade terá diminuído, estando esta provavelmente relacionada, com o degelo dos icebergs que atingiram a região durante o HS1. As estimativas qualitativas e quantitativas de SSP, revelaram valores consistentes com os dados anteriormente publicados, apoiando a utilidade de ambas as abordagens.

Foi demonstrado que a *MAT* permite reconstituições *SST* mais fiáveis, mas apenas para dados mais atuais (Holocénico-Atual), uma vez que esta, baseia-se na suposição de que as associações mais antigas têm correspondentes modernos, logo apresentam condições semelhantes (o que nem sempre é o caso). As vantagens da utilização *MAT* incluem a sua natureza quantitativa e a compreensão sobre a sazonalidade.

Datema et al. (2019) investigaram as variações sazonais da *SST* em intervalos milenares ao longo do Último Ciclo Glacial usando associações de dinoquistos juntamente com *MAT* e a base de dados *Modern=1492 database*, de Vernal et al. (2013, 2013b) em sedimentos depositados nos últimos 152 000 anos, no *offshore* de Portugal (*IODP "Shackleton" Site U1385*). Neste intervalo de tempo, verificou-se uma equidade entre dinoquistos fototróficos (goniaulacoides) e heterotróficos (protoperidinioides), no entanto, as abundâncias relativas variaram bastante ao longo do tempo, com aumento da abundância de heterotróficos para o final do *MIS 3* e *MIS 2* e abundâncias máximas no Último Máximo Glacial (*LGM-Last Maximum Glacial*). *Brigantedinium* spp. e *Lingulodinium machaerophorum* dominam alternadamente as amostras. Durante o *YD*, *LGM* e *HS*, o fluxo de água proveniente do degelo das grandes camadas de gelo e/ou lagos gelados poderá ter alterado a força e estrutura da Circulação Termoalina Meridional do Atlântico (*AMOC - Atlantic Meridional Overturning Circulation*), causando a diminuição do transporte de calor no oceano para norte. Este facto terá permitido a formação de grandes camadas de gelo marinho no inverno no Atlântico Norte, dando origem a um clima continental por toda a Europa e particularmente em invernos mais frios, resultando um aumento da sazonalidade.

De referir, ainda, os trabalhos de Vernal et al. (2005, 2006), com sondagens realizadas no Hemisfério Norte, incluindo o *offshore* de Portugal, nos quais se efetuaram reconstituições das condições paleoceanográficas e paleoclimatológicas para o *LGM* no Hemisfério Norte, utilizando associações de dinoquistos.

## Neogénico

Pais (1978) efetuou a primeira caracterização de dinoflagelados em Portugal, do Miocénico inferior da Bacia do Tejo (região de Lisboa). Descreveu as formas: *Gonyaulacysta tenuitabulata*, *Spiniferites ramosus*, *Achomosphaera* sp., *Hystrichokolpoma rigaudiae*, *Homotriblium* cf. *pallidum*, *Cordosphaeridium* sp. e *Lingulodinium machaerophorum*. Neste corte afloram depósitos de enchimento de canal com níveis areno-argilosos (dinoflagelados e outros fósseis), a níveis ricos de lignito impuro (resíduos polínicos). Inferiu que a região se situava junto do litoral, sujeita a incursões marinhas nos canais mais ou menos salobros. As variações do nível do mar permitiam a invasão marinha nas margens dos canais, soterrando a vegetação e originando depósitos lignitosos. Reconheceu, ainda, níveis de maior abundância de dinoflagelados, representando momentos de maior influência marinha, mas nunca muito acentuada.

Em 1998, Legoinha et al. amostraram sequências deposicionais da praia de Carcavelos, em geral, pobres em palinomorfos. Reconheceram ambientes infralitorais na parte inferior do corte, enquanto na

parte superior, com melhor representação de dinoflagelados (*Exochosphaeridium* spp., *Polysphaeridium zoharyi* (Fig. 4d), *Spiniferites* spp., *S. pseudofurcatus*, *Cribroperidinium* spp., *Cerebrocysta* spp. e *Lingulodinium* spp.), pólenes, esporos e foraminíferos, sugeriram uma maior influência marinha, com aumento da profundidade e salinidade.

Sousa et al. (1999) realizaram estudos de palinórfos na Ribeira da Lage (Península de Setúbal), com base em dinoflagelados (goniaulacoides: *Achomosphaera ramulifera*, *Lingulodinium machaerophorum*, *Polysphaeridium* sp., *Spiniferites* sp., *S. bentori*, *S. ramosus*, *S. solidago*, *S. pseudofurcatus* e peridinioides: *Selenopemphix nephroides*, *Lejeunecysta* sp., *L. globosa*, *L. cf. lata*, cf. *Lejeunecysta* e *Sumatradinium* sp.). Os dinoflagelados peridinioides ocorrem na parte inferior do corte, indicando ambientes proximais de produtividade alta e/ou *upwelling*, com níveis de baixo oxigénio na base. Estes desaparecem na secção superior e ocorrem os goniaulacoides, sugerindo ambientes neríticos mais oxigenados. Este estudo foi complementado com o estudo das associações de foraminíferos planctónicos, ostracodos e análises isotópicas permitindo obter datações precisas e caracterizar os paleoambientes.

Nos anos seguintes foram caracterizadas as associações palinológicas (dinoflagelados, pólenes, esporos e acritarcas) na sondagem de Belverde (Península de Setúbal), na Bacia do Baixo-Tejo (Legoinha et al., 2002, 2004; Sousa & Pais, 2002, 2003, 2004; Castro, 2006, 2008, 2010; Castro & Pais, 2006; Castro et al., 2007). Esta sondagem atravessa depósitos desde o Plio-Plistocénico (130,31m) até ao Miocénico (460m). Os trabalhos demonstraram que Belverde permanecia sobre influência marinha contínua, durante o Miocénico. A abundância dos dinoflagelados indicaram ambientes litorais durante o Burdigaliano e Tortoniano (Sousa & Pais, 2002, 2003, 2004; Legoinha et al., 2002, 2004; Castro et al., 2007; Castro, 2008, 2010). Os dinoflagelados são frequentes em amostras do Burdigaliano, Langhiano, Serravalliano e Tortoniano. Durante o Burdigaliano estão representados *Polysphaeridium zoharyi*, *Systemaphora placacantha*, *Cribroperidinium tenuitabulatum*, *Lingulodinium* sp., *Operculodinium israelianum*, *Spiniferites ramosus* e *Cleistosphaeridium placacanthum* (Sousa & Pais, 2002, 2003, 2004; Legoinha et al., 2002, 2004; Castro et al., 2007). No Langhiano, são abundantes *Apteodinium australiense* (Legoinha et al., 2002, 2004; Sousa & Pais, 2002, 2003, 2004) e *C. tenuitabulatum* (Castro et al., 2007). *Lingulodinium* sp., *Polysphaeridium* sp., *S. ramosus* (Legoinha et al., 2002, 2004; Sousa & Pais, 2002, 2003, 2004), *P. zoharyi* e *O. israelianum* (Castro et al., 2007) são comuns. No Serravalliano são frequentes *Spiniferites* sp., *Spiniferites/Achomosphaera*, *Hystricosphaeropsis obscura*, *Lingulodinium machaerophorum* e *O. israelianum* (Legoinha et al., 2002, 2004; Sousa & Pais, 2002, 2003, 2004; Castro et al., 2007). Durante o Tortoniano, são comuns *L. machaerophorum*, *Homotryblium vallum*, *Spiniferites/Achomosphaera*, *S. pseudofurcatus* e *O. israelianum* (Legoinha et al., 2002, 2004; Sousa & Pais, 2002, 2003, 2004; Castro et al., 2007). Os peridinioides estão melhor representados no Miocénico Superior (*Selenopemphix nephroides*, *S. brevispinosa* e *S. dinaecysta*) sugerindo ambientes costeiros a salobros pouco profundos, ricos em nutrientes, sustentado, também, pela distribuição de acritarcas. Estes últimos são raros, ocorrendo duas formas no Miocénico inferior e superior (Legoinha et al., 2002, 2004; Sousa & Pais, 2002, 2003, 2004; Castro, 2006, 2010). Os

goniaulacoides são abundantes durante o Burdigaliano superior, Langhiano, Serravalliano inferior e Tortoniano inferior relacionados com os principais episódios transgressivos da Bacia do Baixo Tejo (Legoinha et al., 2002, 2004; Sousa & Pais, 2002, 2003, 2004; Castro, 2008, 2010).

Castro & Pais (2006) e Castro (2006, 2008, 2010) caracterizaram a evolução estratigráfica, paleogeográfica e paleoecológica apoiada nos dinoflagelados fósseis, durante o Miocénico no setor distal da Bacia do Baixo Tejo. Obtiveram igualmente, informação sobre outros grupos palinológicos, acrescentando dados bio- e litostatigráficos. Estes permitiram complementar os estudos anteriores e melhorar o conhecimento da Bacia do Baixo Tejo. Foram estudados cortes e uma sondagem na região de Lisboa e na Península de Setúbal: Carcavelos, Foz da Fonte, Foz do Rego Norte, Foz do Rego Sul, Instituto Português de Qualidade, Penedo Norte, Penedo Sul, Ribeira das Lages, Trafaria e Belverde. Os esporos e pólenes dominam as associações palinológicas, refletindo a proximidade da linha de costa. De referir a distribuição vertical curta de *Exochosphaeridium insigne* (Fig. 4e), cf. *Adnatosphaeridium* (Fig. 4f), *Apteodinium spiridoides* e *Distatodinium paradoxum* no Burdigaliano, também reconhecida em outras regiões do mundo. Registam-se últimas ocorrências de *Labyrinthodinium truncatum modicum*, *Cleistosphaeridium placacanthum*, *Palaeocystodinium golzowense* e *Polysphaeridium zoharyi ktana* no Serravalliano e de *Amiculosphaera umbraculum* e *Dapsilidinium pseudocolligerum* no Tortoniano. *Selenopemphix dionaeacysta*, *Hystrichosphaeropsis obscura*, *Tuberculodinium vancampoae*, *Batiacasphaera sphaerica*, *Achomosphaera andalousiensis* e *Cordosphaeridium cantharellus* ocorrem no Tortoniano. Através da variação entre formas continentais e marinhas, reconheceram-se dois máximos transgressivos coincidentes com o Burdigaliano superior e o Langhiano, com períodos de nível marinho mais baixo análogos ao Aquitaniano, Burdigaliano inferior, Burdigaliano médio e Serravalliano. Foram ainda apresentadas, reconstituições paleogeográficas e paleoecológicas para cada Andar do Miocénico. É de referir que Castro (2006) foi a primeira tese de doutoramento apresentada com base em investigação de dinoflagelados fósseis, em Portugal.

## Cretácico

Berthou et al. (1980) abordaram pela primeira vez dinoquistos do Cretácico, descrevendo o conteúdo palinológico de afloramentos do Albiano-Turoniano da Bacia Ocidental Portuguesa (na região de Lisboa). Verificaram que os depósitos do Albiano eram mais ricos em dinoflagelados do que os do Cenomaniano. As associações de dinoquistos do Cenomaniano inferior e médio (identificada apenas uma forma: *Trichodinium castanea*) eram relativamente mais pobres que as do Cenomaniano superior.

Ainda nesta década, Hasenboehler (1981) descreveu dinoquistos de vários cortes geológicos da Estremadura do Albiano-Cenomaniano. Os resultados biostratigráficos obtidos foram publicados posteriormente em Berthou & Hasenboehler (1982). Foram identificados os seguintes *taxa*: *Ovoidinium tenue*, *Carpodinium granulatum*, *Subtilisphaera terrula* e *Microdinium opacum* (abundantes na parte inferior do Albiano superior); *Protellipsoidinium corollum* (dominante no Cenomaniano inferior e médio);

*Alterbia* sp., *Apteodinium* sp., *Cometodinium whitei*, *Odontochitina operculata*, *Cyclonephelium vannophorum*, *Palaeohystrichophora infusorioides* (Fig. 4g), *Trichodinium castanea* (presentes no Cenomaniano superior), entre outras. A presença destes dinoquistos, nestes níveis, indicaram influências marinhas. Os autores estabeleceram ainda, importantes biozonas de dinoquistos, permitindo resolver alguns problemas estratigráficos.

Também em 1981, Moron caracterizou unidades do Cenomaniano-? Maastrichtiano da parte ocidental da Bacia Lusitaniana. Reconheceu que *Xenascus ceratioides* (Fig. 4h), *Trichodinium castanea* e algumas espécies da família Areoligeraceae chegavam a ser abundantes em alguns níveis. Identificou, ainda, *Cyclonephelium vannophorum*, *Palaeohystrichophora infusorioides* e ?*Palaeoperidinium* sp.

Baseando-se nos estudos palinológicos de Hasenboehler (1981) e Moron (1981), Berthou et al. (1981) efetuaram uma importante contribuição para a estratigrafia do Cretácico Inferior e Superior da Bacia Ocidental Portuguesa, através do estudo de conteúdo palinológico, incluindo dinoquistos. Estes permitiram esclarecer algumas questões estratigráficas, ajustando e aperfeiçoando algumas datações das formações detríticas, atribuídas em trabalhos anteriores.

Masure (1984) descreveu dinoquistos de uma sondagem (*Site 398, LEG DSDP-47B*) realizada na margem ocidental portuguesa. No Cenomaniano identificou *Achomosphaera sagena*, *Chlamydophorella discreta*, *Caligodinium aceras*, cf. *Canningia reticulata*, *Codoniella psygma*, *Florentinia mantellii*, *F. radiculata*, *Hapsocysta dictyota*, *H. peridictya*, *Leberidocysta chlamydata*, *Litosphaeridium siphoniphorum*, *Odontochitina costata*, *Ovoidinium scabrosum*, *Palaeohystrichophora infusorioides* e *Xenascus ceratioides*. No Turoniano foram encontradas *Dinogymnium cretaceum*, *Isabelidinium acuminatum* e cf. *Spinidinium echinoideum*.

Berthou & Leereveld (1986) descreveram, pela primeira vez, dinoquistos do Hauteriviano-Aptiano (Cretácico Inferior). Este trabalho teve continuidade em Berthou & Leereveld (1990), os quais ajustaram a estratigrafia do Cretácico Inferior da Plataforma Carbonatada Ocidental Portuguesa e da Bacia Algarvia, com base no estudo dos dinoquistos. Confirmaram a existência de um hiato no Barremiano superior. As interpretações estratigráficas dos dinoquistos foram correlacionadas com associações boreais. Identificaram grande diversidade de taxa: *Achomosphaera neptuni/verdieri*, *Amphorula delicata*, *Canningia reticulata*, *Cymosphaeridium validum*, *Dichadogonyaulax culmula*, *Exochosphaeridium phragmites/muelleri*, *Dingodinium albertii*, *Endoscrinium campanula*, *Florentinia* cf. *truncigera*, *F. mantelli*, *Exiguosphaera phragma*, grupo *Kiokansium polypes*, *Muderongia simplex microcoperforata*, *M. tetracantham*, *Odontochintina ancala*, *Oligosphaeridium verrucosum*, grupo *O. complex*, *Ovoidinium diversum*, *Pseudoceratium pelliferum*, *P. securigerum*, *P. cretaceum*, grupo *Subtilisphaera perlucida*, *Spiniferites* spp., *Tehamadinium dodekovae*, *Tanyosphaeridium magneticum* e *Vesperopsis* cf. *mayi*.

Os trabalhos antecedentes (Berthou et al., 1980; Berthou & Leereveld, 1986, 1990; Hasenboehler, 1981) foram importantes para o desenvolvimento dos estudos de Heimhofer et al. (2007). Estes autores descreveram e analisaram dinoquistos, estabelecendo um quadro biostratigráfico mais ajustado de

algumas unidades da Bacia Lusitaniana (corte de Cresmina, Cascais) e Bacia Algarvia (corte de Luz, Lagos), permitindo documentar a palinoflora durante o Barremiano-Albiano e ainda a grande variedade dos primeiros pólenes de angiospérmicas durante o intervalo Barremiano superior-Albiano médio. A ocorrência de *Pseudoceratium pelliferum* indicou Barremiano superior para o Membro de Cobre (Cresmina). Para o Membro da Praia da Lagoa (Cresmina) a idade foi reajustada com base na ocorrência de vários dinoquistos indicadores do Aptiano inferior (anteriormente Aptiano inferior a superior inicial; Berthou & Leereveld, 1990; Rey, 1992). Baseando-se na ocorrência constante de *Dinopterygium cladoides*, dataram como sendo do Albiano inferior ou mais recente à parte superior da Formação de Rodízio (Cresmina). Do mesmo modo, para o Membro de Água Doce (Cresmina) a evidência de *Dinopterygium cladoides* indicou Albiano inferior ou mais recente para a parte inferior deste membro. O corte de Luz foi estabelecido com uma idade ligeiramente mais recente para a maioria das unidades litostratigráficas. Os dinoquistos assinalaram Aptiano inferior para as “Margas com *Choffatella decipiens*” e para a Formação de Porto de Mós, o Albiano inferior pela ocorrência de *Dinopterygium cladoides*.

Heimhofer et al. (2003, 2007) analisaram a distribuição dos dinoquistos para estabelecer a biostratigrafia, em vários cortes geológicos da Bacia Algarvia (Luz e Burgau) e da Bacia Lusitaniana (Cresmina), do Barremiano ao Albiano.

Horikx et al. (2014) procuraram estabelecer análise de alta resolução litológica e sedimentológica, integrando diferentes métodos de datação (isótopos de C e Sr em ostras e rudistas) incluindo biostratigrafia de dinoquistos do Albiano, na parte sul da Bacia Lusitaniana (entre Ericeira e Praia das Maçãs). Estabeleceram, ainda, correlações intrabasinais, principalmente no corte geológico do Guincho (bem datado) e quadros bio- e quimiostratigráficos para o Albiano e Cenomaniano inferior da Formação Galé. As associações de dinoflagelados apresentaram afinidade boreal (conforme assinalada pelos estudos anteriores de Berthou & Leereveld, 1990 e de Heimhofer et al., 2007). Nestes cortes ocorrem *Dinopterygium cladoides*, *Xiphophoridium alatum*, *Chichaouadinium vestitum* e *Palaeohystrichophora* cf. *infusorioides*, que serviram como diagnóstico para a definição da cronologia das diferentes unidades estratigráficas. Ajustaram e confirmaram as datações para depósitos marinhos pouco profundos da Formação Rodízio (Albiano inferior) e da Formação Galé (Cenomaniano inferior) em São Julião. Na Praia das Maçãs estabeleceram idade do Albiano superior a Cenomaniano inferior para o Membro Ponta da Galé e Albiano médio a superior para o Membro Água Doce, no Magoito.

O afloramento do Cretácico Superior do promontório da Nazaré foi estudado por Oliveira (2017) e Fernandes (2019), os quais apresentaram a análise estratigráfica e palinológica da sucessão carbonatada do Cenomaniano médio, da Plataforma Carbonatada Ocidental Portuguesa, com incidência no estudo dos dinoquistos. Oliveira (2017) abordou a parte inferior do Cenomaniano médio e Fernandes (2019) deu continuidade à parte superior do Cenomaniano médio. As associações de dinoquistos são dominadas essencialmente, por *Subtilisphaera* sp. (Fig. 4i). As inferências paleoecológicas dos trabalhos corroboram as reconstituições efetuadas por Callapez (1998, 2008) e Callapez et al. (2014) sugerindo a prevalência de ambiente marginal-lagunar, de plataforma de baixa

profundidade, com algum grau de confinamento por vezes, exposto a influências marinhas abertas (e.g. *Epelidosphaeridia spinosa*, *Florentinia* sp., *F. mantelli* e *Palaeohystrichophora infusorioides*), a ambientes de salinidade baixa a variável, possivelmente salobros, de baixa energia, com uma elevada disponibilidade de nutrientes de origem terrestre.

Sánchez-Pellicer et al. (2018) analisaram a influência da proximidade da linha de costa, tendo em conta a biodiversidade e as associações de dinoquistos, juntamente com as condições paleoambientais e paleoecológicas. Amostraram sucessões do Albiano (Formação Galé) no *onshore* da Bacia Lusitaniana, na região da Ericeira (São Julião-Falcão Magoito), Sintra (Magoito-Aguda), Cascais (Guincho, Ponta do Sal e Baforeira Rana) e no *offshore* a 160 km da costa portuguesa (*DSDP Hole 398D*). Reconheceram que a diversidade taxonómica e a abundância das associações de dinoflagelados são mais pobres e variáveis nos ambientes proximais em comparação com os distais, como se verifica nas associações atuais. Salientaram, ainda que, a instabilidade dos ambientes (maior em ambientes proximais) controla a biodiversidade dos dinoquistos. Assim, foram identificadas sete associações de dinoquistos com semelhanças nas preferências paleoambientais e na tolerância aos diferentes ambientes.

## Jurássico

Dinoquistos do Jurássico da Bacia Lusitaniana foram identificados por Davies (1985), Mohr & Schmidt (1988), Smelror et al. (1991), Sousa (1998), Bucefallo Palliani & Riding (1999, 2003), Barrón & Azerêdo (2003), Oliveira et al. (2007) e Barrón et al. (2013). Na maioria destes trabalhos, foram estabelecidos quadros biostratigráficos e comparações com outras bacias em outras regiões do planeta.

Davies (1985) usou dinoquistos, juntamente com miosporos, de forma a ajustar subdivisões do Lias, entre o Sinemuriano e o Aaleniano (Jurássico Inferior a Médio) em Portugal (Bacia Lusitaniana).

Estudos de Mohr & Schmidt (1988) identificaram baixa diversidade de associações de dinoquistos e acritarcas no limite Oxfordiano-Kimmeridigiano na região de Porto de Mós.

Os dinoquistos do intervalo Batoniano-Oxfordiano do Cabo Mondego (Figueira da Foz) foram estudados por Smelror et al. (1991), que estabeleceram comparações com os sedimentos da mesma idade em Zaragoza (NE de Espanha). Verificaram que no Batoniano do Cabo Mondego, *Gonyaulacysta pectinigera* era comum. Em ambas as regiões, constataram que no Batoniano superior-Caloviano inferior, as associações mais bem representadas, pertencem ao grupo *Dichadogonyaulax sellwoodii* e aos géneros *Sentusidinium* (Fig. 4j), *Melourogonyaulax*, *Adnatosphaeridium* e *Systematophora*.

Observaram, ainda, espécies restritas ao Oxfordiano: *Cribroperidinium granuligerum*, *Epiplosphaera reticulospinosa*, *Rhynchodiniopsis cladophora* e *Sirmiodiniopsis orbis*.

Sousa (1998) estudou o conteúdo palinológico (esporos, pólenes, dinoflagelados e acritarcas) de camadas do Oxfordiano superior-Titoniano da Bacia Lusitaniana. Os dinoflagelados e os acritarcas são o grupo mais representativo do Oxfordiano superior (em Casal da Ramada), sugerindo influências

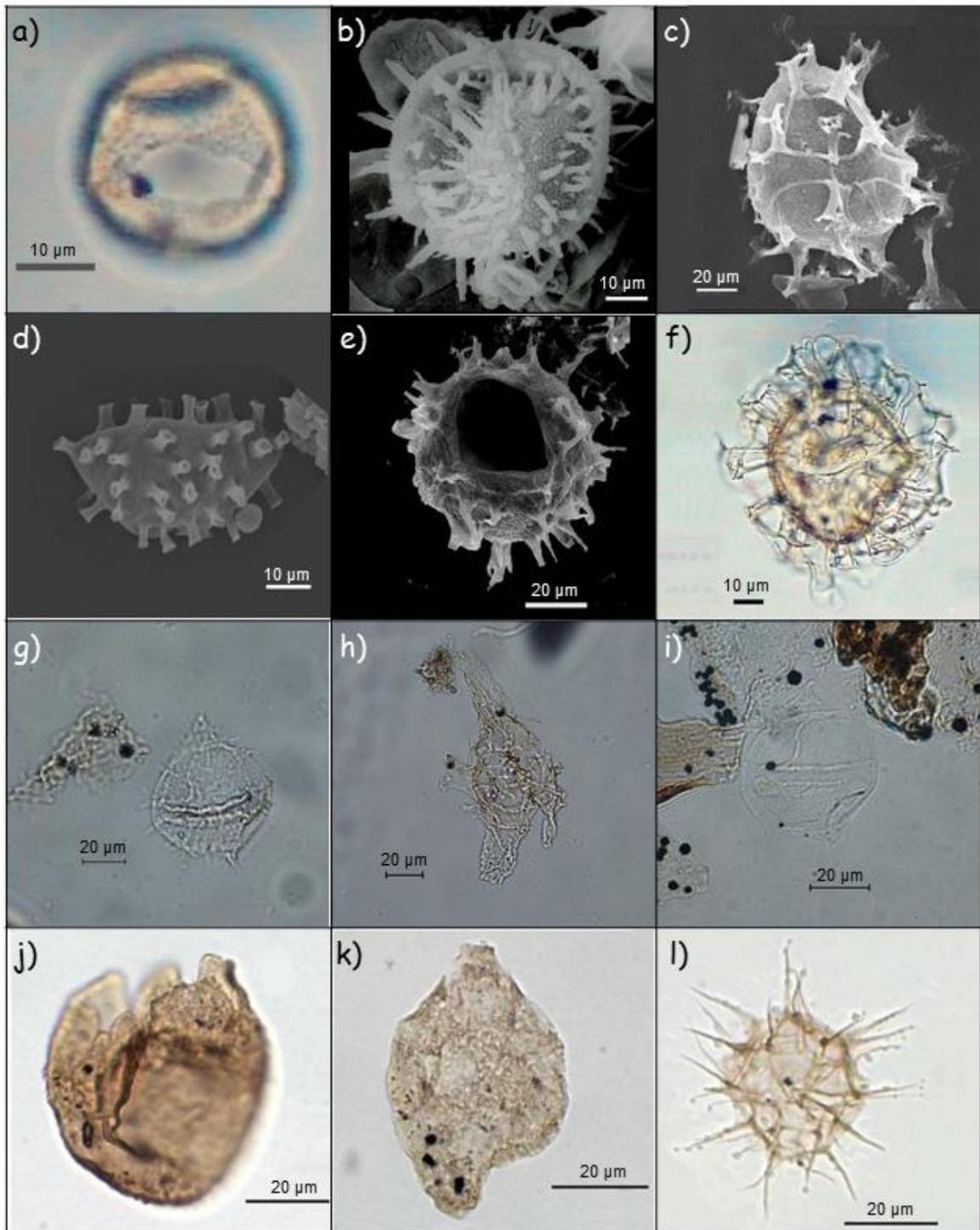


Figura 4 - Formas de dinoquistos fósseis. a. *Bitectatodinium tepikiense*. b. *Lingulodinium machaerophorum*. c. *Spiniferites* sp. d. *Polysphaeridium zoharyi*. e. *Exochosphaeridium insigne*. f. cf. *Adnatosphaeridium* sp. g. *Palaeohystrichophora infusorioides*. h. *Xenascus ceratioides*. i. *Subtilisphaera* sp. j. *Sentusidinium* sp. k. *Nannoceratopsis gracilis*. l. *Luehndea spinosa*. Imagens de a-f retiradas de Castro (2006), de g-i retiradas de Fernandes (2019) e de j-l retiradas de Correia (2018). Imagens obtidas através de microscópio ótico (a, f, g, h, i, j, k, l) e através de microscópio eletrónico de varrimento (b, c, d, e).

marinhas. No Kimmeridgiano, os dinoflagelados são menos representativos enquanto no Titoniano encontram-se ausentes.

Calcários e margas do Pliensbaquiano-Toarciano (Jurássico Inferior) na região de Peniche (Bacia Lusitaniana) foram estudados por Oliveira et al. (2007). O estudo centrou-se principalmente nas associações de nanofósseis e palinórfos (pólenes e esporos). Foram identificados dinoquistos (*Mancodinium semitabulatum* e *Nannoceratopsis gracilis* (Fig. 4k)) na parte inferior do perfil (Pliensbaquiano superior), suportando afinidade tetsiana. O resíduo orgânico indicou forte influxo de material continental que invadiu a plataforma carbonatada, a partir do Toarciano. Barrón et al. (2013) apresentaram um estudo do conteúdo palinológico no mesmo perfil. Observaram a presença de dinoquistos (*Nannoceratopsis* sp., *Hystrichosphaeridium* sp. e peridinioide indeterminado).

Barrón & Azerêdo (2003) analisaram sedimentos do Jurássico (Caloviano-Oxfordiano) em Pedrógão (Bacia Lusitaniana), com presença residual do dinoquisto *Systematophora* sp., mal preservado, em conteúdo palinológico dominado por associações terrestres (esporos e pólenes).

Bucefallo Palliani & Riding (1999, 2003) estudaram vários setores do Pliensbaquiano-Toarciano inferior (Jurássico Inferior) na Europa. Em Portugal, amostraram os afloramentos de Peniche, Rabacal e Brenha. Distinguiram e interpretaram discrepâncias biostratigráficas entre as províncias boreal e tetsiana. Utilizaram dados estratigráficos para identificar eventos migracionais e consequentemente fatores biogeográficos que levaram à distribuição dos dinoquistos no Pliensbaquiano-Toarciano. Reconheceram que a província sub-Mediterrânica (Portugal e sul de França) compreendia uma mistura de formas típicas boreais (e.g. *Luehndea* e *Nannoceratopsis*) e géneros com afinidade tetsiana (e.g. *Mendicodinium*). As diferenças estratigráficas significativas observadas entre estes domínios indicam um provincialismo marcado que afetou os dinoflagelados durante o Jurássico Inferior, representando duas fitoprovíncias distintas. A província boreal é representada por elevada diversidade de *Luehndea spinosa* (Fig. 4l), *Mancodinium semitabulatum* e *Nannoceratopsis* spp. A província tetsiana é caracterizada por baixa diversidade e com domínio, essencialmente, de *Mancodinium semitabulatum* e *Mendicodinium* spp.

Posteriormente, os trabalhos de Correia et al. (2017a, 2017b, 2018, 2019a, 2019b) e Correia (2018), deram importante contributo através da descrição e discussão de associações palinológicas, centrada no estudo dos dinoquistos, em formações geológicas do Jurássico Inferior e Médio da Bacia Lusitaniana. Propuseram ainda, biozonas com base em dinoquistos, relacionaram associações de dinoquistos entre as bacias Lusitaniana e Algarvia (Portugal) e outras bacias do globo. Acrescentaram e melhoraram o conhecimento paleoambiental, paleoecológico e paleogeográfico do Jurássico Inferior e Médio, particularmente da Bacia Lusitaniana e correlacionaram biozonas entre dinoquistos e outros grupos fossilíferos. Analisaram, ainda, de forma genérica, os níveis de maturação de algumas amostras, compreendidas entre o Sinemuriano superior e o Caloviano superior. Para o estudo palinológico amostraram afloramentos entre o Sinemuriano superior e o Batoniano inferior (São Pedro de Moel, Brenha, Peniche, Fonte Coberta, Maria Pares, Vale das Fontes, São Gião e Cabo Mondego).

As unidades do Jurássico Inferior (Correia et al., 2017a, 2017b, 2018, 2019a; Correia, 2018) registaram baixa diversidade de dinoquistos, típicos da província sub-boreal, comprovando que a Bacia Lusitaniana terá sido uma área de ligação entre as províncias boreal e tetsiana. O registo dos dinoquistos permitiu reconhecer alterações, por vezes drásticas, nos organismos marinhos, devido ao Evento Anóxico Oceânico do Toarciano (*T-OAE-Toarcian Oceanic Anoxic Event*) (Correia et al., 2017a, 2017b, 2018, 2019a, 2019b). Em comparação com as bacias da mesma idade do norte da Europa, as mudanças paleoambientais associadas ao *T-OAE* apresentaram maior extensão na Bacia Lusitaniana. Reconheceram grande abundância e diversidade de dinoquistos no início do Bajociano na Bacia Lusitaniana. As espécies *Luehndea spinosa*, *Mancodinium semitabulatum*, *Mendicodinium microscabratum*, *Nannoceratopsis gracilis*, *N. senex* e *Scriniocassis priscus* identificadas em amostras do Pliensbaquiano e Toarciano (Jurássico Inferior), revelaram-se biostratigraficamente importantes, permitindo definir biozonas para estas idades. Destacam a espécie *Luehndea spinosa*, marcadora do intervalo Pliensbaquiano superior-Toarciano inferior. Observaram que a baixa abundância de dinoquistos, quando comparada com outras bacias do N e E da Europa e do Ártico, poderá dever-se ao facto da Bacia Lusitaniana ter ocupado uma posição paleogeográfica isolada durante o Jurássico Médio. Reconheceram ainda, um episódio importante de evolução, com o aparecimento do primeiro Gonyaulacaceae (*Sentusidinium*), no final do Toarciano na Bacia Lusitaniana (Correia et al., 2019a).

Em 1988, Marques & Rocha reconheceram a presença dos primeiros dinoflagelados em formações do Caloviano (Jurássico Médio) na Bacia Algarvia (corte de Telheiro, Algarve oriental). As sucessões do Jurássico do Algarve continuaram a ser estudadas por Oliveira et al. (2009), Fernandes et al. (2010, 2013), Borges et al. (2010a, 2010b, 2010c, 2010d, 2010e, 2010f, 2011a, 2011b, 2011c, 2011d, 2011e, 2012) e Borges (2012), dando ênfase a trabalhos de índole palinológica, com base em quistos de dinoflagelados, desenvolvendo a estratigrafia de sucessões do Jurássico da Bacia Algarvia e do Afloramento Mesozóico da Carrapateira (Aljezur). Definiram a biostratigrafia, os paleoambientes e as paleogeografias e efetuaram comparações com associações do Jurássico anteriormente definidas em outros locais, das províncias boreal e tetsiana, com base em dinoquistos e miosporos. Efetuaram, ainda, análise de palinofácies, geoquímica de isótopos estáveis de Carbono e de Oxigénio, e de Carbono Orgânico Total (TOC) (Borges et al., 2010a, 2011b, 2011c; Fernandes et al., 2010, 2013; Borges, 2012). O estudo palinológico das amostras do Jurássico Inferior a Superior (Pliensbaquiano superior-Kimmeridgiano) apresentam uma diversidade moderada de dinoquistos, taxonómica e quantitativamente comparáveis com as descritas por Smelror et al. (1991), mas com menor diversidade com as restantes da Europa. Em geral, as associações são dominadas por quistos corados: grupo *Ctenidodinium sellwoodii*, *Ctenidodinium* spp., grupo *Ellipsoidictyum/Valensiella*, *Gonyaulacysta jurassica adecta*, *Korystocysta* spp., grupo *Meiourogonyaulax caytonensis*, *Meiourogonyaulax* spp., *Pareodinia ceratophora*, *Sentusidinium* spp., *Surculosphaeridium? vestitum* e *Systematophora* spp. (Borges et al., 2010b, 2010c, 2010d, 2010e, 2010f, 2011a, 2011d, 2011e, 2012; Fernandes et al., 2010; Borges, 2012). As associações de dinoquistos do Caloviano da Bacia Algarvia pertencem à fitoprovíncia de Latitude Média (Borges et al., 2012). Em termos paleogeográficos a Bacia Algarvia, durante o

Jurássico, regista formas típicas da província da Tétis. Verificou-se, essencialmente, uma variação entre ambientes proximais e intermédios, com forte influência continental. Ainda, através da análise de palinofácies, identificou-se uma tendência transgressiva geral, para os intervalos pertencentes ao Triásico e ao Caloviano (Jurássico Médio), passando a apresentar uma tendência regressiva no final do Oxfordiano inferior a médio (Jurássico Superior) (Borges et al., 2010a, 2011b, 2011c; Borges, 2012).

Turner et al. (2017) correlacionaram métodos geoquímicos (ciclo- e quimiostatigráficos) e biostratigráficos (amonites, cocolitoforídeos), incluindo dinoquistos, ajustando as idades da Formação Tojeira (Kimmeridgiano inferior) do corte geológico de Montejunto (ca. 50 km a N de Lisboa). Parte do corte amostrado apresenta-se pobre em dinoflagelados. Na parte inferior do corte, as associações de dinoquistos apresentam baixa diversidade e são típicas de outras biotas portuguesas do Kimmeridgiano (Jurássico Superior) (e.g. Borges et al., 2011). Propõem a primeira ocorrência para o dinoflagelado *Dichadogonyaulax? pannea* na Zona *Sutneria platynota*.

## Neogénico a Jurássico

Fernandes et al. (2013) analisaram níveis de maturação orgânica e história térmica para contextos de futuras explorações, em vários afloramentos (entre Sagres e Tavira) e duas sondagens (Ruivo e Corvina) da Bacia Algarvia, desde o Miocénico ao Jurássico. Os estudos palinológicos nas duas sondagens providenciaram novas informações estratigráficas. O intervalo Miocénico-Oligocénico da sondagem Ruivo demonstrou baixa diversidade de palinomorfos dominada por dinoflagelados. Ainda, na mesma sondagem, no intervalo Caloviano médio a superior (Jurássico Médio), *Ctenidodinium* sp. e *Systematophora* sp. eram abundantes. A ocorrência de *Nannoceratopsis deflandrei deflandrei* numa amostra do Caloviano (espécie restrita ao Pliensbaquiano superior-Bajociano inferior) sugeriu a exposição e erosão das rochas do Jurássico Inferior durante o Caloviano. Na sondagem Corvina (Oxfordiano-Miocénico) os dinoflagelados eram o grupo mais abundante dos palinomorfos. Os dinoflagelados confirmaram ser do Miocénico para quatro amostras deste intervalo. Foram identificados *Endoscrinium luridum*, *Hystrichosphaerina orbifera*, *Systematophora* spp., *Gonyaulacysta jurassica adecta* e *G. jurassica jurassica*, típicas do Oxfordiano. Os quistos corados *Compositosphaeridium polonicum* e *Rigaudella aemula* são marcadores do Caloviano médio-Oxfordiano médio. Ajustaram ainda, a idade de Oxfordiano inferior a médio a um intervalo da sondagem Corvina, que anteriormente foi atribuído ao Jurássico-Cretácico Inferior.

Castro et al. (2014) compararam associações de dinoquistos obtidas em amostras de vários cortes geológicos (Carcavelos, Foz da Fonte, Foz do Rego Norte e Sul, IPQ, Penedo Norte e Sul, Ribeira das Lages e Trafaria) e da sondagem (Belverde) do setor distal da BBT (Bacia do Baixo Tejo, Península de Setúbal) (Sousa & Pais, 2004; Castro, 2006, 2008), e de duas sondagens (Ruivo-1 e Corvina) na Bacia Algarvia (Fernandes et al., 2010, 2013; Borges et al., 2011d; Borges, 2012). Nas sondagens Ruivo-1 e Corvina desenvolve-se uma sucessão sedimentar desde o Jurássico Superior até ao Miocénico. Os cortes da BBT datam, essencialmente, do Miocénico. As associações da BBT são bastante

diversificadas e abundantes, enquanto as associações da Bacia Algarvia são mais pobres. Os dinoquistos conhecidos na BBT permitiram correlacionar as associações recuperadas na Bacia Algarvia, durante o Miocénico. São reconhecidas as seguintes associações em ambas as bacias: *Hystrihokolpoma rigaudiae*, *Cleistosphaeridium* spp., *Hystrihokolpoma* spp. e *Hystrihosphaeropsis obscura* que ocorrem no Burdigaliano-Langhiano da Bacia do Baixo Tejo; *Operculodinium* spp. e *Impaginium* spp. estão representados no Burdigaliano-Serravalliano da Bacia do Baixo Tejo. A distribuição dos dinoquistos em ambas as bacias refletem elevado provincialismo relacionado com os paleoambientes e paleobiogeografia.

## Conclusões

Os estudos de índole palinológica, com base em quistos de dinoflagelados fósseis em Portugal, têm evidenciado a distribuição destes microorganismos em ambientes aquáticos, reconhecendo-se os seus comportamentos em respostas às mudanças nos ecossistemas, permitindo definir contextos paleoambientais, paleoecológicos e paleogeográficos. Para além disso, melhoraram consideravelmente a identificação e inventariação dos *taxa*, acrescentaram e estabeleceram a biostratigrafia dos dinoquistos com outros grupos de fósseis, construíram perfis lito- e quimiostratigráficos com base em isótopos estáveis de Carbono e de Oxigénio e de Carbono Orgânico Total e fizeram-se estudo de palinofácies para as sucessões estratigráficas. Permitiram, ainda, determinar as idades dos depósitos sedimentares, por vezes, indispensáveis na pesquisa de hidrocarbonetos. O material português acrescenta informação singular permitindo o reconhecimento da distribuição dos grupos taxonómicos, identificando-se, por vezes, fenómenos de provincialismo. Os dados permitem, inclusivamente, a correlação entre bacias portuguesas e outras bacias do planeta. Paralelamente, o conhecimento do passado em território nacional tem logrado com trabalhos pioneiros que utilizam ferramentas atuais (base de dados), as quais permitem obter relações com outros grupos fossilíferos e dados físico-químicos, adicionando informação pormenorizada no conhecimento das variações climáticas durante o Quaternário.

Reconhece-se que esta área de estudo se encontra numa fase crescente em Portugal, sendo ainda necessário o acréscimo de trabalhos, de forma a melhorar a estratigrafia, aumentar a inventariação e acurar as correlações entre as diferentes bacias nacionais e internacionais para os dinoflagelados, ampliando o conhecimento da evolução da vida e dos ambientes do passado. Esta constitui, também, uma ferramenta útil para a prospeção e pesquisa de recursos energéticos.

**Dedicatória:** Os autores homenageiam, com este trabalho, a Professora Celeste Gomes, como forma de reconhecimento pela sua enorme dedicação ao Ensino das Geociências e à investigação.

**Agradecimentos:** Este trabalho é apoiado pelo Centro de Investigação GeoBioTec (UID/GEO/04035/2019) e financiado por fundos nacionais através da FCT-Fundação para a Ciência e

Tecnologia, I.P., no âmbito dos projetos UIDB/04683/2020 e UIDP/04683/2020. Os autores agradecem à Sónia Mariano pela ajuda obtida na ilustração da figura 2.

## Referências bibliográficas

- Barrón, E., & Azerêdo, A. C. (2003). Palynology of the Jurassic (Callovian–Oxfordian) succession from Pedrógão (Lusitanian Basin, Portugal). Palaeoecological and palaeobiogeographical aspects. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie Abhandlungen*, 227(2), 259-286.
- Barrón, E., Comas-Rengifo, M. J., & Duarte, L. V. (2013). Palynomorph succession of the Upper Pliensbachian-Lower Toarcian of the Peniche section (Portugal). *Comunicações Geológicas*, 100 (num. esp. I), 55-61.
- Berthou, P.-Y., Foucher, J. C., Lecocq, B., & Moron, J. M. (1980). Aperçu sur les kystes de Dinoflagellés de l'Albien et du Cénomanién du Bassin occidental portugais. *Cretaceous Research*, 2, 125-141.
- Berthou, P.-Y., & Leereveld, H. (1986). L'Apport de l'étude des kystes de dinoflagellés à la stratigraphie des terrains hauteriviens à albiens. Région de Lisbonne (Portugal). *Comunicações dos Serviços Geológicos de Portugal*, 72(1-2), 119-128.
- Berthou, P.-Y., & Leereveld, H. (1990). Stratigraphic implications of palynological studies on Berriasian to Albian deposits from western and southern Portugal. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 66(3-4), 313-344.
- Berthou, P. -Y., & Hasenboehler, B. (1982). Les kystes de Dinoflagellés de l'Albien et du Cénomanién de la région de Lisbonne (Portugal). *Cuadernos de Geologia Iberica*, 8, 761-779.
- Berthou, P.-Y., Hasenboehler, B., & Moron, J. M. (1981). Apports de la palynologie à la stratigraphie du Crétacé moyen et supérieur du Bassin occidental portugais. *Memórias e Notícias*, 91-92, 183-221.
- Borges, M. (2012). *Palinostratigrafia e isótopos estáveis do Jurássico da Bacia Algarvia e da Carrapateira*. 2 vols. Tese de Doutoramento, Universidade do Algarve, Faro.
- Borges, M., Fernandes, P., Rodrigues, B., & Goodhue, R. (2010a). Carbon isotope record ( $\delta^{13}\text{C}_{\text{carbonate}}$ ) of the Middle to Late Jurassic (Callovian - Oxfordian) from the Algarve Basin, Portugal. Abstracts of Goldschmidt Conference. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 74(12), A105.
- Borges, M., Fernandes, P., Pereira, Z., & Riding, J. B. (2010b). Palinoestratigrafia do Jurássico da região de Sagres (Bacia Algarvia) e da Carrapateira: resultados preliminares. VIII Congresso Nacional de Geologia, *e-Terra*, 17(9), 1-4.
- Borges, M., Fernandes, P., Rodrigues, B., & Matos, V. (2010c). Maturação orgânica e palinoestratigrafia da Sondagem RUIVO-1, região imersa da Bacia Algarvia. Implicações para a prospecção de hidrocarbonetos. *e-Terra*, 19(7), 1-4.
- Borges, M., Fernandes, P., Pereira, Z., & Riding, J. B. (2010d). Middle-Upper Jurassic palynology of the Sagres region and the Carrapateira Outlier, southern Portugal. In R. P. Reis & N. Pimentel (Eds.). *Abstracts of the II Central and North Atlantic Conjugate Margins Conference*, (pp. 32-36). Lisbon: AAPG.

- Borges, M., Fernandes, P., Pereira, Z., & Riding, J. B. (2010e). The Middle Jurassic palynology of the Sagres region, southern Portugal. In I. Ruiz-Omeñaca, L. Piñuela, & J.C. García-Ramos (Eds.). *Comunicaciones del V Congreso del Jurásico de España* (pp. 46-47). Rasa de Santelmo, Colunga: Museo del Jurásico de Asturias (MUJA).
- Borges, M., Fernandes, P., Pereira, Z., & Riding, J. B. (2010f). Jurassic palynostratigraphy of the Sagres region (Algarve Basin) and the Carrapateira outlier: preliminary results. In *Abstracts of the Third International Palaeontological Congress* (p. 94). London: University of St. Andrews.
- Borges, M., Riding, J. B., Fernandes, P., & Pereira, Z. (2011a). The Jurassic (Pliensbachian to Kimmeridgian) palynology of the Algarve Basin and the Carrapateira outlier, southern Portugal. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 163(3-4), 190-204.
- Borges, M., Goodhue, R., Fernandes, P., Pereira, Z., Matos, V., & Rodrigues, B. (2011b).  $\delta^{13}\text{C}_{\text{carbonate}}$  chemostratigraphy of the Carrapateira Outlier (Lower Kimmeridgian), Southern Portugal. *Abstracts of Goldschmidt Conference – Mineralogical Magazine*, 75(3), 554.
- Borges, M., Goodhue, R., Fernandes, P., Pereira, Z., Matos, V., & Rodrigues, B. (2011c). Variação isotópicas  $\delta^{13}\text{C}_{\text{carbonatos}}$  na sucessão da baía de Três Angra - Afloramento Mesozóico da Carrapateira (Kimmeridgiano inferior). *Abstracts of the VIII Congresso Ibérico de Geoquímica / XVII Semana de Geoquímica* (pp. 457-461). Castelo Branco: Instituto Politécnico de Castelo Branco.
- Borges, M., Riding, J. B., Fernandes, P., Pereira, Z., & Matos, V. (2011d). New palynological data from the Ruivo-1 and Corvina wells, offshore Algarve Basin, Portugal – implications for future hydrocarbon exploration. In *Abstracts of the 44<sup>th</sup> Annual Meeting American Association of Stratigraphic Palynologists Foundation*. Southampton: AASP.
- Borges, M., Riding, J. B., Fernandes, P., & Pereira, Z. (2011e). Jurassic palynostratigraphy of the Algarve Basin and the Carrapateira Outlier, Southern Portugal. *Abstracts of the 44<sup>th</sup> annual meeting American Association of Stratigraphic Palynologists Foundation*. Southampton: AASP.
- Borges, M., Riding, J. B., Fernandes, P., Matos, V., & Pereira, Z. (2012). Callovian (Middle Jurassic) dinoflagellate cysts from the Algarve Basin, southern Portugal. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 170(1), 40-56.
- Bucefallo Palliani, R. B., & Riding, J. B. (1999). Early Jurassic (Pliensbachian-Toarcian) dinoflagellate migrations and cyst paleoecology in the Boreal and Tethyan realms. *Micropaleontology*, 45(2), 201-214.
- Bucefallo Palliani, R. B., & Riding, J. B. (2003). Biostratigraphy, provincialism and evolution of European Early Jurassic (Pliensbachian to early Toarcian) dinoflagellate cysts. *Palynology*, 28(1), 179-214.
- Callapez, P. M. (1998). *Estratigrafia e Paleobiologia do Cenomaniano-Turoniano. O significado do eixo da Nazaré-Leiria-Pombal*. Tese de doutoramento, Universidade de Coimbra, Coimbra.
- Callapez, P. M. (2008). Palaeogeographic evolution and marine fauna of the Mid-Cretaceous Western Portuguese carbonate platform. *Thalassas*, 24(1), 29-52.

- Callapez, P. M., Barroso-Barcenilla, F., Cambra-Moo, O., Ortega, F., Pérez-García, A., Segura, M., & Torices, A. (2014). Fossil assemblages and palaeoenvironments in the Cenomanian vertebrate site of Nazaré (West Central Portugal). *N. Jahrbuch für Geologie und Paläontologie*, 273(2), 179-195.
- Castro, L. (2006). *Dinoflagelados e outros palinórfos do Miocénico do setor distal da Bacia do Baixo-Tejo*. Tese de Doutoramento, Universidade NOVA de Lisboa, Monte de Caparica.
- Castro, L. (2008). Quistos de dinoflagelados no Miocénico da parte distal da Bacia do Baixo-Tejo. In P. M. Callapez, R. B. Rocha, J. F. Marques, L. S. Cunha, & P. M. Dinis, (Eds.), *A Terra: conflitos e ordem: livro de homenagem ao Professor António Ferreira Soares* (pp. 159-174). Coimbra: Museu Mineralógico e Geológico da Universidade de Coimbra.
- Castro, L. (2010). Palinologia do Tortoniano do sector distal da Bacia do Baixo Tejo (Península de Setúbal, Portugal). *e-Terra*, 17(6), 4.
- Castro, L., Borges, M., Pereira, Z., Fernandes, P., & Pais, J. (2014). Miocene dinoflagellate cyst assemblages: preliminary correlation between the Lower Tagus and Algarve Basins (Portugal) [Abstract]. In *Abstract book of STRATI 2013: First International Congress on Stratigraphy: on the cutting edge of Stratigraphy* (pp.1061-1065). Lisbon: Department of Earth Sciences and Research Centre in Geological Science and Engineering, Faculty of Science and Technology, New University of Lisbon.
- Castro, L., & Pais, J. (2006). Palinologia do Miocénico Inferior da Bacia do Baixo Tejo. In J. Mirão, & A. Balbino (Coords.) *Livro de resumos VII Congresso Nacional de Geologia*, vol. 2, (pp. 705-708). Évora: Universidade de Évora e Sociedade Geológica de Portugal.
- Castro, L., Vieira, M., & Pais, J. (2007). Miocene and Pliocene palynology of the Belverde borehole, Lower Tagus Basin, Portugal. In *40<sup>th</sup> American Association of Stratigraphic Palynologists Annual Meeting*, Abstract volume (p. 21). Panamá: AASP.
- Correia, V. F. (2018). *Jurassic dinoflagellate cyst biostratigraphy of the Lusitanian Basin, West-central Portugal, and its relevance to the opening of the North Atlantic and petroleum geology*. Ph.D. Thesis, University of Algarve, Faro.
- Correia, V. F., Riding, J. B., Duarte, L. V., Fernandes, P., & Pereira, Z. (2017a). The palynological response to the Toarcian Oceanic Anoxic Event (Early Jurassic) at Peniche, Lusitanian Basin, western Portugal. *Marine Micropaleontology*, 137, 46-63.
- Correia, V. F., Riding, J. B., Duarte, L. V., Fernandes, P., & Pereira, Z. (2018). The Early Jurassic palynostratigraphy of the Lusitanian Basin, western Portugal. *Geobios*, 51(6), 537-557.
- Correia, V. F., Riding, J. B., Duarte, L. V., Fernandes, P., & Pereira, Z. (2019a). The impact of the Toarcian Oceanic Anoxic Event (T-OAE) on the radiation of Early Jurassic dinoflagellate cysts in the Lusitanian Basin, Portugal. *PeerJ Preprints*, 7, e27953v1.
- Correia, V. F., Riding, J. B., Fernandes, P., Duarte, L. V., & Pereira, Z. (2017b). The palynology of the lower and middle Toarcian (Lower Jurassic) in the northern Lusitanian Basin, western Portugal. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 237, 75-95.

- Correia, V. F., Riding, J. B., Henriques, M. H., Fernandes, P., Pereira, Z., & Wiggan, N. J. (2019b). The Middle Jurassic palynostratigraphy of the northern Lusitanian Basin, Portugal. *Newsletters on Stratigraphy*, 52(1), 73-96.
- Davies, E. H. (1985). The miospore and dinoflagellate cyst Oppel-Zonation of the Lias of Portugal. *Palynology*, 9(1), 105-132.
- Datema, M., Sangiorgi, F., de Vernal, A., Reichart, G.-J., Lourens, L. J., & Sluijs, A. (2017). Comparison of qualitative and quantitative dinoflagellate cyst approaches in reconstructing glacial-interglacial climate variability at West Iberian Margin IODP 'Shackleton' Site U1385. *Marine Micropaleontology*, 136, 14-29.
- Datema, M., Sangiorgi, F., de Vernal, A., Reichart, G.-J., Lourens, L. J., & Sluijs, A. (2019). Millennial-scale climate variability and dinoflagellate cyst-based seasonality changes over the last ~150 kyrs at 'Shackleton Site' U1385. *Paleoceanography and Paleoclimatology*, 34(7), 1139-1156.
- de Vernal, A., Eynaud, F., Henry, M., Hillaire-Marcel, C., Londeix, L., Mangin, S., Matthiessen, J., ... Turon, J.-L. (2005). Reconstruction of sea-surface conditions at middle to high latitudes of the Northern Hemisphere during the Last Glacial Maximum (LGM) based on dinoflagellate cyst assemblages. *Quaternary Science Reviews*, 24(7-9), 897-924.
- de Vernal, A., Hillaire-Marcel, C., Rochon, A., Fréchette, B., Henry, M., Solignac, S., & Bonnet, S. (2013a). Dinocyst-based reconstructions of sea ice cover concentration during the Holocene in the Arctic Ocean, the northern North Atlantic Ocean and its adjacent seas. *Quaternary Science Reviews*, 79, 111-121.
- de Vernal, A., Rochon, A., Fréchette, B., Henry, M., Radi, T., & Solignac, S. (2013b). Reconstructing past sea ice cover of the Northern Hemisphere from dinocyst assemblages: status of the approach. *Quaternary Science Reviews*, 79, 122-134.
- de Vernal, A., Rosell-Melé, A., Kucera, M., Hillaire-Marcel, C., Eynaud, F., Weinelt, M., ... Kageyama, M. (2006). Comparing proxies for the reconstruction of LGM sea-surface conditions in the northern North Atlantic. *Quaternary Science Reviews*, 25(21-22), 2820-2834.
- Evitt, W. R. (1985). Sporopollenin dinoflagellate cysts: their morphology and interpretation. *American Association of Stratigraphic Palynologists Monograph Series*, 1, 1-333.
- Eynaud, F., Londeix, L., Penaud, A., Sánchez-Goñi, M.F., Oliveira, D., Desprat, S., & Turon, J.-L. (2016). Dinoflagellate cyst population evolution throughout past interglacials: Key features along the Iberian margin and insights from the new IODP Site U1385 (Exp. 339). *Global and Planetary Change*, 136, 52-64.
- Eynaud, F., Turon, J.-L., Sánchez-Goñi, M. F., & Gendreau, S. (2000). Dinoflagellate cyst evidence of 'Heinrich-like events' off Portugal during the Marine Isotopic Stage 5. *Marine Micropaleontology*, 40(1-2), 9-21.
- Fensome, R. A., Taylor, F. J., Norris, G., Sarjeant, W. A., Wharton, D. J., & Williams, G. I. (1993). A classification of living and fossil dinoflagellates. *Micropaleontology, spec. publ.*, 7, 1-351.

- Fernandes, L. B. (2019). *Taxonomia, Biostratigrafia, Paleoecologia e Paleobiogeografia de palinórfos do Cenomaniano médio da Nazaré*. Tese de Mestrado, Universidade do Minho, Braga.
- Fernandes, P., Borges, M., Rodrigues, B., & Matos, V. (2010). A re-assessment of the organic maturation and palynostratigraphy of the wells Ruivo-1 and Corvina, offshore Algarve Basin, Portugal. In R. P. Reis, & N. Pimentel (Eds.). *Abstracts of the II Central and North Atlantic Conjugate Margins Conference* (pp. 111-115). Lisbon: AAPG.
- Fernandes, P., Rodrigues, B., Borges, M., Matos, V., & Clayton, G. (2013). Organic maturation of the Algarve Basin (southern Portugal) and its bearing on thermal history and hydrocarbon exploration. *Marine and Petroleum Geology*, 46, 210-233.
- Gonçalves, P. A., Filho, J. G., da Silva, T. F., Mendonça, J. O., & Flores, D. (2014). The Mesozoic-Cenozoic organic facies in the Lower Tagus subbasin (Lusitanian Basin, Portugal): Palynofacies and organic geochemistry approaches. *Marine and Petroleum Geology*, 52, 42-56.
- Hasenboehler, B. (1981). *Étude paléobotanique et palynologique de l'Albien et du Cénomanien du "Bassin occidental portugais" au sud de l'accident de Nazaré (Province d'Estrémadure, Portugal)*. Thèse de 3<sup>ème</sup> cycle, Université Pierre et Marie Curie, Paris.
- Head, M. (1996). Modern dinoflagellate cysts and their biological affinities. In J. Jansonius, & D. C. McGregor (Eds.), *Palynology: principles and applications* (pp. 1197-1248). Dallas: American Association of Stratigraphic Palynologists.
- Heimhofer, U., Hochuli, P. A., Burla, S., Andersen, N., & Weissert, H. (2003). Terrestrial carbon isotope record from coastal deposits (Algarve, Portugal): a tool for chemostratigraphic correlation on the intrabasinal and global scale. *Terra Nova*, 15(1), 8-13.
- Heimhofer, U., Hochuli P. A., Burla, S., & Weissert, H. (2007). New records of Early Cretaceous angiosperm pollen from Portuguese coastal deposits: Implications for the timing of the early angiosperm radiation. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 144(1-2), 39-76.
- Horikx, M., Heimhofer, U., Dinis, J., & Huck, S. (2014). Integrated stratigraphy of shallow marine Albian strata in the southern Lusitanian Basin of Portugal. *Newsletters on Stratigraphy*, 47(1), 85-106.
- Legoinha, P., Sousa, L., & Pais, J. (1998). Miocénico Inferior de Carcavelos (foraminíferos, palinórfos e datações isotópicas). *Comunicações dos Serviços Geológicos de Portugal*, 84(1), A134-A137.
- Legoinha, P., Sousa, L., Pais, J., Ferreira, J., & Amado, A. R. (2002). Miocene lithological, foraminiferal and palynological data from the Belverde borehole (Portugal). In *Libro de resúmenes de Interim-Coloquium RCANS* (pp. 196-197). Salamanca: RCANS.
- Legoinha, P., Sousa, L., Pais, J., Ferreira, J., Amado, A. R., & Ribeiro, I. (2004). Miocene lithological, foraminiferal and palynological data from the Belverde borehole (Portugal). *Revista Española de Paleontología*, 19(2), 243-250.
- Marques, B., & Rocha, R.B. (1988). O Caloviano do flanco norte do Guilhim (Algarve 599 oriental): biostratigrafia e paleobiogeografia. *Ciências da Terra (UNL)*, 9, 19-26.

- Masure, E. (1984). L'indice de diversité et les dominances des "communautés" de kystes de dinoflagellés: marqueurs bathymétriques: forages 398D, croisière 47B. *Bulletin de la Société Géologique de France*, 26(1), 93-111.
- Mohr, B. A., & Schmidt, D. (1988). The Oxfordian/Kimmeridgian boundary in the region of the Porto de Mós (Central Portugal): stratigraphy, facies, and palynology. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie Abhandlungen*, 176(2), 245-267.
- Moron, J. M. (1981). *Études paléobotanique et palynologique du Crétacé Supérieur du Bassin occidental portugais au nord de l'accident de Nazaré (Portugal)*. Thèse de 3<sup>ème</sup> Cycle, Université Pierre et Marie Curie, Paris.
- Oliveira, L. C., Dino, R., Duarte, L. V., & Perilli, N. (2007). Calcareous nannofossils and palynomorphs from Pliensbachian-Toarcian boundary in the Lusitanian Basin, Portugal. *Revista Brasileira de Paleontologia*, 10(1), 5-16.
- Oliveira, P. (2017). *Contribution to the knowledge of dinoflagellate cysts from the Upper Cretaceous of Portugal: study of the lagoonal associations from the Cenomanian of Nazaré*. MSc Dissertation, University of Coimbra, Coimbra.
- Oliveira, T., Pereira, Z., Fernandes, P., & Borges, M. (2009). The Mareta Beach, Middle Jurassic. In *Palynostratigraphy contributions to understand the southwest Portugal and Algarve basin geology, Portugal*, (pp. 47-49). Post-meeting field-trip, 23<sup>rd</sup>-24<sup>th</sup> September 2009. Second joint meeting of the spore/pollen and acritarch subcommissions. Faro: CIMP Faro '09.
- Pais, J. (1978). Notes sur la géologie et la paléontologie du Miocène de Lisbonne. XXI - Primeira caracterização de dinoflagelados dos níveis mais baixos da série miocénica de Lisboa. *Ciências da Terra (UNL)*, 4, 31-46.
- Penaud, A., Eynaud, F., Sánchez-Goñi, M., Malaizé, B., Turon, J.-L., & Rossignol, L. (2011). Contrasting sea-surface responses between the western Mediterranean Sea and eastern subtropical latitudes of the North Atlantic during abrupt climatic events of MIS 3. *Marine Micropaleontology*, 80, 1-17.
- Rey, J. (1992). Les unités lithostratigraphiques du Crétacé Inférieur de la région de Lisbonne. *Comunicações dos Serviços Geológicos de Portugal*, 78(2), 103-124.
- Sánchez-Pellicer, R., Masure, E., & Villier, L. (2018). Distribution of Albian dinoflagellate cyst associations along a proximal-distal transect across the Iberian margin. *Cretaceous Research*, 92, 240-256.
- Smelror, M., Århus, N., Meléndez, G. L., & Lardies, M. D. (1991). A reconnaissance study of Bathonian to Oxfordian (Jurassic) dinoflagellates and acritarchs from the Zaragoza region (NE Spain) and Figueira da Foz (Portugal). *Revista Española de Micropaleontología*, 23, 47-82.
- Sousa, L. (1998). Upper Jurassic (Upper Oxfordian-Tithonian) palynostratigraphy from the Lusitanian Basin, Portugal. *Memórias da Academia das Ciências de Lisboa: Classe de Ciências*, 37, 49-77.
- Sousa, L., Legoinha, P., & Pais, J. (1999). Palynomorphs from the Ribeira da Lage section (Lower Tortonian, Lower Tagus Basin, Portugal). In *Abstract book of the Lisbon EPA Workshop* (pp.118-121). Lisbon: European Association of Palaeontologists.

- Sousa, L., & Pais, J. (2002). First data on palynology of the Berverde borehole (Lower Tagus Basin, Setubal Peninsula, Portugal). In *Libro de Resúmenes del XIV Simposio de Palinología da la Asociación de Palinólogos de Lengua Española* (pp. 144-146). Salamanca: Asociación de Palinólogos de Lengua Española.
- Sousa, L., & Pais, J. (2003). Palinomorfos do Miocénico da sondagem de Berverde (Bacia do Baixo Tejo, Portugal) - resultados preliminares. *Ciências da Terra (UNL)*, num. esp. 5, CDRom A158-CDRom A161.
- Sousa, L., & Pais, J. (2004). Palynostratigraphic analysis of the Berverde borehole (Miocene) Lower Tagus basin, Portugal. *Polen (IPC)*, 14, 415-416.
- Sousa, L., Rivas-Carballo, M. R., & Pais, J. (1999). Dinoflagelados. Nomenclatura portuguesa. *Ciências da Terra (UNL)*, 13, 35-57.
- Turner, H. E., Gradstein, F. M., Gale, A. S., & Watkins, D. K. (2017). The age of the Tojeira Formation (Late Jurassic, Early Kimmeridgian), of Montejunto, west-central Portugal. *Swiss Journal of Palaeontology*, 136, 287-299.
- Turon, J.-L., Lézine, A.-M., & Denèfle, M. (2003). Land-sea correlations for the last glaciation inferred from a pollen and dinocyst record from the Portuguese margin. *Quaternary Research*, 59(1), 88-96.
- Zippi, P. A. (1992). Dinoflagellate cyst stratigraphy and climate fluctuations in the eastern North Atlantic during the last 150,000 years. In M. J. Head, & J. H. Wrenn (Eds.), *Neogene and Quaternary dinoflagellate cyst and acritarchs* (pp. 55-68). Dallas: American Association of Stratigraphic Palynologists Foundation.