

# Caracterização de pegadas de terópodes no Oxfordiano superior do Cabo Mondego, Bacia Lusitânica

## Characterization of theropod tracks in the upper Oxfordian of Cabo Mondego, Lusitanian Basin

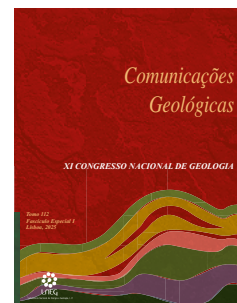
I. S. Carvalho<sup>\*1</sup>, P. P. Cunha<sup>2</sup>, S. Figueiredo<sup>3</sup>

DOI: <https://doi.org/10.34637/4g57-as69>

Recebido em 02/11/2023 / Aceite em 02/04/2024

Publicado online em abril de 2025

© 2025 LNEG – Laboratório Nacional de Energia e Geologia IP



Artigo original  
Original article

**Resumo:** São analisadas dez pegadas de dinossauros, ocorrendo em dois estratos do topo das “Camadas com *Pholadomya protei*” (Oxfordiano superior) do Cabo Mondego (Figueira da Foz), sector norte da Bacia Lusitânica. Trata-se de pegadas que podem ser observadas na superfície das camadas ou em seção transversal, por vezes representando estruturas que deformam muito o substrato. O material icnológico encontra-se distribuído em duas camadas sucessivas, cada uma constituída por uma base de marga arenosa e topo de arenito de grão muito fino a médio. Os depósitos destas camadas correspondem a um ambiente litoral de planície de maré, num delta.

**Palavras-chave:** Pegadas de dinossauros, Camadas com *Pholadomya protei*, Bacia Lusitânica, Jurássico, Portugal.

**Abstract:** Ten dinosaur footprints are analysed, occurring in two layers of the top of the *Pholadomya protei* layers (Upper Oxfordian) of Cabo Mondego (Figueira da Foz), northern sector of the Lusitanian Basin. These are tracks that can be observed on the surface of the layers or in cross-section, sometimes representing structures that greatly deform the substrate. The ichnological material is distributed in two successive layers, each consisting of a sandy marl base and a very fine to medium grain sandstone top. The deposits of these layers correspond to a tidal plain coastal environment in a delta.

**Keywords:** dinosaur footprints, *Pholadomya protei* Beds, Lusitanian Basin, Jurassic, Portugal.

(Avanzini *et al.*, 1997, 2006; Belvedere *et al.*, 2019; Cariou *et al.*, 2014; Castanera *et al.*, 2017; Conti *et al.*, 2005; Diedrich, 2011; Lockley e Meyer, 2000; Marty *et al.*, 2018; Petti *et al.*, 2011; Razzolini *et al.*, 2016, 2017).

O Jurássico Superior do Cabo Mondego possui pegadas de dinossauros preservadas como impressões superficiais, estruturas de deformação observadas em seção transversal e feições de deformação em subsuperfície (liquefação e estruturas convolutas). Foram anteriormente reconhecidos quatro icnosítios denominados como Pedra da Nau, Laje do Costado, Calcários Hidráulicos e Arenitos da Boa Viagem (Carvalho *et al.*, 2022).

As mais antigas são as encontradas em depósitos do Oxfordiano médio e fazem parte do “Complexo Carbonoso” (Rocha *et al.*, 1981) (icnosítios da Pedra da Nau e Laje do Costado). Trata-se de, pelo menos, 67 pegadas tetradáctilas preservadas de forma isolada ou formando pistas curtas, atribuídas a megalossaurídeos (Gomes, 1915 - 1916; Nopcsa, 1923; Lapparent *et al.*, 1951; Lessertisseur, 1955; Lapparent e Zybszewski, 1957; Lockley *et al.*, 1996, 1998; Antunes e Mateus, 2003; Santos, 2008; Figueiredo, 2014; Callapez *et al.*, 2015). Nopcsa (1923) designou a icnoespécie *Eutynichnium lusitanicum* a qual possui muitas semelhanças com *Megalosauripus transjuranicus*, o que conduziu a atribuição destes taxa a uma mesma icnofamília (Belvedere *et al.*, 2019). Há também algumas superfícies em que as pegadas estão associadas a estruturas de deformação arredondadas, que possuem bordos de extrusão; são interpretadas como pegadas de saurópodes. No icnosítio Calcários Hidráulicos (Oxfordiano médio) apenas uma pegada foi identificada até o momento e no icnosítio Arenitos da Boa Viagem (Kimmeridgiano inferior, ca. 157 - 156 Ma) foram caracterizadas 19 pegadas de dinossauros (Carvalho *et al.*, 2022), as quais possuem dimensões menores do que as dos megalossaurídeos e são interpretadas como produzidas por dinossauros de menor porte, e que poderiam ter relação com outros grupos, tais como os alossauros.

## 2. Contexto geológico

As pegadas fósseis descritas ocorrem em duas camadas sucessivas, estratigraficamente situadas próximo do topo das “Camadas com *Pholadomya protei*” (Oxfordiano superior) do Cabo Mondego (Figura 1). Esta formação possui aproximadamente 100 m de espessura e é composta principalmente por calcários biomicríticos com bivalves (*Pholadomya protei*, *Ostrea pulligera*, *Mytilus beirensis*, *Pinna* sp. e *Perna* sp.). As pegadas das “Camadas com *Pholadomya protei*”

<sup>1</sup> Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências. Av. Athos da Silveira Ramos, 274 21910-200 Cidade Universitária - Ilha do Fundão. Rio de Janeiro - RJ - Brasil; Centro de Geociências da Univ. Coimbra, Portugal

<sup>2</sup> Universidade de Coimbra; MARE – Centro de Ciências do Mar e do Ambiente / ARNET – Rede de Investigação Aquática; Departamento de Ciências da Terra

<sup>3</sup> Instituto Politécnico de Tomar; Centro Português de Geo-História e Pré-História; Centro de Geociências da Universidade de Coimbra, Portugal

\* Autor correspondente / Corresponding author: [ismar@geologia.ufrj.br](mailto:ismar@geologia.ufrj.br)

## 1. Introdução

Na Bacia Lusitânica (Portugal) têm-se encontrado pegadas de diversos grupos de dinossauros nas sucessões estratigráficas do Jurássico e do Cretácico (e.g. Gomes, 1915 - 1916; Lapparent *et al.*, 1951; Lapparent et Zybszewski, 1957; Santos, 2008; Figueiredo *et al.*, 2021, 2022a,b). As ocorrências no Jurássico relacionam-se com uma distribuição paleogeográfica no contexto das áreas emersas e litorais do Mar de Tétis

inserir-se numa espessa sucessão sedimentar do Jurássico Superior, depositada no intervalo temporal Oxfordiano médio a Berriasiano inferior (?) (Pena dos Reis *et al.*, 1996, 2000). É interpretada como depósitos de planícies de maré e marinhos, de águas rasas, no contexto dos mares epicontinentais do final do Oxfordiano, no domínio tetisiano (Manuppella *et al.*, 1976; Bernardes, 1992; Pena dos Reis *et al.*, 2000). Esta ocorrência é apenas uma das várias localidades nas margens do Oceano Tétis, onde foram identificadas pegadas de dinossauros, em sucessões carbonatadas ou mistas, relacionadas com a deposição em planícies de maré (*e.g.*, Henriques *et al.*, 1998; Conti *et al.*, 2005; Boutakiout *et al.*, 2009; Belvedere *et al.*, 2010; Mateus e Milàn, 2010; Diedrich, 2011; Piñuela Suárez, 2015; Razzolini *et al.*, 2016; Mazin *et al.*, 2017; Razzolini *et al.*, 2017; Marty *et al.*, 2018; Castanera *et al.*, 2017; Rauhut *et al.*, 2018; Belvedere *et al.*, 2019; Carvalho *et al.*, 2022).

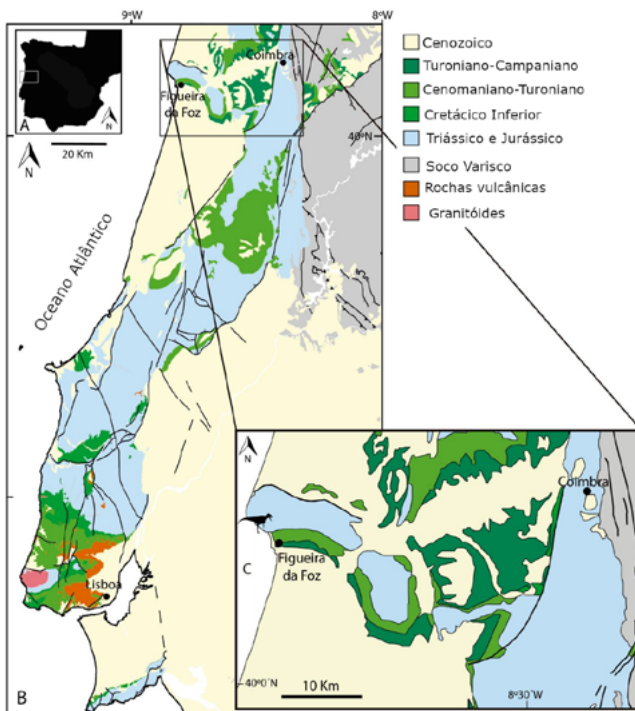


Figura 1. Localização e enquadramento geológico do Cabo Mondego (modificado de Manuppella *et al.*, 1976).

Figure 1. Location and geological setting of Cabo Mondego (modified from Manuppella *et al.*, 1976).

### 3. Resultados

As pegadas das “Camadas com *Pholadomya protei*” estão distribuídas por duas camadas sucessivas (A - inferior e B - superior), cada uma constituída por uma base de margas arenosa e topo de arenito de grão muito fino a médio (Figura 2). Na camada A foram identificadas duas pegadas e na camada B oito, que são observadas em planta ou em seção transversal. A seguir são descritos os principais aspectos morfológicos e preservacionais. A codificação CMPP indica a localidade de ocorrência – Cabo Mondego (CM) e unidade litoestratigráfica - “Camadas com *Pholadomya protei*” (PP). O sítio, com as duas camadas que têm pegadas, tem as seguintes coordenadas: 40°10'44" Norte; 8°54'23" Oeste.

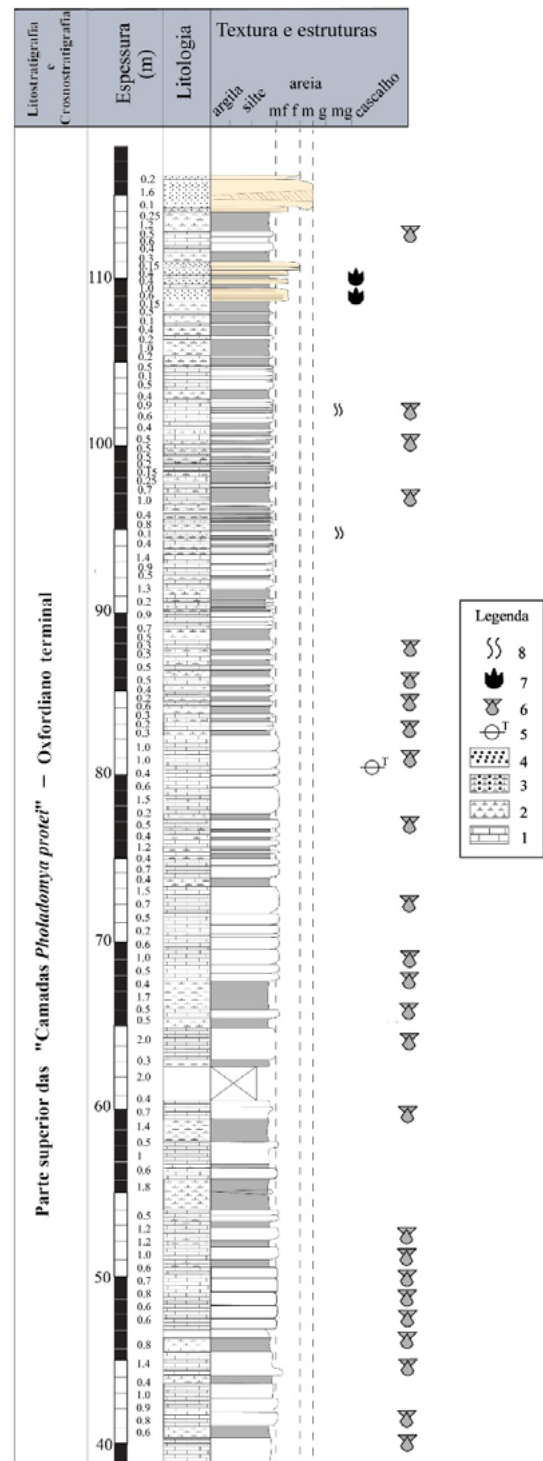


Figura 2. Coluna estratigráfica compreendendo a parte superior da unidade litoestratigráfica «*Pholadomya protei*», do Cabo Mondego. Assinalam-se as duas camadas com pegadas de dinossauros, estudadas neste trabalho. 1 - calcários; 2 - margas; 3 - margas arenosas; 4 - arenitos; 5 - icnofósseis - Thalassinoides; 6 - lamelibrânquios; 7 - pegada de dinosauro; 8 - bioturbação.

Figure 2. Stratigraphic column comprising the upper part of the “*Pholadomya protei*” lithostratigraphic unit, from Mondego Cape. The two beds with dinosaur tracks, studied in this work, are marked. 1 - limestones; 2 - marls; 3 - sandy marls; 4 - sandstones; 5 - trace fossils - Thalassinoides; 6 - lamellibranchs; 7 - dinosaur footprint; 8 - bioturbation.

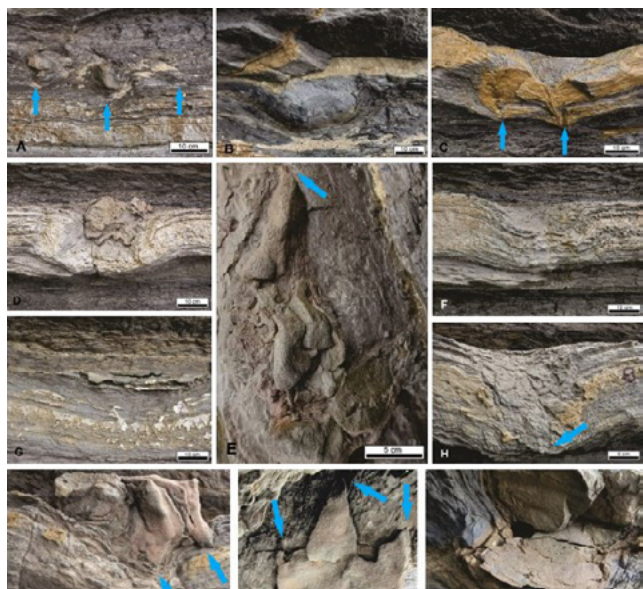


Figura 3. Pegadas de Terópodes das camadas superiores da parte superior das “Camadas com *Pholadomya protei*”. As setas de azul indicam os dígitos das pegadas.

Figure 3. Theropod Footprints from uppermost beds from upper part of the “Camadas com *Pholadomya protei*”. The blue arrows indicate the digits of the footprints.

#### Camada A

CMPP 1 (Figura 3A) – Observada em planta, destacam-se dois dígitos proeminentes no substrato margoso, deformando parcialmente a porção inferior da matriz envolvente. Os dígitos são afilados, com 10 a 12 cm de comprimento e 7 cm de largura, correspondendo possivelmente aos dedos II e III. Estão preenchidos por arenito fino, o que resulta em destaque da matriz circundante. Na área do dígito III (orientado para SE) ocorre a deformação da matriz subjacente em cerca de 5 cm a partir da base da pegada.

CMPP 2 (Figura 3B) – Em seção transversal possui o aspecto de uma massa arredondada, composta por dois bulbos projetados, imersos num sedimento margoso. Tem 38 cm de comprimento e 14 cm de profundidade. Encontra-se preenchida por arenito fino e não se distinguem os dígitos ou outras estruturas internas. A laminação circundante em suas bordas laterais e de fundo encontram-se deformadas.

#### Camada B

CMPP 3 (Figura 3C) – Visível em seção transversal, com geometria côncava. Uma das bordas apresenta-se mais verticalizada, com 20 cm de altura, e a outra mais suave com aproximadamente 15 cm. O comprimento total é de 70 cm. A área interna está erodida e sem qualquer tipo de preenchimento; todavia, observa-se uma depressão mais acentuada próxima da borda mais suave, a qual deve corresponder à impressão do dígito III.

CMPP 4 (Figura 3D) – Estrutura de deformação, visível em seção transversal, com 30 cm de comprimento e 20 cm de profundidade. As paredes mostram-se verticalizadas, com a porção inferior mais acentuada aproximando a forma geral de um “V”. Este aspecto assemelha-se à impressão mais acentuada, de um dígito (possivelmente o dígito III, direcionado para norte). Há o preenchimento interno com arenito fino, com feições de fluidização. Tal fato amplia as dimensões desta pegada, resultando numa largura de 35 cm e uma profundidade de deformação do substrato em 23 cm.

CMPP 5 (Figura 3E) – Pegada preservada como epirelevo convexo, com dois dígitos pontiagudos visíveis, indicando a

presença de garras (dígitos III e IV), com direção N50°E. Possui 30 cm de comprimento. Na margem posterior apresenta uma área de deformação de 2 cm de extensão. A largura ente os dois dígitos preservados, que possuem um hypex côncavo e amplo, tem 19 cm de comprimento. A profundidade máxima de deformação do substrato é de 3 cm e está projetada acima da superfície da camada em 5 cm.

CMPP 6 (Figura 3F) – Observada em seção transversal possui 31 cm de comprimento e 10 cm de profundidade. Tem a forma de uma concavidade, não preenchida, assimétrica. Uma das bordas mostra-se mais suave, enquanto a outra é bastante verticalizada. Na borda mais suave verifica-se que as lâminas sedimentares estão mais evidentes. Na porção inferior da margem mais verticalizada forma-se uma depressão acentuada, que ultrapassa em 4 cm a profundidade de penetração da deformação. Corresponde, possivelmente, ao dígito III e tem direção ESE.

CMPP 7 (Figura 3G) – Deformação suave, compondo uma concavidade com margens simétricas. Tem 40 cm de comprimento e 16 cm de profundidade, todavia, a extensão total de deformação apresenta cerca de 1 m de comprimento e 24 cm de profundidade. Está preenchida por arenito fino, o qual denota feições de crenulação do sedimento, possivelmente associadas a fluidização.

CMPP 8 (Figura 3H) – Deformação simétrica, observada em seção transversal, com paredes verticalizadas e porção inferior arredondada. O aspecto geral é de uma estrutura tubular, que rompe as laminações da matriz circundante, que se inclinam abruptamente em direção às bordas. Está preenchida com sedimento arenoso, sem feições evidentes de fluidização. O comprimento é de 30 cm e a profundidade de deformação atinge 20 cm. Não ocorrem feições de deformação em seu entorno.

CMPP 9 (Figura 3I e J) – A pegada pode ser observada em planta, formando um epirelevo convexo e em seção vertical. São parcialmente visíveis três dígitos pontiagudos. Possui 40 cm comprimento e 30 cm de largura, mostrando-se projetada no substrato até 25 cm. O dígito III indica direção 140°SE.

CMPP 10 (Figura 3K) – Pegada de grandes proporções, observada em seção transversal, tendo 45 cm de comprimento e 25 cm de profundidade. Possui paredes verticalizadas e bordo inferior retilíneo. Ao seu redor há uma ampla zona de deformação, que segue a geometria da pegada, gerando uma estrutura com 75 cm de comprimento total e 50 cm de profundidade. Está preenchida com sedimento arenoso.

## 4. Discussão

As propriedades do substrato sedimentar e o comportamento dos animais possibilitam uma ampla variedade nos padrões morfológicos das pegadas. Os principais tipos de preservação resultam, assim, da relação entre o substrato e a superfície inferior do autopódio (Leonardi, 1987; Milàn *et al.*, 2004; Milàn e Bromley, 2006; Marty, 2008), envolvendo aspectos como a coesão, plasticidade, tamanho do grão, textura e conteúdo em água.

Os diferentes padrões de coesão dos sedimentos que compõem o substrato definem a capacidade de penetração do autopódio na paleosuperfície, resultando em diferentes formas de preservação, de qualidade e de boa ou má identidade, com a morfologia dos pés. As pegadas nas camadas A (CMPP 1) e B (CMPP 5 e CMPP 9), observadas na superfície da camada e com os dígitos visíveis, são indicadoras de uma condição de substrato mais coeso, com menor conteúdo em água. Estruturas de formato em pilar ou tubular, como CMPP 6, CMPP 8 e CMPP 10, encontradas na camada B, são indicativas do afundamento do pé mais profundamente no substrato, o que geralmente está associado a um maior conteúdo em água no sedimento (Gatesy, 2003). Aquelas com feições de fluidização

ou crenulações associadas às bordas externas (CMPP 2), ou ao preenchimento interno (CMPP 4 e CMPP 7), denotam um grande conteúdo em água do sedimento que compõe o substrato, atingindo mesmo a saturação. Nestes dois últimos casos ocorre também uma diminuição dos aspectos morfológicos, tais como a preservação de garras, almofadas falangeais e pedais (Carvalho, 2000, 2004; Carvalho *et al.*, 2020; Carvalho e Leonardi, 2021), pois o grau em que a morfologia do pé se relaciona com a pegada preservada está diretamente relacionada com a consistência do substrato (ex. Avanzini *et al.*, 2012; Marchetti *et al.*, 2019; Leonardi e Carvalho, 2021).

As pegadas das camadas A e B podem ser, em geral, classificadas pela proposição de Cobos *et al.* (2014) do icnogruppo 2. Este icnogruppo compreende morfotipos robustos (e.g. *Eutynichnium lusitanicum*), de grandes proporções, como as pegadas de terópodes de grande porte. A presença de grandes dígitos com garras, observados na superfície das camadas, reforça esta possibilidade. Todavia, duas pegadas (CMPP 8 e CMPP 10) possuem proporções e padrões morfológicos característicos de animal de maiores proporções, pés arredondados, em que uma grande carga exercida no substrato quando da passagem do animal, resultaria num maior afundamento da superfície e, por conseguinte, a feição tubular verticalizada.

## 5. Conclusão

As pegadas das “Camadas *Pholadomya protei*” compreendem três padrões distintos de preservação, que possuem uma relação direta com a consistência do substrato e a carga exercida pela passagem dos produtores. Estes padrões abrangem: (1) pegadas com dígitos e garras distintas, em que o substrato seria mais coeso e firme; (2) estruturas verticalizadas com aspecto em pilar ou de forma tubular originadas pelo maior afundamento do pé no substrato, o que se associa com maior conteúdo de água no sedimento; e (3) pegadas com feições de fluidização ou crenulações que seriam formadas em condições de grande saturação em água. Nestes dois últimos casos ocorre também uma diminuição dos aspectos morfológicos. Existe, assim, uma relação direta entre a influência de aspectos do substrato como a consistência, a coesão e a humidade e a morfologia final da pegada. A maioria das pegadas presentes denotam um caráter de ruptura da superfície de contato com o autopódio, resultante em estruturas de deformação, em geral denominadas como dinoturbação.

A identificação destas pegadas amplia a distribuição temporal e regional do registo de dinossauros na Bacia Lusitânica. Os morfotipos identificados não diferem dos já identificados nos estratos abrangidos pelo “Complexo Carbonoso”, depositados durante o intervalo inicial do Oxfordiano médio. São pegadas de grandes proporções, de morfotipos robustos. As pegadas analisadas pertencem a terópodes de grande porte, podendo ser atribuídas a Megalosauridae ou Allosauridae, já que ambos os grupos estão descritos no Jurássico Superior de Portugal.

## Agradecimentos

À Ana Torrão o apoio nas atividades de campo e indicação dos níveis com as pegadas analisadas neste estudo. O trabalho teve apoio financeiro: da Fundação para a Ciência e Tecnologia, nos projetos UID/Multi/00073/2020 (Centro de Geociências, Universidade de Coimbra, DOI: <https://doi.org/10.54499/UIDP/00073/2020>), UIDB/04292/2020 e UIDP/04292/2020 (MARE Base, <https://doi.org/10.54499/UIDB/04292/2020>); UIDP/04292/2020 (MARE Programático, <https://doi.org/10.54499/UIDP/04292/2020> e LA/P/0069/2020 (Laboratório Associado ARNET, <https://doi.org/10.54499/LA/P/0069/2020>);

do CNPq 303596/2016-3, FAPERJ E-26/200.828/2021, Brasil; e do Centro Português de Geo-História e Pré-História.

## Referências

- Antunes, M.T., 1976. Dinossáurios Eocretácicos de Lagosteiros. *Ciências da Terra*, **1**:1-35.
- Antunes, M.T., Mateus, O., 2003. Dinosaurs of Portugal. *Comptes Rendus Palevol*, **2**:77-95.
- Avanzini, M., Piñuela, L., García-Ramos, J.C., 2012. Late Jurassic footprints reveal walking kinematics of theropod dinosaurs. *Lethaia*, **45**:238–252.
- Belvedere, M., Castanera, D., Meyer, C.A., Marty, D., Mateus, O., Silva, B.C., Santos, V.F., Cobos, A., 2019. Late Jurassic globetrotters compared: A closer look at large and giant theropod tracks of North Africa and Europe. *Journal of African Earth Sciences*, **158**:102547.
- Bernardes, C., 1992. *A sedimentação durante o Jurássico Superior entre o Cabo Mondego e o Baleal (Bacia Lusitana): Modelos deposicionais e arquitetura sequencial*. Tese de Doutoramento. Universidade de Aveiro, Portugal, 261.
- Boutakiout, M., Hadri, M., Nouri, J., Díaz-Martínez, I., Pérez-Lorente, F., 2009. Rastrilladas de icnitas terópodes gigantes del Jurásico Superior (Sinclinal de Iouaridène, Marruecos). *Revista Española Paleontología*, **24**:31-46.
- Cariou, E., Olivier, N., Pittet, B., Mazin, J.-M., Hantzpergue, P., 2014. Dinosaur track record on a shallow carbonate-dominated ramp (Loulle section, Late Jurassic, French Jura). *Facies*, **60**:229-253.
- Callapez, P. M., Brandão, J. M., Santos, V. F., & Pinto, J. M. S., 2015. A mina de carvão do Cabo Mondego e a Paleontologia Portuguesa. In: Brandão, J.M., Nunes, M.F. (ed.), *Memórias do carvão*, Edição conjunta da Câmara Municipal da Batalha e da Câmara Municipal de Porto de Mós, p. 27-50.
- Carvalho, I.S., 2000. Geological environments of dinosaur footprints in the intracratonic basins from Northeast Brazil during the South Atlantic opening (Early Cretaceous). *Cretaceous Research*, **21**:255-267.
- Carvalho, I.S., 2004. Dinosaur Footprints from Northeastern Brazil: Taphonomy and Environmental Setting. *Ichnos*, **11**:311-321.
- Carvalho, I.S., Leonardi, G., 2021. Fossil footprints as biosedimentary structures for paleoenvironmental interpretation: Examples from Gondwana. *Journal of South American Earth Sciences* 2020, 102936. *Journal of South American Earth Sciences*, **106**: 102936.
- Carvalho, I.S., Cunha, P.P., Figueiredo, S.M.D. 2022. Dinoturbação in Upper Jurassic siliciclastic levels at Cabo Mondego (Lusitanian Basin, Portugal): evidences in a fluvial-dominated deltaic succession, *Palaeworld*, **31** (3):455-477
- Carvalho, I.S., Leonardi, G., Rios-Netto, A.M., Borghi, L., Paula Freitas, A., Andrade, J. A., Freitas, I.F., 2020. Dinosaur trampling from the Aptian of Araripe basin, ne Brazil, as tools for paleoenvironmental interpretation. *Cretaceous Research*, **2020**:104626.
- Castanera, D., Belvedere, M., Silva, B., Marty, D., Razzolini, N., Meyer, C., Santos, V.F., 2017. New Megalosauripus Tracks in the Late Jurassic of Portugal. In: 15th Annual Meeting of the European Association of Vertebrate Palaeontologists, Munich, Germany, 1-3 August 2017. *Zitteliana*, **91**:27-28.
- Cobos, A., Lockley, M.G., Gascó, F., Royo-Torres, R., Alcalá, L., 2014. Megatheropods as apex predators in the typically Jurassic ecosystems of the Villar del Arzobispo Formation (Iberian Range, Spain). *Palaogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **399**:31-41.
- Conti, M.A., Morsilli, M., Nicosia, U., Sacchi, E., Savino, V., Wagensommer, A., Di Maggio, L., Gianolla P., 2005. Jurassic dinosaur

- footprints from southern Italy: footprints as indicators of constraints in paleogeographic interpretation. *Palaios*, **20** (6):534-550.
- Diedrich, C., 2011. Upper Jurassic tidal flat megatracksites of Germany—coastal dinosaur migration highways between European islands, and a review of the dinosaur footprints. *Palaeobiology and Palaeoenvironments*, **91** (2):129-155.
- Falkingham, P.L., Hage, J., Bäker, M., 2014. Mitigating the Goldilocks effect: the effects of different substrate models on track formation potential. *Open Science*, **1**:140225-140225.
- Figueiredo, S.D., 2014. *Os Dinossáurios em Território Português: as espécies, as jazidas e os fósseis*. Chiado Editora, Lisboa, 232.
- Figueiredo, S.D., Neto de Carvalho, C., Cunha, P.P., Carvalho, I.S., 2021. New Dinosaur Tracks from the lower Barremian of Portugal (Areia do Mastro Formation, Cape Espichel. *Journal of Geoscience and Environment Protection*, **9**:84-96.
- Figueiredo, S.D., Carvalho, I.S., Pereda-Suberbiola, X., Cunha, P.P., Antunes, V., Diaz-Martínez, I. 2022a. New ornithopod footprints from the Areia do Mastro Formation (Lower Cretaceous), Espichel Cape (Portugal, Western Iberia) and their context in the Iberian ichnological ornithopod record. *Cretaceous Research*, **131**:105069.
- Figueiredo, S.D., Cunha, P.P., Suberbiola, X.P., Neto de Carvalho, C., Carvalho, I.S., Buffetaut, E., Tong, H., Sousa, M.F., Antunes, V., Anastácio, R. 2022b. The dinosaur tracksite from the lower Barremian of Areia do Mastro Formation (Cabo Espichel, Portugal): implications for dinosaur behavior. *Cretaceous Research*, **137**:105219.
- Gomes, J.P., 1915-1916. Descoberta de rastros de saúrios gigantescos no Jurássico do Cabo Mondego. *Comunicações dos Serviços Geológicos de Portugal*, **11**:132-134.
- Henriques, M.H., Pena dos Reis, R., Duarte, L.V., 1998. Locais com interesse geológico da orla costeira portuguesa entre o Cabo Mondego e a Nazaré. *Comunicações do Instituto Geológico e Mineiro*, **84**:6-9.
- Lapparent, A.F., Zybszewski, G., Moitinho de Almeida, F., Viegas Ferreira, O., 1951. Empreintes de pas de dinosauriens dans le Jurassique du Cap Mondego (Portugal). *Compte Rendu Sommaire de Seances de la Société Géologique de France*, **14**:252-252.
- Lapparent, A.F., Zybszewski, G., 1957. Les Dinosauriens du Portugal. *Memória dos Serviços Geológicos de Portugal*, **2**:1-63.
- Leonardi, G., 1987. *Glossary and manual of tetrapod footprint palaeoichnology*. Departamento Nacional da Produção Mineral Brasil, Brasília, 117.
- Leonardi, G., Carvalho, I.S., 2021. *Dinosaur Tracks from Brazil. A Lost World of Gondwana*. Indiana University Press. Bloomington, Indiana, 445.
- Lockley, M.G., Meyer, C., 2000. *Dinosaur Tracks and Other Fossil Footprints of Europe*. Columbia University Press, New York, 323.
- Lockley, M.G., Meyer, C.A., Santos, V.F., 1996. *Megalosauripus, Megalosauropus* and the concept of megalosaur footprints. In: Morales, M. (ed.). The continental Jurassic. *Museum of Northern Arizona Bulletin*, **60**:113-118.
- Lockley, M. G., Meyer, C.A., Santos, V.F., 1998. *Megalosauripus* and the problematic concept of megalosaur footprints. *Gaia*, **15**:313-337.
- Manuppella, G., Rocha, R.B., Soares, A.F., 1976. *Notícia Explicativa da Folha 19-C - Figueira da Foz da Carta Geológica de Portugal na escala de 1/50 000*. Serviços Geológicos de Portugal, Lisboa, 126.
- Marchetti, L., Belvedere, M., Voigt, S., Klein, H., Castanera, D., Diaz-Martínez, I., Marty, D., Xing, L., Feola, F., Melchor, R.N., Farlow, J.O., 2019. Defining the morphological quality of fossil footprints. Problems and principles of preservation in tetrapod ichnology with examples from the Palaeozoic to the present. *Earth-Science Reviews*, **193**:109-145.
- Marty, D., 2008. Sedimentology, taphonomy, and ichnology of Late Jurassic dinosaur tracks from the Jura carbonate platform (Chenevez—Combe Ronde tracksite, NW Switzerland): insights into the tidal-flat paleoenvironment and dinosaur diversity, locomotion and palaeoecology. *GeoFocus*, **21**:1-278.
- Marty, D., Belvedere, M., Razzolini, N.L., Lockley, M.G., Paratte, G., Cattin, M., Lovis, C., Meyer, C.A., 2018. The tracks of giant theropods (*Jurabrontes curtedulensis* ichnogen. & ichnosp. nov.) from the Late Jurassic of NW Switzerland: palaeoecological & palaeogeographical implications. *Historical Biology*, DOI: 10.1080/08912963.2017.1324438.
- Manuppella, G., Rocha, R. B., Soares, A. F., Matos, M., Rodrigues, A., Deus, P.C., Oliveira, J., Mouterde, R., Perrot, C., 1976. Carta Geológica de Portugal na escala de 1/50 000. Direcção Geral de Minas e Serviços Geológicos.
- Mateus, O., Milàn, J., 2010. A diverse Upper Jurassic dinosaur ichnofauna from central-west Portugal. *Lethaia*, **43**:245-257.
- Mazin, J., Hantzpergue, P., Olivier, N., 2017. The dinosaur tracksite of Plagne (early Tithonian, Late Jurassic; Jura Mountains, France): the longest known sauropod trackway. *Geobios*, **50** (4):279-301.
- Milàn, J., Bromley, R.G., 2006. True tracks, undertracks and eroded tracks, experimental work with tetrapod tracks in laboratory and field. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **231**:253-264.
- Milàn, J., Clemmensen, L.B., Bonde, N., 2004. Vertical sections through dinosaur tracks (Late Triassic Lake deposits, East Greenland) – undertracks and other subsurface deformation structures revealed. *Lethaia*, **37**: 285-296.
- Pena dos Reis, R., Cunha, P.P., Dinis, J.L., Trincão, P.R., 2000. Geologic evolution of the Lusitanian Basin (Portugal) during the Late Jurassic. *GeoResearch Forum*, **6**:345-356.
- Petti, F.M., Bernardi, M., Ferretti, P., Tomasoni, R., Avanzini, M., 2011. Dinosaur tracks in a marginal marine environment: the Coste dell'Anglone ichnosite (Early Jurassic, Trento Platform, NE Italy). *Italian Journal of Geosciences*, **130**:27- 41.
- Piñuela Suárez, L., 2015. *Huellas de dinosaurios y de otros reptiles del Jurásico Superior de Asturias*. Tese de doutoramento, Universidad de Oviedo, 366.
- Rauhut, O.W.M., Piñuela, L., Castanera, D., García-Ramos, J.C., Cela, I.S., 2018. The largest European theropod dinosaurs: remains of a gigantic megalosaurid and giant theropod tracks from the Kimmeridgian of Asturias, Spain. *PeerJ*, **6**:e4963.
- Razzolini, N.L., Oms, O., Castanera, D., Vila, B., Santos, V.F., Galobart, À., 2016. Ichnological evidence of Megalosaurid dinosaurs crossing Middle Jurassic tidal flats. *Scientific Reports*, **6**: 31494. doi: 10.1038/srep31494
- Razzolini, N.L., Belvedere, M., Marty, D., Paratte, G., Lovis, C., Cattin, M., Meyer, C.A., 2017. *Megalosauripus transjuranicus* ichnosp. nov. A new Late Jurassic theropod ichnotaxon from NW Switzerland and implications for tridactyl dinosaur ichnology and ichnotaxonomy. *PLOS ONE*, **12** (7):e0180289.
- Rocha, R. B., Manuppella, G., Mouterde, R., Ruget, C., Zbyszewski, G., 1981. Carta Geológica de Portugal na escala de 1/50 000. Notícia explicativa da folha 19-C, Figueira da Foz. Serv. Geol. Portugal, 1-126, Lisboa.
- Santos, V.F., 2008. *Pegadas de Dinossáurios de Portugal*. Museu Nacional de História Natural. Lisboa, 124.
- Santos, V.F., Silva, C.M., Rodrigues, L.A., 2008. Dinosaur track sites from Portugal: Scientific and cultural significance. *Oryctos*, **8**:77-88.
- Santos, V.F., Moratalla, J.J., Royo-Torres, R., 2009. New sauropod trackways from the Middle Jurassic of Portugal. *Acta Palaeontologica Polonica*, **54** (3):409-422.