

This is a repository copy of *ESTRATÉGIAS ALIMENTARES DOS ANIMAIS DOMÉSTICOS DO POVOADO DE LECEIA (OEIRAS, PORTUGAL) DURANTE A TRANSIÇÃO DO IV PARA O III MILÉNIO A.C.: UMA ABORDAGEM A PARTIR DOS ISÓTOPOS ESTÁVEIS*.

White Rose Research Online URL for this paper:

<https://eprints.whiterose.ac.uk/218719/>

Version: Accepted Version

---

**Article:**

Navarrete, Vanessa, Cardoso, João Luis, Barrocas Dias, Cristina et al. (5 more authors) (2024) *ESTRATÉGIAS ALIMENTARES DOS ANIMAIS DOMÉSTICOS DO POVOADO DE LECEIA (OEIRAS, PORTUGAL) DURANTE A TRANSIÇÃO DO IV PARA O III MILÉNIO A.C.: UMA ABORDAGEM A PARTIR DOS ISÓTOPOS ESTÁVEIS*. *Estudos Arqueológicos de Oeiras*. pp. 233-248. ISSN 0872-6086

<https://doi.org/10.5281/zenodo.12732048>

---

**Reuse**

This article is distributed under the terms of the Creative Commons Attribution (CC BY) licence. This licence allows you to distribute, remix, tweak, and build upon the work, even commercially, as long as you credit the authors for the original work. More information and the full terms of the licence here:

<https://creativecommons.org/licenses/>

**Takedown**

If you consider content in White Rose Research Online to be in breach of UK law, please notify us by emailing [eprints@whiterose.ac.uk](mailto:eprints@whiterose.ac.uk) including the URL of the record and the reason for the withdrawal request.

**ESTRATÉGIAS ALIMENTARES DOS ANIMAIS DOMÉSTICOS DO POVOADO DE LECEIA (OEIRAS, PORTUGAL) DURANTE A TRANSIÇÃO DO IV PARA O III MILÉNIO A.C.: UMA ABORDAGEM A PARTIR DOS ISÓTOPOS ESTÁVEIS**

***FEEDING STRATEGIES OF DOMESTIC ANIMALS FROM THE SETTLEMENT OF LECEIA (OEIRAS, PORTUGAL) DURING THE TRANSITION FROM THE 4TH TO THE 3RD MILLENNIUM BC: STABLE ISOTOPE APPROACH***

Vanessa Navarrete<sup>1,2</sup>, João Luis Cardoso<sup>3,4,5</sup>, Cristina Barrocas Dias<sup>1,2,6</sup>, Cleia Detry<sup>7</sup>, Ana Curto<sup>1,2</sup>, Anna J. Waterman<sup>8</sup>, Elizabeth Wright<sup>9</sup> & Anne-France Maurer<sup>1,2</sup>

**Abstract**

In this article, we analyse faunal samples from the Late Neolithic (Layer 4) and Early Chalcolithic (Layer 3) levels of the fortified settlement of Leceia (Oeiras, Portugal) in order to understand the management of the feeding of domestic animals recovered in these excavations. Through the analyses of stable isotopes of  $\delta^{13}\text{C}$  and  $\delta^{15}\text{N}$  in bone collagen, we aim to characterise the grazing systems and the maintenance strategies of the livestock that were consumed and raised in Leceia, in an attempt to obtain a further perspective on the economic complexity of the fortified settlements that emerged during the 3rd millennium in Portuguese Extremadura. The results show the possible use of forage to feed the animals and also seem to indicate the use of fertilised fields. This demonstrates that animal production is already based on intentional practices of animal and land management, as well as on complex exchange networks.

*Keywords:* Chalcolithic, Neolithic, Zooarchaeology, Estremadura,  $\delta^{13}\text{C}$  and  $\delta^{15}\text{N}$ .

---

<sup>1</sup> HERCULES Laboratory. Universidade de Évora. Palácio do Vimioso, Largo Marquês de Marialva, University of Évora, 7000-809 Évora, Portugal.

<sup>2</sup> IN2PAST. Palácio do Vimioso, Largo Marquês de Marialva, University of Évora, 7000-809 Évora, Portugal.

<sup>3</sup> Academia das Ciências de Lisboa, Portugal.

<sup>4</sup> Centro de Estudos Arqueológicos do Concelho de Oeiras/Câmara Municipal de Oeiras. cardoso18@netvisao.pt.

<sup>5</sup> ICArEHB, Universidade do Algarve, Portugal.

<sup>6</sup> Department of Chemistry and Biochemistry, School of Sciences and Technology, University of Évora, 7000-671 Évora, Portugal.

<sup>7</sup> Uniarq-Centro de Arqueologia da Universidade de Lisboa. Faculdade de Letras da Universidade de Lisboa, Portugal.

<sup>8</sup> Department of Natural and Applied Sciences, Mount Mercy University, Cedar Rapids, IA 52402, USA

<sup>9</sup> BioArCh, Department of Archaeology, University of York, Environment Building, Wentworth Way, York YO10 5NG, UK.

## 1 - INTRODUÇÃO

A transição do 4.º para o 3.º milénio a.C. no ocidente da Península Ibérica caracterizou-se por mudanças sociais e económicas que levaram ao aumento da complexidade social e à formação de sociedades tendencialmente hierarquizadas. Na segunda metade do 4.º milénio a.C. observou-se a ocupação gradual de locais em áreas elevadas, aproveitando as defesas naturais favoráveis (CARDOSO, 2002). Será a partir do final do 4.º milénio a.C. que surgirão povoados fortificados de variados tamanhos, caracterizados por muralhas, e localizados no topo de elevações próximos de solos férteis (CARDOSO, 2003, 2007; GONÇALVES *et al.*, 2013). Este período é caracterizado por uma economia produtiva associada a um estilo de vida sedentário, acompanhada pela chamada “revolução dos produtos secundários” (JORGE, 2000; GONÇALVES, 2000; VALERA, 2009), pelo desenvolvimento de redes de troca a longa distância (CARDOSO, 2003, 2023), e pelo aumento da complexidade social (CARDOSO, 2017).

No que diz respeito às práticas económicas, a pecuária foi um elemento crucial nas mudanças sócio-económicas ocorridas durante o final do 4.º e início do 3.º milénio a.C. Embora os animais domésticos desempenhassem um papel fundamental nas práticas pecuárias, a composição dos conjuntos faunísticos analisados varia, dependendo do tipo e localização geográfica dos sítios arqueológicos (VALENTE & CARVALHO, 2014). A partir do Neolítico Final, os sítios fortificados das regiões da Estremadura e Alentejo apresentam uma maior presença de animais domésticos comparativamente aos selvagens, a par com as evidências de utilização de produtos secundários (CARDOSO & DETRY, 2002; DRIESCH & BOESSNECK, 1976). Contudo, nos locais aparentemente não fortificados, principalmente no sul de Portugal, a caça tem uma relevância superior à observada nos locais fortificados (CABAÇO, 2010; CORREIA, 2015; DAVIS & MATALOTO, 2012; MORENO-GARCÍA & SOUSA, 2013; VALENTE, 2013). Durante o Calcolítico Inicial, foi documentado um aumento na variabilidade da representação taxonómica entre espécies domésticas e selvagens em sítios da Estremadura e do Alentejo. Observou-se um aumento da criação de suínos e bovinos no Alentejo (VALENTE & CARVALHO, 2014).

Estas diferenças nas percentagens de representação das espécies animais podem ser explicadas pelas características ambientais, climáticas e/ou dos sistemas sócio-económicos dos sítios arqueológicos analisados. Neste sentido, o estudo da gestão dos hábitos alimentares dos animais domésticos pode constituir um indicador crítico para identificar as estratégias organizacionais e de gestão pecuária dentro dos sistemas económicos. O pastoreio e forrageamento de rebanhos pré-históricos podem ser caracterizados a partir da análise de isótopos estáveis de carbono ( $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ ) e azoto ( $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ ) no colagénio presente nos ossos. Estes refletem a contribuição de proteína animal e vegetal na dieta do gado doméstico, fornecendo informações sobre estratégias anteriores de gestão pecuária (BALASSE *et al.*, 2015, 2016; GUIRY *et al.*, 2016; MADGWICK *et al.*, 2012; HAMILTON & THOMAS, 2012; HAMMOND & O’CONNOR, 2013; MINAGAWA *et al.*, 2005; MÜLDNER & RICHARDS, 2005; NAVARRETE *et al.*, 2017; 2023; PECHENKINA *et al.*, 2005; WATERMAN *et al.*, 2014; WRIGHT *et al.*, 2019; ŽALAITĖ *et al.*, 2018).

Neste estudo serão apresentados os resultados preliminares das análises de isótopos estáveis  $\delta^{13}\text{C}$  e  $\delta^{15}\text{N}$  dos restos faunísticos da Camada 4 (Neolítico Final) e da Camada 3 (Calcolítico Inicial) do povoado fortificado de Leceia (Oeiras). O principal objetivo é caracterizar os sistemas de pastoreio e as estratégias de manutenção dos rebanhos durante a transição do 4.º para o 3.º milénio a.C., correspondente a uma etapa decisiva para a consolidação da complexificação social, acompanhada pelo fenómeno da fortificação dos lugares, ou seja, a uma época de transformação social por excelência. Seria pois interessante averiguar em que medida tais alterações na estrutura social das comunidades se exprimem ou transparecem na gestão dos recursos proteicos.

## 2 – O POVOADO PRÉ-HISTÓRICO DE LECEIA

Leceia é um povoado que foi fortificado no início do Calcolítico. Implanta-se em plataforma que se desenvolve no alto da encosta direita do vale de Barcarena, em Oeiras, com uma vista dominante que abrange a foz do rio Tejo, delimitada por escarpa calcária natural com aproximadamente dez metros de altura, constituindo um esporão sobre o vale. As escavações arqueológicas realizadas no local sob a direção de um de nós (J.L.C.) durante vinte anos consecutivos (1983-2002) revelaram uma extensa área de ocupação que ultrapassa os 11.000 m<sup>2</sup>, abrangendo praticamente toda a plataforma previamente existente (CARDOSO, 2010, 2022) (Fig. 1).

Foram identificadas três fases culturais no povoado de Leceia. A primeira corresponde ao Neolítico Final (3400-2900 a.C.), a segunda ao Calcolítico Inicial (2800-2600/2500 a.C.) e a terceira ao Calcolítico Pleno/Final (2600/2500-2200 a.C.), coincidindo esta última fase com a plena afirmação das produções campaniformes (SOARES & CARDOSO 1995; CARDOSO 2000, 2010, 2014, 2017). Este estudo centra-se nas fases culturais atribuídas ao Neolítico Final e ao Calcolítico Inicial.

A primeira fase cultural integra-se no Neolítico Final (Camada 4), entre ca. 3400 e 2900 a.C. Esta fase corresponde à primeira ocupação da plataforma rochosa. Entre os materiais recuperados, as cerâmicas caracterizam-se pela presença de recipientes com bordos serrilhados, e raramente com decorações com motivos plásticos, avultando, no grupo das cerâmicas não decoradas os recipientes carenados (CARDOSO, 2010). Associada a esta fase cultural, foi identificada uma fase de construção representada por muros retilíneos (CARDOSO, 2010) (Fig. 2). No final do 4.º milénio a.C. / início do 3.º milénio a.C. está documentado um período de abandono deste sítio, comprovado pela lacuna cronológica evidenciada pelas datações de radiocarbono, que poderá não ter atingido uma centena de anos.

A segunda fase cultural, inscrita no Calcolítico Inicial, entre cerca de 2.800-2.600/2500 a.C. caracteriza-se pela construção de uma extensa estrutura defensiva articulada em três linhas muralhadas, de planta arqueada. Estas defesas eram reforçadas externamente por bastiões semicirculares e apresentavam entradas interiores e algumas voltadas para o exterior (Fig. 2) (CARDOSO, 2010). Ao nível dos espólios, avulta, com expressão cronológico-cultural, a presença de cerâmicas com decorações caneladas, aplicadas a duas formas principais de recipientes, os copos e as taças, em geral de apurado fabrico (CARDOSO, 2000). A agricultura centrava-se no cultivo de cereais, acompanhada da pecuária, realizada nos campos adjacentes ao povoado pré-histórico. Com efeito, a tipologia de alguns artefactos recuperados documentam a importância das atividades agrícolas, com presença abundante de machados, para a desflorestação dos campos e de elementos de foice.



Fig. 1 – Localização geográfica do povoado pré-histórico de Leceia.

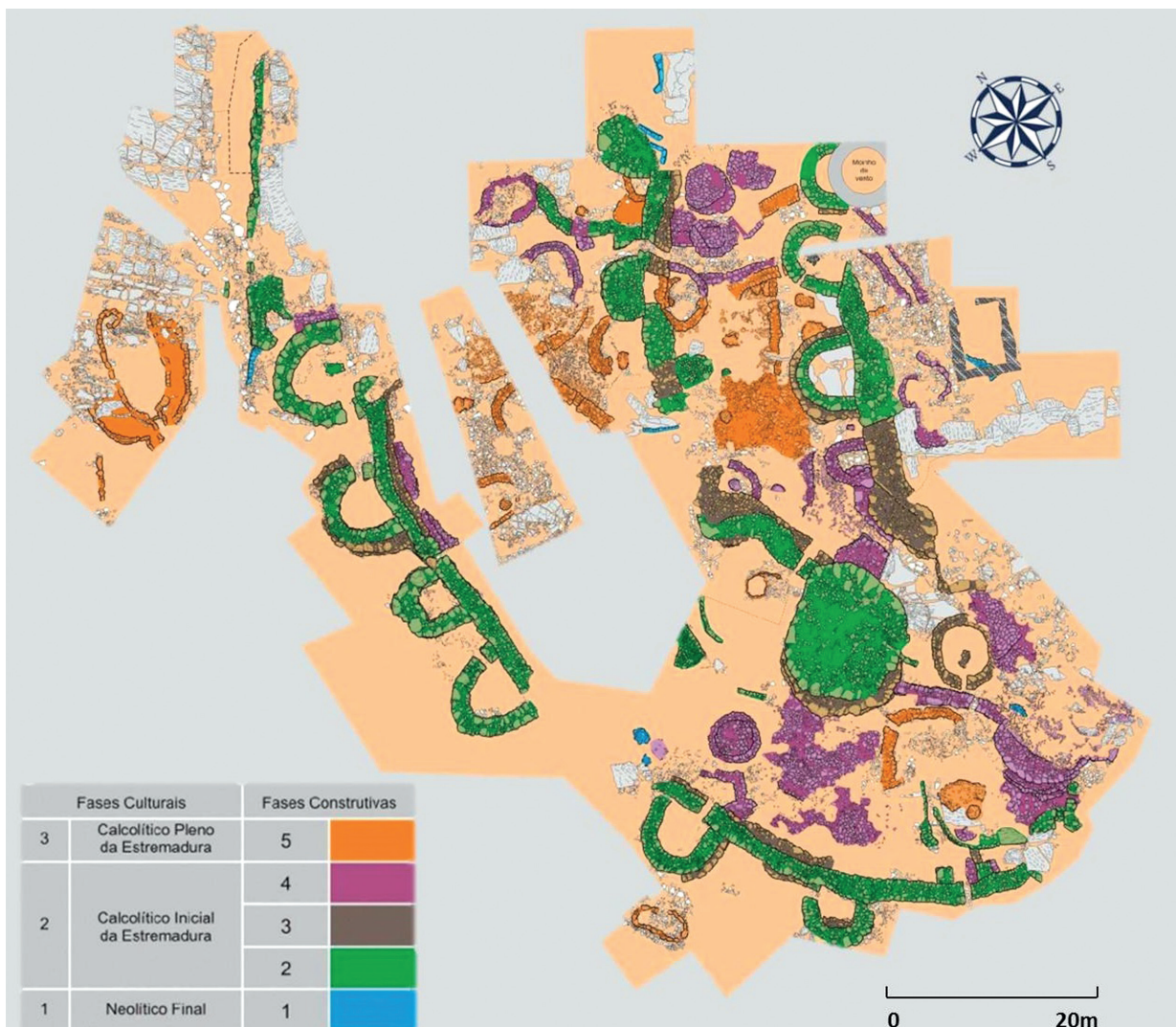


Fig. 2 – Sequência construtiva do povoado pré-histórico de Leceia (CARDOSO, 2010).

Foram estas duas fases de ocupação bem diferenciadas documentadas no povoado pré-histórico de Leceia que se elegeram para, através dos estudos zoológicos agora desenvolvidos, se procurarem identificar evidências da gestão dos recursos alimentares e a eventual modificação dos mesmos, através das práticas pecuárias respetivas.

### 3 - PRÁTICAS PECUÁRIAS NO POVOADO DE LECEIA

A pecuária foi essencial nas práticas de subsistência do povoado de Leceia durante o Neolítico Final e o Calcolítico Inicial. Os animais domésticos (*Sus domesticus*, *Bos taurus*, *Ovis aries* e *Capra hircus*) formaram a base da dieta das populações de Leceia (CARDOSO & DETRY, 2002).

Durante o Neolítico Final (Camada 4) os restos de animais domésticos constituíram 96,2% (NISP=709) do total de vestígios identificados, enquanto as espécies selvagens representaram 3,8% (NISP=28). Entre as espé-

cies domésticas, os suínos foram o grupo mais abundante (NISP= 269), seguido pelos bovinos (NISP=221) e os caprinos (NISP= 219). Entre estes últimos, as ovelhas representavam 95% do total dos caprinos, enquanto as cabras representavam apenas 5% (CARDOSO & DETRY, 2002). A diferença identificada na representação destas duas espécies pode residir em pelo menos duas causas: adaptação climática, uma vez que os ovinos se adaptam melhor a ambientes húmidos, enquanto os caprinos convivem bem com ambientes secos; e o interesse económico na produção de ambas as espécies, uma vez que os produtos secundários que fornecem são diferentes. Os resultados dos padrões de mortalidade indicaram que os suínos eram utilizados principalmente para produção de carne, a ovelha e cabra para produção de leite e carne, enquanto os bovinos eram utilizados para produção de leite, carne e como força de tração, aplicada tanto a carros, como a arados (CARDOSO & DETRY, 2002).

Durante o Calcolítico Inicial (Camada 3), à semelhança do Neolítico Final, predominaram os animais domésticos (96,5%, NISP=4133) sobre os selvagens (3,5%, NISP=150). Entre as espécies domésticas, cabras e ovelhas foram os mais abundantes em termos de restos identificados (NISP=1742), seguidos de suínos (NISP=1446) e bovinos (NISP=945). Dentro dos caprinos, as ovelhas representavam 85%, enquanto as cabras 15% (CARDOSO & DETRY, 2002). As estratégias de produção identificadas para cada espécie foram semelhantes às do período anterior, com exceção de um maior abate de bovinos jovens face ao Neolítico Final.

#### 4 – MATERIAIS

Foram selecionadas 48 amostras de fauna da Camada 4 (Neolítico Final) e da Camada 3 (Calcolítico Inicial) para análise de isótopos estáveis de carbono e azoto no colagénio ósseo (Tabela 1). As amostras selecionadas correspondem a indivíduos adultos. Com o objetivo de utilizar indivíduos diferentes, foram classificadas diáfises de ossos longos de um mesmo elemento específico e com a mesma lateralidade para cada espécie animal e camada. Quando isso não foi possível, optou-se por selecionar restos de mandíbula e calcâneo.

**Tabela 1** – Amostras selecionadas da Camada 4 e Camada 3 do povoado de Lecia para análises de isótopos estáveis de carbono e azoto em colagénio ósseo.

Cronologia	Camada	Espécie	Ossos	Lateralidade	ID Amostra
Neolítico Final	C4	<i>Sus domesticus</i>	Úmero	Esquerda	46
	C4	<i>Sus domesticus</i>	Úmero	Esquerda	47
	C4	<i>Sus domesticus</i>	Úmero	Esquerda	48
	C4	<i>Sus domesticus</i>	Úmero	Esquerda	49
	C4	<i>Sus domesticus</i>	Úmero	Esquerda	50
	C4	<i>Sus domesticus</i>	Úmero	Esquerda	51
	C4	<i>Sus domesticus</i>	Úmero	Esquerda	55
	C4	<i>Sus domesticus</i>	Úmero	Esquerda	59
	C4	<i>Ovis aries</i>	Tíbia	Direita	60
	C4	<i>Ovis aries</i>	Tíbia	Direita	62
	C4	<i>Capra hircus</i>	Tíbia	Direita	61
	C4	<i>Capra hircus</i>	Tíbia	Direita	63

	C4	<i>Bos taurus</i>	Tíbia	Esquerda	64
	C4	<i>Bos taurus</i>	Tíbia	Esquerda	65
	C4	<i>Bos taurus</i>	Tíbia	Direita	66
	C4	<i>Bos taurus</i>	Tíbia	Direita	67
	C4	<i>Bos taurus</i>	Tíbia	Esquerda	68
	C4	<i>Bos taurus</i>	-	-	L11
	C4	<i>Sus scrofa</i>	Úmero	Esquerda	53
	C4	<i>Cervus elaphus</i>	Maxilar	-	56
	C4	<i>Oryctolagus cuniculus</i>	Úmero	-	58
<b>Calcolítico Inicial</b>	C3	<i>Sus domesticus</i>	Mandíbula	Esquerda	1
	C3	<i>Sus domesticus</i>	Úmero	Esquerda	4
	C3	<i>Sus domesticus</i>	Úmero	Esquerda	5
	C3	<i>Sus domesticus</i>	Úmero	Esquerda	9
	C3	<i>Sus domesticus</i>	Úmero	Esquerda	11
	C3	<i>Sus domesticus</i>	Úmero	Esquerda	12
	C3	<i>Sus domesticus</i>	Úmero	Esquerda	13
	C3	<i>Sus domesticus</i>	Úmero	Esquerda	15
	C3	<i>Sus domesticus</i>	Úmero	Esquerda	18
	C3	<i>Ovis aries</i>	Úmero	Direita	27
	C3	<i>Ovis aries</i>	Úmero	Direita	28
	C3	<i>Ovis aries</i>	Úmero	Direita	31
	C3	<i>Ovis aries</i>	Úmero	Direita	32
	C3	<i>Ovis aries</i>	Úmero	Direita	34
	C3	<i>Ovis aries</i>	Úmero	Direita	35
	C3	<i>Ovis aries</i>	Úmero	Direita	36
	C3	<i>Ovis aries</i>	Úmero	Direita	37
	C3	<i>Capra hircus</i>	Úmero	Direita	38
	C3	<i>Bos taurus</i>	Tíbia	Esquerda	39
	C3	<i>Bos taurus</i>	Tíbia	Esquerda	40
	C3	<i>Bos taurus</i>	Tíbia	Direita	41
	C3	<i>Bos taurus</i>	Tíbia	Direita	42
	C3	<i>Bos taurus</i>	Tíbia	Direita	44
	C3	<i>Bos primigenius</i>	Calcâneo	Direita	43
	C3	<i>Sus scrofa</i>	Úmero	Esquerda	16
	C3	<i>Oryctolagus cuniculus</i>	Tíbia	Direita	23
	C3	<i>Oryctolagus cuniculus</i>	-	-	L13

Da Camada 4 foram selecionadas 21 amostras, incluindo herbívoros domésticos (n=10; *Ovis aries*, *Capra hircus* e *Bos taurus*), herbívoros selvagens (n= 3; *Cervus elaphus* e *Oryctolagus cuniculus*) e omnívoros (n= 9), incluindo espécies domésticas (n=8; *Sus domesticus*) e selvagens (n=1; *Sus scrofa*). Em relação à Camada 3, foram selecionadas 27 amostras, das quais 14 pertencem a herbívoros domésticos (*Ovis aries*, *Capra hircus* e *Bos taurus*), 4 correspondem a herbívoros selvagens (*Oryctolagus cuniculus* e *Bos primigenius*), e 10 amostras de omnívoros, incluindo espécimes domésticos (n=9; *Sus domesticus*) e selvagens (n=1; *Sus scrofa*).

## 5 – MÉTODOS

A seleção das amostras foi realizada no Centro de Estudos Arqueológicos do Concelho de Oeiras, em Barcarena (Oeiras). A extração de colagénio foi realizada no Laboratório HERCULES da Universidade de Évora. As amostras foram extraídas e limpas para remover contaminantes usando uma ferramenta DREMEL. A extração de colagénio seguiu o método modificado de Longin (1971) (BROWN *et al.*, 1988). As amostras ósseas foram desmineralizadas em 10 ml de HCl 0,5 M a 4 °C durante aproximadamente 14 dias. As amostras foram depois lavadas com água ultrapura até atingir a neutralidade e imersas em NaOH 0,125 M durante 20 horas à temperatura ambiente. Posteriormente foram gelatinizadas em HCl 0,01 M a 70°C durante 48 horas. Para remover impurezas, a fração líquida foi filtrada usando Ezee-Filter™, e o colagénio solubilizado foi liofilizado durante 48 horas. As amostras de colagénio (0,3 mg) foram submetidas a um analisador elementar (EA) Thermo Flash 1112 acoplado a um espectrómetro de massa de razão isotópica (IRMS) Thermo Delta V Advantage com interface ConFlo III, no Instituto de Ciência e Tecnologia da Universidade Autónoma de Barcelona (ICTA-UAB). O erro analítico médio foi inferior a 0,2‰ (1 $\sigma$ ), conforme determinado a partir de análises duplicadas de  $\delta^{13}\text{C}$  e  $\delta^{15}\text{N}$ . O padrão laboratorial internacional IAEA 600 (caféina) foi utilizado como controlo. Para  $\delta^{13}\text{C}$ , foi utilizado Vienna PeeDee Belemnite (V-PDB), enquanto  $\text{N}_2$  ar (AIR) serviu como padrão para  $\delta^{15}\text{N}$ .

## 6 – RESULTADOS

Os resultados das análises de isótopos estáveis de  $\delta^{13}\text{C}$  e  $\delta^{15}\text{N}$  no colagénio ósseo são apresentados na Tabela 2 e na Fig. 3. A percentagem de carbono e azoto variou entre 33% a 45% e 11% a 17%, respetivamente, com proporções C : N que variaram entre 3.2 e 3.5, ficando dentro dos valores propostos por DeNiro (1985), Van Klinken (1999) e Ambrose (1990, 1993) para colagénio preservado.

**Tabela 2** – Média e Desvio Padrão (1 $\sigma$ ) dos resultados obtidos das análises de isótopos estáveis de Carbono e Azoto em colagénio ósseo da Camada 4 e da Camada 3 do povoado de Leceia.

Cronologia	Espécie	n	$\delta^{13}\text{C}$		$\delta^{15}\text{N}$	
			Média	Desvio Padrão	Media	Desvio Padrão
Neolítico Final (Camada 4)	Sus domesticus	8	-20.6	0.7	6.0	0.6
	Ovis aries	2	-21.0	0.3	6.3	0.5
	Capra hircus	2	-20.2	0.1	5.5	0.8
	Bos taurus	6	-21.0	0.5	5.8	0.5
	Herbívoros selvagens	3	-20.9	0.6	5.0	0.4
Calcolítico Inicial (Camada 3)	Sus domesticus	9	-21.1	0.5	5.2	0.5
	Ovis aries	8	-21.2	0.4	5.4	0.7
	Capra hircus	1	-20.8	-	4.9	-
	Bos taurus	5	-21.3	0.3	5.3	0.9
	Herbívoros selvagens	4	-21.6	0.5	4.6	0.5



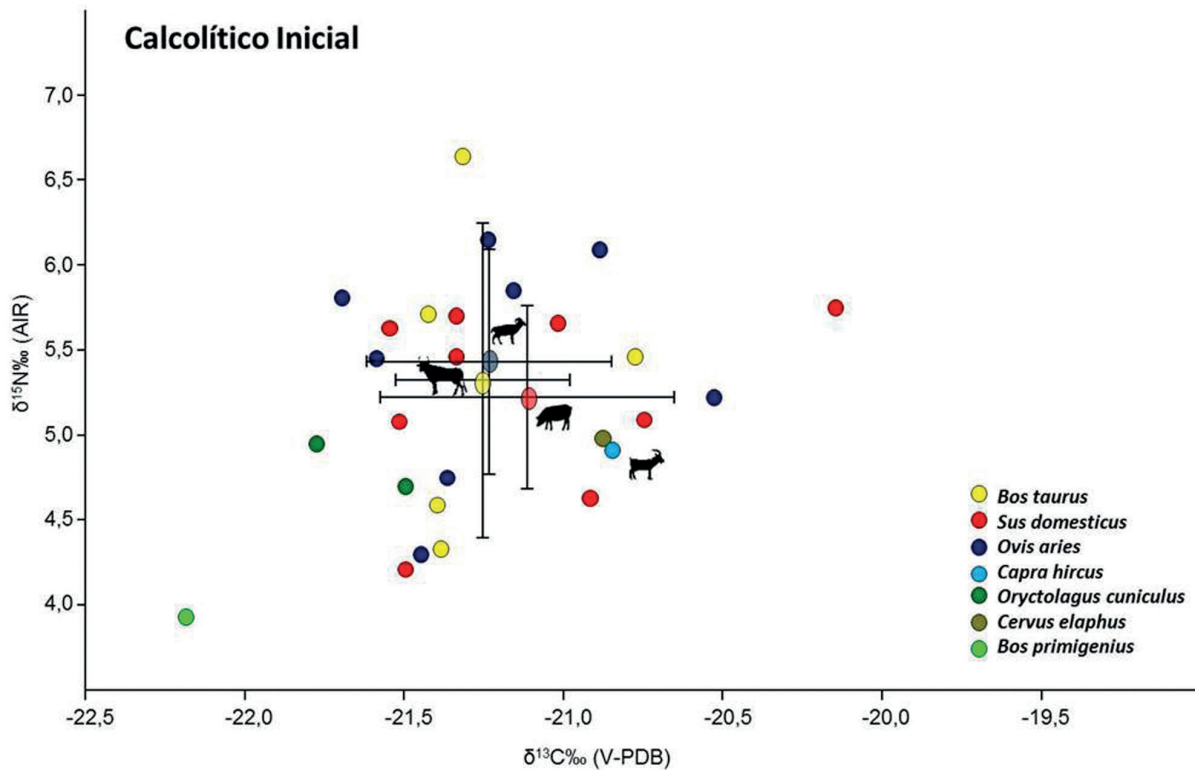
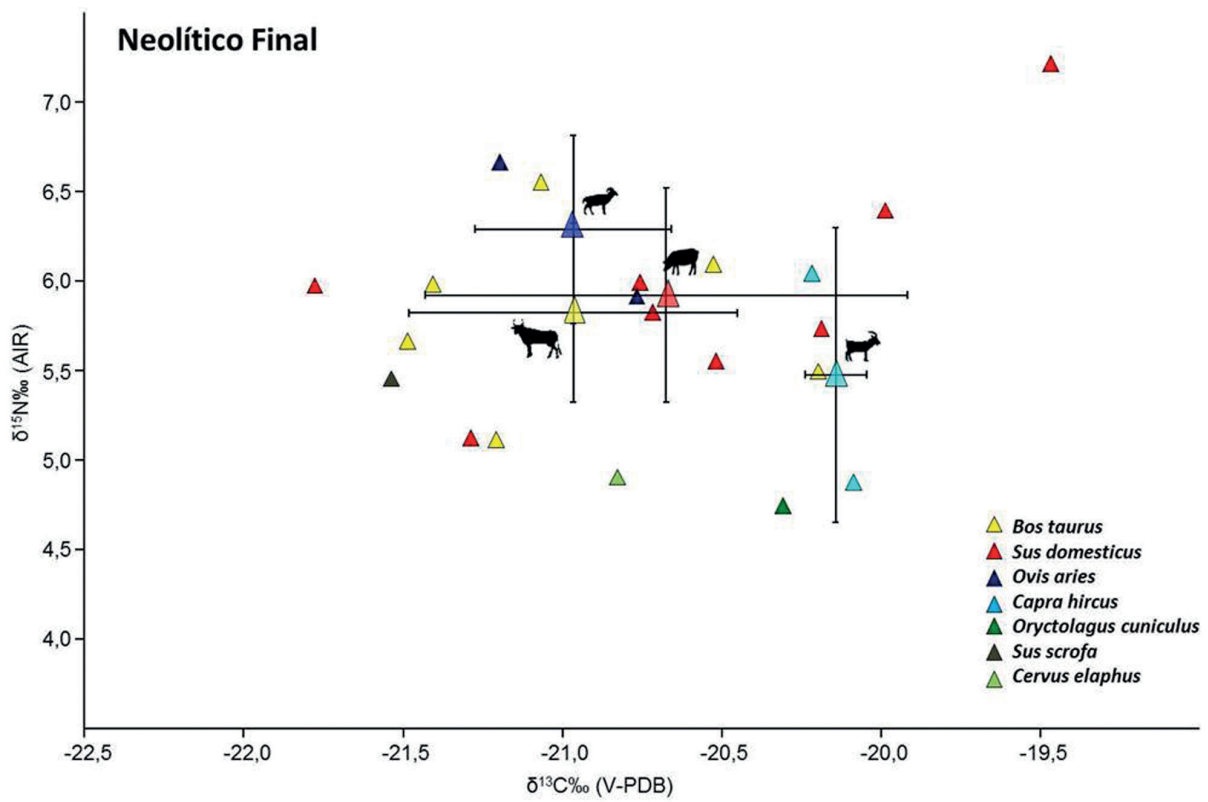


Fig. 3 – Resultados dos valores de  $\delta^{13}\text{C}$  e  $\delta^{15}\text{N}$ , comparação das médias e desvio padrão de  $\delta^{13}\text{C}$  e  $\delta^{15}\text{N} \pm 1\sigma$  dos restos faunísticos de Leceia. A) Amostras do Neolítico Final (Camada 4); B) Amostras do Calcolítico Inicial (Camada 3).

No Neolítico Final (Camada 4) o valor médio de  $\delta^{13}\text{C}$  foi de  $-20,7 \pm 0,6 \text{ ‰}$ . Para herbívoros selvagens o valor médio de  $\delta^{13}\text{C}$  foi de  $-20,9 \pm 0,6 \text{ ‰}$  e para herbívoros domésticos foi de  $-20,8 \pm 0,5 \text{ ‰}$ . Para omnívoros o valor médio de  $\delta^{13}\text{C}$  foi de  $-20,6 \pm 0,7 \text{ ‰}$ . Entre os rebanhos domésticos, as cabras apresentaram valores mais positivos de  $\delta^{13}\text{C}$  ( $\bar{x} = -20,2 \pm 0,1 \text{ ‰}$ ) do que o restante dos rebanhos domésticos (bovinos,  $\bar{x} = -21,0 \pm 0,5 \text{ ‰}$ , ovelhas,  $\bar{x} = -21,0 \pm 0,3 \text{ ‰}$ , suínos,  $\bar{x} = -20,6 \pm 0,7 \text{ ‰}$ ). Entre os rebanhos domésticos, o valor médio de  $\delta^{15}\text{N}$  para a Camada 4 foi de  $5,8 \pm 0,6 \text{ ‰}$ . Os herbívoros selvagens apresentaram o valor médio para o  $\delta^{15}\text{N}$  de  $5,0 \pm 0,4 \text{ ‰}$ , os herbívoros domésticos de  $5,8 \pm 0,6 \text{ ‰}$  e os omnívoros de  $6,0 \pm 0,6 \text{ ‰}$ . Em comparação com os herbívoros selvagens, as ovelhas apresentaram o maior enriquecimento de  $\delta^{15}\text{N}$  entre os rebanhos domésticos (1,3‰), seguidos pelos suínos (1‰), bovinos (0,8‰) e cabras (0,5‰).

Para o Calcolítico Inicial (Camada 3) o valor médio de  $\delta^{13}\text{C}$  foi de  $-21,2 \pm 0,4 \text{ ‰}$ . Para os herbívoros selvagens o valor médio de  $\delta^{13}\text{C}$  foi de  $-21,6 \pm 0,5 \text{ ‰}$ , para os herbívoros domésticos de  $-21,2 \pm 0,3 \text{ ‰}$  e para os omnívoros de  $-21,1 \pm 0,5 \text{ ‰}$ .

Os rebanhos domésticos apresentaram valores de  $\delta^{13}\text{C}$  muito semelhantes (bovinos:  $\bar{x} = -21,3 \pm 0,3 \text{ ‰}$ , ovinos:  $\bar{x} = -21,2 \pm 0,4 \text{ ‰}$ , suínos:  $\bar{x} = -21,1 \pm 0,5 \text{ ‰}$ , caprinos:  $-20,8 \text{ ‰}$ ). Em relação aos valores de  $\delta^{15}\text{N}$ , o valor médio para a Camada 3 foi de  $5,2 \pm 0,7 \text{ ‰}$ . Os herbívoros selvagens apresentaram o valor médio de  $\delta^{15}\text{N}$  de  $4,6 \pm 0,5 \text{ ‰}$ , os herbívoros domésticos de  $5,4 \pm 0,7 \text{ ‰}$  e os omnívoros  $5,24 \pm 0,5 \text{ ‰}$ .

As ovelhas apresentaram os valores mais enriquecidos de  $\delta^{15}\text{N}$  em comparação aos herbívoros selvagens (0,9‰), seguidos pelos bovinos (0,7‰), suínos (0,6‰) e finalmente as cabras (0,3‰).

Se compararmos o valor médio de  $\delta^{13}\text{C}$  e  $\delta^{15}\text{N}$  dos rebanhos domésticos em ambas as fases, a diferença é de 0,5 ‰ para  $\delta^{13}\text{C}$  e 0,6 ‰ para  $\delta^{15}\text{N}$  (Fig. 4 e Fig. 5). Entre os rebanhos domésticos, foi documentado um ligeiro enriquecimento dos valores de  $\delta^{13}\text{C}$  na Camada 4 em comparação com a Camada 3: cabras 0,7 ‰, suínos 0,5 ‰, ovelhas e bovinos 0,3 ‰. Os valores de  $\delta^{15}\text{N}$  também apresentam valores mais enriquecidos na Camada 4 em relação à Camada 3: ovelhas 0,8 ‰, suínos 0,7 ‰, cabras 0,6 ‰ e bovinos 0,5 ‰.

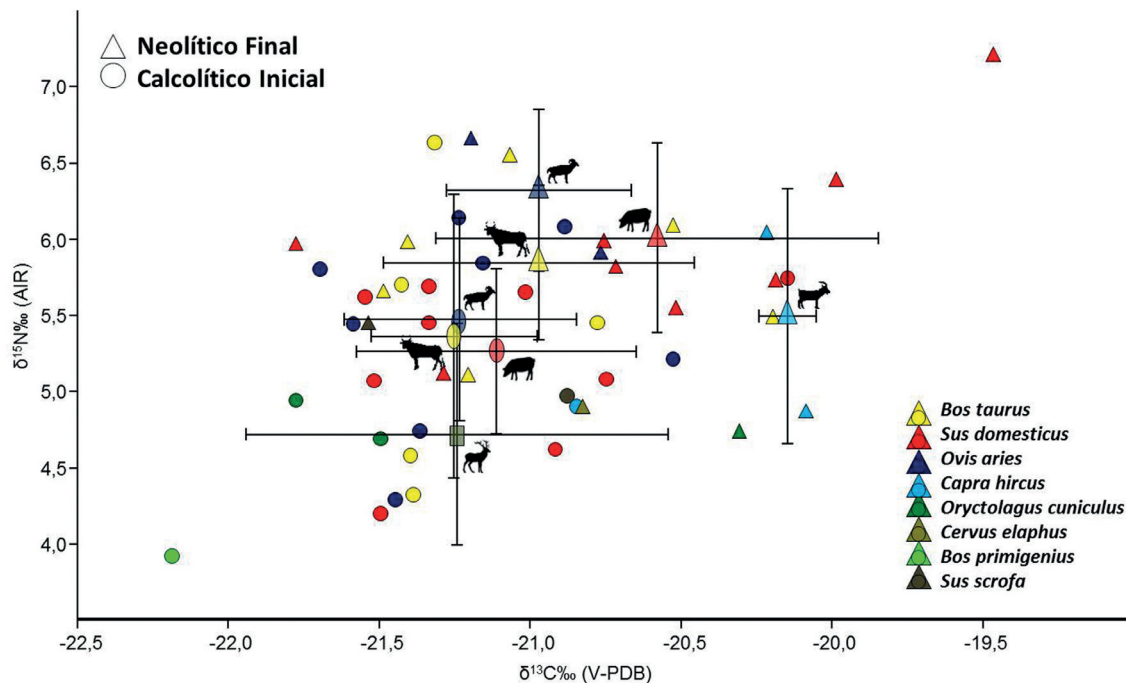


Fig. 4 – Resultados dos valores de  $\delta^{13}\text{C}$  e  $\delta^{15}\text{N}$ , comparação das médias e desvio padrão de  $\delta^{13}\text{C}$  e  $\delta^{15}\text{N} \pm 1\sigma$  dos restos faunísticos de Leceia das Camadas 4 e 3. Média e desvio padrão por espécie animal.

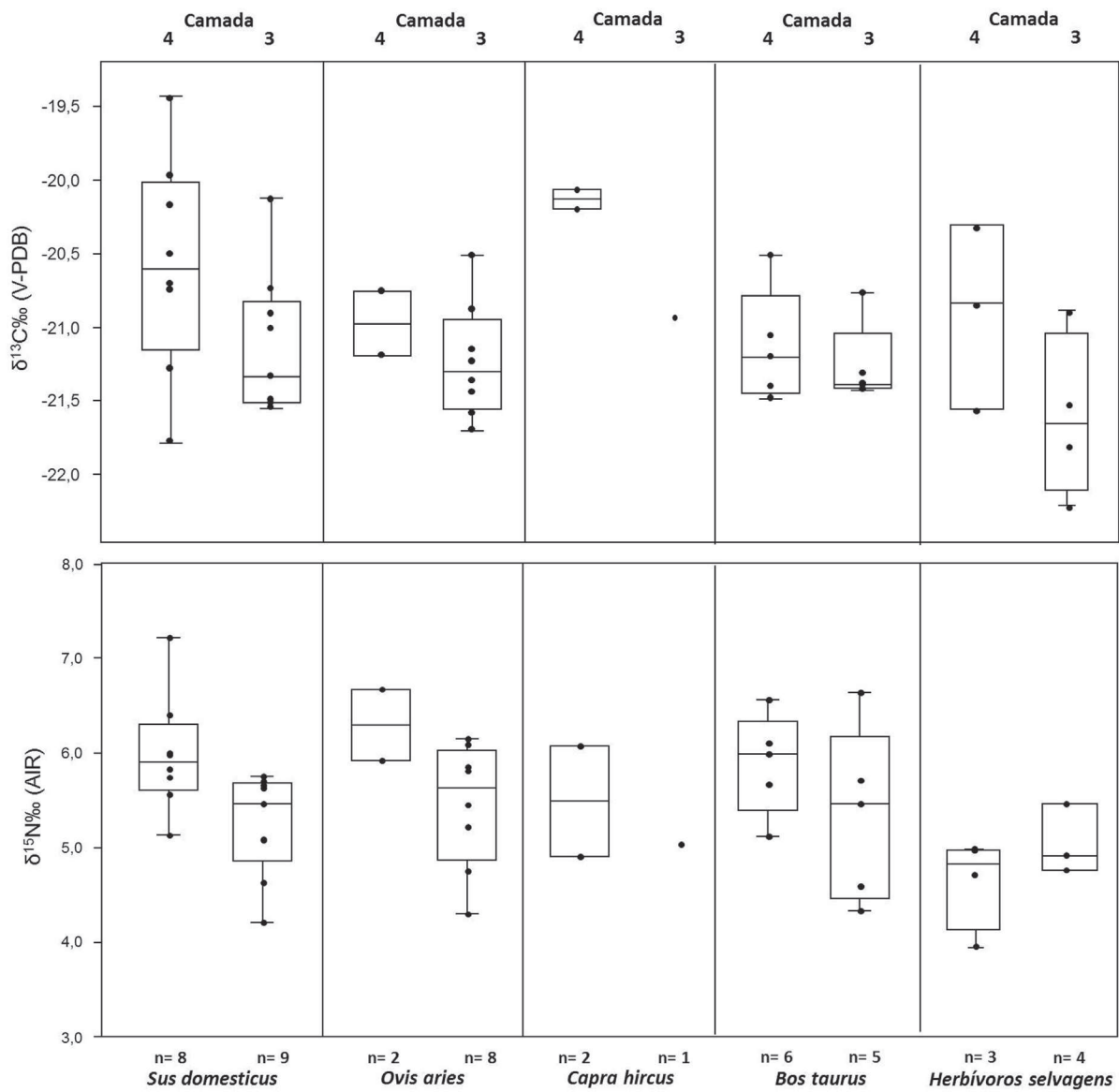


Fig. 5 – Box Plot dos valores de  $\delta^{13}\text{C}$  e  $\delta^{15}\text{N}$  das Camadas 3 e 4 do povoado de Leceia.

## 7 – DISCUSSÃO

Os resultados dos valores de  $\delta^{13}\text{C}$  nos restos faunísticos estudados mostram que a maior parte da proteína destes animais foi obtida a partir de uma rede alimentar baseada em plantas do tipo  $\text{C}_3$ . Durante o início do Holocénico, a paisagem mediterrânica perto do povoado de Leceia pode ter sido dominada por florestas de caducifólias, coníferas intercaladas por áreas abertas, como pastagens cobertas por plantas herbáceas (CARDOSO, 1997; QUEIROZ & LEEUWAARDEN, 2004), compaginadas pela forte presença da oliveira, nas áreas mais próximas do povoado (MONTEIRO & CARDOSO, 2019). Os valores de  $\delta^{13}\text{C}$  obtidos nas amostras de fauna sugerem ambiente terrestre dominado por plantas do tipo  $\text{C}_3$  de ambientes abertos (DENIRO & EPSTEIN, 1978; O'LEARY, 1988), com exceção dos valores de  $\delta^{13}\text{C}$  registados num auroque (*Bos primigenius*),

que foram inferiores em comparação com o restante dos indivíduos analisados, e que podem ser atribuídos a ambientes florestais densos com efeito de canópia (O'LEARY, 1981; TIESZEN, 1991). Na Camada 4, os suínos apresentaram a maior variação nos valores de  $\delta^{13}\text{C}$ , sugerindo acesso a diferentes recursos vegetais e/ou recursos vegetais de diferentes ambientes.

Com base nos resultados dos valores de  $\delta^{13}\text{C}$  obtidos nas espécies selvagens e considerando que a vegetação disponível é a mesma nos dois períodos cronológicos, é possível observar uma ligeira diferença entre a Camada 4 e a Camada 3. Os valores de  $\delta^{13}\text{C}$  são ligeiramente superiores na Camada 4, o que sugere um clima mais árido durante o Neolítico Final. Essa diferença sugere que as plantas estariam em maior stress hídrico durante esse período (AMBROSE & NORR, 1993).

Na Camada 4 foi registado um porco com uma assinatura isotópica diferente, sugerindo a origem não local deste indivíduo. Os valores de  $\delta^{13}\text{C}$  registados próximos a -19‰ poderiam indicar a presença de vegetação seca ou resistente à seca (FILELLA & PEÑUELAS, 2003). Esta evidência é compatível com a presença de objetos confeccionados em matérias-primas exógenas, consequência do desenvolvimento de redes de intercâmbio de longa distância desde o final do 4.º milénio a.C. (CARDOSO, 2003). Também Wright *et al.* (2019) documentaram gado não local nos níveis do Calcolítico Inicial. A proveniência não local e o movimento de rebanhos também foram documentados em locais contemporâneos de Leceia, como o Zambujal (WATERMAN *et al.*, 2014, 2016b; WRIGHT *et al.*, 2019) ou Perdigões (ŽALAITĖ *et al.*, 2018).

Em ambas as camadas, os valores de  $\delta^{13}\text{C}$  e  $\delta^{15}\text{N}$  foram diferentes entre rebanhos de ovelhas e de cabras. Estas diferenças podem ser explicadas pelos hábitos alimentares distintos destas espécies. Hodgson *et al.* (1991) e Dumont (1997) sugerem em que as ovelhas possuem maior facilidade em incluir plantas não herbáceas na sua dieta. Os diferentes tipos de dieta poderiam explicar as diferenças nos valores isotópicos entre ambas as espécies, também influenciadas pelas necessidades fisiológicas (VAIGLOVA *et al.*, 2014), e pelos seus hábitos de pastoreio (NAVARRETE *et al.*, 2019).

Em relação aos valores de  $\delta^{15}\text{N}$ , o valor médio em animais domésticos foi superior ao valor médio registado em animais selvagens. Esta diferença pode refletir a introdução de plantas cultivadas na dieta dos animais domésticos (BOGAARD *et al.*, 2007). Entre os rebanhos de herbívoros domésticos foi registada variabilidade dos valores de  $\delta^{15}\text{N}$  que poderia indicar o consumo de plantas fertilizadas com estrume principalmente para os animais com valores mais elevadas de  $\delta^{15}\text{N}$  (BOGAARD *et al.*, 2007; YOUSFI *et al.*, 2010; MAKAREWICZ, 2014). Os valores de  $\delta^{15}\text{N}$  podem variar devido a fatores como a frequência de fertilização e o tipo de fertilizante utilizado (FRASER *et al.*, 2011; SZPAK, 2014). Além disso, o aumento de  $^{15}\text{N}$  não é uniforme em todas as partes da planta, sendo mais perceptível nas sementes do que no caule (BOGAARD *et al.*, 2007, 2013). Assim, os valores de enriquecimento em  $^{15}\text{N}$  documentados nos rebanhos herbívoros domésticos do povoado de Leceia sugerem a possibilidade de acesso dos animais a campos fertilizados, bem como o consumo de subprodutos agrícolas. Estas práticas de gestão de rebanhos também foram documentadas na Península Ibérica durante o Neolítico e o Calcolítico (WATERMAN *et al.*, 2016a, 2016b; ŽALAITĖ *et al.*, 2018; VILLALBA-MOUCO *et al.*, 2018; NAVARRETE *et al.*, 2023).

A presença de vários indivíduos bovinos e ovinos com valores de  $\delta^{15}\text{N}$  mais enriquecidos, em ambas as camadas, pode também sugerir o fornecimento de forragem em contínuo durante tempos longos. Esta estratégia alimentar poderá estar relacionada com o interesse económico da produção de leite e/ou do trabalho de tração associado a estas espécies. Esta hipótese pode ser apoiada pelos resultados dos padrões de mortalidade, que associam os bovinos à produção de leite, carne e tração, e as ovelhas à produção de leite e carne (CARDOSO & DETRY, 2002).

No caso dos suínos, como animais omnívoros e oportunistas, os valores de  $\delta^{15}\text{N}$  podem provir tanto de proteínas animais como vegetais. A diversidade nos valores de  $\delta^{15}\text{N}$  dos suínos selvagens (javali) e domésticos (porco) sugere que a dieta pode ter incluído subprodutos vegetais, animais e agrícolas. Os porcos criados em sistemas semi-abertos obteriam a maior parte dos seus nutrientes a partir de plantas disponíveis, embora isto não exclua algum consumo ocasional de pequenos animais, insetos, vermes e restos de comida (HAMILTON & THOMAS, 2012). Por outro lado, valores elevados de  $\delta^{15}\text{N}$  em alguns porcos podem indicar um certo grau de influência do fertilizante, transferido para o colagénio dos suínos através do consumo de subprodutos agrícolas e resíduos animais. Isso poderia resultar em valores mais elevados de  $\delta^{15}\text{N}$  em comparação com os herbívoros selvagens locais. Interpretações semelhantes foram propostas para porcos pré-históricos possivelmente criados em ambientes domésticos com uma dieta predominantemente herbívora (BALASSE *et al.* 2016; WATERMAN *et al.*, 2016; NAVARRETE *et al.*, 2017, 2023), bem como para porcos modernos criados em comunidades com práticas agrícolas tradicionais (HADJIKOUMIS, 2012).

Por fim, se comparando ambas as fases cronológicas, observa-se um ligeiro empobrecimento dos valores de  $\delta^{13}\text{C}$  e  $\delta^{15}\text{N}$  na Camada 3 (Calcolítico Inicial) em comparação com a Camada 4 (Neolítico Final), provavelmente associado a dois fatores: uma mudança nas condições climáticas e ambientais e, conseqüentemente, a uma mudança nas plantas disponíveis para consumo animal; e uma mudança nas zonas de pastagem. Além disso, o aumento da complexidade social, bem como as mudanças construtivas do povoado de Leceia e a abertura de campos de cultivo durante a transição do 4.º para o 3.º milénio a.C. podem ter sido consequência de alterações nas áreas de pastagem dos rebanhos domésticos. Alterações semelhantes no empobrecimento dos valores de  $\delta^{13}\text{C}$  e  $\delta^{15}\text{N}$  em colagénio ósseo de caprinos, ao longo do 3.º e 2.º milénios a.C. foram documentadas no Zambujal, onde foram atribuídas a mudanças ecológicas relacionadas com atividades antropogénicas, tais como mudanças nas práticas agrícolas, e flutuações climáticas relacionadas ao aumento da precipitação (WATERMAN *et al.*, 2016b).

As práticas pecuárias mantiveram as estratégias de exploração (CARDOSO & DETRY, 2002), observando-se a manutenção da estrutura dos rebanhos durante estes dois períodos. A semelhança das práticas e estratégias pecuárias em ambos os períodos pode indicar que desde o Neolítico Final a pecuária foi uma atividade consolidada nas estratégias económicas no ocidente da Península Ibérica. A presença de animais domésticos não locais e a inclusão de animais domésticos em redes de troca de média e longa distância (CARDOSO, 2003; WATERMAN *et al.*, 2014, 2016b; WRIGHT *et al.*, 2019) seria assim um fator-chave no desenvolvimento da complexidade socio-económica e política ocorrida no final do 4.º milénio a.C.

## 8 – CONCLUSÕES

As práticas pecuárias desempenharam um papel essencial nas estratégias sócio-económicas do povoado de Leceia na transição do 4.º para o 3.º milénio a.C. As espécies domésticas (bovinos, suínos, ovelhas e cabras) apresentaram percentagens elevadas de representatividade em relação às espécies selvagens. Os resultados da análise isotópica estável de  $\delta^{13}\text{C}$  nos restos faunísticos da Camada 4 (Neolítico Final) e Camada 3 (Calcolítico Inicial) sugerem uma paisagem composta por diversos biótopos, desde áreas abertas, como pastagens, até florestas de caducifólias. Os resultados dos valores de  $\delta^{13}\text{C}$  e  $\delta^{15}\text{N}$  dos rebanhos domésticos sugerem acesso a diferentes áreas de pastagens e/ou campos fertilizados entre os rebanhos, bem como o possível fornecimento de forragem a alguns bovinos e ovelhas. A presença de indivíduos com diferentes assinaturas isotópicas classificados como não locais indicaria a complexidade dos sistemas sócio-económicos e a inclusão de animais domésticos nas redes de troca estabelecidas desde o final do 4.º milénio a.C.

## AGRADECIMENTOS

A investigação foi realizada no âmbito do projeto CEECIND/03351/2020 (Fundação para a Ciência e a Tecnologia, Portugal). Este trabalho foi financiado pela Fundação para a Ciência e a Tecnologia através dos projetos UIDB/04449/2020, UIDP/04449/2020, e LA/P/0132/2020. Os autores gostariam de agradecer ao Doutor Pau Comes (ICTA-UAB) pela sua ajuda no processamento dos dados do IRMS.

## BIBLIOGRAFIA

- AMBROSE, S. H. (1990) – Preparation and characterization of bone and tooth collagen for isotopic analysis. *Journal of Archaeological Science*. 17, p. 431–451.
- AMBROSE, S. H. & NORR, L. (1993) – Experimental evidence for the relationship of the carbon isotope ratios of whole diet and dietary protein to those of bone collagen and carbonate. In LAMBERT, J. B. & GRUPE, G. (eds.), *Prehistoric Human Bone-Archaeology at the Molecular Level. Prehistoric Human Bone*. Springer, Berlin, p. 1–37.
- BALASSE, M.; BALASESCU, A.; TORNERO, C.; FRÉMONDEAU, D.; HOVSEPYAN, R.; GILLIS, R. & POPOVICI, D. (2015) – Investigating the scale of herding in chalcolithic pastoral communities settled by the Danube river in the 5th millennium BC: a case study at Bordusani-Popina and Hârsova-tell (Romania). *Quaternary International*. 436, p. 29-40.
- BALASSE, M.; EVIN, A.; TORNERO, C.; RADU, V.; FIORILLO, D.; POPOVICI, D.; ANDREESCU, R.; DOBNEY, K.; CUCCHI, T. & BĂLĂȘESCU, A. (2016) – Wild, domestic and feral? Investigating the status of suids in the Romanian Gumelnița (5th mil. cal BC) with biogeochemistry and geometric morphometrics. *Journal of Anthropological Archaeology*. 42, p. 27-36.
- BOGAARD, A.; HEATON, T. H.; POULTON, P. & MERBACH, I. (2007) – The impact of manuring on nitrogen isotope ratios in cereals: archaeological implications for the reconstruction of diet and crop management practices. *Journal of Archaeological Science*. 34, p. 335-343.
- BOGAARD, A.; FRASER, R.; HEATON, T. H.; WALLACE, M.; VAIGLOVA, P.; CHARLES, M.; JONES, G.; EVERSLED, R.; STRYRING, A.; ANDERSEN, N.; ARBOGAST, R. M.; BARTOSIEWICZ, L.; GARDEISEN, A.; KANSTRUP, M.; MAIER, U.; MARINOVA, E.; NINOV, L.; SCHÄFER, M. & STEPHAN, E. (2013) – Crop manuring and intensive land management by Europe’s first farmers. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 110, p. 12589-12594
- BROWN, T. A.; NELSON, E. E.; VOGEL, S. J. & SOUTHON, J. R. (1988) – Improved collagen extraction by modified Longin method. *Radiocarbon*. 30, p. 171-177.
- CABAÇO, N. (2010) – Restos faunísticos em contexto do Neolítico final do Sector Q do recinto dos Perdígões (Reguengos de Monsaraz). *Apontamentos de Arqueologia e Património*. Lisboa. 5, p. 27-30.
- CARDOSO, J. L. (2000) – The fortified site of Leceia (Oeiras) in the context of the Chalcolithic in Portuguese Estremadura. *Oxford Journal of Archaeology*. 19 (1), p. 37-55.
- CARDOSO, J. L. & DETRY, C. (2002) – Estudo arqueozoológico dos restos de ungulados do povoado pré-histórico de Leceia (Oeiras). *Estudos Arqueológicos de Oeiras*. Oeiras. 10, p. 131–182.
- CARDOSO, J. L. (1997) – *O povoado de Leceia sentinela do Tejo no terceiro milénio antes Cristo*. Instituto Português de Museus.
- CARDOSO, J. L. (2003) – O comércio de matérias-primas de origem geológica dos meados do VI milénio a.C. aos finais do III milénio a.C., no Ocidente peninsular: breve ensaio. *Boletim da Sociedade de Geografia de Lisboa*. Lisboa. 121, p. 91–106.

- CARDOSO, J. L. (2007) – *Pré-História de Portugal*. Lisboa: Universidade Aberta.
- CARDOSO, J. L. (2010) – Povoado pré-histórico de Leceia (Oeiras): evolução arquitectónica do sistema defensivo e das técnicas construtivas correlativas. In GONÇALVES, V. S. (ed.), *Transformação e Mudança no centro e sul de Portugal: o 4.º e o 3.º milénios a.n.e.* (Cascais, 2005). Actas. Câmara Municipal de Cascais, p. 43-63.
- CARDOSO, J. L. (2014) – Absolute chronology of the Beaker phenomenon North of the Tagus estuary: demographic and social implications. *Trabajos de Prehistoria*. Madrid. 71 (1), p. 56-75.
- CARDOSO, J. L. (2017) – O povoamento campaniforme em torno do estuário do Tejo: cronologia, economia e sociedade. In GONÇALVES, V. S. (ed.), *Sinos e taças junto ao oceano e mais longe, aspectos da presença campaniforme na Península Ibérica*. Lisboa: Centro de Arqueologia da Universidade de Lisboa, p. 126-141 (Estudos & Memórias 10).
- CARDOSO, J. L. (2022) – *O povoado pré-histórico de Leceia cinquenta anos de trabalhos arqueológicos (1972-2022)*. Oeiras: Câmara Municipal de Oeiras (Estudos Arqueológicos de Oeiras, 31).
- CARDOSO, J. L. (2023) – Mineração, circulação e transformação de produtos geológicos não metálicos no Neolítico e no Calcolítico do ocidente peninsular. *Estudos Arqueológicos de Oeiras*. Oeiras. 33, p. 169-252.
- CORREIA, F. (2015) – *O Castro da Columbeira (Bombarral): A Exploração dos Recursos Faunísticos no Calcolítico Estremenho*. Dissertação de Mestrado. Universidade do Algarve, Portugal.
- DAVIS, S. & MATALOTO, R. (2012) – Animal remains from chalcolithic São Pedro (Redondo, Alentejo): evidence for a crisis in the Mesolithic. *Revista Portuguesa de Arqueologia*. Lisboa. 15, p. 47-85.
- DENIRO, M. J. (1985) – Postmortem preservation and alteration of in vivo bone collagen isotope ratios in relation to palaeodietary reconstruction. *Nature*. 317(6040), p. 806-809.
- DENIRO, M. J. & EPSTEIN, S. (1978) – Influence of diet on the distribution of carbon isotopes in animals. *Geochimica et Cosmochimica Acta*. 42, p. 495-506.
- DRIESCH, A. & BOESSNECK, J. (1976) – *Die fauna vom Castro do Zambujal*. München: Institut für Palaeoanatomie, Domestikationsforschung und Geschichte der Tiermedizin der Universität München.
- DUMONT, B. (1997) – Diet preferences of herbivores at pasture. *Annales de zootechnie*. 46-2, p. 105-116.
- FILELLA, I. & PEÑUELAS, J. (2003) – Partitioning of water and nitrogen in co-occurring Mediterranean woody shrub species of different evolutionary history. *Oecologia*. 137, p. 51-61.
- FRASER, R. A.; BOGAARD, A.; HEATON, T.; CHARLES, M.; JONES, G.; CHRISTENSEN, B. T.; HALSTEAD, P.; MERBACH, I.; POULTON, P.; SPARKES, D. & STYRING, A. K. (2011) – Manuring and stable nitrogen isotope ratios in cereals and pulses: towards a new archaeobotanical approach to the inference of land use and dietary practices. *Journal of Archaeological Science*. 38, p. 2790-2804.
- GUIRY, E.; HILLIER, M.; BOAVENTURA, R.; SILVA, A.; OOSTERBEEK, L.; TOMÉ, T.; VALERA, A.; CARDOSO, J. L.; HEPBURN, J. C. & RICHARDS, M. (2016) – The transition to agriculture in south-western Europe: New isotopic insights from Portugal's Atlantic coast. *Antiquity*. 90(351), p. 604-616.
- GONÇALVES, V.S.; SOUSA, A. C. & COSTEIRA, C. (2013) – Walls, gates and towers. Fortified settlements in the south and centre of Portugal: some notes about violence and walls in the 3rd millenium BC. *Cuadernos de Prehistoria y Arqueologia de la Universidad de Granada*. 23, p. 35-97.
- GONÇALVES, V. S. (2000) – O trigo, o cobre, a lã e o leite: um guia bibliográfico e uma curta introdução às sociedades camponesas da primeira metade do 3.º milénio no centro e sul de Portugal. *Zephyrus*. Salamanca. 53-54, p. 273-292.
- HADJIKOUMIS, A. (2012) – Traditional pig herding practices in Southwest Iberia: questions of scale and zooarchaeological implications. *Journal of Anthropological Archaeology*. 31(3), p. 353-364.

- HAMILTON, J. & THOMAS, R. (2012) – Pannage, pulses and pigs: isotopic and zooarchaeological evidence for changing pig management practices in later Medieval England. *Medieval Archaeology*. 56, p. 234-259.
- HAMMOND, C. & O'CONNOR, T. (2013) – Pig diet in medieval York: carbon and nitrogen stable isotopes. *Archaeological and Anthropological Sciences*. 5, p. 123–127.
- HODGSON, J.; FORBES, T. D. A.; ARMSTRONG, R. H.; BEATTIE, M. M. & HUNTER, E. A. (1991) – Comparative studies of the ingestive behaviour and herbage intake of sheep and cattle grazing indigenous hill plant communities. *Journal of Applied Ecology*. p. 205-227.
- JORGE, S. O. (2000) – Domesticating the land: the first agricultural communities in Portugal. *Journal of Iberian Archaeology*. Porto. 2, p. 43-98.
- LONGIN, R. (1971) – New method of collagen extraction for radiocarbon dating. *Nature*. 230 (5291), p. 241–242.
- MADGWICK, R.; MULVILLE, J. & STEVENS, R. E. (2012) – Diversity in foddering strategy and herd management in late Bronze Age Britain: an isotopic investigation of pigs and other fauna from two midden sites. *Environmental Archaeology*. 17(2), p. 126–140.
- MAKAREWICZ, C. A. (2014) – Winter pasturing practices and variable fodder provisioning detected in nitrogen ( $\delta^{15}\text{N}$ ) and carbon ( $\delta^{13}\text{C}$ ) isotopes in sheep dentinal collagen. *Journal of Archaeological Science*. 41, p. 502-510.
- MINAGAWA, M.; MATSUI, A. & ISHIGURO, N. (2005) – Patterns of prehistoric boar *Sus scrofa* domestication, and interisland pig trading across the East China Sea, as determined by carbon and nitrogen isotope analysis. *Chemical Geology*. 218(1-2), p. 91-102.
- MONTEIRO, P. D. & CARDOSO, J. L. (2019) – Contributo para o conhecimento do coberto vegetal no decurso do 3.º milénio a.C. na egião de Oeiras: resultados dos estudos antracológicos de Leceia. *Estudos Arqueológicos de Oeiras*. Oeiras. 25, p. 75-86.
- MORENO-GARCÍA, M. & SOUSA, A. C. (2013) – A exploração de recursos Final, faunísticos no Penedo do Lexim (Mafra) durante no Neolítico Final. In: GONÇALVES, V. S.; DINIZ, M. & SOUSA, A. C. (Eds.), *5º Congresso do Neolítico Peninsular*. Cascais: Câmara Municipal de Cascais, p. 67-76.
- MÜLDNER, G. & RICHARDS, M. P. (2005) – Fast or feast: reconstructing diet in later medieval England by stable isotope analysis. *Journal of Archaeological Science*. 32(1), p. 39-48.
- NAVARRETE, V.; COLONESE, A. C.; TORNERO, C.; ANTOLÍN, F.; VON TERSCH, M.; SUBIRÀ, E.; COMES, P.; ROSELL-MELÉ, A. & SAÑA, M. (2017) – Feeding management strategies among the early Neolithic pigs in the NE of the Iberian Peninsula. *International Journal of Osteoarchaeology*. 27(5), p. 839-852.
- NAVARRETE, V.; TORNERO, C.; BALASSE, M. & SAÑA, M. (2019) – Food management of early introduced caprine and bovine herds in the early Neolithic site of La Draga (Banyoles): An isotopic approach. *International Journal of Osteoarchaeology*. 29, p. 986-998.
- NAVARRETE, V.; VIÑERTA, A.; CLEMENTE-CONTE, I.; GASSIOT BALLBÈ, E.; REY LANASPA, J. & SAÑA, M. (2023) – Early husbandry practices in highland areas during the Neolithic: the case of Coro Trasito cave (Huesca, Spain). *Frontiers in Environmental Archaeology*. 2, p. 1309907.
- NAVARRETE, V.; SIERRA, A.; ALCÀNTARA, R.; CAMALICH, M. D.; MARTÍN-SOCAS, D. & SAÑA, M. (Accepted) – Integrative approaches to the study of animal management practices during the Neolithic of South Iberian Peninsula: the case of El Toro cave (Antequera, Málaga, Spain). *Archaeological and Anthropological Sciences*.
- O'LEARY, M. H. (1981) – Carbon isotope fractionation in plants. *Phytochemistry*. 20(4), p. 553-567.
- O'LEARY, M. H. (1988) – Carbon isotopes in photosynthesis: fractionation techniques may reveal new aspects of carbon dynamics in plants. *Bioscience*. 38, p. 328-336.
- PECHENKINA, E. A.; AMBROSE, S. H.; XIAOLIN, M. & BENFER, R. A. (2005) – Reconstructing northern Chinese Neolithic subsistence practices by isotopic analysis. *Journal of Archaeological Science*. 32(8), p. 1176-1189.



- QUEIROZ, P. & VAN LEEUWAARDEN, W. (2004) – Estudos de Arqueobotânica no Concheiros de São Julião (Maфра). São Julião, Núcleo C do Concheiro Pré-Histórico. *Cadernos de Arqueologia de Maфра*. Maфра. 2, p. 117-134.
- SOARES, A. M. M. & CARDOSO, J. L. (1995) – Cronologia absoluta para as ocupações do Neolítico Final e do Calcolítico Inicial do povoado pré-histórico de Leceia (Oeiras). *Estudos Arqueológicos de Oeiras*. Oeiras. 5, p. 263-276.
- SZPAK, P. (2014) – Complexities of nitrogen isotope biogeochemistry in plant–soil systems: implications for the study of ancient agricultural and animal management practices. *Frontiers in Plant Science*. 5, p. 288.
- TIESZEN, LL. (1991) – Natural variations in the carbon isotope values of plants: Implications for archaeology, ecology, and paleoecology. *Journal of Archaeological Science*. 18, p. 227-248.
- VAIGLOVA, P.; BOGAARD, A.; COLLINS, M.; CAVANAGH, W.; MEE, C. & RENARD, J. (2014) – An integrated stable isotope study of plants and animals from Kouphovouno, southern Greece: a new look at Neolithic farming. *Journal of Archaeological Science*. 42, p. 201-215.
- VALENTE, M. J. & CARVALHO, A. F. (2014) – Zooarchaeology in the Neolithic and Chalcolithic of Southern Portugal. *Environmental Archaeology*. 19 (3), p. 226-240.
- VALENTE, M. J. (2013) – Moinho de Valadares, Mourão. Estudo da fauna mamalógica das sondagens 1, 2 e 3 (Campanha de 1999). In: VALERA, A.C. (Ed.), *As sociedades agropastoris na margem esquerda do Guadiana (2 a metade do IV aos inícios do II milénio AC)*. EDIA/DRCALEN, p. 353-360.
- VALERA, A. C. (2009) – Cosmological bonds and settlement aggregation processes during late Neolithic and Copper Age in South Portugal. In THURSTON, T. L. & SALISBURY, R. B. (eds.), *Reimagining Regional Analyses: The Archaeology of Spatial and Social Dynamics*. Newcastle: Cambridge Scholars Publishing. p. 234-65.
- VAN KLINKEN, G. J. (1999) – Bone collagen quality indicators for palaeodietary and radiocarbon measurements. *Journal of Archaeological Science*. 26, p. 687–695
- VILLALBA-MOUCO, V.; UTRILLA, P.; LABORDA, R.; LORENZO, J. I.; MARTÍNEZ-LABARGA, C. & SALAZAR-GARCÍA, D. C. (2018) – Reconstruction of human subsistence and husbandry strategies from the Iberian Early Neolithic: A stable isotope approach. *American Journal of Physical Anthropology*. 167(2), p. 257-271.
- WATERMAN, A. J.; PEATE D. W.; SILVA A. M. & AND THOMAS, J. T. (2014) – In Search of Homelands: Using Strontium Isotopes to Identify Biological Markers of Mobility in Late Prehistoric Portugal. *Journal of Archaeological Science*. 42, p. 119-12.
- WATERMAN, A. J.; TYKOT, R. H. & SILVA, A. M. (2016a) – Stable isotope analysis of diet-based social differentiation at late prehistoric collective burials in south-western Portugal. *Archaeometry*. 58 (1), p. 131-151.
- WATERMAN, A. J.; LILLIOS, K. T.; TYKOT, R. H. & KUNST, M. (2016b) – Environmental change and economic practices between the third and second millennia BC using isotope analyses of ovicaprid remains from the archeological site of Zambujal (Torres Vedras), Portugal. *Journal of Archaeological Science: Reports*. 5, p. 181-189.
- WRIGHT, E.; WATERMAN, A. J.; PEATE, D. W.; KUNST, M.; CARDOSO, J. L. & DETRY, C. (2019) – Animal mobility in Chalcolithic Portugal: Isotopic analyses of cattle from the sites of Zambujal and Leceia. *Journal of Archaeological Science: Reports*. 24, p. 804-814.
- YOUSFI, S.; SERRET, M. D.; VOLTAS, J. & ARAUS, J. L. (2010) – Effect of salinity and water stress during the reproductive stage on growth, ion concentrations,  $\Delta^{13}C$ , and  $\delta^{15}N$  of durum wheat and related amphiploids. *Journal of Experimental Botany*. 61, p. 3529-3542.
- ŽALAITĖ, I.; MAURER, A.F.; GRIMES, V.; SILVA, A. M.; RIBEIRO, S.; SANTOS, J. F.; BARROCAS DIAS, C. & VALERA, A. C. (2018) – Diet and mobility of fauna from Late Neolithic-Chalcolithic site of Perdigões, Portugal. *Journal of Archaeological Science: Reports*. 19, p. 674-685.