

Universidade de Évora - Escola de Ciências e Tecnologia

Mestrado em Engenharia Zootécnica

Dissertação

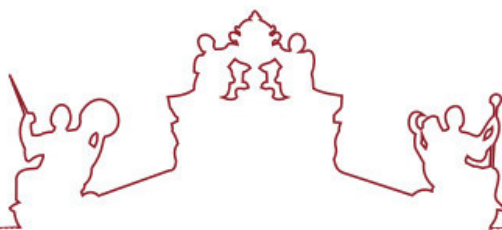
**Impacto da gestão da pastagem nas movimentações de
bovinos de carne em regime extensivo: estudo de caso**

Giulia Perin Sanches

Orientador(es) | Maria Isabel Ferraz de Oliveira

Évora 2025





Universidade de Évora - Escola de Ciências e Tecnologia

Mestrado em Engenharia Zootécnica

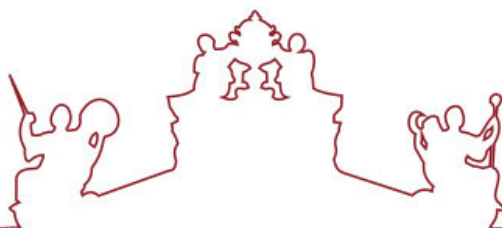
Dissertação

**Impacto da gestão da pastagem nas movimentações de
bovinos de carne em regime extensivo: estudo de caso**

Giulia Perin Sanches

Orientador(es) | **Maria Isabel Ferraz de Oliveira**

Évora 2025



A dissertação foi objeto de apreciação e discussão pública pelo seguinte júri nomeado pelo Diretor da Escola de Ciências e Tecnologia:

Presidente | José Manuel Martins (Universidade de Évora)

Vogais | Elvira Sales-Baptista (Universidade de Évora) (Arguente)
Maria Isabel Ferraz de Oliveira (Universidade de Évora) (Orientador)

(Esta página foi deixada propositalmente em branco)

Agradecimentos

Este trabalho representa o culminar de uma jornada intensa e desafiadora, que só foi possível graças ao apoio e à colaboração de muitas pessoas, às quais gostaria de expressar a minha mais profunda gratidão.

Primeiramente, quero agradecer aos meus pais pelo seu apoio incondicional. Sem a vossa fé em mim e o vosso encorajamento constante, este sonho não teria sido possível. Obrigada por estarem sempre ao meu lado, a oferecer amor e suporte em todos os momentos. À minha irmã, agradeço por todo o apoio e carinho. A tua presença e incentivo deram-me forças para continuar, mesmo nos momentos mais difíceis.

Ao meu namorado Alexandre, agradeço por toda a ajuda e apoio. A tua disponibilidade e prontidão para ajudar-me em cada etapa deste processo foram fundamentais para a realização deste trabalho. Obrigada por acreditares em mim e por seres o meu porto seguro.

À minha amiga Marília, agradeço por estares sempre disponível para me ajudar. A tua amizade e apoio constante foram um pilar de força ao longo desta jornada.

À minha orientadora, Professora Maria Isabel Ferraz de Oliveira, expresso a minha mais sincera gratidão pelo tempo dedicado e pela orientação preciosa ao longo deste projeto. A sua sabedoria e paciência foram essenciais para a concretização desta tese.

Ao André Oliveira, agradeço pela ajuda imprescindível com os dados dos colares GPS. O teu conhecimento e disponibilidade foram vitais para o desenvolvimento deste trabalho.

À Eng. Graça e à D. Margarida, agradeço todo o apoio prestado durante a minha permanência no laboratório. Sem a vossa ajuda e suporte, nada disto teria sido possível.

A todas as pessoas que me ajudaram na recolha de amostras, deixo um agradecimento especial. O vosso contributo foi crucial para a obtenção dos dados necessários e, por isso, sou profundamente grata.

Finalmente, gostaria de expressar o meu agradecimento a todas as demais pessoas que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho. A ajuda e apoio de cada um de vocês foram inestimáveis e serão sempre lembrados com gratidão.

“IMPACTO DA GESTÃO DA PASTAGEM NAS MOVIMENTAÇÕES DE BOVINOS DE CARNE EM REGIME EXTENSIVO: ESTUDO DE CASO”

RESUMO

A presente dissertação investiga o efeito da correção do solo com calcário dolomítico na qualidade das pastagens e na densidade animal em diferentes áreas de um sistema de pastoreio extensivo. O estudo foi realizado numa propriedade rural, onde foram recolhidas amostras de pastagem em três momentos diferentes. As amostras foram analisadas quanto à composição química e ao valor energético, permitindo uma comparação entre as áreas tratadas com calcário dolomítico e as áreas de controlo. Os resultados mostraram que o tratamento com calcário dolomítico promoveu uma tendência positiva de melhorias na disponibilidade de massa forrageira e na qualidade nutricional das pastagens, apresentando uma diminuição da parte fibrosa da pastagem. Além disso, a análise de densidade animal revelou variações entre as diferentes áreas. Conclui-se que o uso de calcário dolomítico pode ser benéfico para a melhoria da pastagem, contudo a resposta ao tratamento pode variar com o tempo e as condições específicas do solo e da vegetação.

Palavras-chave: Calcário Dolomítico; Monitorização de animais em pastoreio; Monitorização de pastagens; Montado; Sistema de posicionamento global.

“THE IMPACT OF PASTURE MANAGEMENT ON THE MOVEMENT OF BEEF CATTLE IN AN EXTENSIVE SYSTEM: A CASE STUDY”

ABSTRACT

This dissertation investigates the effect of dolomitic limestone treatment on pasture quality and animal density in different areas of an extensive grazing system. The study was carried out on a rural property, where pasture samples were taken in three harvests. The samples were analyzed for chemical composition and energy value, allowing a comparison between the areas treated with dolomitic limestone and the control areas. The results showed that the treatment with dolomitic limestone promoted a positive trend towards improvements in biomass availability and the nutritional quality of the pasture, reflected in increases in crude protein and a decrease in the fibrous part of the pasture. In addition, the analysis of animal density revealed variations between the different areas. It can be concluded that the use of dolomitic limestone can be beneficial for improving pasture, although the response to treatment may vary over time and according to the specific conditions of the soil and vegetation.

Keywords: Dolomitic limestone; Monitoring grazing animals; Monitoring pastures; Montado; Global positioning system.

(Esta página foi deixada propositalmente em branco)

ÍNDICE

“IMPACTO DA GESTÃO DA PASTAGEM NAS MOVIMENTAÇÕES DE BOVINOS DE CARNE EM REGIME EXTENSIVO: ESTUDO DE CASO”	IV
RESUMO.....	IV
ABSTRACT	V
ÍNDICE DE TABELAS.....	X
ÍNDICE DE FIGURAS	XI
LISTA DE ABREVIATURAS.....	XIII
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
2.1. REGIÃO MEDITERRÂNICA	3
2.2. SISTEMAS DE PRODUÇÃO ANIMAL.....	5
2.2.1. <i>Diversidade de sistemas de produção animal</i>	5
2.3. SISTEMA EXTENSIVO DE PRODUÇÃO DE BOVINOS DE CARNE	7
2.4. O MONTADO.....	9
2.4.1. <i>Características do sistema agro-silvo-pastoril montado</i>	9
2.5. PASTAGENS MEDITERRÂNICAS SOB MONTADO	10
2.6. IMPORTÂNCIA ECOLÓGICA E ECONÓMICA DO MONTADO	13
2.7. BOVINOS EM PASTOREIO	15
2.7.1. <i>Comportamento de bovinos de carne em pastoreio</i>	15
2.7.2. <i>Monitorização de bovinos em pastoreio</i>	16
2.8. SISTEMA DE POSICIONAMENTO GLOBAL (GPS).....	18
2.8.1. <i>Funcionamento e princípios</i>	18
2.8.2. <i>Utilização de colares de GPS em bovinos de carne - vantagens e desafios</i>	20
3. MATERIAIS E MÉTODOS	24
3.1. CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL DE ESTUDO	24
3.1.1. <i>Pastagem</i>	26
3.1.2. <i>Efectivo pecuário</i>	27
3.2. METODOLOGIA EXPERIMENTAL	28

3.2.1. Correção do solo	28
3.2.2. Delineamento experimental.....	29
3.2.3. Monitorização da pastagem	30
3.2.4. Monitorização das movimentações dos bovinos com colares GPS.....	31
3.2.5. Análise proximal de amostras de pastagem	33
3.2.5.1. Preparação de amostras	33
3.2.5.2. Matéria Seca	34
3.2.5.3. Cinzas Totais.....	35
3.2.5.4. Proteína Bruta	36
3.2.5.5. NDF, ADF e ADL	36
3.2.5.6. Gordura Bruta	39
3.2.6. Disponibilidade de massa forrageira	40
3.2.7. Valor energético da pastagem	41
3.2.7.1. Energia bruta.....	41
3.2.7.2. Energia digestível	41
3.2.7.3. Energia metabolizável	41
3.2.7.4. ENL	41
3.2.7.5. UFL.....	42
3.3. TRATAMENTO ESTATÍSTICO DE RESULTADOS	42
3.3.1. Amostras da pastagem.....	42
3.3.2. Localização dos animais	42
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	45
4.1. MONITORIZAÇÃO DA PASTAGEM	45
4.1.1. Disponibilidade de massa forrageira	45
4.1.2. Composição química	49
4.1.3. Valor energético.....	53
4.1.4. Efeito do tratamento do solo com calcário dolomítico e da copa das árvores na quantidade de massa forrageira disponível	55
4.1.4.1. Composição química da pastagem	61
4.1.4.2. Valor energético da pastagem	69
4.2. UTILIZAÇÃO DO ESPAÇO, PELOS ANIMAIS.....	75

4.2.1. Utilização da cerca - Outono.....	75
4.2.2. Utilização da cerca - Primavera.....	76
4.2.3. Densidade de presenças	76
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	82
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	83

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1: VALORES MÉDIOS DO NASCER DO SOL, PÔR DO SOL, FOTOPERÍODO, PRECIPITAÇÃO E TEMPERATURA DE ACORDO COM A ESTAÇÃO DO ANO, EM MONTEMOR-O-NOVO – ADAPTADO DE: HTTPS://WWW.SUNRISE-AND-SUNSET.COM/PT/SUN/PORTUGAL/MONTEMOR-O-NOVO ; HTTPS://WWW.QUANDOIR.PT	24
TABELA 2: DISPONIBILIDADE DE MASSA FORRAGEIRA DISPONIBILIDADE DE MASSA FORRAGEIRA VERDE (MFV) E MASSA FORRAGEIRA SECA (MFS) PRIMAVERA DE 2023 (3/5/23), NO FINAL DO INVERNO DE 2024 (22/2/24) E NA PRIMAVERA DE 2024 (11/4/24)	45
TABELA 4: VALOR ENERGÉTICO DA PASTAGEM NAS 3 DATAS DE COLHEITAS REALIZADAS (ED – ENERGIA DIGESTÍVEL; EM – ENERGIA METABOLIZÁVEL; ENL – ENERGIA LÍQUIDA; UFL -UNIDADE FORRAGEIRA LEITE)	54
TABELA 5: EFEITO DOS FATORES TRATAMENTO E COPA NA DISPONIBILIDADE DE MASSA FORRAGEIRA DA PASTAGEM (AT – ÁREA TRATADA; AC ÁREA CONTROLO; FC – FORA DE COPA; DC – DEBAIXO DE COPA).....	56
TABELA 6: EFEITO DOS FATORES TRATAMENTO E COPA NA COMPOSIÇÃO QUÍMICA DA PASTAGEM (CT – CINZAS TOTAIS; PB – PROTEÍNA BRUTA; NDF – FIBRA INSOLÚVEL EM DETERGENTE NEUTRO; ADF – FIBRA INSOLÚVEL EM DETERGENTE ÁCIDO; ADL – LIGNINA INSOLÚVEL EM DETERGENTE ÁCIDO; GB – GORDURA BRUTA; AT – ÁREA TRATADA; AC ÁREA CONTROLO; FC – FORA DE COPA; DC – DEBAIXO DE COPA).....	61
TABELA 7: EFEITO DOS FATORES TRATAMENTO E COPA NO VALOR ENERGÉTICO DA PASTAGEM (EB – ENERGIA BRUTA; ED – ENERGIA DIGESTÍVEL; EM – ENERGIA METABOLIZÁVEL; ENL – ENERGIA LÍQUIDA; UFL -UNIDADE FORRAGEIRA LEITE; AT – ÁREA TRATADA; AC ÁREA CONTROLO; FC – FORA DE COPA; DC – DEBAIXO DE COPA).....	70
TABELA 8: DENSIDADE DE PRESENÇAS POR HECTARE	80

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Limite da propriedade	26
Figura 2: Limite da área tratada com calcário dolomítico.....	28
Figura 3: Limite da cerca 5.....	29
Figura 4: Transectos de recolha das amostras da área tratada e área controlo	30
Figura 5: Aro de 0,25m ² utilizado na recolha de amostra.....	31
Figura 6: Bovino com colar GPS.....	32
Figura 7: Moinho de laboratório (Laboratory Mill 120).....	33
Figura 8: Amostras armazenadas em sacos hermeticamente fechados.....	34
Figura 9: Amostras pesadas em cadinhos de porcelana.....	35
Figura 10: Amostras queimadas antes de serem colocadas na mufla.....	35
Figura 11: Amostras preparadas nas folhas de estanho	36
Figura 12: Analisador automático LECO FP-528	36
Figura 14: Pesagem do fiberbag e da amostra.....	37
Figura 13: Analisador automático FIBRE THERM	37
Figura 15: Fiberbags com separadores no carrossel.....	37
Figura 16: Fiberbags nos copos de vidro com ácido sulfúrico	38
Figura 17: Lavagem dos separadores	39
Figura 18: Conjunto cartuxos+copos no analisador automático SOXTHERM	40
Figura 19: Variações das médias de Disponibilidade de massa forrageira seca (kgMS/ha) da 1 ^a , 2 ^a e 3 ^a (Maio 2023/Fevereiro 2024/ Abril 2024) AT – área tratada; AC – área controlo).....	47
Figura 20: Variações das médias de Disponibilidade de massa forrageira seca (kgMS/ha) da 1 ^a , 2 ^a e 3 ^a (Maio 2023/Fevereiro 2024/ Abril 2024) colheitas (FC1 – fora de copa colheita; DC1 – debaixo de copa).....	48
Figura 21: Variações das médias de Disponibilidade de massa forrageira (kgMS/ha) da 1 ^a , 2 ^a e 3 ^a colheitas (FC1 – fora de copa 1 ^a colheita; FC2 – fora de copa 2 ^a colheita; FC3 – fora de coba 3 ^a colheita; DC1 – debaixo de copa 1 ^a	

colheita; DC2 – debaixo de copa 2ª colheita; DC3 – debaixo de copa 3ª colheita; AT – área tratada; AC – área controlo)	58
Figura 22: Variações das médias de PB (g/100gMS) da 1ª e 3ª colheitas (FC1 – fora de copa 1ª colheita; FC3 – fora de copa 3ª colheita; DC1 – debaixo de copa 1ª colheita; DC3 – debaixo de copa 3ª colheita; AT – área tratada; AC – área controlo)	65
Figura 23: Variações das médias de NDF (g/100gMS) da 1ª e 3ª colheitas (FC1 – fora de copa 1ª colheita; FC3 – fora de copa 3ª colheita; DC1 – debaixo de copa 1ª colheita; DC3 – debaixo de copa 3ª colheita; AT – área tratada; AC – área controlo)	67
Figura 24: Variações das médias de ADF (g/100gMS) da 1ª e 3ª colheitas (FC1 – fora de copa 1ª colheita; FC3 – fora de copa 3ª colheita; DC1 – debaixo de copa 1ª colheita; DC3 – debaixo de copa 3ª colheita; AT – área tratada; AC – área controlo)	68
Figura 25: Variações das médias de ENL (Mcal/kgMS) da 1ª e 3ª colheitas (FC1 – fora de copa 1ª colheita; FC3 – fora de copa 3ª colheita; DC1 – debaixo de copa 1ª colheita; DC3 – debaixo de copa 3ª colheita; AT – área tratada; AC – área controlo)	74
Figura 26: Localização dos animais durante o outono 2023 na cerca 5	77
Figura 27: Localização dos animais durante a primavera 2024 na cerca 5	77
Figura 28: Localização dos animais durante o outono 2023 na área tratada..	78
Figura 29: Localização dos animais durante a primavera 2024 na área tratada	78
Figura 30: Localização dos animais durante o outono 2023 na área controlo	79
Figura 31: Localização dos animais durante a primavera 2024 na área controlo	79

LISTA DE ABREVIATURAS

AC – Área controlo

ADF - Fibra insolúvel em detergente ácido

ADL - Lignina insolúvel em detergente ácido

ADS - Solução de detergente ácido

ANOVA – Análise de variância

AT - Área tratada

cm - Centímetro

Cº - Graus celsius

Csa - Clima temperado com Inverno chuvoso e Verão seco e quente

Csb - Clima temperado com Inverno chuvoso e Verão seco e pouco quente

CSV - Valor separado por virgulas

CT - Cinzas totais

CT – Cinzas totais

DC – Debaixo de copa

dp - Desvio padrão

EB - Energia bruta

ED - Energia digestível

EM - Energia metabolizável

FB - Fibra bruta

FC – Fora de copa

g - Grama

GB - Gordura bruta

GB – Gordura Bruta

GLONASS - Globalnaya Navigatsionnaya Sputnikovaya Sistema

GNSS – Sistema global de navegação por satélite

GPS – Sistema de posicionamento global

GSM – Sistema global para comunicações móveis

h- Hora

ha - Hectare

m² - Metro quadrado

Mcal - Megacalorias

ml - Mililitro

mm – Milímetro

MO – Matéria orgânica

MS - Matéria seca

MV - Matéria verde

NDF - Fibra insolúvel em detergente neutro

NDS - Solução de detergente neutro

NT - Teor de nitrogénio

PAC - Política agrícola comum

PB - Proteína bruta

pH – Potenz H

QGIS - Quantum Geographic Information System

UFL – Unidade forrageira leite

vs - Versus

(Esta página foi deixada propositalmente em branco)

1. INTRODUÇÃO

Portugal continental é caracterizado por ter um clima mediterrânico, dividido maioritariamente em duas regiões, segundo a classificação climática de Köppen-Geiger: A primeira a norte do país, Csb, apresenta clima temperado com inverno chuvoso e verão seco e pouco quente ou mediterrânico de verão fresco. A segunda a sul do país, Csa, de clima temperado com inverno chuvoso e verão seco e quente ou mediterrânico de verão quente (Instituto Português do Mar e da Atmosfera [IPMA], 2024). O clima mediterrânico, com as suas especificidades influencia profundamente os sistemas agrícolas e pecuários desenvolvidos em cada região. Entre estes sistemas, destaca-se o sistema de pastoreio extensivo, intimamente ligado ao sistema agro-silvo-pastoril conhecido como Montado. Este sistema é de grande importância económica para o país, não só pela sua componente arbórea (maioritariamente *Quercus suber*, mas também *Quercus rotundifolia*) associada à produção de cortiça e pela sua componente de produtos de origem animal, mas também pela sua contribuição para a sustentabilidade ambiental e a conservação da paisagem rural (Bugalho *et al.*, 2011). O sistema de produção extensivo de bovinos de carne na região mediterrânica de Portugal baseia-se na utilização dos recursos naturais disponíveis. Este tipo de produção é caracterizado pelo baixo uso de recursos externos e pela dependência de pastagens naturais e seminaturais para a alimentação do gado (Boukharta, 2020; Carvalho & Brito, 2020)

O montado em Portugal e a dehesa em Espanha são sistemas agro-silvo-pastoris típicos da Península Ibérica, que combinam a utilização de árvores, pastagens e animais domésticos, o que promove uma utilização multifuncional dos recursos naturais (Bugalho *et al.*, 2011). A utilização destes sistemas, tem influência direta na produção de produtos como carne, cortiça e madeira, além de serviços ecossistémicos importantes, como a conservação da biodiversidade e a proteção do solo contra a erosão (Pinto-Correia *et al.*, 2018). A acidez do solo e a sua fertilidade, frequentemente alterada pelas práticas de manejo e pelas condições climáticas, pode necessitar de correções com a aplicação de calcário dolomítico para garantir a produtividade das pastagens e a saúde dos herbívoros (Rodrigues *et al.*, 2019).

O desenvolvimento tecnológico dentro da gestão e monitorização de sistemas pecuários, tem demonstrado crescimento significativo. A utilização de colares de GPS

para monitorizar bovinos em pastoreio permite uma gestão mais eficiente e precisa do rebanho, trazendo melhoras na eficiência de utilização das pastagens e reduzindo o impacto ambiental. Estes dispositivos fornecem dados em tempo real sobre o movimento e o comportamento dos animais, facilitando a tomada de decisões informadas pelos produtores (Filipe & Tavares, 2017; Ruiz *et al.*, 2020). Os colares GPS são equipados com sensores que registam a posição geográfica dos animais e se acompanhados de outros sensores, podem recolher informação sobre outros parâmetros, como comportamentos animais, transmitindo estes dados para uma plataforma de gestão. A análise dos dados permite otimizar o uso das pastagens, identificar áreas de maior pressão de pastoreio e indiretamente, melhorar a saúde e o bem-estar dos animais. Além disso, a tecnologia GPS contribui para a investigação em ecologia de pastagens, fornecendo insights detalhados sobre os padrões de uso do solo e a interação entre os animais e o ambiente (González *et al.*, 2015).

O estudo apresentado nesta dissertação foi realizado no âmbito do projeto LIFE Scrubsnet (LIFE20 NAT/ES/000978). Este projeto tem como objetivo principal a revitalização do Montado em Portugal e da Dehesa em Espanha, através da gestão sustentável das suas manchas de arbustos.

O objetivo deste estudo é avaliar o efeito da aplicação de calcário dolomítico sobre a disponibilidade da pastagem, a sua composição química e valor nutritivo e a preferência de pastoreio dos bovinos. Para cumprir estes objetivos foi delineado um ensaio que comparou, numa herdade com Montado e bovinos em pastoreio, uma área onde foi efetuada uma correção com calcário dolomítico, com uma área controlo (sem qualquer correção do solo). Foram colhidas e analisadas amostras de pastagem em ambas as áreas, para determinação da composição química e valor nutritivo. Paralelamente, foram monitorizados os movimentos dos animais (bovinos), através do uso de colares GPS, para estabelecer áreas preferenciais de pastoreio. Este estudo enquadra-se nos princípios de gestão sustentável de ecossistemas agrícolas promovidos pelo projeto LIFE Scrubsnet, permitindo uma avaliação integrada do impacto das intervenções no solo e no comportamento dos animais.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Região Mediterrânica

A região mediterrânica é a designação corrente dada aos países da bacia mediterrânica. Esta região abrange países europeus da margem Norte da bacia mediterrânica como Portugal, Espanha, França, Itália e Grécia, e também países do continente africano, da margem sul da mesma bacia como Marrocos, Argélia e Tunísia. A região mediterrânica distingue-se pela sua diversidade orográfica. Esta diversidade inclui montanhas, planícies costeiras e uma paisagem rica em biodiversidade (Blondel *et al.*, 2010). A geografia desempenha um papel crucial na distribuição dos recursos naturais, como as pastagens (que são fundamentais para a produção animal em extensivo), as florestas, as culturas permanentes, (o olival, a vinha e as fruteiras), e as culturas temporárias e/ou anuais (como os cereais, as leguminosas e as hortícolas). (Boukharta, 2019). As árvores associadas a estas regiões, como o sobreiro (*Quercus suber*), a azinheira (*Quercus ilex*), o carvalho cerquinho (*Quercus faginea*), o pinheiro-bravo (*Pinus pinaster*) e o pinheiro-manso (*Pinus pinea*), possuem sistemas radiculares extensos e bem adaptados aos solos geralmente pobres da região mediterrânica, que permitem o uso de reservas hídricas disponíveis (Lauw *et al.*, 2013).

Uma característica notável partilhada por estes países mediterrânicos é a variabilidade edafoclimática e a incerteza das precipitações. Esta variabilidade resulta na formação de paisagens e sistemas de uso do solo complexos e sustentáveis (Castro, 2004). Nos sistemas tipicamente mediterrânicos, a variabilidade edafoclimática e as práticas tradicionais de uso do solo contribuem para a manutenção de paisagens que são ecologicamente equilibradas e resistentes a distúrbios como os incêndios florestais. Isto inclui o uso de práticas agrícolas adaptadas às condições locais, como o pastoreio em áreas montanhosas, ajudando a prevenir a degradação do solo e a proteger a biodiversidade (Pinto-Correia & Breman, 2009; Vallejo *et al.*, 2012). No entanto, tal sustentabilidade ambiental nem sempre se traduz numa sustentabilidade económica. Os sistemas agro-silvo-pastoris típicos destas regiões, como os montados no alentejo, muitas vezes enfrentam desafios económicos significativos. A baixa produtividade dos solos e a dependência de práticas tradicionais resultam em margens de lucro reduzidas, o que torna os mesmos pouco rentáveis em comparação com as práticas agrícolas mais intensivas de outras regiões (Ferraz-de-Oliveira *et al.*, 2016; Plieninger *et al.*, 2020). Portanto,

enquanto estes sistemas são ambientalmente sustentáveis, frequentemente lutam para ser economicamente viáveis sem o apoio de subsídios ou políticas públicas direcionadas.

Nas regiões montanhosas do Mediterrâneo, a paisagem assume um aspeto heterogéneo, onde os sistemas de pastoreio desempenham um papel proeminente. Esta paisagem fragmentada apresenta também uma resistência notável à propagação dos incêndios florestais, em comparação com as grandes áreas florestais contínuas, como salienta Loehle (2004). Os solos dessas regiões montanhosas são frequentemente pobres e pedregosos, o que influencia o tipo de vegetação e as práticas agrícolas. Em contraste, nas regiões mais planas, como o Alentejo, os solos tendem a ser mais profundos e propícios ao desenvolvimento de sistemas silvopastoris. Estas áreas, caracterizadas por vastas extensões de montado, combinam agricultura, pecuária e floresta de forma integrada, formando paisagens menos fragmentadas, mas ainda resilientes ao fogo devido à gestão do uso do solo (Pinto-Correia & Mascarenhas, 1999)

As características climáticas e geográficas da região mediterrânica são a base da multifuncionalidade característica dos sistemas produtivos mediterrânicos que se revelam geralmente mais sustentáveis tanto ambientalmente como economicamente quando comparados sistemas florestais especializados ou com a produção animal isolada (Peri *et al.*, 2016). Assim, os sistemas silvopastoris desempenham um papel crucial na região mediterrânica, melhorando consideravelmente os aspetos económicos e sociais locais, promovendo assim o pastoreio extensivo em combinação com outras atividades económicas e fornecendo forragem e bem-estar para ruminantes (Castro *et al.*, 2000).

O clima mediterrânico, com verões quentes e secos que contrastam com invernos amenos e chuvosos, exerce uma influência significativa nos ecossistemas portugueses. Esta sazonalidade climática distinta molda a paisagem, limitando o crescimento da vegetação, especialmente nas regiões do interior durante os meses de verão. A flora, como os sobreiros, azinheiras, as oliveiras (*Olea europaea*) e pastagens, adaptou-se ao longo dos séculos para resistir aos longos períodos de seca, dominando a paisagem (Geografia física de Portugal; Lauw *et al.*, 2013).

Em termos de biodiversidade, Portugal partilha semelhanças com a região mediterrânica, com uma flora e fauna ricas e variadas, muitas vezes com espécies endémicas adaptadas às condições do clima mediterrânico. No entanto, a localização

geográfica única de Portugal no extremo oeste da Europa confere aos seus ecossistemas e biodiversidade características distintas, como uma influência atlântica que resulta numa maior humidade e uma vegetação mais diversificada em comparação com outras partes do Mediterrâneo (Ribeiro *et al.*, 1979; Lauw *et al.*, 2013; Santos *et al.*, 2024).

Para além disso, a ocorrência continuada de sistemas silvopastoris oferece inúmeras vantagens. As árvores proporcionam zonas de sombra atrativas para os animais descansarem e se refrescarem, fornecem frutos como a bolota, que podem constituir uma suplementação alimentar em épocas de escassez de pastagem, enquanto os animais enriquecem o solo com a deposição de fezes, aumentando o seu potencial teor de matéria orgânica e a sua fertilidade. Estes sistemas, que combinam pastagens com estrato arbustivo e arbóreo, permitem aproveitar áreas pouco produtivas, ajudam a prevenir incêndios e promovem a diversidade de espécies (Geografia física de Portugal; Lauw *et al.*, 2013).

2.2. Sistemas de Produção Animal

2.2.1. Diversidade de sistemas de produção animal

Os sistemas de produção animal podem ser classificados segundo vários critérios, sendo o mais comum, o critério de intensidade de uso dos fatores de produção. Assim, os sistemas de produção animal podem ser classificados em intensivos, semi-intensivos e extensivos. Cada um destes sistemas possui características distintas que afetam a produtividade, o bem-estar animal e a sustentabilidade ambiental. No entanto, o fator mais fácil de controlar é a estratégia de gestão, que com a utilização dos recursos e tecnologias disponíveis, pode levar ao aumento da eficiência do sistema como um todo. A compreensão das diferenças entre sistemas permite identificar qual sistema será mais adequado para as condições específicas e objetivos desejados de cada exploração. A escolha do sistema deve, portanto, considerar tais características e alinhar a estratégia de gestão às necessidades e capacidades do contexto em questão, maximizando assim os benefícios e a eficácia (Abreu & Lopes, 2005).

Os sistemas de produção animal intensivos são caracterizados pela elevada intensidade de uso dos fatores de produção, nomeadamente a terra, o capital, instalações, mão de obra, alimentos, etc. Nestes sistemas, a prioridade é maximizar a produção de carne, leite, ovos ou outros produtos de origem animal. Os animais são mantidos em

instalações confinadas onde geralmente o ambiente é rigorosamente controlado, no que diz respeito a temperatura, humidade e ventilação, para otimizar o desempenho dos animais. Nestes sistemas, a alimentação é rigorosamente monitorizada e consiste em dietas equilibradas e de alta qualidade, muitas vezes compostas por alimentos especificamente formulados para satisfazer as necessidades nutricionais dos animais nas suas diferentes fases de produção (Abreu & Lopes, 2005; Manzoor *et al.*, 2023).

Na produção animal em sistemas extensivos, um dos principais objetivos é alcançar um equilíbrio entre a capacidade de produção dos animais do sistema e a capacidade de produção vegetal, com vista à rentabilidade económica. Ao contrário do que acontece nos sistemas de produção intensiva, que se concentram na uniformização do produto para atender às exigências do mercado, os sistemas extensivos buscam explorar a biodiversidade e a autenticidade dos produtos animais (Araujo *et al.*, 2014; Morgan-Davies *et al.*, 2014). Os sistemas extensivos são caracterizados por uma baixa intensidade de uso dos fatores de produção, estando associado a encabeçamentos (número de animais por hectare) baixos, o que resulta num ciclo de produção mais longo. Os animais são criados com um elevado grau de autonomia e dependem maioritariamente dos recursos naturais. Têm amplo acesso a áreas abertas, como pastagens, onde podem mover-se livremente e alimentar-se de forma mais natural. Neste caso a intervenção humana é reduzida e a gestão resume-se a cuidados básicos, e controlos periódicos do estado de saúde dos animais. A reprodução segue frequentemente um ciclo natural e os animais podem adaptar-se a condições ambientais variáveis. A produção por animal é geralmente inferior à dos sistemas intensivos e semi-intensivos, mas este facto é compensado por uma menor dependência de recursos artificiais. O sistema extensivo é frequentemente considerado mais sustentável, uma vez que preserva os ecossistemas naturais e reduz a utilização de fatores de produção artificiais. (Waterhouse, 1996; Abreu & Lopes, 2005; Araujo *et al.*, 2014).

No que toca aos sistemas semi-intensivos, estes situam-se num ponto intermédio entre os sistemas intensivos e extensivos. Nestes sistemas, os animais têm mais espaço e liberdade em comparação ao sistema intensivo. Podem ter acesso a áreas exteriores, como pastagens, o que lhes permite alimentarem-se de forma mais natural. Para além disso, a alimentação pode ser composta tanto por recursos naturais como por suplementos

controlados. O manejo sanitário e nutricional é mais moderado do que no sistema intensivo (Abreu & Lopes, 2005; Moorby & Fraser, 2021; Manzoor *et al.*, 2023).

2.3. Sistema extensivo de produção de bovinos de carne

A produção de bovinos de carne em sistema extensivo é uma prática comum e valorizada na região mediterrânica, especialmente na fase de criação de vacas aleitantes e vitelos até ao desmame. Este sistema de produção distingue-se pela sua abordagem de baixa intervenção humana com minimização do impacto ambiental. É importante notar, no entanto, que após o desmame (que ocorre por volta dos 6 meses), os vitelos são geralmente encaminhados para sistemas de engorda intensiva. Portanto, o sistema extensivo em questão refere-se especificamente à fase de criação de vitelos até ao desmame (Astigarraga & Ingrand, 2011; Araujo *et al.*, 2014).

Para que o sistema extensivo seja eficiente, é essencial considerar a diversidade geográfica e sazonal da região, bem como a disponibilidade e a variedade dos recursos alimentares. Neste tipo de sistema, é comum observar uma taxa reprodutiva dos bovinos relativamente baixa, onde a produção dos animais é principalmente baseada nos recursos naturais da região, tendo pouca incorporação de tecnologias avançadas no manejo dos animais, desta forma, a escolha do manejo reprodutivo a ser implementado deve ser feita de modo a ir de encontro ao objetivo principal, isto é, como uma maior facilidade de manejo, coincidência com a época de maior disponibilidade alimentar durante a fase de gestação das vacas ou a fase de cria dos vitelos. (Bellido *et al.*, 2001; Morgan-Davies *et al.*, 2014; Romão, 2014). Para além da sua relevância económica, a produção extensiva também influencia de forma notável a vegetação local, podendo desempenhar um papel fundamental na redução do risco de incêndios florestais (Fernandes *et al.*, 2016). Através deste sistema, áreas de solo marginal são convertidas em terrenos para a produção animal, com o uso da sua pastagem. Este processo desempenha um papel essencial na luta contra a desertificação, na proteção da biodiversidade local e na preservação do património social, histórico e cultural (Abreu & Lopes, 2005). Na Região Mediterrânea, os sistemas de produção extensiva têm contribuído para a configuração de uma paisagem diversa, composta por diferentes comunidades vegetais que resultam em ecossistemas resilientes, caracterizados por uma alta diversidade de espécies e valores para a sociedade, embora acarretem uma baixa produtividade quando comparados com outros sistemas de produção. (Araujo *et al.*, 2014). Em Portugal, a produção animal extensiva preserva

tradições antigas o que permite práticas mais sustentáveis que visam minimizar o impacto ambiental (Palmeiro, 2013).

Apesar da característica baixa intervenção humana que caracteriza os sistemas extensivos de bovinos de carne, existe espaço para intervenção no sentido de melhorar a eficiência de utilização dos recursos. Neste âmbito é já comum observar um manejo alimentar e manejo reprodutivo mais intervencionado, com suplementações alimentares nas fases de maior escassez na oferta de pastagem e com programação da atividade reprodutiva (ex: concentração de partos) a fim de obter lotes de bezerros mais homogêneos, coordenando os períodos de nascimento com os ciclos mais favoráveis em termos de disponibilidade de alimento e do destino dos bezerros após o desmame (Rodrigues, 1998; Araujo *et al.*, 2014; Romão, 2014).

No contexto dos sistemas extensivos de produção de bovinos de carne, o manejo adequado do solo e da pastagem desempenha um papel crucial na otimização dos recursos disponíveis (Silveira & Kohmann, 2020). A aplicação de práticas de manejo do solo, como a utilização de calcário dolomítico, é uma estratégia eficiente para corrigir a acidez do solo, promovendo a disponibilização de nutrientes essenciais às plantas (Mayfield *et al.*, 2002; Olego *et al.*, 2021). Este tratamento não apenas tem como objetivo melhorar a fertilidade do solo, como também aumentar a qualidade e a quantidade da pastagem, proporcionando assim uma dieta mais rica e equilibrada para os animais (Mayfield *et al.*, 2002; Serrano *et al.*, 2020; Carreira *et al.*, 2022). A adoção de outras práticas, como a rotação de pastagens, também contribui para a manutenção da produtividade e sustentabilidade do sistema. Esta permite que o solo se recupere e que a pastagem se regenere, garantindo a continuidade da oferta de alimento de qualidade ao longo do tempo (Carreira *et al.*, 2022).

Além disso, a monitorização dos animais é uma componente fundamental para melhorar o manejo em sistemas extensivos. Com o aparecimento de novas tecnologias, como colares de monitorização GPS e sensores de atividade, tornou-se possível acompanhar em tempo real o comportamento, a localização e até mesmo o estado de saúde dos animais (Turner *et al.*, 2000; Bailey *et al.*, 2022). Estes dados são valiosos para entender padrões de utilização da pastagem, preferências alimentares e possíveis sinais de stress ou doenças, permitindo uma tomada de decisão e uma intervenção mais rápida

e precisa (Bailey *et al.*, 2017). Por exemplo, se for observado que as vacas evitam determinadas áreas, pode-se investigar e corrigir possíveis problemas no solo ou na pastagem. Da mesma forma, a monitorização contínua ajuda a sincronizar o manejo reprodutivo com as condições ideais de pastagem, maximizar a eficiência reprodutiva e melhorar a produtividade geral do sistema (Turner *et al.*, 2000; Bailey *et al.*, 2017; Bailey *et al.*, 2022).

2.4. O Montado

2.4.1. Características do sistema agro-silvo-pastoril montado

O montado é um sistema agro-silvo-pastoril típico da região mediterrânica, caracterizado pela presença de sobreiros e azinheiras, bem como pela prática de agricultura itinerante e pela criação de gado (Fonseca, 2008; Lauw *et al.*, 2013; Belo *et al.*, 2014, Ferraz-de-Oliveira *et al.*, 2016). Este sistema tem origens antigas e desempenha um papel importante na conservação da biodiversidade, na regulação do ciclo da água, na prevenção de incêndios florestais e na prestação de serviços culturais. Diversas políticas públicas, nomeadamente aquelas integradas na Política Agrícola Comum (PAC) e relacionadas com as diferentes componentes do sistema Montado, têm afetado tanto negativamente como positivamente, a preservação e o desenvolvimento sustentável dos montados. (Lauw *et al.*, 2013; Belo *et al.*, 2014).

O sistema agro-silvo-pastoril do montado é de extrema importância na região mediterrânica por várias razões, como a multifuncionalidade e sustentabilidade, pois o montado suporta múltiplas produções, como cortiça, lenha, carne de bovinos, ovinos, suínos e caprinos, cogumelos, ervas aromáticas e mel, além de fornecer outros serviços ecossistémicos como regulação do ciclo da água, fixação de carbono, prevenção da erosão, recreio, turismo e lazer, e suporte da identidade local (Ferraz-de-Oliveira *et al.*, 2016). Também a conservação da biodiversidade entra como uma dessas razões, dado que o montado abriga uma grande diversidade de espécies vegetais e animais, contribuindo para a conservação da biodiversidade na região mediterrânica (Lauw *et al.*, 2013). Tendo o montado sido desenvolvido ao longo do tempo para aproveitar e rentabilizar os escassos recursos numa região caracterizada por um clima mediterrânico e solos pobres, este sistema representa um modelo de uso eficiente dos recursos naturais. Além dos seus benefícios económicos e ambientais, o montado também desempenha um papel

importante na identidade cultural e na paisagem da região mediterrânica. (Belo, *et al.*, 2009; Lauw *et al.*, 2013)

A paisagem do montado é marcada pela sobreposição no mesmo espaço de estruturas vegetais distintas, incluindo áreas arbóreas, arbustivas, culturas agrícolas e pastagens naturais e ou semeadas, permitindo uma riqueza faunística notável (Lauw *et al.*, 2013). As azinheiras e os sobreiros são duas das principais espécies florestais espontâneas de Portugal, adaptadas aos regimes irregulares de precipitação e aos verões longos e secos característicos do clima mediterrânico. O sobreiro domina nas áreas costeiras onde a influência oceânica é mais forte, enquanto a azinheira é característica das áreas mais secas. (Fonseca, 2008; Lauw *et al.*, 2013; Belo *et al.*, 2014)

O estrato arbóreo no montado não segue um padrão regular, tendo vindo a diminuir nos últimos anos, e as densidades que antes se observavam na ordem das 120 árvores/ha a sul do tejo, , agora rondam valores inferiores a 40 árvores/háa(Lauw *et al.*, 2013). Geralmente, no "montado" de sobreiro, a densidade de árvores é maior do que no montado de azinheira, sendo que no primeiro caso, o principal produto é a cortiça, enquanto no segundo, o objetivo é maximizar a produção de bolotas para alimentação animal. Os sobreiros e azinheira têm um valor direto como cultura forrageira, fornecendo bolotas e ramos folhosos (rama), e um valor indireto como abrigo contra o frio no inverno e o calor no verão. As bolotas são consumidas pelos animais quando caem durante o outono e o inverno, complementando a dieta dos mesmos durante períodos de escassez da pastagem. (Castro *et al.*, 2019)

2.5. Pastagens mediterrânicas sob montado

As pastagens mediterrânicas sob montado representam um ecossistema singular e complexo, (Fonseca, 2008). Estas desempenham um papel fundamental no fornecimento de alimento aos animais, conservação da biodiversidade e manutenção da qualidade do solo (Ferraz de Oliveira *et al.*, 2016; Pinto-Correia *et al.*, 2009). No entanto, este sistema enfrenta desafios relacionados à variabilidade climática e à gestão do solo, o que influencia diretamente a produtividade e o valor nutritivo das pastagens ao longo do ano (Lauw *et al.*, 2013).

A diversidade florística das pastagens mediterrânicas sob montado é notável, abrigando uma grande variedade de espécies herbáceas, incluindo gramíneas, leguminosas e outras dicotiledóneas que se adaptam às condições de solo geralmente pobre e clima rigoroso (Pinto-Correia & Mascarenhas, 1999; Belo *et al.*, 2014). Estas pastagens têm uma alta heterogeneidade espacial e temporal, o que confere resiliência ao sistema, mas também gera desafios na gestão da produção pecuária. Assim, a composição florística é influenciada pela interação entre o tipo de solo, o manejo da pastagem e as práticas de uso da terra, refletindo-se em variações significativas no valor nutritivo e na disponibilidade de massa forrageira ao longo do ano (Pulido *et al.*, 2001; Ferraz-de-Oliveira *et al.*, 2016).

Algumas das gramíneas mais comuns nestes sistemas são o *Lolium rigidum* (feno) e o *Bromus diandrus*, oferecendo um fornecimento contínuo de massa forrageira. As leguminosas, como o *Trifolium subterraneum* (trevo subterrâneo) e a *Medicago polymorpha*, desempenham um papel crucial na fixação biológica de azoto, aumentando a fertilidade do solo e melhorando a qualidade nutricional das pastagens. Outras espécies, como o *Hypochaeris radicata* e o *Plantago lanceolata*, contribuem para a diversidade florística, oferecendo diferentes benefícios nutricionais e ecológicos (Ferraz de Oliveira *et al.*, 2013; Serrano *et al.*, 2020). A diversidade florística também influencia diretamente o valor nutritivo das pastagens. Leguminosas, por exemplo, são ricas em proteínas e minerais essenciais, como cálcio e fósforo, o que é crucial para o crescimento e a saúde dos ruminantes (Castro *et al.*, 2019; Esan *et al.*, 2023).

A produção de massa forrageira nas pastagens mediterrânicas é altamente sazonal, variando de acordo com as condições climáticas típicas da região (Fernandes *et al.*, 2016). Em Montemor-o-Novo, o ciclo de produção é caracterizado por um crescimento ativo durante o outono, inverno e primavera, seguido por um período de dormência no verão, quando as temperaturas são elevadas e a precipitação é mínima. Este padrão é típico das áreas mediterrânicas, onde a disponibilidade de água e as temperaturas moderadas durante o inverno e a primavera promovem o crescimento das pastagens (Reis *et al.*, 2014).

Durante o outono, com a chegada das primeiras chuvas após o verão seco, as pastagens começam a crescer rapidamente, atingindo o pico de produção durante o inverno e o início da primavera. Nesta fase, as condições são ideais para o crescimento

das plantas, com temperaturas amenas e alta disponibilidade de água no solo. A produção de massa forageira atinge seu máximo na primavera, proporcionando pastagem abundante e de alta qualidade para os animais (Freixial & Barros, 2012).

Com a chegada da primavera, o aumento das temperaturas e a redução gradual da precipitação inicia-se um declínio na produção. No verão, a seca severa e prolongada limita o crescimento das plantas, levando à dormência das pastagens. Durante este período, a disponibilidade de pasto fresco é extremamente limitada, e os animais dependem de pastagens secas ou de suplementação alimentar (Belo *et al.*, 2014). A seca do verão é um desafio crítico que afeta a produtividade das pastagens e a gestão dos animais, exigindo estratégias de manejo adaptativas de forma a minimizar os impactos negativos. Estudos indicam que as práticas de manejo, como a rotação de pastagens e a implementação de técnicas de conservação do solo, são essenciais para mitigar a variabilidade sazonal e aumentar a resiliência das pastagens (Ferraz-de-Oliveira *et al.*, 2016; Pinto-Correia *et al.*, 2018). A adaptação das práticas de manejo ao ciclo sazonal da pastagem permite otimizar o uso da massa forageira disponível, preservando a integridade do solo e da vegetação.

O valor nutritivo das pastagens mediterrânicas varia significativamente ao longo do ano, influenciado pelo estágio de crescimento das plantas e pela composição florística das pastagens (Fonseca, 2008). Durante o inverno e a primavera, quando as plantas estão em crescimento ativo, o valor nutritivo é elevado, com altos teores de proteína, energia e minerais essenciais. Neste período, as pastagens são altamente digestíveis, fornecendo uma dieta rica e balanceada para os animais. No entanto, à medida que as plantas entram em fase de maturação e dormência no verão, a qualidade nutricional declina (Esan *et al.*, 2023). As gramíneas tornam-se mais fibrosas e menos digestíveis, com redução no teor de proteína e aumento da fibra indigestível. As leguminosas, que têm um ciclo de vida mais curto, também apresentam redução no valor nutritivo à medida que amadurecem e secam. Este declínio no valor nutritivo durante o verão exige suplementação alimentar, especialmente para manter a produtividade dos animais em condições adequadas (Castro *et al.*, 2019).

As variações na diversidade florística, produção e valor nutritivo das pastagens destacam a complexidade e os desafios de manejo destes ecossistemas. De modo a

enfrentar tais limitações e maximizar o potencial produtivo das pastagens, é fundamental adotar práticas de manejo e estratégias de melhoramento que garantam a sustentabilidade do sistema.

Neste contexto, uma das práticas mais eficazes é a correção do solo, especialmente em áreas onde a acidez e a baixa fertilidade do solo limitam o crescimento das plantas (Serrano *et al.*, 2020; Carreira *et al.*, 2022). A aplicação de calcário dolomítico é uma prática comum para corrigir a acidez do solo e fornecer cálcio e magnésio, nutrientes essenciais para o desenvolvimento das pastagens. O uso de calcário dolomítico tem demonstrado resultados positivos na melhoria da estrutura do solo, aumento da disponibilidade de nutrientes e promoção de um crescimento mais vigoroso das plantas (Mayfield *et al.*, 2002; Serrano *et al.*, 2020; Olego *et al.*, 2021; Carreira *et al.*, 2022). A correção do solo com calcário dolomítico não só melhora a absorção de nutrientes pelas raízes, como também aumenta a eficiência da utilização do azoto, o que é particularmente importante em solos pobres típicos das áreas mediterrânicas (Mayfield *et al.*, 2002; Serrano *et al.*, 2020; Olego *et al.*, 2021; Carreira *et al.*, 2022). Além da correção do solo, a introdução de espécies adaptadas, com alta tolerância ao stress hídrico e elevado valor nutritivo, é uma forma de melhorar as pastagens. A diversificação das espécies plantadas aumenta a resiliência das pastagens às variações climáticas e melhora a oferta de nutrientes ao longo do ano (Pulido *et al.*, 2001; Belo *et al.*, 2014).

2.6. Importância ecológica e económica do montado

O montado é um ecossistema notável que desempenha um papel de destaque tanto em termos ecológicos quanto económicos (Reis *et al.*, 2014). É reconhecido pelos seus elevados níveis de biodiversidade, abrigando uma variedade de espécies animais e vegetais. No que diz respeito à fauna, o montado é um refúgio para inúmeras espécies de aves, além disso, mamíferos como o javali, veado e raposa encontram no montado um habitat propício para a sua sobrevivência. A vegetação herbácea, as bolotas das azinheiras e lande dos sobreiros representam importantes fontes de alimento para os animais domésticos (suínos e ruminantes) e para a fauna local, especialmente durante o outono e o inverno, quando a oferta de pastagem é escassa. O montado é um exemplo notável de coexistência entre atividades humanas e conservação da biodiversidade, contribuindo para a manutenção de ecossistemas saudáveis na região mediterrânica (Vicente & Alés, 2006; Lauw *et al.*, 2013).

Do ponto de vista económico, o montado é significativo na economia da região (Reis *et al.*, 2014) do alentejo, mas também a nível nacional. A produção de cortiça é um dos principais impulsionadores da mesma, sendo altamente valorizada em Portugal, o maior produtor a nível mundial. Com uma produção anual média de cerca de 100.000 toneladas, corresponde a aproximadamente metade da produção mundial de cortiça (Associação Portuguesa da Cortiça [APCOR], 2019). Os produtos de cortiça representam cerca de 3% das exportações do país, gerando empregos e receita significativa. (Castro *et al.*, 2019; APCOR, 2019)

Além da cortiça, o montado contribui para a produção de carne bovina, pois o gado encontra no pasto e nas bolotas uma diversa fonte nutritiva de alimento (Reis *et al.*, 2014). antes do aparecimento dos combustíveis fósseis, o montado desempenhava um papel essencial na produção de carvão vegetal, pois as azinheiras também eram exploradas para a produção deste, o que demonstra a versatilidade económica desse ecossistema. Atualmente, embora os rendimentos provenientes das práticas florestais, como a poda e o desbaste, tenha um impacto mais marginal na economia domesticadas explorações, a produção de cortiça continua a ser altamente valorizada entre os produtos florestais do montado (Lauw *et al.*, 2013).

De igual modo, o montado possui uma relevância renovada devido ao seu valor ambiental, sendo este classificado como habitat a ser preservado devido à alta diversidade biológica que sustenta. O montado desempenha um papel crucial na conservação do património natural da península ibérica e continua a ser uma parte essencial da vida económica e ecológica da região. (Vicente & Alés, 2006; Lauw *et al.*, 2013).

As relações entre o montado e a produção animal em extensivo são muito significativas sendo esta produção, frequentemente, a primeira ou segunda fonte de rendimento para os produtores de montado (Abreu & Lopes, 2005). A pecuária extensiva em montado sofreu alterações importantes ao longo dos anos, como o aumento consistente da população de bovinos (Pinto-Coreia *et al.*, 2013). O sistema de gestão do pastoreio mais frequentemente observado é o pastoreio intermitente ou rotacional, rodando os animais pelas várias folhas individualizadas por vedações. Além disso, a diversidade e abundância de pequenos mamíferos respondem de forma negativa à pressão de pastoreio, o que pode ter efeitos potenciais na cadeia trófica por eles suportada

(Pernica, 2022). Portanto, a relação entre o montado e a produção animal em extensivo é complexa e envolve considerações econômicas, ambientais e de sustentabilidade a longo prazo (Lauw *et al.*, 2013; Ferraz-de-Oliveira *et al.*, 2016).

2.7. Bovinos em Pastoreio

2.7.1. Comportamento de bovinos de carne em pastoreio

O comportamento de bovinos em pastoreio é um campo de estudo importante na pecuária, uma vez que fornece informações valiosas sobre a forma como estes animais interagem com o seu ambiente, como se alimentam e como respondem a diferentes estímulos e condições ambientais (Wallis De Vries & Daleboudt, 1994). Nas últimas décadas, os avanços tecnológicos revolucionaram a forma como observamos e analisamos o comportamento animal, permitindo a sua monitorização contínua e precisa (Filipe & Tavares, 2017; Ganskopp & Bohnert, 2009). Uma análise do comportamento dos bovinos revela que estes dedicam a maior parte do seu tempo a realizar três atividades essenciais: pastoreio, ruminação e repouso. Estas atividades constituem a base da sua rotina diária, com maior destaque para o pastoreio (Senft *et al.*, 1985; Kilgour, 2012). A alimentação é uma das actividades em que os animais ocupam mais tempo, e a rotina alimentar pode variar de acordo com a disponibilidade e a sazonalidade da pastagem (Ganskopp & Bohnert, 2009). Assim sendo, os fatores sazonais e as condições meteorológicas desempenham um papel fundamental no comportamento de pastoreio (Senft *et al.*, 1983; Thomas, 2017).

Os bovinos são animais homeotérmicos, ou seja, possuem uma zona de conforto térmico (o intervalo de temperatura em que um animal pode manter a sua temperatura corporal estável com o mínimo esforço fisiológico). Na zona de conforto térmico o organismo não precisa gastar energia adicional para regular a temperatura, o que garante o bem-estar e otimiza a saúde e o desempenho dos animais. A temperatura compreendida entre o intervalo dos 4 aos 26°C, corresponde à zona de conforto térmico de bovinos de carne (Vicente, 2020).

Durante o verão, nas regiões de clima mediterrânico, como é o caso de Portugal, em que as temperaturas são mais elevadas, os bovinos tendem a despender mais tempo a

pastar nas primeiras horas da manhã e no final da tarde, perto do nascer e por do sol (Linnane *et al.*, 2001; Thomas, 2017; Honorato, 2022). Durante estes períodos, as temperaturas são mais amenas, o que facilita a ingestão de alimentos e reduz o stress térmico. Por sua vez, nas horas de calor intenso, os bovinos tendem a reduzir significativamente sua atividade de pastoreio, procurando zonas com sombra e áreas mais frescas para se refugiarem do calor, reduzindo o risco de stress térmico e desidratação (Linnane *et al.*, 2001; Ganskopp *et al.*, 2009; Ganskopp & Bohnert, 2009; Thomas, 2017; Goncherenko *et al.*, 2022; Honorato, 2022). Pode-se concluir, que os períodos preferenciais de pastoreio são influenciados pelas condições ambientais, variando principalmente com a temperatura e o fotoperíodo (Linnane *et al.*, 2001; Honorato, 2022).o que pode criar padrões comportamentais diários e sazonais. No inverno, os bovinos podem pastar por mais tempo durante o dia, já que as temperaturas são mais amenas. Contudo, em regiões mais frias, como o norte do país, os animais podem reduzir a atividade de pastoreio durante as horas mais frias do dia e aumentar durante o meio do dia, quando a temperatura é um pouco mais alta e existe mais luz (Senft *et al.*, 1983; Linnane *et al.*, 2001; Thomas, 2017). Durante a primavera e o outono, as temperaturas são geralmente mais moderadas, o que proporciona condições ideais para o pastoreio ao longo do dia. Nestes períodos, a disponibilidade de pastagem tende a ser maior e de melhor qualidade, o que favorece a alimentação contínua dos bovinos (Ganskopp & Bohnert, 2009; Freixial & Barros, 2012). O tempo médio diário de pastoreio dos bovinos em extensivo ronda as 9h, embora este tempo possa ser influenciado por diversos fatores, tais como lactação, idade dos bezerros, clima e fotoperíodo (Kiley-Worthington & Plain, 1983; Lathrop *et al.*, 1988).

2.7.2. Monitorização de bovinos em pastoreio

A monitorização de animais em pastoreio facilita uma gestão eficaz da pecuária, pois fornece informações detalhadas sobre o comportamento animal e permite a melhoria das práticas de manejo, a conservação das pastagens e a promoção da sustentabilidade. A monitorização contínua assegura o bem-estar dos animais, garantindo acesso a alimentação adequada e cuidados de saúde, o que favorece a produtividade e a qualidade dos produtos de origem animal (Barwick *et al.*, 2017; Hoffmann, 2018). Além disso, a recolha de dados comportamentais auxilia na tomada de decisões sobre o uso da terra e o

manejo dos animais, contribuindo para a conservação e sustentabilidade das pastagens (Turner *et al.*, 2000; Sales-Baptista *et al.*, 2019; Nakano *et al.*, 2020). Tecnologias avançadas, como sensores de saúde e localização, permitem um acompanhamento mais preciso e podem minimizar os impactos negativos da presença humana, promovendo uma gestão mais sustentável e eficiente (Bailey *et al.*, 2018; Bonneau *et al.*, 2020).

Entre os métodos de monitorização disponíveis, a observação direta é um dos mais tradicionais. Envolve a presença de observadores que registam o comportamento dos animais enquanto estes pastam, fornecendo informações sobre preferências alimentares, interações sociais e padrões de movimentação. Contudo, este método apresenta limitações, como a necessidade de observadores dedicados durante longos períodos, a possível influência da presença humana no comportamento dos animais e a impossibilidade de monitorização contínua (Gordon, 1995; Overton *et al.*, 2002; Nakano *et al.*, 2020).

Dentro deste desenvolvimento tecnológico inclui-se o uso de sensores remotos e colares GPS, que permitem a recolha de dados quantitativos precisos (Gordon, 1995; Turner *et al.*, 2000; Swain *et al.*, 2011). Sales-Baptista *et al.* (2016) destacam que a tecnologia GNSS de baixo custo é uma ferramenta promissora para monitorizar animais em pastoreio, oferecendo uma alternativa acessível e eficiente em comparação com sistemas de custo mais elevado. Os colares GPS, por exemplo, permitem o seguimento em tempo real e a análise do comportamento de pastoreio e movimentação dos animais, facilitando o ajuste das práticas de manejo e a prevenção de problemas relacionados ao pastoreio.

Existem outras alternativas para conhecer o comportamento alimentar em pastoreio, que se baseiam na análise de vídeos o que permite registar e analisar comportamentos em diferentes condições ambientais, embora possam exigir infraestrutura adicional para armazenamento e processamento dos dados (Pernica, 2022).

Apesar de ser possível conhecer a localização, a monitorização de animais em pastoreio não informa sobre a quantidade de alimento ingerida. A dificuldade de medir a pastagem consumida, devido à dificuldade em obter estimativas confiáveis da massa de dentada individual de cada animal, afeta a capacidade de perceber o consumo de nutrientes (McClintock *et al.*, 2012; Sales-Baptista *et al.*, 2016). A monitorização do

pastoreio e dos movimentos dos animais é uma tarefa complexa que envolve a combinação de várias tecnologias e métodos de pesquisa, o que pode ser dispendioso e trabalhoso para os produtores (Feldt & Schlecht, 2016; Borchers *et al.*, 2016).

A aquisição e manutenção de equipamentos de monitorização, bem como a análise dos dados recolhidos, podem ser dispendiosos, assim sendo, os produtores precisam considerar tais custos ao decidir implementar sistemas de monitorização (Swain *et al.*, 2011; Pereira *et al.*, 2020). A dependência da paisagem também pode ser um desafio, pois o comportamento dos animais em pastoreio é altamente dependente da paisagem, com diferentes áreas apresentando diferentes desafios e oportunidades. Portanto, é fundamental levar em consideração a variabilidade paisagística ao planear e implementar qualquer plano de monitorização (Turner *et al.*, 2000; Mech & Barber, 2002).

2.8. Sistema de Posicionamento Global (GPS)

2.8.1. Funcionamento e princípios

Os Sistemas Globais de Navegação por Satélite (GNSS) desempenham um papel crucial na geolocalização e monitorização de seres vivos e objetos em todo o planeta. Estes sistemas são formados por constelações de satélites que orbitam a Terra e transmitem sinais de rádio, que podem ser captados por recetores localizados na superfície terrestre. O tempo que o sinal levou para viajar do satélite até ao recetor determina a distância até o satélite. Com base em sinais provenientes de, no mínimo, quatro satélites diferentes em simultâneo, o recetor GPS pode calcular a sua posição precisa em três dimensões: latitude, longitude e altitude (Mech & Barber, 2002; González *et al.*, 2015). Este princípio de funcionamento, comum a outros sistemas GNSS, garante que os recetores possam operar de maneira confiável em qualquer parte do globo, desde que estejam em áreas com visibilidade adequada para os satélites (Swain *et al.*, 2011).

Entre os diversos sistemas GNSS existentes, destacam-se o GPS (Estados Unidos), o GLONASS (Rússia), o Galileo (União Europeia) e o BeiDou (China), cada um com características específicas, mas com o mesmo princípio básico de funcionamento (Turner *et al.*, 2000; Swain *et al.*, 2011). Destes, o GPS foi o primeiro sistema operacional, razão

pela qual a designação GPS passou a entrar na linguagem comum como sinónimo de navegação utilizando um sistema de satélites.

Foi inicialmente concebido para uso militar, mas rapidamente expandiu-se para aplicações civis em todo o mundo. Funciona com uma constelação de pelo menos 24 satélites que transmitem sinais de rádio continuamente. Uma das principais vantagens dos sistemas GNSS em geral, é a sua ampla gama de aplicações, desde a navegação pessoal até ao mapeamento de grandes áreas. No contexto da agricultura de precisão, os GNSS tm sido utilizado para monitorizar e otimizar o uso de recursos como fertilizantes, água e pesticidas/herbicidas agrícolas, ajudando os agricultores a aumentar a eficiência e a reduzir custos operacionais (Turner *et al.*, 2000; Borchers *et al.*, 2016). A maioria dos receptores são multi-GNSS, ou seja, combinam sinais de vários sistemas (Galileo + GPS + GLONASS, por exemplo), o que garante mais satélites visíveis, o que aumenta a precisão e reduz o risco de perda de sinal. Ao permitir que os produtores agrícolas tomem decisões baseadas em dados geoespaciais, estas tecnologias também ajudam a minimizar o impacto ambiental, ao limitar o uso excessivo de recursos em áreas específicas. Além disso, os GNSS são necessários para o controlo de máquinas agrícolas autónomas e na criação de mapas detalhados das propriedades agrícolas, contribuindo para a automação e a melhoria da produtividade (Swain *et al.*, 2011).

Embora os GNSS ofereçam uma gama extensa de benefícios, não está isento de limitações. A precisão do sistema pode ser afetada por uma série de fatores, como a interferência de obstáculos físicos (edifícios, árvores, montanhas) que bloqueiam ou degradam os sinais dos satélites (Swain *et al.*, 2011; Nakano *et al.*, 2020). Em ambientes rurais ou áreas florestais densas, essas limitações podem representar desafios significativos para a monitorização animal e a gestão agrícola. Outro fator limitante é a dependência do GPS por parte de infraestruturas críticas em todo o mundo (Mech & Barber, 2002; Bailey *et al.*, 2018).

A evolução contínua das tecnologias GNSS, combinada com o desenvolvimento de novos sensores e sistemas integrados, promete melhorar ainda mais a precisão, a disponibilidade e a integridade dos sinais. No contexto da agricultura de precisão e da monitorização animal, essas inovações são vistas como uma oportunidade de aumentar a

eficiência dos sistemas produtivos, promover práticas agrícolas sustentáveis e melhorar o bem-estar animal (Bailey *et al.*, 2022).

2.8.2. Utilização de colares de GPS em bovinos de carne - vantagens e desafios

A utilização de colares de GPS em bovinos de carne tem-se destacado como uma inovação relevante na gestão de rebanhos, oferecendo ferramentas avançadas para a monitorização em tempo real dos animais. Para além de rastrear a localização geográfica, estes dispositivos fornecem informações detalhadas sobre o comportamento, padrões de pastoreio e interação com o ambiente, permitindo uma gestão mais eficiente e sustentável da produção pecuária (Sales-Baptista *et al.*, 2016; Ruiz *et al.*, 2020). Esta tecnologia tem se tornado essencial na implementação de sistemas de pastoreio de precisão, uma vez que possibilita o ajuste das estratégias de manejo com base em dados recolhidos continuamente, o que promove um uso mais racional dos recursos naturais e melhora o bem-estar animal (Sales-Baptista *et al.*, 2016)

O rastreamento contínuo proporcionado pelos colares de GNSS revolucionou a compreensão dos padrões de movimentação e comportamento de bovinos em sistemas extensivos de pastoreio. Dependendo da configuração, os dados podem ser transmitidos em tempo real ou em intervalos programados, permitindo uma análise contínua ou periódica do comportamento animal, auxiliando no planeamento de estratégias de pastoreio rotacional e na gestão do bem-estar animal (Swain *et al.*, 2011; Bailey *et al.*, 2017; Sales-Baptista *et al.*, 2019; Nakano *et al.*, 2020;). A aplicação desta tecnologia possibilita a recolha de informações sobre a frequência e a duração das atividades dos bovinos, como pastoreio, repouso e deslocamento, permitindo decisões informadas para o manejo do rebanho (Swain *et al.*, 2011;). Além disso, em ecossistemas complexos, como regiões montanhosas e mediterrânicas, o comportamento dos animais monitorizado por GNSS pode fornecer informações valiosas para a conservação dos recursos naturais, uma vez que permite a avaliação do impacto do pastoreio na vegetação e no solo (Hoffmann, 2018; Ruiz *et al.*, 2020).

Outra aplicação importante dos colares GNSS é a otimização da oferta de pastagem com base nas necessidades nutricionais dos animais. A monitorização contínua dos padrões de movimentação permite ajustar o manejo das áreas de pastoreio, garantindo uma distribuição uniforme da pressão sobre as pastagens, evitando sobrepastoreio e a

degradação do solo, problemas comuns em sistemas de pastoreio intensivo (Feldt & Schlecht, 2016). Esta otimização resulta numa maior eficiência na utilização dos recursos forrageiros, promovendo a sustentabilidade dos sistemas de produção. Além disso, a monitorização precisa facilita a alocação de recursos, como água e suplementação alimentar, permitindo uma gestão mais eficiente e económica (González *et al.*, 2015; Sales-Baptista *et al.*, 2019). Os colares de GPS também podem vir a desempenhar um papel na deteção precoce de problemas de saúde ou mudanças no comportamento dos animais. Alterações nos padrões de atividades, como o tempo dedicado ao pastoreio ou ao repouso, podem indicar problemas de saúde, stress ou mudanças nas condições ambientais (Borchers *et al.*, 2016; Bailey *et al.*, 2022). A identificação precoce destes sinais possibilita intervenções rápidas, prevenindo a deterioração da saúde animal e, consequentemente, melhorando a produtividade do rebanho.

Este acompanhamento contínuo também permite a identificação de áreas preferidas pelos animais, o que pode ser útil para ajustar a distribuição de recursos e maximizar a eficiência do uso das pastagens, (Honorato, 2022). Os sistemas de GNSS podem ser integrados a tecnologias de pastor eletrónico, que permitem a criação de limites virtuais para pastoreio, delimitando áreas de exclusão ou zonas específicas de pastagem sem a necessidade de cercas físicas (Goliński *et al.*, 2022). Estes sistemas utilizam estímulos auditivos ou vibrações para redirecionar os animais, proporcionando uma gestão ainda mais flexível e eficaz do pastoreio, reduzindo a necessidade de estruturas físicas e facilitando o controlo das áreas de acesso a terrenos complexos (Anderson *et al.*, 2014). Esta tecnologia é particularmente útil em sistemas extensivos, pois contribui para a conservação do solo e da vegetação ao evitar o acesso de animais a áreas sensíveis ou que necessitam de recuperação

Apesar das inúmeras vantagens, a implementação da tecnologia GNSS na gestão de bovinos de carne apresenta igualmente desafios. Um dos principais obstáculos é o custo atual dos colares, e a falta de uma infraestrutura necessária, para a recolha e análise dos dados, especialmente para pequenos produtores. Além do investimento inicial, há também custos recorrentes de manutenção e substituição dos dispositivos, o que pode limitar a sua adoção em larga escala (Feldt & Schlecht, 2016). Outro desafio é a precisão dos dados, que pode ser afetada por fatores como cobertura densa de vegetação, topografia irregular e interferências de sinal, comprometendo a confiabilidade das informações recolhidas

(Swain *et al.*, 2011). Adicionalmente, a gestão do grande volume de dados gerados pelos colares de GNSS pode ser complexa, exigindo ferramentas avançadas de análise e conhecimento técnico para interpretar e aplicar tais informações de maneira eficaz (Borchers *et al.*, 2016). Produtores com pouca familiaridade com tecnologias digitais podem enfrentar dificuldades na maximização dos benefícios desta inovação.

Em termos de aplicabilidade prática, os colares de GNSS também contribuem significativamente para a prevenção de perdas e furtos. Através de alertas de geolocalização, os produtores podem ser notificados quando um animal se desvia dos limites estabelecidos, permitindo uma ação rápida para sua recuperação (Bailey *et al.*, 2018). Este tipo de funcionalidade é particularmente útil em grandes áreas de pastagem, onde a monitorização visual seria ineficaz. A recolha contínua de dados também beneficia a pesquisa científica, fornecendo informações detalhadas sobre o comportamento animal, padrões de pastoreio e os impactos ambientais da pecuária. Em ecossistemas sensíveis, como os mediterrâneos, esta tecnologia é essencial para avaliar e ajustar as práticas de manejo, contribuindo para a conservação dos recursos naturais (Ruiz *et al.*, 2020).

Por fim, é importante destacar que a evolução contínua da tecnologia promete superar alguns dos desafios atuais. O desenvolvimento de colares mais leves, energeticamente eficientes e com custos reduzidos facilita a adoção em larga escala, especialmente por pequenos e médios produtores (Borchers *et al.*, 2016; Bailey *et al.*, 2017). A integração com tecnologias emergentes, como drones e inteligência artificial, além de sensores de saúde, oferece novas possibilidades para uma monitorização ainda mais precisa e em tempo real (Swain *et al.*, 2011). Estas inovações prometem transformar a gestão de rebanhos, permitindo uma pecuária de precisão cada vez mais eficiente e sustentável (Swain *et al.*, 2011).

Assim, a utilização de colares de GNSS em bovinos de carne representa uma solução tecnológica promissora para a modernização da gestão pecuária. Embora ainda existam desafios a serem superados, tais como o custo e a gestão dos dados, as vantagens oferecidas em termos de monitorização, otimização de recursos e bem-estar animal tornam esta tecnologia uma ferramenta indispensável para o futuro da pecuária de precisão. À medida que a tecnologia avança, espera-se que a monitorização por GPS se

torne cada vez mais acessível e eficiente, promovendo uma pecuária mais sustentável e produtiva (Sales-Baptista *et al.*, 2016; Bailey *et al.*, 2017).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Caracterização do local de estudo

Para a realização do presente estudo, foi utilizado-se uma parcela da Herdade de Terra das Freiras (latitude: 38.549252; longitude: -8.142070), localizada no concelho de Montemor-o-Novo e integrada na Rede Natura 2000, Sítio de Monfurado (PTCON0031). A Herdade é propriedade privada e está integrada, como Herdade Piloto, no projeto LIFE ScrubsNet - Revitalizing semi-arid extensive farming habitats through the sustainable management of their associated scrubs areas - LIFE20 NAT/ES/000978. A parcela selecionada para o estudo corresponde a uma cerca de Montado, com 96 hectares (Figura 3).

O clima seco com poucas precipitações caracterizado na região de estudo acaba por ser desfavorável ao fluxo aquífero, desta forma existe para embeberamento dos animais a criação de leitões de água artificiais. A parcela dispõe de uma charca que alimenta um bebedouro e um chafariz. A charca está cercada por uma vedação para evitar o acesso dos animais e manter a água limpa. Estas duas estruturas garantem o abeberamento dos animais ao longo do ano (O'Donoghue, 2022. Olego *et al.*, 2021).

Na tabela que se segue (Tabela 1), podem-se verificar os valores médios do nascer e pôr do sol, do fotoperíodo, da precipitação diária e por estação e intervalos de temperatura em Montemor-o-Novo, começando no outono de 2023 e terminando na primavera de 2024.

Tabela 1: Valores médios do nascer do sol, pôr do sol, fotoperíodo, precipitação e temperatura de acordo com a estação do ano, em Montemor-o-Novo – Adaptado de: [Sunrise and sunset.com](https://sunriseandsunset.com). Acesso em: 19 maio 2024.

	OUTONO	INVERNO	PRIMAVERA	VERÃO
Duração da estação	22/09 - 20/12	21/12 - 19/03	20/03 - 19/06	20/06 - 21/09
Nascer do sol médio	07:28	07:28	06:31	06:41
Por do sol médio	17:57	17:56	20:18	20:28
Fotoperíodo médio	10:28	10:27	13:45	13:46

Precipitação média diária		2,84	1,96	1,74	0,40
Precipitação média por estação		255,90	174,70	160,20	38,40
Intervalo médio de temperatura da estação		10 - 27°C	3 - 13°C	8 -25°C	16 - 37°C
Intervalo médio de temperatura (tendo em conta horário de nascer e pôr do sol)	Dia	10 - 26°C	10 - 25°C	10 - 25°C	16 - 37°C
	Noite	10 - 17°C	8 - 15°C	8 - 15°C	16 - 26°C

O outono e o inverno apresentam os maiores índices de precipitação, tanto diária quanto total por estação, com temperaturas amenas. Em contraste, a primavera e, especialmente, o verão exibem uma redução na precipitação, culminando num clima seco e quente, com o verão a apresentar o maior intervalo de temperatura. A precipitação, exerce uma influência direta no comportamento de deslocamento dos animais em sistemas de produção extensiva, em períodos de menor precipitação, a qual ocasiona uma maior movimentação dos bovinos, podendo ocasionar também outros problemas como redução de apetite e reprodução. (Feldt & Schlecht, 2016; Ruiz *et al.*, 2020). O fotoperíodo, varia ao longo do ano, com dias mais curtos no outono e inverno e mais longos na primavera e verão. Esta variação climática sazonal tem implicações significativas para a disponibilidade de recursos naturais, como água e pastagens, influenciando diretamente o comportamento de pastoreio. A disponibilidade de água influencia o comportamento de pastoreio dos animais, que tendem a permanecer próximos a fontes de água (Kiley-Worthington & Plain, 1983; Thomas, 2017). No que respeita à sustentabilidade da pecuária, a compreensão do comportamento dos animais em pastoreio permite a implementação de práticas de gestão mais eficazes, reduzindo o impacto ambiental e melhorando a utilização dos recursos naturais (González *et al.*, 2015; Filipe & Tavares, 2017; Ruiz *et al.*, 2020).

A Herdade de Terra das Freiras tem uma área total de cerca de 205 ha (Figura 1) e é dominada por um povoamento maioritariamente de Sobreiros (*Quercus suber*) constituindo-se num sistema silvo pastoril. A herdade está dividida em 7 parcelas separadas por cercas, das quais 6 com uma ocupação de Montado e uma com um olival

tradicional, bastante antigo. Todas as parcelas são utilizadas para fins de pastoreio, num sistema de pastoreio rotacional, sem um plano prévio definido (informação do proprietário).

3.1.1. Pastagem

A Herdade de Terra das Freiras tem uma área total de cerca de 205ha (Figura 1) e é dominada por um povoamento maioritariamente de Sobreiros (*Quercus suber*) constituindo-se como um sistema silvo pastoril. A herdade está dividida em 7 parcelas delimitadas por cercas, das quais 6 com uma ocupação de Montado e uma com um olival tradicional, bastante antigo. Todas as parcelas são utilizadas para fins de pastoreio, num sistema de pastoreio rotacional, sem um plano prévio definido (informação do proprietário).

O solo da área de estudo é classificado como um Cambisolo (IUSS, 2015), com níveis de matéria orgânica razoáveis (na ordem dos 4 a 6%, análises feitas em 2022 no âmbito do projeto LIFE Scrubsnet) e pouco desenvolvido, ou seja, sem muitos nutrientes e com formação mais arenosa.

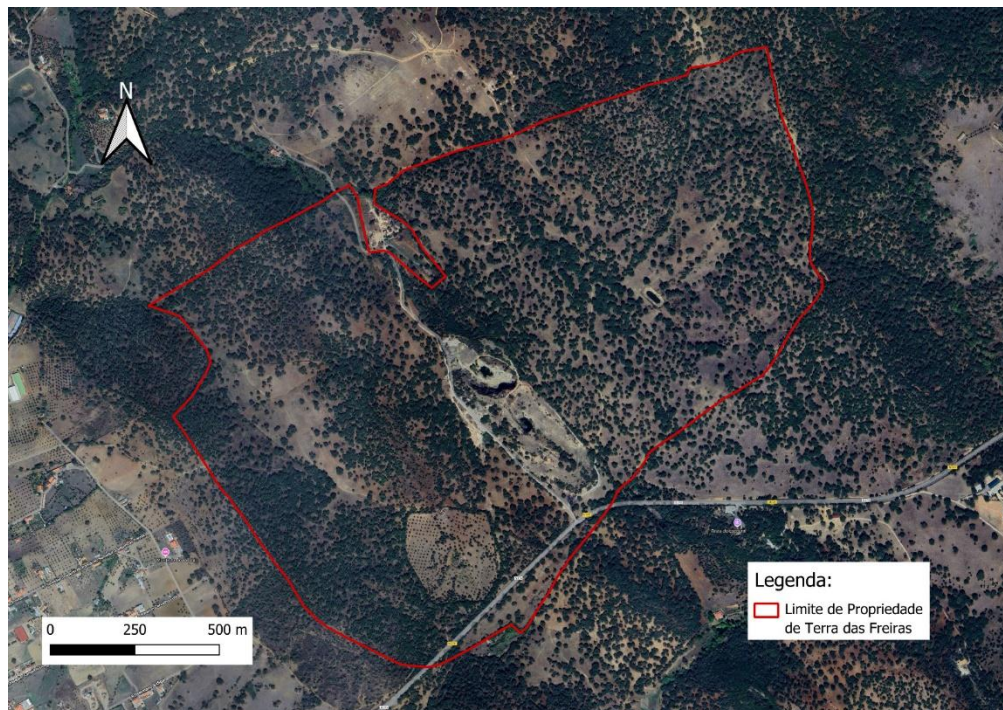


Figura 1: Limite da propriedade

As parcelas de montado são caracterizadas pela presença de árvores dispersas, principalmente sobreiros (*Quercus suber*), com uma elevada densidade arbórea, aproximadamente 53,3 árvores adultas/ha. Segundo informação do proprietário e registos do sítio Natura 2000 de Monfurado, os níveis de biodiversidade, tanto de fauna como de flora, são elevados (Araujo *et al.*, 2014). O Montado é ainda, tanto durante os períodos quentes e secos (pela sombra) como durante os períodos mais frios e de maior precipitação (abrigo), um local importante de proteção para os animais em pastoreio.

A pastagem da área de estudo é uma pastagem natural, composta por espécies herbáceas, anuais, adaptadas ao clima mediterrânico, como *Sinapis arvensis* e *Erodium botrys*, também incluindo gramíneas, como *Hordeum vulgare*, *Avena spp.*, *Poa bulbosa* e *Poa pratensis*, e leguminosas, como *Vicia spp.* e *Trifolium spp.*, todas estas formam uma pastagem biodiversa mediterrânica. Além disso, existem também algumas espécies de arbustos, sendo as que mais frequentemente ocorrem, o *Rubus ulmifolius*, a *Calicotome villosa* e o *Cistus salviifolius* (Agabriel, 2007; Castro, 2004). As espécies de arbustos são importantes para a proteção da regeneração arbórea e em alguns casos podem eventualmente contribuir para a dieta dos animais, especialmente nos períodos de maior escassez alimentar por menor disponibilidade de pastagem verde. Estes arbustos quando em pequenas manchas, constituem locais de abrigo de fauna selvagem de particular importância no Montado (Filipe & Tavares, 2017; Fonseca, 2008).

3.1.2. Efectivo pecuário

Na área total da herdade (205 ha), estão presentes 77 bovinos de carne provenientes de cruzamento entre as raças *Angus* e *Limousine*, dos quais 65 são vacas de reprodução (> 2 anos), 10 são novilhas de substituição e 2 são touros da raça *Aberdeen Angus*. O sistema de manejo utilizado nas parcelas é o pastoreio rotacional, com longos períodos de permanência em cada cerca, o que significa que os bovinos têm acesso constante à pastagem durante todo o ano. Este sistema é típico em montados e permite a utilização tanto da pastagem herbácea quanto dos recursos arbustivos e arbóreos. O encabeçamento na herdade é de aproximadamente 0,38 CN/ha.

3.2. Metodologia experimental

3.2.1. Correção do solo

Dadas as condições do solo, este foi tratado com calcário dolomítico numa área previamente selecionada de 13 hectares (Figura 2), de forma a corrigir a acidez e a toxicidade por Manganês, e melhorar as condições para o crescimento das pastagens. Este tratamento visa aumentar o pH do solo e fornecer nutrientes essenciais como cálcio e magnésio, promovendo melhores condições para a produção de pastagem. Procedeu-se à aplicação de calcário dolomítico (Tudidol) a 29 de novembro de 2022, com uma taxa pretendida de 3 toneladas/ha, tendo sido a taxa real de aplicação de 2,4 tonelada /ha, (Figura 3).

A taxa real de aplicação foi determinada através da colocação de garrações cortados pela metade, com área já calculada, ao longo da área em que o calcário ia ser aplicado. Estes garrações foram fixados ao solo, de modo que no momento da aplicação do calcário, este caísse dentro dos garrações, que após a mesma, foram recolhidos e o calcário presente neles foi convertido para área total da área de aplicação, tendo se feito uma média das quantidades no conjunto total de garrações.

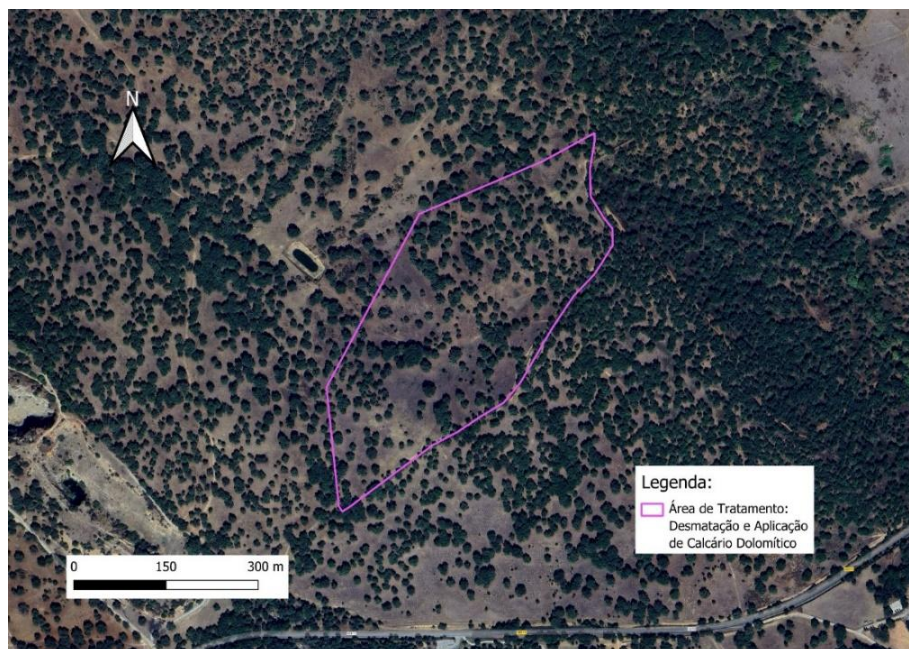


Figura 2: Limite da área tratada com calcário dolomítico

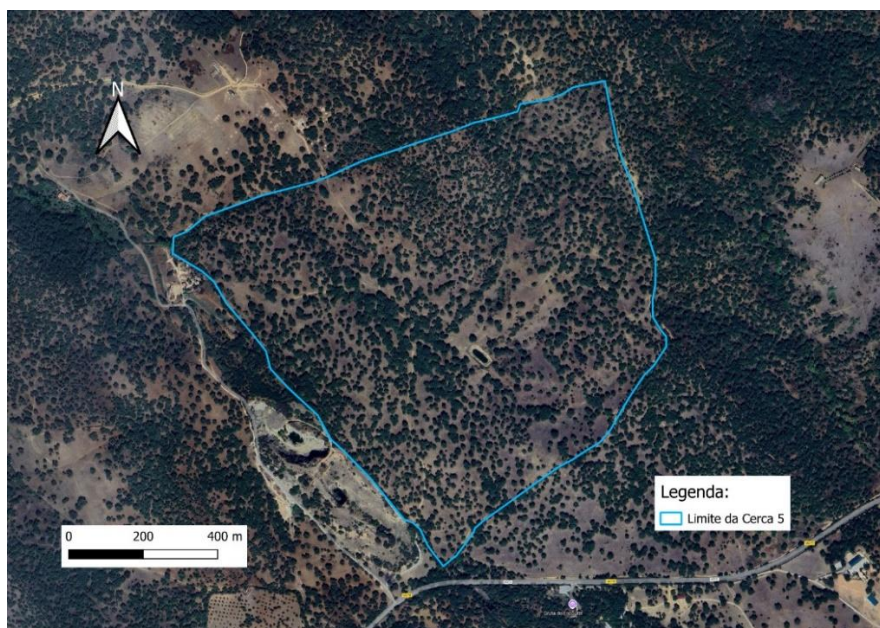


Figura 3: Limite da cerca 5

Foi realizada uma desmatação, depois da aplicação do calcário, com recurso a um corta-matos de correntes, com proteção prévia da regeneração natural existente, tendo sido criadas zonas com as condições o mais semelhantes possível, ambas desmatadas, numa foi aplicada o calcário e na outra não. Tal desmatação deveu-se ao facto desta área ser dominada por arbustos monoespecíficos - sargaço (*Cistus salviifolius*).

3.2.2. Delineamento experimental.

Com o objetivo de observar as mudanças na vegetação associadas à aplicação da correção do solo (calcário dolomítico), foi delineado um esquema de amostragem, constituído por 3 transectos de 100 metros de comprimento na área tratada com calcário dolomítico e 3 transectos na área controlo (Figura 4). Em ambas as áreas, foram estabelecidos três transectos, representados por linhas laranja com pontos amarelos (área de controlo) e com pontos verde (área de tratamento). Os transectos foram estrategicamente colocados em altitudes diferentes para captar a variabilidade da parcela.

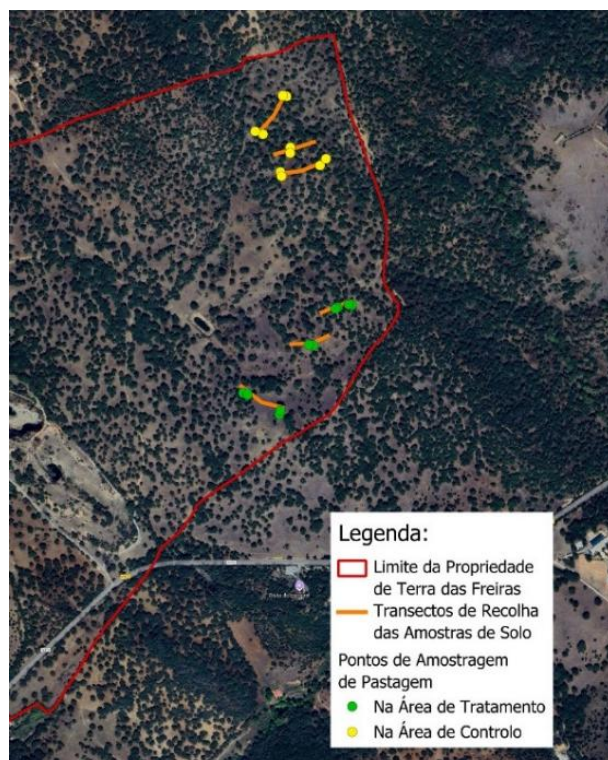


Figura 4: Transectos de recolha das amostras da área tratada e área controlo

Ao longo destes transectos, foram definidos pontos de amostragem de pastagem, indicados por círculos amarelos (área de controlo) e verdes (área de tratamento). É importante notar que, para garantir a comparabilidade entre as áreas, ambas foram submetidas a desmatamento, uniformizando as suas características iniciais. Na área de controlo, o desmatamento foi realizado apenas na zona dos transectos, enquanto na área de tratamento, o desmatamento foi mais abrangente.

3.2.3. Monitorização da pastagem

Foi recolhido um total de 60 amostras de pastagem, que correspondem a 3 datas de colheita e 10 amostras por tratamento. Na área onde foi aplicado calcário dolomítico utilizaram-se locais de amostragem (2 pertencentes ao transecto 1, 1 ao transecto 2 e outros 2 ao transecto 3) e utilizaram-se 5 locais de amostragem na área controlo (2 pertencentes ao transecto 4, 1 ao transecto 5 e outros 2 ao transecto 6) Em cada local existiam 2 pontos de amostragem, um debaixo de copa das árvores e um fora de copa.

Os locais das amostragens foram georreferenciados e marcados no terreno durante a primeira amostragem de forma a facilitar as recolhas seguintes. A parcela foi visitada 3 vezes para recolha de amostras de pastagem: no dia 3 de maio de 2023, 22 de fevereiro

de 2024 e 11 de abril de 2024. Para recolher as amostras utilizou-se, um aro com uma área conhecida (Figura 5), sendo a pastagem disponível no interior do aro, cortada com uma tesoura elétrica, a cerca de 1 cm do solo. Dependendo da altura do ano, foi utilizado um tamanho diferente de aro para delimitar a zona de recolha da amostra sendo que em maio de 2023 utilizou-se um aro de 0,25m², em fevereiro de 2024 um de 1m² e em abril de 2024 um aro de 0,25m².



Figura 5: Aro de 0,25m² utilizado na recolha de amostra

Depois de cortada a pastagem foi colocada em sacos de plástico, previamente identificados de acordo com o ponto de amostragem onde foram recolhidos e transportados para o Laboratório de Nutrição e Metabolismo, localizado no Pólo da Mitra da Universidade de Évora, para posterior processamento (3.3.5 Análise proximal).

3.2.4. Monitorização das movimentações dos bovinos com colares GPS

Para monitorizar a localização dos bovinos em pastoreio na Herdade de Terra das Freiras, foram utilizados colares equipados com um dispositivo de GPS. Este sistema de monitorização foi utilizado para análise dos padrões de pastoreio dos animais. Das 77 vacas aleitantes presentes na Herdade Terra das Freiras, 33 foram equipadas com colares GPS da marca Digitanimal. Digitanimal (Madrid, Espanha: <https://digitanimal.com/ayuda/introduccion-al-sistema-gps/>) Os colares foram colocados nos animais no dia 26 de julho de 2023 (Figura 6).

Os colares utilizados no estudo são da marca e integram tecnologia GNSS, particularmente o GPS, para monitorizar a posição e o comportamento dos animais em tempo real. A recolha de dados ocorreu a cada 30 minutos, com transmissão das informações para uma plataforma online através de redes GSM e Sigfox. Adicionalmente, os colares realizam a medição da temperatura dos animais. Os valores de temperatura obtidos não foram utilizados. As temperaturas registadas variaram entre 20 e 42°C, esta variação resultou que provavelmente da falta de contacto do sensor com o animal não estava em permanente contacto com o animal e

Os dados de localização, e temperatura são transmitidos para a plataforma Digitalanimal, que organiza as informações e oferece acesso via web ou aplicação móvel. Este sistema permite a análise em tempo real, assim como a revisão dos dados históricos, sendo possível personalizar alertas para comportamentos atípicos, como quando os animais se deslocam para fora de áreas predeterminadas de pastagem.



Figura 6: Bovino com colar GPS

A cobertura das redes GSM ou Sigfox, bem como o relevo e a vegetação, podem influenciar a precisão dos dados recolhidos. A tecnologia de armazenamento interno do dispositivo assegura a retenção de dados durante períodos de falha de conectividade, sincronizando-os automaticamente assim que a conexão é restabelecida.

Segundo o fabricante, a bateria dos colares, projetada para eficiência energética, pode durar entre seis meses e dois anos, dependendo da configuração da recolha de dados e da qualidade do sinal da rede. Dos 33 colares utilizados, 22 fizeram uma recolha de dados ao longo de 12 meses, e os restantes 11, tiveram falhas na recolha de localizações não completando o período total de recolha de dados. As falhas foram resultado tanto da falta de baterias, como de localização, devido a árvores que atrapalharam a conexão, ou seja, falha técnica e ambiental.

3.2.5. Análise proximal de amostras de pastagem

3.2.5.1. Preparação de amostras

Todas as amostras recolhidas foram pesadas em verde e submetidas a uma pré-secagem em estufa ventilada durante 48h a cerca de 60C°. De seguida foram pesadas novamente de modo a obter a primeira matéria seca (MS), tendo sido posteriormente moídas num moinho com crivo de malha de 1mm (Figura 7). As amostras foram armazenadas em copos ou sacos hermeticamente fechados (Figura 8). Antes de proceder às análises seguintes as amostras foram reviradas com espátula de forma a garantir uma correta homogeneização das mesmas, permitindo a colheita de uma amostra representativa. Na 2ª colheita, 5 das amostras, não puderam ser contabilizadas, devido ao facto da quantidade após secagem em estufa não ser suficiente para as restantes análises.



Figura 7: Moinho de laboratório (Laboratory Mill 120)



Figura 8: Amostras armazenadas em sacos hermeticamente fechados

Foram realizadas as determinações de matéria seca, cinzas totais, proteína bruta, gordura bruta, fibra insolúvel em detergente neutro (NDF), fibra insolúvel em detergente ácido (ADF) e lignina insolúvel em detergente ácido (ADL) com o objetivo de determinar a composição química e valor nutritivo das amostras de pastagem.

3.2.5.2. *Matéria Seca*

A determinação da matéria seca (MS) foi realizada de acordo com a norma ISO 6496:1999 (International Organization for Standardization [ISO 6496], 1999). As amostras já secas e moídas, foram pesadas em duplicado, aproximadamente 2g de cada, para cadinho de porcelana (Figura 9) e foram colocadas em estufa, durante 24h a 105°C e posterior pesagem de forma a se obter a percentagem de MS.

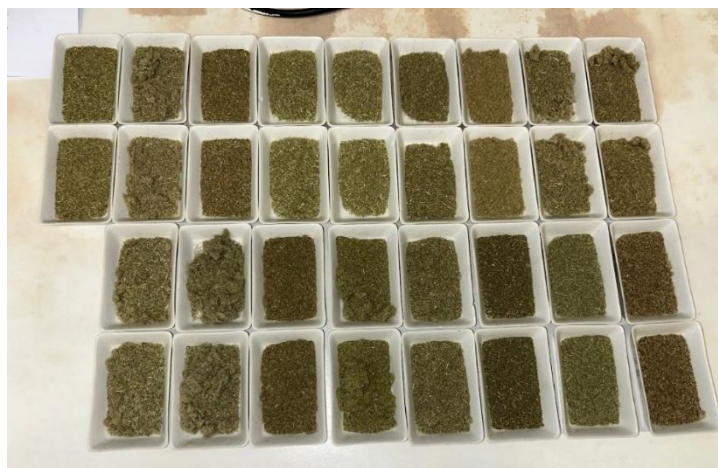


Figura 9: Amostras pesadas em cadinhos de porcelana

Na segunda colheita, para realização do cálculo da %MS das amostras para as quais não foi possível determinar a MS, o valor utilizado foi proveniente de uma média das restantes amostras da mesma colheita.

3.2.5.3. *Cinzas Totais*

As cinzas totais (CT) foram obtidas de acordo com a norma ISO 5984:2002 (ISO, 2002). As amostras foram previamente queimadas (Figura 10) para posteriormente serem submetidas a inceneração em mufla a 550°C durante 3h. A determinação de cinzas totais permitiu fazer o cálculo da matéria orgânica das amostras.



Figura 10: Amostras queimadas antes de serem colocadas na mufla

3.2.5.4. Proteína Bruta

A determinação da proteína bruta (PB) foi realizada por combustão a 900°C, de acordo com o método de Dumas (ISSO 16634-1:2008; ISO, 2008). Para tal, foram pesadas aproximadamente 0,1g de amostra numa folha de estanho (Figura 11) e posteriormente introduzidas no analisador automático LECO FP-528 (Figura 12). O valor do azoto total (NT) obtido foi convertido em PB por utilização do fator de conversão 6,25.



Figura 7: Amostras preparadas nas folhas de estanho



Figura 82: Analisador automático LECO FP-528

3.2.5.5. NDF, ADF e ADL

- NDF e ADF

A determinação da fibra insolúvel em detergente em meio neutro (NDF) e da fibra insolúvel em detergente em meio ácido (ADF) foram feitas segundo o método de Van-Soest, 1967 (AOAC Official Method 973.18), no analisador automático FIBRETHERM da marca Gerhardt (Figura 13).

Foram pesadas aproximadamente 0,5g de cada amostra num fiberbag previamente pesado e tarado (Figura 14) e introduzidos no equipamento para a determinação do NDF. O mesmo equipamento foi utilizado para a determinação do ADF, utilizando um programa adequado à determinação de ADF.



Figura 10: Analisador automático FIBRE THERM

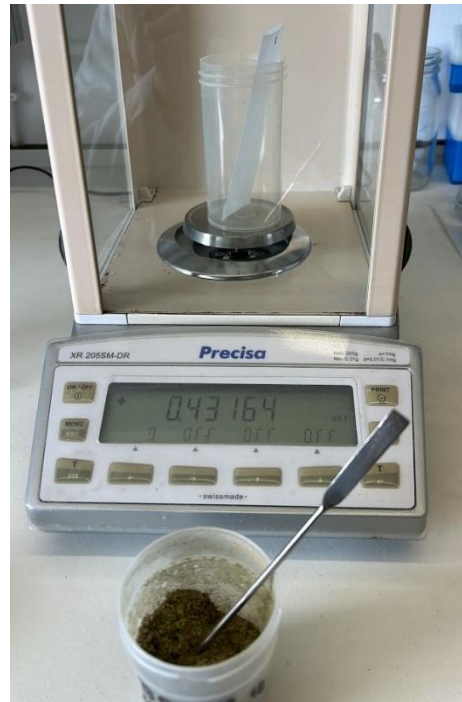


Figura 94: Pesagem do fiberbag e da amostra

De seguida já com as amostras dentro dos fiberbags, foram colocados separadores dentro de cada saco e este conjunto foi introduzido no carrocel (Figura 15). As amostras foram humedecidas com uma pequena quantidade de solução de detergente neutro (NDS), no caso do NDF, e ADS, no caso do ADF, e foi também colocado 1ml de solução anti-espuma na panela, para evitar perda de amostra durante o processo. Aqui foi escolhido o programa desejado, NDF ou ADF.



Figura 15: Fiberbags com separadores no carrossel

Por fim, após finalizado o programa, os separadores foram lavados com água morna de modo a não perder amostra e os fiberbags foram deixados em estufa de um dia para o outro para obter pesagens peso seco do extract de NDF e ADF.

- ADL

Após se ter concluído o processo de determinação do ADF referido no ponto anterior, os fiberbags com o extrato de ADF foram colocados num copo de vidro, tendo sido adicionado cerca de 10 ml de ácido sulfúrico (72%) a cada um, deixando atuar durante 3h (Figura 16). De seguida, foram lavados (Figura 17) e colocados novamente na estufa durante 24h, pesados e incinerados em mufla a 550°C durante 3h e posteriormente pesadas após arrefecimento. Esta determinação também foi feita de acordo com o método de Van-Soest, 1967 (AOAC Official Method 973.18).



Figura 16: Fiberbags nos copos de vidro com ácido sulfúrico



Figura 1711: Lavagem dos separadores

3.2.5.6. *Gordura Bruta*

A gordura bruta (GB) foi determinada de acordo com a norma ISO 6492:1999 (ISSO 6492, 1999). Pesaram-se aproximadamente 2g de cada amostra para um cartuxo de extração. Os cartuxos foram colocados em copos de vidro, aos quais foram adicionados 150ml de éter de petróleo, o conjunto foi colocado no analisador automático SOXTHERM da marca Gerhardt (Figura 18). Depois de realizada a extração da gordura, retiraram-se os cartuxos e os copos foram colocados na estufa para posterior pesagem e obtenção do valor da GB.



Figura 18: Conjunto cartuxos+copos no analisador automático SOXTHERM

3.2.6. Disponibilidade de massa forrageira

Para determinar a disponibilidade de massa forrageira em kgMS/ha, seguiu-se o seguinte procedimento:

Primeiro, foi utilizada a equação:

Disponibilidade massa forrageira (kgMV/ha) =

$$\frac{\text{peso da amostra em verde} * 10000}{\text{área do aro de colheita}}$$

Esta equação permitiu calcular a disponibilidade de massa forrageira em kg de matéria verde por hectare. Em seguida, para converter matéria verde MV em matéria seca MS, multiplicou-se o valor obtido pela %MS presente na amostra (Agabriel, 2007; Sauvante, *et al.*, 2023).

3.2.7. Valor energético da pastagem

O valor energético foi estimado através da composição química, utilizando e equações propostas pelo INRA e expressos em Mcal/kgMS (Agabriel, 2007; Sauvant, *et al.*, 2023).

3.2.7.1. Energia bruta

Para se obter a Energia bruta primeiramente foi calculada a FB (g/100gMS) a partir do teor determinado em ADF expresso em g/100gMS):

$$FB = \frac{(1,19 * ADF * 10) - 88}{10}$$

De seguida, foi utilizada a seguinte equação para o cálculo da EB (PB, GB, FB e CT expressos em g/100gMS):

$$EB = 17,3 + (0,0617 * PB) + (0,2193 * GB) + (0,0387 * FB) - (0,1867 * CT)$$

Por último, o valor obtido foi dividido por 4,184 de modo que a EB fosse expressa em Mcal/kgMS.

3.2.7.2. Energia digestível

De modo a obter a ED utilizou-se a seguinte equação:

$$\text{Energia bruta (Mcal/kgMS)} * \text{Digestibilidade da energia (\%)} = ED$$

3.2.7.3. Energia metabolizável

Para conseguirmos obter o valor da EM, primeiramente recorreu-se à seguinte equação (valores de FB e PB expressos em g/kgMO):

$$EM/ED = \frac{(84,17 - 0,0099 * FB) - (0,0196 * PB) + (2,21 * 10,7)}{100}$$

Seguidamente, o valor obtido foi multiplicado pela ED.

3.2.7.4. ENL

Os passos para obter a ENL foram os seguintes:

Calculou-se o coeficiente q:

$$q = \frac{EM}{EB}$$

De seguida foi calculado o kl através da equação:

$$kl = 0,6 + 0,24 * (q - 0,57)$$

O valor obtido foi multiplicado pela EM, obtendo-se assim a ENL.

3.2.7.5. UFL

Os UFL foram obtidos a partir da divisão da ENL por 1,7.

3.3. Tratamento estatístico de resultados

3.3.1. Amostras da pastagem

Após organização dos dados das amostras de pastagem, estes foram submetidos a uma análise de estatística descritiva no programa Excel.

A análise estatística descritiva foi realizada de modo a caracterizar e sumarizar os dados recolhidos nas áreas tratada e controlo e debaixo de copa e fora da copa, ao longo das três datas de colheita de amostras, realizadas em maio de 2023, fevereiro de 2024 e abril de 2024. Foram calculados parâmetros descritivos como a média, o desvio padrão, coeficiente de variação, valor máximo e o valor mínimo para a disponibilidade de massa forrageira (kgMS/ha), para a composição química - CT, PB, FT, NDF, ADF, ADL e GB – (g/100gMS) e valor nutritivo – energia digestível, energia metabolizável, energia líquida e UFL (Mcal/kgMS).

Foram realizadas análises de variância para cada um dos parâmetros a ser analisado (disponibilidade de massa forrageira, PB, NDF, ADF e ENL) no conjunto dos respetivos pontos de amostragem.

3.3.2. Localização dos animais

Os dados obtidos através da aplicação fornecida pela Digitanimal, em formato comma separated value (.CSV) foram convertidos ao formato Excel (.XLS), para uma mais fácil

seleção dos dados. A cada animal, corresponde um ficheiro individual. Partindo da totalidade de dados disponíveis ao longo de 1 ano (entre 21/07/2023 a 20/07/2024), foi feita uma seleção dos dados de geolocalização relativos a dois períodos contrastantes em termos de disponibilidade de pastagem e em consequência, potencial contraste de comportamento de pastoreio - outono de 2023 (22/09 – 20/12) e a primavera de 2024 (20/03 – 19/06).

Após filtrados os dados para esses períodos de tempo, foi feito o mapeamento dos mesmos em QGIS, para isso, os dados foram convertidos novamente para o formato CSV. Para a construção dos mapas, recorreu-se à versão QGIS 3.34.2 'Prizren', permitindo a visualização dos pontos de localização dos animais e das cercas e áreas onde se implementaram as ações de correção do solo e desmatagem. Como base dos mapas utilizou-se o Google Hybrid, na ferramenta “QuickMapServices” (separador “Web”). O processo foi o seguinte: (i) importação dos ficheiros com os dados das localizações dos animais já filtrados no Excel, entre as datas 21/07/2023 e 20/07/2024, para perfazer um total de 365 dias (um ano completo); (ii) importação dos ficheiros shapefiles com as áreas da propriedade, da cerca onde se fizeram as intervenções;; (iii) para selecionar apenas os pontos que estão dentro das diversas áreas consideradas, utilizou-se a ferramenta de geoprocessamento “Interseção”, no separador “Vetor”; (iv) depois de colocar visível o que se queria representar em cada mapa, foi-se ao separador “Projeto” para criar uma “Nova composição de impressão” > “Adicionar Mapa” > “Adicionar Legenda” > “Adicionar Barra de escala” > “Adicionar Seta de Norte”, ajustar a escala para ficar visível; (v) por fim, no separador “Composição”, “Exportar como imagem”. O procedimento repetiu-se para os dados do outono de 2023 e da primavera de 2024.

A densidade de presenças dos animais foi obtida através dos dados dos colares, numa área escolhida, para depois ser convertida a densidade de presenças/ha, que foi calculada dividindo o valor da densidade no local escolhido pela sua área.

A análise estatística descritiva foi realizada de modo a caracterizar e sumarizar os dados recolhidos nas áreas tratada e controlo ao longo das três datas de colheita de amostras, realizadas em maio de 2023, fevereiro de 2024 e abril de 2024. Foram calculados parâmetros descritivos como a média, o desvio padrão, coeficiente de variação, valor máximo e o valor mínimo para a disponibilidade de massa forrageira

(kgMS/ha), para a composição química - CT, PB, FT, NDF, ADF, ADL e GB – (g/100gMS) e valor nutritivo – energia digestível, energia metabolizável, energia líquida e UFL (Mcal/kgMS).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Monitorização da pastagem

4.1.1. Disponibilidade de massa forrageira

A disponibilidade de massa forrageira das áreas amostradas nas 3 datas de colheita apresentam-se na Tabela 2. Na primeira colheita, realizada em maio de 2023, a média de massa forrageira disponível foi de 918 kgMS/ha, com um desvio padrão relativamente elevado (445 kgMS/ha), indicando uma ampla variação dentro das áreas amostradas. Na segunda colheita, realizada a fevereiro de 2024, observou-se uma queda acentuada na massa forrageira disponível, com uma média de 220 kgMS/ha, acompanhada de um desvio padrão de 189 kgMS/ha. Esta diminuição está provavelmente relacionada com a época do ano (22 de fevereiro), que corresponde a um período de baixas temperaturas e crescimento reduzido da pastagem (Reis *et al.*, 2014). A terceira colheita, realizada em 11 de abril de 2024, apresentou uma disponibilidade de massa forrageira consideravelmente mais elevada, 652 kgMS/ha, com um dp de 308kgMS/ha. Estes valores sugerem um padrão de produção de pastagem que reflete o crescimento vegetativo da pastagem potencialmente influenciado pelas condições climáticas mais favoráveis, com a chegada da primavera (Reis *et al.*, 2014).

Tabela 2: Disponibilidade de massa forrageira verde (MFV) e massa forrageira seca (MFS) Primavera de 2023 (3/5/23), no final do Inverno de 2024 (22/2/24) e na Primavera de 2024 (11/4/24)

Parâmetros da pastagem	Média ± dp	Intervalo de variação	CV%	n
MFV (kg/ha)				
Maio/23	3192±1292	[1160-6120]	40,5	20
Fevereiro/24	791±699	[190-2710]	88,4	20
Abril/24	2720±1156	[1120-5160]	42,5	20
MFS (kgMS/ha)				
Maio/23	918±445	[400-2128]	48,5	20
Fevereiro/24	220±189	[72-52]	85,9	20
Abril/24	652±308	[1187-303]	47,2	20

Ao comparar estes dados com valores encontrados na literatura, observamos que a média de 918 kgMS/ha em maio é semelhante a valores encontrados para pastagens naturais mediterrânicas (Esan *et al.*, 2023; Olego *et al.* 2021). A disponibilidade de massa

forrageira em pastagens mediterrânicas pode variar amplamente, dependendo de fatores como a composição florística, a fertilidade do solo e as condições climáticas (Carreira *et al.*, 2022; Serrano *et al.*, 2020). A alta variabilidade observada na primeira colheita (desvio padrão de 445 kgMS/ha) pode ser atribuída à heterogeneidade espacial das pastagens, com áreas de maior e menor produção. Esta variabilidade é comum em pastagens naturais, onde a distribuição de espécies e a fertilidade do solo podem variar significativamente (Belo *et al.*, 2014; Belo *et al.*, 2009). A menor disponibilidade de massa forrageira em fevereiro (220 kgMS/ha) segue um padrão de crescimento da vegetação limitado pelas baixas temperaturas e pela menor disponibilidade de luz solar. A recuperação em abril (652 kgMS/ha) reflete o início do novo ciclo de crescimento com a melhoria das condições climáticas.

Candeias (2022) identificou variações semelhantes na disponibilidade de pastagem ao longo do ano, ao utilizar índices de vegetação derivados de imagens de satélite. A elevada variabilidade observada pode ser atribuída à heterogeneidade espacial das pastagens, conforme enfatizado por Candeias (2022). Esan *et al.*, (2023) destacam a relevância da composição florística e das condições ambientais na produção de pastagens. Olego *et al.* (2021) evidenciam que a calagem pode exercer influência significativa na produção de pastagens.

Os resultados apresentados na Figura 19 podem refletir a aplicação de práticas de manejo do solo, como a adição de corretivos.

A Figura 19 compara a disponibilidade de massa forrageira seca (MFS) em quilogramas de matéria seca por hectare (kgMS/ha) entre duas áreas, AT e AC, ao longo das três colheitas (Maio 2023/Fevereiro 2024/ Abril 2024). Na primeira colheita (1C), a área AT apresenta uma disponibilidade de MS significativamente maior (1115 kgMS/ha) em comparação com a área AC (720 kgMS/ha). Na segunda colheita (2C), ambas as áreas apresentam uma redução na disponibilidade de massa forrageira seca (MFS), sendo que a área AT apresenta uma queda mais acentuada (172 kgMS/ha) em relação à área AC (261 kgMS/ha). Na terceira colheita (3C), ambas as áreas apresentam um aumento na disponibilidade de MFS, sendo que a área AC apresenta um valor ligeiramente superior (634 kgMS/ha) em comparação com a área AT (670 kgMS/ha). Estes dados sugerem que a área AT apresenta uma maior produtividade de massa forrageira na primeira colheita,

enquanto a área AC apresenta uma produtividade mais constante ao longo do tempo. Desta forma, é possível perceber que dentro da área tratada ocorreu maior produtividade, e que a área de controle teve constância. Quando comparado a Figura 20, que analisa os índices de média de áreas fora de copa e debaixo de copa. É possível perceber a semelhança de valores, e principalmente da recuperação que ocorre com a pastagem ao longo do período. Apesar da recuperação, nenhuma das áreas retorna aos níveis observados na primeira colheita. Esses dados sugerem que a área DC possui uma maior capacidade de produção de massa forrageira em condições iniciais, mas ambas as áreas são suscetíveis a flutuações significativas na disponibilidade de MFS ao longo das colheitas.

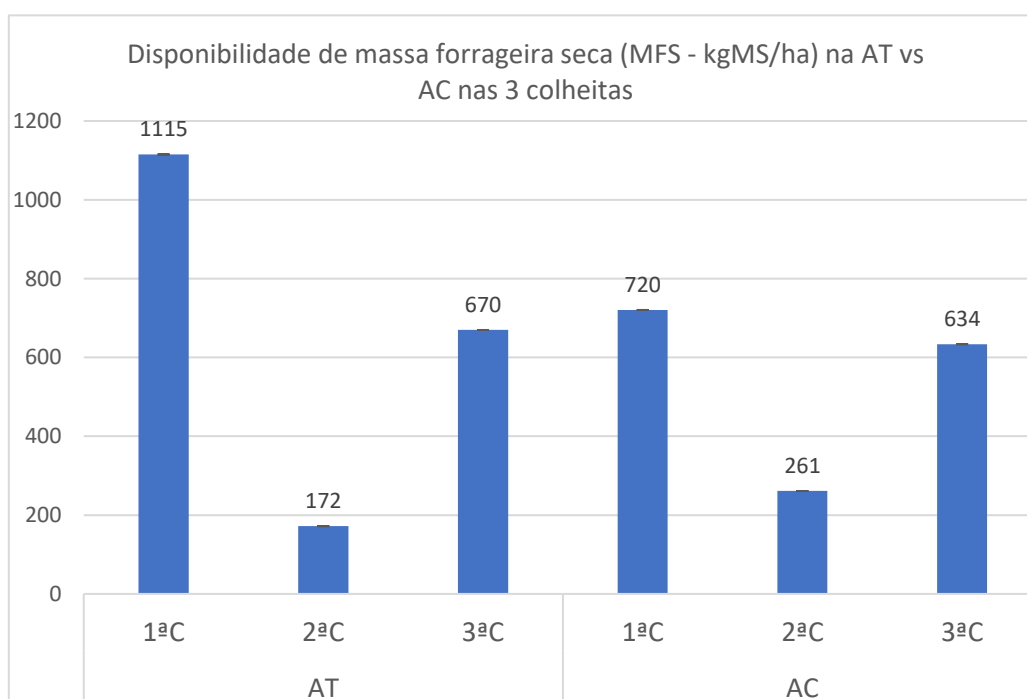


Figura 19: Variações das médias de Disponibilidade de massa forrageira seca (kgMS/ha) da 1ª, 2ª e 3ª (Maio 2023/ Fevereiro 2024/ Abril 2024) AT – área tratada; AC – área controle)

A Figura 20, apresenta a disponibilidade de massa forrageira, das áreas fora da copa e debaixo da copa. Desta forma, é possível evidenciar os valores ao longo do período. Estes dados sugerem que a área DC possui uma maior capacidade de produção de massa

forrageira em condições iniciais, mas ambas as áreas são suscetíveis a flutuações na disponibilidade de MFS ao longo das colheitas.

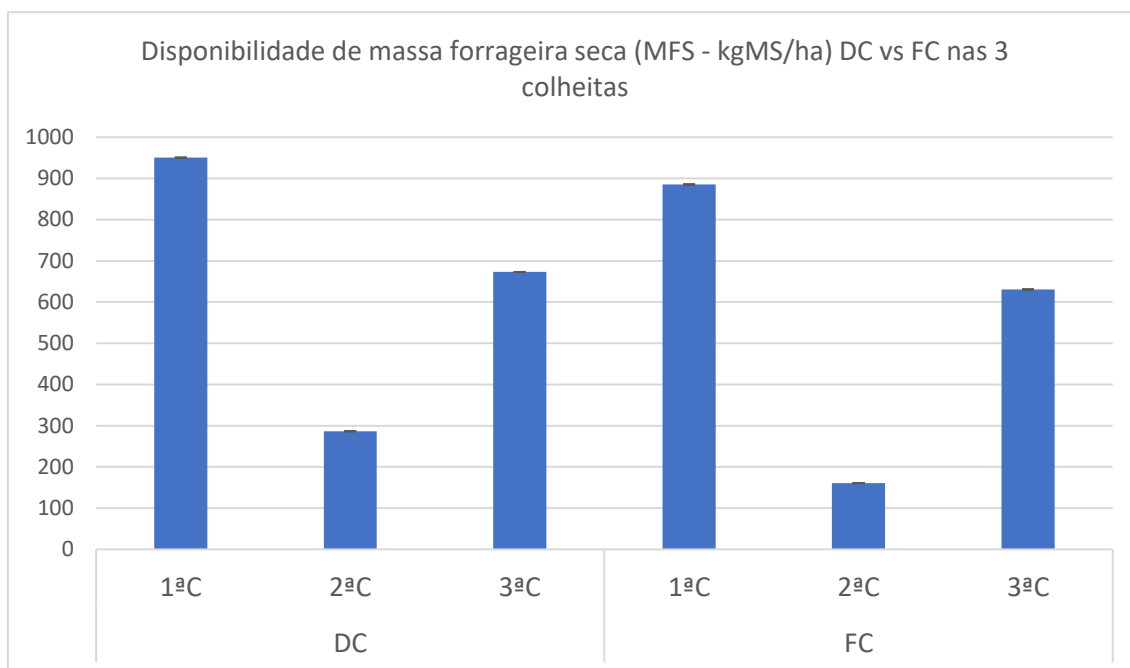


Figura 20: Variações das médias de Disponibilidade de massa forrageira seca (kgMS/ha) da 1ª, 2ª e 3ª (Maio 2023/Fevereiro 2024/ Abril 2024) colheitas (FC1 – fora de copa colheita; DC1 – debaixo de copa)

Quando comparados os dados obtidos durante as três colheitas em relação à média aproximada de MV com a literatura, (dados de Candeia (2022) [média de 800 kgMS/ha], Esan et al (2023) [variação de 650 a 750 kgMS/ha], Olego et al, (2021) [700 kgMS/ha em abril] e Serrano et al, (2020) [720 kgMS/ha]), é possível perceber que os dados obtidos conseguem ser superiores em relação a áreas cobertas. Enquanto a literatura apresenta médias em torno de 700-800 kgMS/ha, os dados obtidos revelaram que a média de massa forrageira verde (MFV) tendeu a ser maior em áreas com cobertura de copa, atingindo [900 kgMS/ha na primeira colheita]. Isso vai de encontro com os resultados apresentados por Candeias (2022), onde foram realizadas 4 colheitas em um período de 3 meses, de abril a junho, com uma média de [850 kgMS/ha].

No que concerne à massa forrageira seca (MFS), observou-se uma variação significativa ao longo do período analisado. Na primeira colheita, a MFS foi de [ex: 600 kgMS/ha], na segunda colheita caiu para [300 kgMS/ha], e na terceira colheita recuperou

para [700 kgMS/ha]. Essa variação corrobora as observações de Esan et al. (2023) que realizou análise em regiões cobertas, onde a MS variou de [500 a 600 kgMS/ha].

Ainda na comparação dos dados obtidos por meio de análise da literatura, principalmente Olego (2021) e Serrano (2020), é apresentado que na segunda colheita, em Fevereiro, houve significativa queda, enquanto que a base da literatura em período de fevereiro-abril, não obteve significativa diminuição, esta influência pode-se atribuir a calagem feita, juntamente com fatores climáticos e solo do período. Além da calagem, os fatores climáticos e edáficos específicos do período de colheita também podem ter contribuído para a diferença observada.

4.1.2. Composição química

A proteína bruta (PB) também variou entre as colheitas. Na primeira colheita, a média foi de 11,2 g/100gMS, com um desvio padrão de 1,8 g/100gMS e um intervalo de variação de 8,2 a 15,4 g/100gMS, sugerindo uma distribuição relativamente uniforme das amostras. Na segunda colheita, a média aumentou para 13,3 g/100gMS, com um desvio padrão maior (3,2 g/100gMS) e intervalo de 9,6 a 21,3 g/100gMS, o que indica uma maior variação nos níveis de proteína durante esse período. Na terceira colheita, a média manteve-se estável em 13,5 g/100gMS, com um desvio padrão de 2,8 g/100gMS e intervalo de 8,5 a 20,3 g/100gMS, sugerindo uma estabilização da qualidade proteica na pastagem.

A proteína bruta (PB) mostrou um aumento na segunda colheita e estabilização na terceira, indicando uma influência da fase de crescimento da forragem e do manejo aplicado (Anderson et al., 2014). Resultados semelhantes foram relatados por Araújo et al. (2014), que observaram aumento na PB em períodos de maior precipitação. Astigarraga e Ingrand (2011) reforçam que a nutrição do solo também desempenha um papel fundamental na qualidade proteica das pastagens. Neste estudo, os valores de PB foram superiores às médias encontradas por Bailey et al. (2018) em condições semelhantes, possivelmente devido à calagem e manejo adequado da pastagem.

Os teores de NDF seguiram uma tendência de ligeira diminuição ao longo das colheitas. Na primeira colheita, a média foi de 50,2 g/100gMS (dp de 6,1 g/100gMS, intervalo de 3,6 a 60,0 g/100gMS), indicando alta variabilidade entre as amostras. Na segunda colheita, os valores médios de NDF caíram para 46,1 g/100gMS (dp de 6,2

g/100gMS, intervalo de 35,3 a 57,2 g/100gMS), sugerindo uma menor quantidade de fibra neste período. Na terceira colheita, observou-se uma estabilização com média de 46,9 g/100gMS e desvio padrão de 5,5 g/100gMS (intervalo de 37,4 a 58,3 g/100gMS), refletindo uma ligeira recuperação da pastagem em termos de teor de fibra, mas ainda assim continuando inferior ao da primeira colheita.

Os teores de NDF apresentaram uma tendência de redução ao longo das colheitas, o que pode estar relacionado com a maturidade da planta e condições climáticas (AOAC, 1977). Esse comportamento também foi registrado por Bailey et al. (2018), que atribuíram a redução do NDF à disponibilidade de água e manejo da pastagem. Segundo Belo et al. (2014), menores teores de NDF estão associados a melhor digestibilidade dos alimentos para ruminantes. Os resultados obtidos neste estudo estão de acordo com a tendência relatada na literatura, sugerindo que a redução do NDF pode indicar melhor qualidade da forragem.

O ADF também apresentou uma ligeira redução ao longo das colheitas. Na primeira colheita, a média foi de 36,1 g/100gMS, com um desvio padrão de 5,0 g/100gMS e intervalo de 27,0 a 48,4 g/100gMS. Na segunda colheita, a média caiu para 34,4 g/100gMS (dp de 4,7 g/100gMS, intervalo de 27,3 a 46,7 g/100gMS), e na terceira colheita a média foi de 33,8 g/100gMS, com um desvio padrão de 4,2 g/100gMS (intervalo de 27,4 a 43,3 g/100gMS). Esta leve diminuição reflete uma menor quantidade

e componentes lignificados e mais indigestíveis da fibra, podendo-se traduzir em uma pastagem de melhor digestibilidade.

O ADL apresentou uma redução notável ao longo das colheitas. Na primeira colheita, a média foi de 7,0 g/100gMS, com um desvio padrão de 3,0 g/100gMS (intervalo de 1,5 a 14,2 g/100gMS), mostrando uma alta variabilidade nas amostras. Na segunda colheita, a média do ADL caiu para 5,4 g/100gMS, com um desvio padrão de 3,6 g/100gMS (intervalo de 4,7 a 12,5 g/100gMS), e na terceira colheita, os valores médios diminuíram ainda mais para 5,2 g/100gMS, com desvio padrão de 3,3 g/100gMS (intervalo de 0,2 a 15,0 g/100gMS). Esses resultados indicam uma diminuição gradual no teor de lignina, o que também pode contribuir para melhorar a digestibilidade da pastagem.

Os teores de gordura bruta (GB) variaram levemente ao longo das colheitas. Na primeira colheita, a média foi de 2,5 g/100gMS, com um desvio padrão de 0,7 g/100gMS

e intervalo de 1,7 a 4,3 g/100gMS, refletindo uma relativa uniformidade nas amostras. Na segunda colheita, a média foi ligeiramente menor, com 2,0 g/100gMS (dp de 1,6 g/100gMS, intervalo de 1,6 a 6,0 g/100gMS), sugerindo uma leve queda nos níveis de gordura neste período. Já na terceira colheita, a média aumentou para 2,9 g/100gMS (dp de 0,6 g/100gMS, intervalo de 1,9 a 3,8 g/100gMS), indicando uma recuperação no teor de gordura da pastagem.

A concentração de cinzas totais (CT) apresentou variações ao longo das três colheitas. Na primeira colheita, realizada em maio de 2023, a média foi de 9,4 g/100gMS, com um desvio padrão de 2,1 g/100gMS, indicando uma variação moderada entre as amostras (intervalo de 5,1 a 13,7 g/100gMS). Na segunda colheita, realizada em fevereiro de 2024, observou-se uma redução significativa nas cinzas totais, com uma diminuição da média para 6,9 g/100gMS e um desvio padrão de 5,0 g/100gMS, sugerindo uma maior dispersão nos valores observados (intervalo de 6,0 a 15,1 g/100gMS). No entanto, na terceira colheita, em abril de 2024, houve um aumento na concentração de cinzas totais, com uma média de 10,4 g/100gMS e desvio padrão de 3,0 g/100gMS (intervalo de 7,0 a 18,0 g/100gMS). Estes resultados são condicionados pelo estado vegetativo das plantas em cada data de colheita e também pelas condições ambientais ao longo do tempo.

A concentração de cinzas totais (CT) apresentou variações significativas ao longo das três colheitas, influenciadas pelo estado vegetativo das plantas e pelas condições ambientais (AOAC, 1977). Estudos anteriores indicam que fatores como disponibilidade de nutrientes e estresse hídrico podem afetar a composição mineral da forragem (Abreu & Lopes, 2005). Agabriel (2007) destaca que a variação na composição de cinzas em pastagens é esperada devido à sazonalidade e à interação entre solo e planta.

O ADF também sofreu redução ao longo das colheitas, refletindo uma menor quantidade de componentes lignificados (AOAC, 1977). Esan et al. (2023) identificaram comportamento semelhante em gramíneas tropicais, sugerindo que fatores ambientais e genéticos influenciam a taxa de lignificação da forragem. Bellido et al. (2001) destacam que teores mais baixos de ADF estão relacionados a melhor aproveitamento da forragem pelos animais. A lignina (ADL) apresentou uma tendência decrescente ao longo das colheitas, indicando melhor digestibilidade da forragem (AOAC, 1977). Estudos de Borchers et al. (2016) indicam que o conteúdo de lignina tende a diminuir com o manejo adequado da pastagem. Carvalho e Brito (2020) reforçam que baixos teores de lignina

favorecem a maior eficiência alimentar dos ruminantes. Os teores de gordura bruta (GB) variaram levemente entre as colheitas, com redução na segunda colheita e recuperação na terceira. Segundo Bailey et al. (2017), alterações na composição lipídica das forragens estão relacionadas às condições climáticas e ao estágio de desenvolvimento da planta. Estudos de Bugalho et al. (2011) indicam que a composição lipídica da pastagem pode influenciar diretamente a qualidade do leite e da carne produzidos.

Tabela 3: Composição química da pastagem nas 3 datas de colheita realizadas (CT – cinzas totais; PB – proteína bruta; NDF – fibra insolúvel em detergente neutro; ADF – fibra insolúvel em detergente ácido; ADL – lignina insolúvel em detergente ácido; GB – gordura bruta)

			Média±dp	Intervalo de variação	n
Composição química (g/100gMS)	CT	03/05/2023	9,4±2,1	[5,1-13,7]	20
		22/02/2024	6,9±5,0	[6,0-15,1]	15
		11/04/2024	10,4±3,0	[7,0-18,0]	20
	PB	03/05/2023	11,2±1,8	[8,2-15,4]	20
		22/02/2024	13,3±3,2	[9,6-21,3]	15
		11/04/2024	13,5±2,8	[8,5-20,3]	20
	NDF	03/05/2023	50,2±6,1	[3,6-60,0]	20
		22/02/2024	46,1±6,2	[35,3-57,2]	15
		11/04/2024	46,9±5,5	[37,4-58,3]	20
	ADF	03/05/2023	36,1±5,0	[27,0-48,4]	20
		22/02/2024	34,4±4,7	[27,3-46,7]	15
		11/04/2024	33,8±4,2	[27,4-43,3]	20
ADL	03/05/2023	7,0±3,0	[1,5-14,2]	20	
	22/02/2024	5,4±3,6	[4,7-12,5]	15	
	11/04/2024	5,2±3,3	[0,2-15,0]	20	

	GB	03/05/2023	2,5±0,7	[1,7-4,3]	20
		22/02/2024	2,0±1,6	[1,6-6,0]	15
		11/04/2024	2,9±0,6	[1,9-3,8]	20

Os dados analisados são semelhantes a outros valores reportados na literatura e reforçam a importância da sazonalidade e das práticas de manejo na composição química da pastagem (Abreu & Lopes, 2005; Agabriel, 2007; Anderson et al., 2014).

4.1.3. Valor energético

A energia digestível (ED), a energia metabolizável (EM), a energia líquida (ENL) e o valor energético expresso em unidades forrageiras de leite (UFL) mostraram pequenas variações entre as épocas avaliadas.

A ED apresentou uma variação relativamente pequena ao longo das três colheitas. Na primeira colheita, realizada em maio de 2023, a média foi de 2,4 Mcal/kgMS, com um desvio padrão de 0,3, indicando uma variação moderada entre as amostras (intervalo de [1,8-2,8] Mcal/kgMS). A segunda colheita, em fevereiro de 2024, registou um aumento leve na média de ED para 2,6 Mcal/kgMS, também com um desvio padrão de 0,3 e um intervalo de [1,7-3,0] Mcal/kgMS. A terceira colheita, em abril de 2024, manteve valores semelhantes à segunda colheita, com uma média de 2,6±0,3 Mcal/kgMS, sugerindo que a recuperação da massa forrageira também preservou o valor energético.

A EM seguiu uma tendência semelhante à ED, com um leve aumento ao longo das colheitas. Na primeira colheita, a média foi de 2,0±0,2 Mcal/kgMS (intervalo de [1,4-2,3] Mcal/kgMS). Na segunda colheita, observou-se um ligeiro aumento para 2,1±0,3 Mcal/kgMS, com uma maior dispersão dos valores (intervalo de [1,3-2,4] Mcal/kgMS). A terceira colheita manteve a média de 2,1 Mcal/kgMS, com menor variação (dp=0,2), sugerindo estabilidade no conteúdo de energia metabolizável à medida que a massa forrageira recuperou ao longo da primavera.

Os valores de ENL foram estáveis entre as colheitas, com um leve aumento da primeira para a segunda colheita. Na primeira colheita, a média foi de 1,1±0,1 Mcal/kgMS (intervalo de [0,8-1,4] Mcal/kgMS). A segunda colheita, em fevereiro de 2024, apresentou

um aumento para $1,2 \pm 0,2$ Mcal/kgMS, com maior variação nas amostras (intervalo de $[0,7-1,4]$ Mcal/kgMS), enquanto a terceira colheita manteve a mesma média com valores levemente mais uniformes ($dp=0,2$, intervalo de $[1,0-1,4]$ Mcal/kgMS). Isto sugere que, embora a disponibilidade de massa forrageira tenha sido reduzida no inverno, o valor energético do material foi preservado.

A UFL manteve valores constantes ao longo das colheitas, com uma média de 0,7 Mcal/kgMS em todas as épocas. O desvio padrão foi estável, variando de 0,1 em todas as colheitas. O intervalo de variação, que na primeira colheita foi de $[0,5-0,8]$, manteve-se semelhante na segunda colheita ($[0,4-0,8]$) e na terceira ($[0,6-0,9]$). A constância dos valores de UFL ao longo das colheitas sugere que a capacidade da forragem em fornecer energia para a produção de leite manteve-se estável, independentemente da redução na massa forrageira disponível.

Tabela 4: Valor energético da pastagem nas 3 datas de colheitas realizadas (ED – energia digestível; EM – energia metabolizável; ENL – energia líquida; UFL -unidade forrageira leite)

			Média±dp	Intervalo de variação	n
Valor energético (Mcal/kgMS)	ED	03/05/2023	2,4±0,3	[1,8-2,8]	20
		22/02/2024	2,6±0,3	[1,7-3,0]	15
		11/04/2024	2,6±0,3	[2,1-3,0]	20
	EM	03/05/2023	2,0±0,2	[1,4-2,3]	20
		22/02/2024	2,1±0,3	[1,3-2,4]	15
		11/04/2024	2,1±0,2	[1,7-2,5]	20
	ENL	03/05/2023	1,1±0,1	[0,8-1,4]	20
		22/02/2024	1,2±0,2	[0,7-1,4]	15
		11/04/2024	1,2±0,2	[1,0-1,4]	20
	UFL	03/05/2023	0,7±0,1	[0,5-0,8]	20
		22/02/2024	0,7±0,1	[0,4-0,8]	15

		11/04/2024	0,7±0,1	[0,6-0,9]	20
--	--	------------	---------	-----------	----

Rodrigues (1998) e Rodrigues et al. (2019) discutem a influência das condições do solo e do manejo sobre a qualidade da forragem, apontando que a fertilização e o controle da acidez do solo são fundamentais para manter a produtividade e a qualidade energética das pastagens. A estabilidade observada na UFL ao longo das três colheitas pode ser atribuída a um bom manejo do solo e à aplicação de corretivos, como o calcário, que são frequentemente recomendados para otimizar a produção forrageira e garantir a eficiência na utilização da forragem para a produção de leite. A manutenção dos valores de ED, EM e ENL durante a recuperação da pastagem também corrobora as observações de Sales-Baptista et al. (2019) e Sales-Baptista et al. (2016), que enfatizam a importância da monitorização do comportamento e do comportamento nutricional dos animais, especialmente durante os períodos de variação na disponibilidade de forragem. O uso de tecnologias de monitoramento, como GPS e GNSS, pode contribuir para a compreensão dos padrões de pastoreio e otimizar a gestão da oferta forrageira em função das necessidades dos animais.

Além disso, o aumento da variabilidade dos valores de ED e EM em fevereiro de 2024, possivelmente devido às condições climáticas adversas do inverno, é consistente com a literatura sobre os efeitos das condições climáticas nas pastagens. Santos et al. (2024) e Senft et al. (1983) indicam que fatores climáticos, como temperatura e luminosidade, podem influenciar a qualidade das pastagens, afetando diretamente a disponibilidade e o valor energético da forragem. A recuperação observada nas colheitas subsequentes reflete a resiliência das pastagens, que podem se recuperar da sazonalidade, especialmente com práticas adequadas de manejo.

4.1.4. Efeito do tratamento do solo com calcário dolomítico e da copa das árvores na quantidade de massa forrageira disponível

Para avaliar o efeito da correção do solo com calcário dolomítico, nas duas localizações de pastagem (na área de projeção da copa e fora da área de projeção da copa das árvores), foi realizada uma análise de variância (ANOVA) com dois fatores, utilizando um nível de significância (α) de 0,05, a todos os parâmetros quantitativos e

qualitativos da pastagem. Os fatores considerados na ANOVA foram: o efeito do tratamento do solo com calcário dolomítico (com dois níveis: 2,4 tonelada/ha de correção com Ca dolomítico (área tratada) e 0 de correção com Ca Dolomítico (área de controle) e o efeito da localização da pastagem (também com dois níveis: debaixo de copa e fora de copa). Esta abordagem permite avaliar, não só o efeito de cada fator nos diferentes parâmetros da pastagem como também avaliar a existência de interações entre os dois fatores.

Na tabela 5 apresenta-se o efeito do tratamento com calcário dolomítico e o efeito da presença das arvores e a sua interação na disponibilidade de massa forrageira, nas 3 datas de colheita em estudo, maio de 2023, fevereiro de 2024 e abril de 2024.

Tabela 5: Efeito dos fatores tratamento e copa na disponibilidade de massa forrageira da pastagem (AT – área tratada; AC área controle; FC – fora de copa; DC – debaixo de copa)

Parâmetros da pastagem	Tratamento com Calcário dolomítico		Localização da pastagem		Probabilidades dos efeitos (P-value)		
	AT	AC	FC	DC	Tratamento	Localização	Tratamento X Localização
Disp. Massa forrageira (kg MS/ha)							
1ª Colheita 03/05/2023	1115	721	885	951	0,055	0,736	0,581
2ª Colheita 22/02/2024	132	222	141	213	0,277	0,388	0,374
3ª Colheita 11/04/2024	670	634	630	673	0,810	0,776	0,527

Em maio de 2023, os resultados da ANOVA mostraram que não houve diferenças estatisticamente significativas tanto para o fator tratamento ($p > 0,05$) quanto para o fator copa ($p = 0,736$). Além disso, a interação entre tratamento e copa também não foi significativa ($p = 0,581$), indicando que, nesse período, o efeito do calcário dolomítico e

a posição em relação às copas das árvores não tiveram um impacto significativo na disponibilidade de massa forrageira. Na segunda colheita, também não houve efeitos significativos do tratamento, da copa ou da interação entre estes, tendo os p-value do tratamento sido 0,277, da copa 0,388 e da interação 0,374, todos maiores do que a significância. Na terceira colheita, os resultados da ANOVA também mostraram que não houve efeitos significativos de nenhum dos fatores. O fator tratamento apresentou um p-value = 0,810, o fator copa teve um p-value = 0,776, e a interação entre os dois fatores resultou em um p-value = 0,527. Isto sugere que, mesmo na primavera, quando a massa forrageira aumentou, o efeito do calcário dolomítico e da posição em relação às árvores não foi suficiente para causar diferenças estatisticamente significativas na massa forrageira disponível. Estes resultados indicam que, embora haja uma tendência para recuperação da massa forrageira ao longo das estações, o tratamento com calcário e a localização das amostras em relação às copas das árvores não foram fatores determinantes no padrão de variação observado durante o período de estudo.

Observando os dados de outra forma (Figura 21), na primeira colheita (maio de 2023), tanto a área tratada como a de controlo, registaram os maiores valores de massa forrageira, com as áreas debaixo de copa a apresentarem ligeira vantagem em relação às fora de copa.

Comparativamente, a primeira colheita teve a maior disponibilidade de massa forrageira nas duas áreas, indicando condições mais favoráveis para o crescimento das plantas na primavera de 2023 (Figura 21). A segunda colheita apresentou a menor disponibilidade devido ao inverno, e a terceira colheita demonstrou uma recuperação parcial, sugerindo o impacto positivo do retorno de condições mais amenas no início da primavera de 2024. Além disso, as áreas tratadas com calcário dolomítico tendem a apresentar maior massa forrageira em média, especialmente fora de copa, o que pode indicar um efeito positivo do tratamento, embora o impacto das copas também possa influenciar a disponibilidade de massa forrageira.

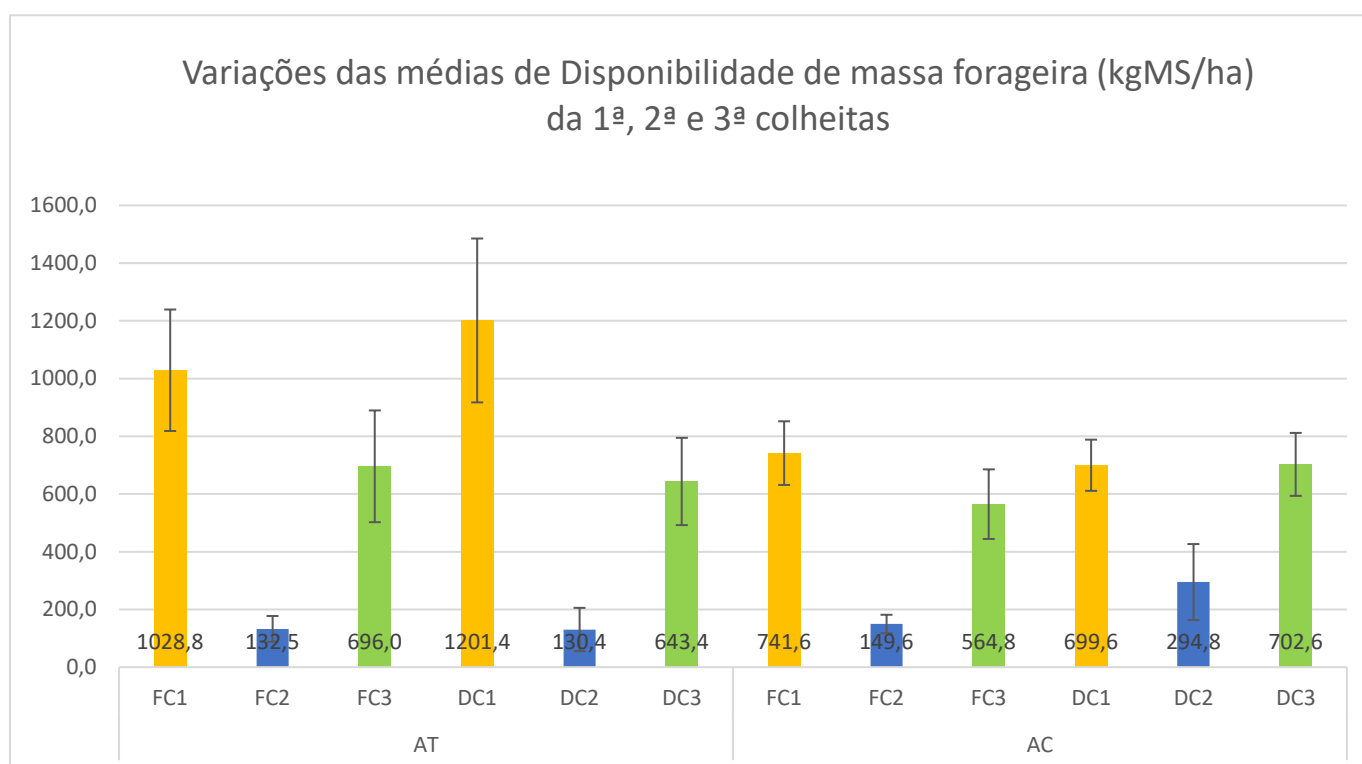


Figura 21: Variações das médias de Disponibilidade de massa forrageira (kgMS/ha) da 1ª, 2ª e 3ª colheitas (FC1 – fora de copa 1ª colheita; FC2 – fora de copa 2ª colheita; FC3 – fora de copa 3ª colheita; DC1 – debaixo de copa 1ª colheita; DC2 – debaixo de copa 2ª colheita; DC3 – debaixo de copa 3ª colheita; AT – área tratada; AC – área controle)

Ao comparar as condições fora e debaixo de copa, observa-se que na primeira colheita (FC1 e DC1), a média de massa forrageira foi superior debaixo de copa (DC1), sugerindo que a presença de copa pode ter favorecido o desenvolvimento da forragem nesta condição. Na segunda colheita, tanto FC2 quanto DC2 apresentam uma queda acentuada e valores muito baixos, refletindo uma condição mais crítica para a produção de forragem. Já na terceira colheita, as médias entre as duas condições tornam-se mais semelhantes,

com uma ligeira vantagem para a condição fora de copa (FC3), possivelmente devido a fatores ambientais ou de manejo que favoreceram o desenvolvimento da forragem em áreas abertas. A variabilidade, representada pelo desvio padrão, também revela informações importantes. Na primeira colheita debaixo de copa (DC1), a variabilidade foi maior, indicando uma maior dispersão nos valores de massa forrageira. Em contraste, a segunda colheita (FC2 e DC2) apresentou um desvio padrão menor, sugerindo uma maior homogeneidade nos dados, possivelmente devido à redução generalizada da massa forrageira. Na terceira colheita, a variabilidade aumentou novamente, o que pode indicar que fatores como recuperação da forragem e variação nas condições de crescimento influenciaram os resultados.

Nas colheitas fora de copa, a FC1 apresenta a maior média de massa forrageira (1028,8 kgMS/ha), destacando-se em relação às demais. Em contraste, a FC2 registra uma drástica redução na média (132,5 kgMS/ha), indicando uma queda acentuada na disponibilidade de forragem. A FC3 apresenta uma média intermediária (696,0 kgMS/ha), sugerindo uma recuperação em relação à colheita anterior. Da mesma forma, as colheitas debaixo de copa (DC) seguem uma tendência similar, com a DC1 destacando-se pela maior média de massa forrageira (1201,4 kgMS/ha) entre todas as colheitas. A DC2 apresenta uma situação semelhante à FC2, com uma média muito baixa (130,4 kgMS/ha), enquanto a DC3 tem uma média intermediária (643,4 kgMS/ha), muito próxima à de FC3.

De acordo com Ferraz de Oliveira *et al.* (2013), a variabilidade na produção de forragem em áreas de pastagem mediterrânea pode ser influenciada por fatores como o tipo de vegetação, as condições climáticas e a estratégia de manejo adotada. A presença de copa, como observado no gráfico, pode proporcionar um ambiente microclimático mais estável, favorecendo o crescimento de certas espécies forrageiras, o que é consistente com os achados de Freixial e Barros (2012), que indicam um aumento da biomassa em ambientes sob sombra. Por outro lado, como indicado por Fonseca (2008), o manejo adequado das pastagens também deve ser considerado, pois fatores como a densidade de árvores e a gestão do pastoreio têm impacto direto sobre a disponibilidade de forragem. A variação observada nas colheitas FC1, FC2 e FC3, e suas comparações com as colheitas DC1, DC2 e DC3, refletem dinâmicas de pastagem típicas dos sistemas silvopastoris, onde a interação entre a vegetação lenhosa e as pastagens pode gerar

diferentes padrões de comportamento de pastoreio, como discutido por Ganskopp e Bohnert (2009) e González *et al.* (2015). A maior disponibilidade observada em DC1 pode ser explicada pela maior proteção das plantas contra os efeitos de estresse climático, como a radiação solar intensa e as variações de temperatura, favorecendo o crescimento das plantas forrageiras. No entanto, a queda acentuada na 2ª colheita (FC2 e DC2), com médias muito baixas, pode ser atribuída a fatores sazonais, como as mudanças climáticas que afetam diretamente a produção de forragem, como afirmado por Ferraz-de-Oliveira *et al.* (2016) e o Instituto Português do Mar e da Atmosfera (2024). Isto é um reflexo das estratégias de pastoreio adotadas pelos herbívoros e dos desafios relacionados à recuperação das pastagens após períodos de stress, como sugerido por Goliński *et al.* (2022) e Goncherenko *et al.* (2022), que discutem o impacto de diferentes práticas de manejo e as tecnologias de monitoramento do comportamento animal em pastagens.

Em relação à variabilidade observada no gráfico, a maior dispersão na primeira colheita debaixo de copa (DC1) está alinhada com as conclusões de Kilgour (2012), que destaca a variabilidade do comportamento animal em sistemas de pastagem devido a fatores como a escolha do local de pastoreio e a qualidade da forragem. A menor variabilidade observada na 2ª colheita pode ser um reflexo de uma situação de escassez generalizada de forragem, resultando em um comportamento mais homogêneo dos animais em busca de alimento. Os valores obtidos neste estudo estão de acordo com Martins, (2020), onde se constatou um aumento na massa forrageira na AT, comparativamente à AC, entre os meses de março e maio de 2019, meses estes correspondentes à primavera. Já nos meses de dezembro de 2018 a fevereiro de 2019 (inverno), os valores da massa forrageira para a AT não superaram os da AC. Resultados do estudo da Herdade da Terra das Freiras mostram que as áreas tratadas (AT) apresentaram maiores médias de massa forrageira na primeira e terceira colheitas a 03/05/2023 e 11/04/2024, respetivamente, tendo ambas decorrido na primavera, a primeira colheita com 1115kgMS/ha e a terceira com 670kgMS/há, enquanto as áreas de controlo (AC) mostraram valores inferiores nas mesmas colheitas (721kgMS/ha e 634kgMS/ha), com exceção da segunda colheita a 22/02/2024, que teve lugar no inverno, onde a área de controlo (222kgMS/ha) apresentou valores superiores à área tratada (132kgMS/ha). Ainda assim, podemos constatar que a disponibilidade de massa forrageira traduz-se em valores relativamente baixos, em comparação com Martins, (2020), onde a massa forrageira obtida entre abril e maio de 2019 foi de aproximadamente

3000kgMS/ha, ou seja, tendo sido bastante superior ao observado na Herdade da Terra das Freiras, com uma diferença de, aproximadamente, 1885kgMS/ha da terceira colheita e de 2330kgMS/ha da segunda colheita. Estas diferenças podem dever-se ao facto de a parcela do nosso estudo estar sob pastoreio durante o período de amostragem. Os solos relativamente pobres encontrados na Herdade da Terra das Freiras também pode ser considerado um motivo válido para a diferença entre os valores.

4.1.4.1. Composição química da pastagem

A análise de variância foi aplicada para comparar o efeito do tratamento e da copa das árvores na composição química da pastagem (tabela 6).

Tabela 6: Efeito dos fatores tratamento e copa na composição química da pastagem (CT – cinzas totais; PB – proteína bruta; NDF – fibra insolúvel em detergente neutro; ADF – fibra insolúvel em detergente ácido; ADL – lignina insolúvel em detergente ácido; GB – gordura bruta; AT – área tratada; AC área controlo; FC – fora de copa; DC – debaixo de copa)

	Composição química da pastagem (g/100gMS)	Médias		Médias		Probabilidades dos efeitos (p)		
		AT	AC	FC	DC	Tratamento	Copa	Tratamento X Copa
CT	1ª Colheita 03/05/2023	8,8	10,0	10,0	8,9	0,202	0,219	0,096
	3ª Colheita 11/04/2024	9,0	10,9	10,9	9,0	0,136	0,124	0,228
PB	1ª Colheita 03/05/2023	10,8	11,5	11,3	11	0,485	0,775	0,763
	3ª Colheita 11/04/2024	13,6	13,4	12,3	14,7	0,837	0,058	0,821
NDF	1ª Colheita 03/05/2023	52,6	47,8	48,4	52	0,041	0,117	0,016

	3ª Colheita 11/04/2024	46,4	47,4	46,8	47	0,679	0,933	0,166
ADF	1ª Colheita 03/05/2023	38,5	33,6	36,1	36,1	0,015	0,97	0,021
	3ª Colheita 11/04/2024	32,9	34,6	33,8	33,8	0,395	0,982	0,244
ADL	1ª Colheita 03/05/2023	8,2	5,7	6,9	7,0	0,054	0,946	0,090
	3ª Colheita 11/04/2024	4,5	6,0	3,9	6,6	0,296	0,071	0,494
GB	1ª Colheita 03/05/2023	2,3	2,7	2,6	2,3	0,154	0,288	0,008
	3ª Colheita 11/04/2024	3,1	2,7	2,8	3,0	0,110	0,454	0,729

Os testes estatísticos realizados na primeira colheita em relação às CT indicaram que não houve diferenças significativas em relação ao tratamento (p-value = 0,202) e à localização das amostras em relação à copa das árvores (p-value = 0,219). No entanto, a interação entre tratamento e localização apresentou um p-value = 0,096, próximo do nível de significância, sugerindo uma possível interação que não atingiu significância estatística. Na terceira colheita, o tratamento também não apresentou um efeito significativo (p-value = 0,136), e a localização e a interação entre os fatores mantiveram p-values de 0,124 e 0,228, respetivamente. Estes resultados indicam que, ao longo do período estudado, o uso de calcário dolomítico e a posição das amostras não foram determinantes para variações nas CT.

No que toca à PB (tabela 6), na primeira colheita indicaram que não houve diferenças significativas na PB em relação ao tratamento (p-value = 0,485) e à localização (p-value = 0,775). Além disso, a interação entre tratamento e localização não apresentou significância estatística (p-value = 0,763). Estes resultados sugerem que, neste momento, tanto o efeito do calcário dolomítico quanto a posição das amostras em relação às copas das árvores não afetaram de maneira relevante a PB da pastagem. Na terceira colheita, os

resultados continuaram a indicar a ausência de efeitos significativos. O tratamento demonstrou um $p\text{-value} = 0,837$, enquanto a localização teve um $p\text{-value} = 0,058$, próximo do nível de significância. A interação entre os fatores também não se mostrou significativa ($p\text{-value} = 0,821$). Estes resultados sugerem que, mesmo na estação em que se esperaria uma variação mais acentuada na composição química, o tratamento com calcário e a localização das amostras não foram fatores determinantes para diferenças significativas na PB. Assim sendo, embora as análises mostrem algumas variações na PB ao longo do tempo, os efeitos do tratamento com calcário dolomítico e da posição em relação às copas das árvores não se mostraram significativos ao longo do período estudado.

Em relação ao NDF (tabela 6), a análise de variância da primeira colheita revelou um efeito significativo do tratamento ($p\text{-value} = 0,041$), enquanto a localização não apresentou significância ($p\text{-value} = 0,117$). A interação entre os fatores também foi significativa ($p\text{-value} = 0,016$), sugerindo que tanto o tratamento quanto a posição das amostras influenciaram consideravelmente o NDF durante esta colheita. Na terceira colheita, os resultados mostraram que o tratamento não foi significativo ($p\text{-value} = 0,679$) e a localização também não apresentou efeitos significativos ($p\text{-value} = 0,933$). A interação entre os fatores demonstrou um $p\text{-value}$ de 0,166, indicando que não houve variação significativa do NDF. Em resumo, os dados revelam que, embora o tratamento tenha demonstrado um efeito relevante na primeira colheita, tal impacto não se manteve nas colheitas subsequentes, evidenciando a necessidade de considerar as outras possíveis razões para as variações.

Os resultados para o ADF (tabela 6) mostraram um efeito significativo do tratamento na primeira colheita ($p\text{-value} = 0,015$), e a interação entre tratamento e localização também se revelou significativa ($p\text{-value} = 0,021$). Contudo, a localização não apresentou diferença significativa ($p\text{-value} = 0,970$), indicando que o tratamento com calcário dolomítico e a interação com a posição das amostras influenciaram o ADF nesta colheita. Na terceira colheita, o tratamento não foi significativo ($p\text{-value} = 0,395$) e a localização também não teve efeitos relevantes ($p\text{-value} = 0,982$). A interação entre os fatores não se mostrou significativa ($p\text{-value} = 0,244$), indicando que, nesta fase, o impacto do tratamento e da localização na ADF não foi suficiente para provocar diferenças significativas. Desta forma, os dados evidenciam que, embora o tratamento tenha

mostrado um efeito significativo na primeira colheita, este impacto não se manteve nas colheitas subsequentes. Uma possível razão para os resultados obtidos poderá estar relacionada à influência sazonal, que deve ser considerada nas futuras análises.

Na análise de ADL, a primeira colheita revelou um p -value = 0,054 para o tratamento, próximo do nível de significância, enquanto a localização não apresentou efeito significativo (p -value = 0,946). A interação entre tratamento e localização também não foi significativa, com p -value = 0,090. Na terceira colheita, o tratamento e a interação continuaram sem efeitos significativos (p -value = 0,296 e 0,494, respectivamente), embora a localização tenha demonstrado um p -value de 0,071, indicando uma possível tendência, sem alcançar significância. Assim, os resultados sugerem que, embora possa haver variações no conteúdo de lignina, estas não são suficientemente explicadas pelo tratamento ou localização.

Para a GB, os resultados da primeira colheita indicaram a ausência de efeitos significativos do tratamento (p -value = 0,154) e da localização (p -value = 0,288). No entanto, a interação entre os fatores mostrou-se significativa (p -value = 0,008), sugerindo que a combinação entre tratamento e posição das amostras em relação à copa pode ter influenciado a GB nesta fase inicial. Na terceira colheita, os p -values para tratamento, localização e interação (0,110, 0,454 e 0,729, respectivamente) indicaram a ausência de efeitos significativos, sugerindo que ao longo do período estudado, a gordura bruta não sofreu alterações relevantes devido ao tratamento com calcário dolomítico ou à posição das amostras.

Fazendo uma comparação entre a localização das amostras em relação à área em que se encontram (Figura 22), na primeira colheita (maio de 2023), os valores de PB foram semelhantes entre as áreas tratada e de controle. Na área tratada, tanto as posições fora de copa quanto debaixo de copa apresentaram uma média de 10,8 g/100gMS. Na área de controle, os valores foram um pouco mais elevados, com 11,7 g/100gMS fora de copa e 11,2 g/100gMS debaixo de copa. Estes valores iniciais sugerem uma condição de disponibilidade proteica moderada e homogênea entre as áreas e localizações na primavera de 2023. Na terceira colheita (abril de 2024), observou-se um aumento nos valores de proteína em ambas as áreas, especialmente na área tratada. Na posição fora de copa, a área tratada passou de 10,8 g/100gMS na primeira colheita para 12,2 g/100gMS

na terceira. O maior incremento foi registado debaixo de copa, onde o teor de PB subiu de 10,8 g/100gMS para 15,0 g/100gMS. Na área de controlo, houve um comportamento similar, com um leve aumento fora de copa, de 11,7 g/100gMS para 12,3 g/100gMS, e um aumento mais expressivo debaixo de copa, de 11,2 g/100gMS para 14,5 g/100gMS. Estes resultados indicam que a terceira colheita apresentou os maiores valores de PB, particularmente nas áreas debaixo de copa em ambas as condições, o que reflete talvez uma resposta ao retorno das condições de crescimento favoráveis no início da primavera. A posição debaixo de copa parece contribuir para um maior teor de PB, possivelmente devido a uma combinação de fatores microclimáticos e de solo influenciados pela presença de árvores. De maneira geral, a primeira colheita apresentou valores de proteína bruta mais baixos, enquanto a terceira colheita registou aumentos significativos, especialmente nas áreas debaixo de copa. Estes dados sugerem que o tratamento com calcário dolomítico pode ter um impacto positivo na qualidade da pastagem, manifestando-se mais em condições mais favoráveis ao crescimento, como nas áreas debaixo de copa e na primavera, quando há um incremento na proteína disponível para os animais.

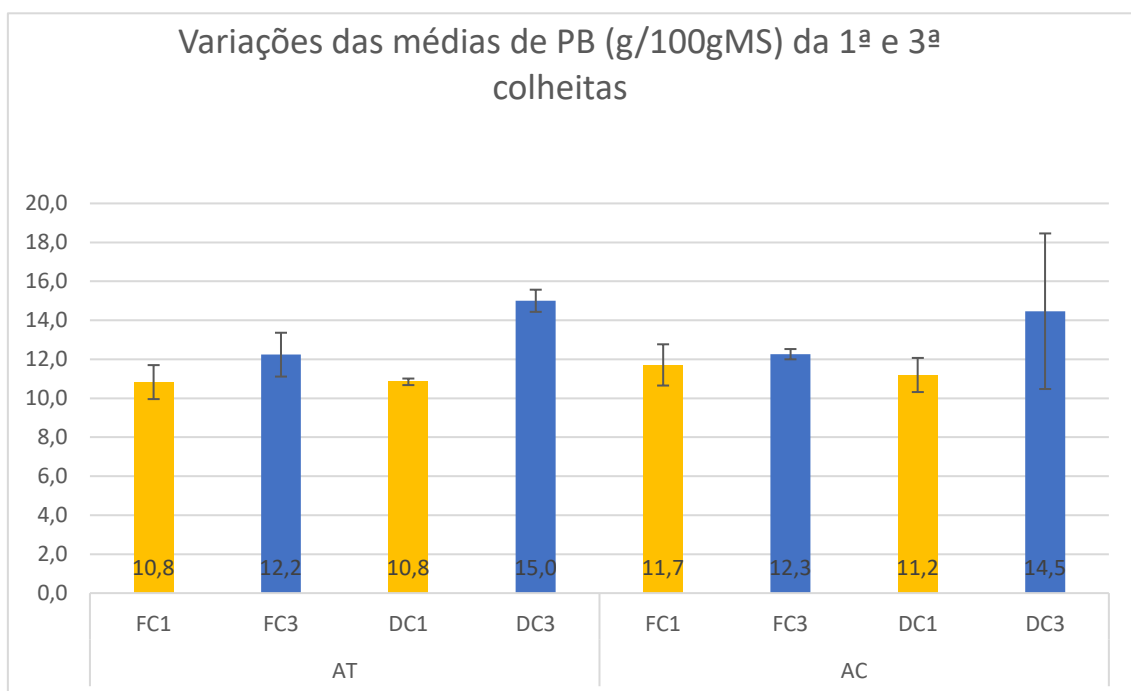


Figura 22: Variações das médias de PB (g/100gMS) da 1ª e 3ª colheitas (FC1 – fora de copa 1ª colheita; FC3 – fora de copa 3ª colheita; DC1 – debaixo de copa 1ª colheita; DC3 – debaixo de copa 3ª colheita; AT – área tratada; AC – área controlo)

Na primeira colheita (maio de 2023), os valores de NDF (Figura 23) foram mais elevados nas áreas tratadas, especialmente na posição fora de copa. Na área tratada, a média de NDF fora de copa foi de 53,7 g/100gMS, enquanto debaixo de copa foi ligeiramente inferior, com 51,5 g/100gMS. Em comparação, as áreas controlo apresentaram médias mais baixas, com 43,2 g/100gMS fora de copa e 52,5 g/100gMS debaixo de copa. Estes resultados iniciais indicam uma maior quantidade de fibra nas áreas tratadas, o que pode refletir uma composição da pastagem menos digestível, derivada talvez do facto do tratamento ainda não ter sido feito há tempo suficiente para manifestar resultados. Na terceira colheita (abril de 2024), observou-se uma diminuição nos valores de NDF em ambas as áreas, especialmente nas áreas tratadas. Fora de copa, a média na área tratada caiu de 53,7 g/100gMS na primeira colheita para 48,1 g/100gMS na terceira, indicando uma melhora na digestibilidade da pastagem. Da mesma forma, debaixo de copa, na área tratada, também se observou uma redução significativa, passando de 51,5 g/100gMS para 44,7 g/100gMS. Na área de controlo, a redução foi menos pronunciada fora de copa, de 43,2 g/100gMS para 45,5 g/100gMS, enquanto debaixo de copa, a média caiu de 52,5 g/100gMS para 49,4 g/100gMS. Estes resultados indicam que a terceira colheita apresentou os menores valores de NDF, refletindo uma melhoria na qualidade da pastagem, especialmente nas áreas tratadas. A diminuição do NDF nas áreas debaixo de copa sugere que as condições microclimáticas e a presença de árvores podem ter contribuído para uma composição mais favorável, resultando em uma pastagem com maior valor nutritivo. De forma geral, a primeira colheita apresentou valores de NDF mais altos, enquanto a terceira colheita registou uma diminuição significativa, especialmente nas áreas debaixo de copa. Estes dados sugerem que o tratamento com calcário dolomítico pode ter um impacto positivo na qualidade da pastagem, favorecendo uma composição nutricional mais digestível em condições mais adequadas ao crescimento, como nas áreas debaixo de copa na primavera.

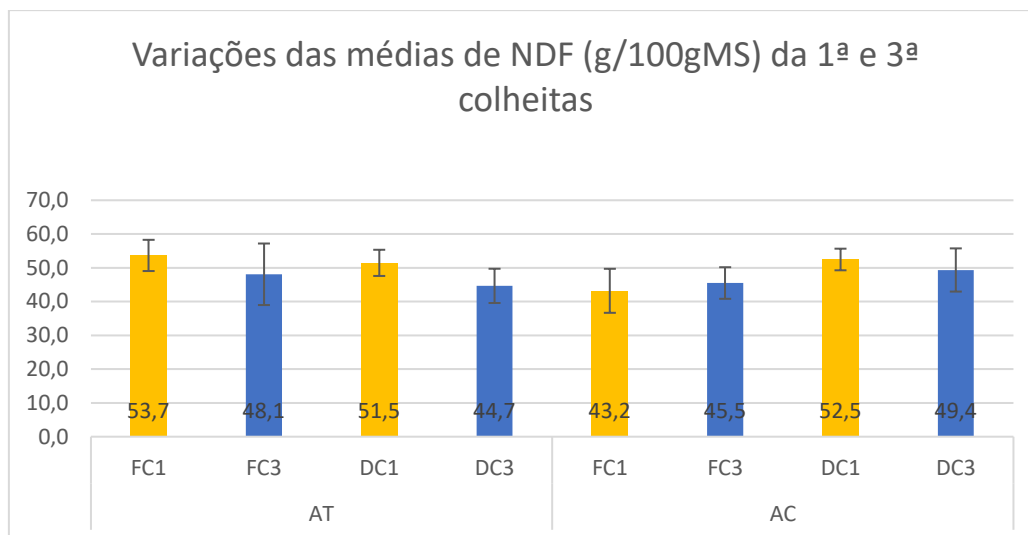


Figura 23: Variações das médias de NDF (g/100gMS) da 1ª e 3ª colheitas (FC1 – fora de copa 1ª colheita; FC3 – fora de copa 3ª colheita; DC1 – debaixo de copa 1ª colheita; DC3 – debaixo de copa 3ª colheita; AT – área tratada; AC – área controlo)

Na primeira colheita (maio de 2023), os valores de ADF (Figura 24) foram mais elevados nas áreas controlo. Na área tratada, a média de ADF fora de copa foi de 40,9 g/100gMS, enquanto debaixo de copa foi ligeiramente inferior, com 36,2 g/100gMS. Em comparação, a área controlo apresentou uma média mais baixa, com 31,4 g/100gMS fora de copa e 35,9 g/100gMS debaixo de copa. Estes resultados iniciais indicam uma maior quantidade de fibra indigestível nas áreas tratadas, o que pode impactar negativamente a digestibilidade da pastagem. Na terceira colheita (abril de 2024), observou-se uma diminuição nos valores de ADF em ambas as áreas, especialmente na área tratada. Fora de copa, a média na área tratada caiu de 40,9 g/100gMS na primeira colheita para 34,1 g/100gMS na terceira, indicando uma melhoria na digestibilidade. Da mesma forma, debaixo de copa na área tratada também se observou uma redução significativa, passando de 36,2 g/100gMS para 31,8 g/100gMS. Na área de controlo, a redução foi menos pronunciada fora de copa, com média de 31,4 g/100gMS na primeira colheita e 33,4 g/100gMS na terceira, enquanto debaixo de copa, a média manteve-se estável, com valores de 35,9 g/100gMS na primeira colheita e 35,8 g/100gMS na terceira. Estes resultados indicam que a terceira colheita apresentou os menores valores de ADF, refletindo uma melhoria na qualidade da pastagem, especialmente nas áreas tratadas. A diminuição do ADF nas áreas debaixo de copa sugere que as condições microclimáticas e a presença de árvores podem ter contribuído para uma composição mais favorável,

resultando em um maior valor nutritivo. De forma geral, a primeira colheita apresentou valores de ADF mais altos, enquanto a terceira colheita registou uma diminuição significativa, especialmente nas áreas debaixo de copa. Estes dados sugerem que o tratamento com calcário dolomítico pode ter um impacto positivo na qualidade da pastagem, favorecendo uma composição nutricional mais digestível em condições mais adequadas ao crescimento.

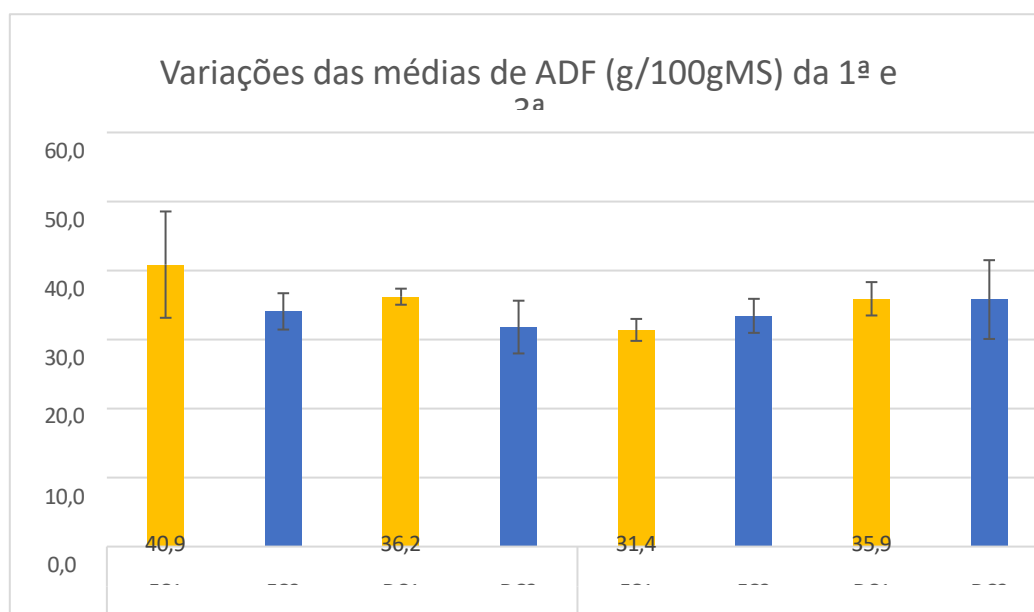


Figura 24: Variações das médias de ADF (g/100gMS) da 1ª e 3ª colheitas (FC1 – fora de copa 1ª colheita; FC3 – fora de cova 3ª colheita; DC1 – debaixo de copa 1ª colheita; DC3 – debaixo de copa 3ª colheita; AT – área tratada; AC – área controlo)

Deste modo, os resultados mostram que o tratamento com calcário dolomítico influenciou a composição química da pastagem, especialmente nos teores de proteína bruta e frações fibrosas, promovendo uma possível melhoria na qualidade da pastagem na área tratada ao longo das colheitas. Contudo, as diferenças entre as áreas tratada e de controlo também variaram ao longo do tempo, sugerindo que as condições climáticas e de solo desempenharam um papel importante na resposta das plantas ao tratamento. Podemos verificar resultados semelhantes em Serrano *et al.*, 2020, onde também se constatou o aumento da PB na área tratada com calcário, com uma diferença de $21,0 \pm 3,2$ na AC para $24,7 \pm 8,6$ na AT no outono, $19,1 \pm 4,8$ (AC) para $19,6 \pm 6,2$ (AT) no inverno e de $8,9 \pm 1,9$ (AC) para $10,5 \pm 5,1$ (AT) na primavera. Já no NDF, observou-se um decréscimo no outono de $50,4 \pm 6,9$ (AC) para $48,5 \pm 9,7$ (AT), no inverno de $48,7 \pm 9,0$ (AC) para $43,1 \pm 6,9$ (AT) e de $65,6 \pm 2,8$ (AC) para $63,6 \pm 5,0$ (AT) na primavera.

Também se verificou em Martins (2020), maioritariamente um aumento na PB na área tratada em relação à área controlo, o NDF na área tratada foi sempre inferior quando comparado com a área controlo, mais uma vez indo de encontro aos resultados obtidos na Herdade da Terra das Freiras.

4.1.4.2. *Valor energético da pastagem*

A análise de variância foi aplicada para comparar o efeito do tratamento e da copa das árvores no valor energético da pastagem (tabela 7).

O valor energético das pastagens é determinado pela sua composição química, especialmente pelos teores de nutrientes como carboidratos, proteínas e lípidos, que influenciam diretamente a sua digestibilidade e valor nutritivo. A energia líquida, representada pelos Unidades de Forragem Líquida (UFL), é o parâmetro mais relevante quando se avalia o valor nutritivo de uma pastagem, pois reflete a energia disponível para o animal transformar em produtos, como leite ou ganho de peso (Ferraz-de-Oliveira *et al.*, 2013). Para vacas aleitantes, por exemplo, a energia líquida disponível é fundamental, pois garante a manutenção das funções corporais e, ao mesmo tempo, a produção de leite. Compreender o valor energético das pastagens permite um planeamento adequado da alimentação animal, pois possibilita identificar se a oferta de forragem é suficiente para suprir as exigências energéticas ou se há necessidade de suplementação (Fonseca, 2008).

A avaliação do valor energético das pastagens é crucial para o manejo nutricional em sistemas de produção, uma vez que as necessidades energéticas dos animais variam conforme a fase de produção e o nível de atividade. No caso das vacas aleitantes, as exigências energéticas aumentam significativamente devido à demanda pela produção de leite, e por isso, conhecer o valor energético da pastagem torna-se essencial para avaliar se as forragens são adequadas ou se a suplementação será necessária para evitar deficiências nutricionais (Ganskopp & Bohnert, 2009). Estudos como os de Freixial e Barros (2012) destacam a importância de uma análise constante da qualidade e quantidade da forragem nas pastagens, uma vez que esta variação pode impactar diretamente a produção animal e a eficiência do sistema de produção.

Tabela 7: Efeito dos fatores tratamento e copa no valor energético da pastagem (EB – energia bruta; ED – energia digestível; EM – energia metabolizável; ENL – energia líquida; UFL -unidade forrageira leite; AT – área tratada; AC área controle; FC – fora de copa; DC – debaixo de copa)

Valor energético da pastagem (Mcal/kgMS)		Médias		Médias		Probabilidades dos efeitos (p)		
		AT	AC	FC	DC	Tratamento	Copa	Tratamento X Copa
EB	1ª Colheita 03/05/2023	4,4	4,3	4,3	4,3	0,040	0,387	0,047
	3ª Colheita 11/04/2024	4,4	4,3	4,2	4,4	0,099	0,021	0,129
ED	1ª Colheita 03/05/2023	2,3	2,5	2,4	2,4	0,056	0,714	0,093
	3ª Colheita 11/04/2024	2,7	2,5	2,5	2,6	0,129	0,175	0,666
EM	1ª Colheita 03/05/2023	1,9	2,1	2,0	2,0	0,051	0,707	0,084
	3ª Colheita 11/04/2024	2,2	2,0	2,0	2,1	0,124	0,228	0,645
ENL	1ª Colheita 03/05/2023	1,1	1,2	1,1	1,1	0,044	0,767	0,077
	3ª Colheita 11/04/2024	1,3	1,2	1,2	1,2	0,142	0,262	0,592
UFL	1ª Colheita 03/05/2023	0,6	0,7	0,7	0,7	0,044	0,767	0,077
	3ª Colheita 11/04/2024	0,7	0,7	0,7	0,7	0,142	0,262	0,592

Na primeira colheita, os resultados da análise de EB (tabela 7) indicaram que o efeito do tratamento com calcário dolomítico foi estatisticamente significativo (p -value = 0,040), sugerindo que o tratamento pode ter contribuído para alterações na EB da pastagem. A localização das amostras em relação às copas das árvores, por outro lado, não apresentou efeito significativo (p -value = 0,387), sugerindo que a proximidade das árvores não influenciou de maneira relevante o valor de EB. A interação entre tratamento e localização mostrou-se significativa (p -value = 0,047), indicando que a combinação dos dois fatores teve impacto conjunto sobre a EB. Na terceira colheita, o efeito do tratamento aproximou-se da significância (p -value = 0,099), enquanto a localização das amostras apresentou um p -value de 0,021, indicando um possível efeito direto da posição das amostras sobre EB. No entanto, a interação entre os fatores deixou de ser significativa (p -value = 0,129). Estes resultados sugerem que, na terceira colheita, a localização das amostras teve um efeito mais acentuado sobre a EB, enquanto o efeito do tratamento se atenuou. No geral, a EB parece ter sido influenciada pela aplicação de calcário, mas esta influência é complexa e pode depender da interação com a posição das amostras em relação às árvores.

Já para a ED (tabela 7), os testes estatísticos na primeira colheita demonstram que o efeito do tratamento com calcário dolomítico esteve próximo do nível de significância (p -value = 0,056), o que sugere uma tendência do tratamento para influenciar a digestibilidade energética. No entanto, a localização das amostras em relação à copa e a interação entre tratamento e localização não apresentaram significância (p -values de 0,714 e 0,093, respectivamente), indicando que a posição das amostras não influenciou o valor de ED e que não houve um efeito combinado relevante entre os fatores. Na terceira colheita, tanto o tratamento quanto a localização e a interação entre os fatores mantiveram-se sem significância estatística (p -values de 0,129, 0,175 e 0,666, respectivamente), sugerindo que, ao longo do tempo, o efeito do calcário dolomítico e da posição em relação às árvores não foram fatores determinantes para variações no valor de ED. Assim, enquanto o tratamento pode ter exercido algum efeito na fase inicial do estudo, este não se manteve como um fator relevante ao longo das colheitas.

Em relação aos valores de EM (tabela 7), os resultados na primeira colheita indicaram uma tendência significativa para o efeito do tratamento (p -value = 0,051), sinalizando que o calcário dolomítico pode ter exercido alguma influência sobre o valor de EM. Por outro

lado, a localização das amostras em relação às copas das árvores não demonstrou efeito significativo (p -value = 0,707), sugerindo que a proximidade das árvores não influenciou a EM. A interação entre os fatores também não foi significativa (p -value = 0,084), indicando que não houve uma influência conjunta entre tratamento e localização sobre o valor de EM. Na terceira colheita, os efeitos do tratamento e da interação continuaram sem significância estatística (p -values de 0,124 e 0,645, respectivamente), enquanto a localização das amostras também não apresentou significância (p -value = 0,228). Estes dados sugerem que o valor de EM da pastagem não foi consistentemente influenciado nem pelo tratamento com calcário dolomítico nem pela posição das amostras em relação às copas, o que indica que ambos os fatores tiveram um efeito limitado sobre a EM ao longo do período de estudo.

Constatou-se que na primeira colheita, foram observadas diferenças significativas na ENL entre as amostras da AT e da AC. Os resultados da ANOVA (tabela 7) mostraram que a variação entre o tratamento foi significativa, com um valor de p de 0,0444, o que indica que este teve um efeito notável. No entanto, a variação entre as localizações não foi significativa (valor de p = 0,7669), sugerindo que as diferenças entre as localizações das amostras não impactaram na ENL. A interação entre os fatores amostra e coluna também não foi significativa (valor de p = 0,0770), embora tenha se aproximado do nível de significância. Estes resultados indicam que a aplicação do calcário dolomítico pode ter contribuído para uma melhoria na ENL, mas a influência das localizações das amostras foi limitada. Na terceira colheita, a ANOVA revelou que não houve diferenças significativas na ENL entre as amostras da AT e da AC. O p -value para a variação entre os tratamentos foi de 0,1422, indicando que o este não teve um efeito estatisticamente significativo nesta colheita. Além disso, a variação entre as localizações também não apresentou significância (valor de p = 0,2617), e a interação entre o tratamento e a localização das amostras não se mostrou relevante (valor de p = 0,5923). Estes resultados sugerem que, embora tenha havido uma tendência de aumento na ENL na AT, o tratamento com calcário dolomítico não teve um impacto significativo na qualidade da pastagem nesta fase. A variabilidade observada pode estar relacionada a fatores ambientais, à composição da pastagem ou a outras interações não controladas.

Os resultados para UFL (tabela 7) na primeira colheita indicaram um efeito significativo do tratamento com calcário dolomítico (p -value = 0,044), o que sugere que

o tratamento pode ter influenciado positivamente o valor de UFL da pastagem. A localização das amostras em relação às copas e a interação entre tratamento e localização, no entanto, não apresentaram significância (p -values = 0,767 e 0,077, respectivamente), sugerindo que a posição em relação às árvores e a combinação de ambos os fatores não afetaram a UFL de maneira relevante. Na terceira colheita, os efeitos do tratamento, da localização e da interação entre os fatores permaneceram sem significância estatística (p -values de 0,142, 0,262 e 0,592, respectivamente), indicando que a influência do tratamento inicial não foi sustentada ao longo do tempo. Assim, os dados sugerem que, embora o calcário possa ter impactado a UFL no início do estudo, este não se mostrou um fator determinante nas colheitas subsequentes para variações nas UFL ao longo do período de observação.

Na primeira colheita (maio de 2023), os valores de ENL (Figura 25) foram relativamente semelhantes entre a área tratada e de controlo, apresentando médias próximas em ambas as condições. Na área tratada, a média de ENL fora de copa foi de 1,0 Mcal/kgMS, enquanto na posição debaixo de copa apresentou uma média de 1,1 Mcal/kgMS. Na área controlo, os valores foram levemente superiores, com 1,2 Mcal/kgMS fora de copa e também 1,2 Mcal/kgMS debaixo de copa. Estes resultados iniciais sugerem uma disponibilidade energética moderada e semelhante entre as áreas e localizações. Na terceira colheita (abril de 2024), observou-se um leve aumento nos valores de ENL, especialmente na área tratada. Na posição fora de copa, a média na área tratada aumentou para 1,2 Mcal/kgMS, enquanto na posição debaixo de copa alcançou 1,3 Mcal/kgMS. Na área controlo, os valores mantiveram-se estáveis, com uma média de 1,2 Mcal/kgMS tanto fora de copa quanto debaixo de copa. Esta estabilidade nos valores de ENL na área controlo, em contraste com o aumento observado na área tratada, sugere que o tratamento com calcário dolomítico pode ter um impacto positivo na qualidade nutricional da pastagem. Estes resultados indicam que a terceira colheita apresentou os maiores valores de ENL, particularmente nas áreas tratadas, refletindo uma resposta favorável ao tratamento e às condições de crescimento na primavera. A leve variação nos valores de ENL entre as posições debaixo e fora de copa sugere que as condições microclimáticas e a interação com o solo podem influenciar a disponibilidade energética da forragem. De forma geral, os dados mostram que, embora os valores de ENL tenham sido similares na primeira colheita, a terceira colheita evidenciou um aumento na ENL, especialmente nas áreas tratadas. Estes dados sugerem que o tratamento com calcário

dolomítico pode contribuir positivamente para a energia disponível na pastagem, proporcionando assim um melhor suporte nutricional para os animais.

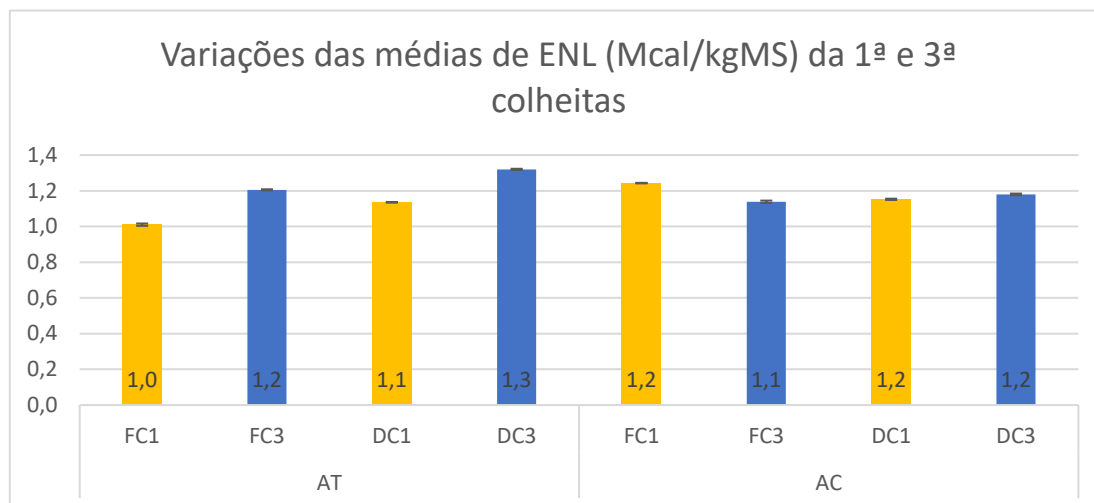


Figura 25: Variações das médias de ENL (Mcal/kgMS) da 1ª e 3ª colheitas (FC1 – fora de copa 1ª colheita; FC3 – fora de copa 3ª colheita; DC1 – debaixo de copa 1ª colheita; DC3 – debaixo de copa 3ª colheita; AT – área tratada; AC – área controle)

De acordo com os resultados obtidos podemos dizer que o tratamento com calcário dolomítico parece ter contribuído para um aumento do valor energético das pastagens na área tratada, especialmente em termos de ED, EM e ENL, a partir da segunda colheita. Estes aumentos indicam uma melhoria na digestibilidade e no valor nutricional da pastagem, o que pode ter impacto positivo no desempenho produtivo dos animais alimentados com pastagens da área tratada.

As variações observadas nos valores energéticos podem impactar diretamente no desempenho animal. O aumento dos valores de ED e EM ao longo das colheitas sugere que os animais alimentados com estas pastagens podem apresentar melhor eficiência energética, resultando num maior ganho de peso ou numa maior produção de leite, dependendo da fase produtiva. Além disso, a melhoria nos valores de ENL indica que as pastagens das últimas colheitas podem fornecer uma fonte mais eficiente de energia para vacas em lactação, o que é essencial para manter bons níveis de produção sem a necessidade de suplementação energética externa. Quando comparados com a literatura, os valores observados estão dentro da faixa típica reportada para pastagens tratadas com calcário dolomítico em sistemas mediterrânicos. Estudos anteriores indicam que o tratamento com calcário pode melhorar a disponibilidade de nutrientes no solo, aumentando o teor de matéria seca e o valor energético das forragens. Estes resultados

corroboram as tendências observadas neste estudo, especialmente no que diz respeito ao aumento da ED e da ENL ao longo do tempo.

4.2. Utilização do espaço, pelos animais

A forma como os animais exploram o ambiente influencia diretamente a eficiência da ingestão de forragem, a distribuição de nutrientes no solo e a dinâmica da vegetação (Senft et al., 1983; Senft et al., 1985). A revisão bibliográfica já abordou a importância da calagem e da movimentação dos animais, mas é essencial complementar essa análise com a observação direta do comportamento dos animais no campo (Kiley-Worthington & Plain, 1983). A avaliação da utilização do espaço pelos animais foi realizada através da comparação das densidades de presença dos animais em dois períodos distintos: Outono de 2023 (Setembro-Dezembro) e Primavera de 2024 (Março-Julho). Esses períodos foram escolhidos por representarem disponibilidade de pastagem, permitindo analisar como os animais ajustam seu comportamento em resposta às variações na oferta de forragem (Wallis De Vries & Daleboudt, 1994). A análise da densidade de presença dos animais foi realizada utilizando dados de geolocalização obtidos através de dispositivos GPS, permitindo mapear a distribuição espacial dos animais ao longo do tempo (Bailey et al., 2018).

Além da densidade de presença, também foram avaliadas as áreas utilizadas pelos animais, considerando todo o espaço disponível. Essa análise permitiu verificar se houve diferenças no espaço utilizado entre os períodos de Outono de 2023 e Primavera de 2024. A comparação das áreas utilizadas permitiu identificar padrões de preferência dos animais por determinadas áreas da pastagem, possivelmente relacionadas à qualidade da forragem, à topografia ou à presença de sombra (Ganskopp & Bohnert, 2009).

4.2.1. Utilização da cerca - Outono

A maior densidade de presença na área tratada no outono pode ser atribuída ao tratamento com calcário dolomítico, que pode ter melhorado a disponibilidade de forragem e atraído os animais para esta área. Este resultado está alinhado com as observações de Serrano *et al.* (2020) sobre o efeito da aplicação de calcário dolomítico em pastagens. A área de controle, apesar de sua menor área total (1,9 ha), apresentou uma densidade de presença semelhante à da Cerca 5 (96 ha). O que indica que os animais podem estar em busca de áreas com características específicas, como maior qualidade da

fornagem ou menor perturbação, conforme discutido por Ganskopp & Bohnert (2009). A ausência de tratamento com calcário dolomítico nesta área pode ter resultado em uma composição florística diferente, atraindo os animais. A distribuição heterogênea da densidade de presença no outono sugere que os animais estão a explorar ativamente a pastagem em busca de forragem disponível. Este comportamento está alinhado com as observações de Senft *et al.* (1983) sobre a influência da qualidade da forragem no comportamento de pastoreio. Animais com maior demanda nutricional, como vacas em lactação, tendem a explorar mais intensamente a pastagem.

4.2.2. Utilização da cerca - Primavera

A área de controle, apesar de sua menor área total (1,9 ha), apresentou a maior densidade de presença na primavera (536,3 presenças/ha). Isto indica que os animais podem estar à procura de áreas com características específicas, como maior qualidade da forragem ou menor perturbação, conforme discutido por Ganskopp & Bohnert (2009). A ausência de tratamento com calcário dolomítico nesta área pode ter resultado em uma composição florística diferente. A área tratada com calcário dolomítico (13 ha) também apresentou um aumento significativo na densidade de presença na primavera (366,2 presenças/ha). No entanto, a densidade de presença foi menor do que na área de controle. Isto pode indicar que o tratamento com calcário melhorou a disponibilidade de forragem, principalmente em maio. Outros fatores podem estar a influenciar a preferência dos animais. O aumento da densidade de presença em todas as áreas na primavera sugere que os animais estão a explorar ativamente a pastagem em busca de forragem de qualidade. Este comportamento está alinhado com as observações de Lathrop *et al.* (1988) sobre a influência da produção de leite no comportamento de pastoreio. Animais com maior demanda nutricional, como vacas em lactação, tendem a explorar mais intensamente a pastagem.

4.2.3. Densidade de presenças

Os dados obtidos sobre a densidade de presenças por hectare foram organizados em três áreas distintas: a área correspondente à cerca em que os animais permaneceram ao longo de todo o período de ensaio Cerca 5 (96 ha) e que é delimitada por uma cerca física, a área que foi sujeita a uma correção com calcário dolomítico (13 ha) e está contida

na cerca 5 e a área de controlo (Tabela 8) que foi sujeita ao mesmo maneiio que a área tratada com calcário dolomítico.

Na Cerca 5, a densidade de presenças aumentou de 76,1 presenças por hectare no outono de 2023 (Figura 26) para 224,5 presenças por hectare na primavera de 2024 (Figura 27), resultando em um total de 300,6 presenças por hectare ao longo do período, esses dados são considerando o adensamento da população bovina em áreas específicas da cerca nos períodos determinados.

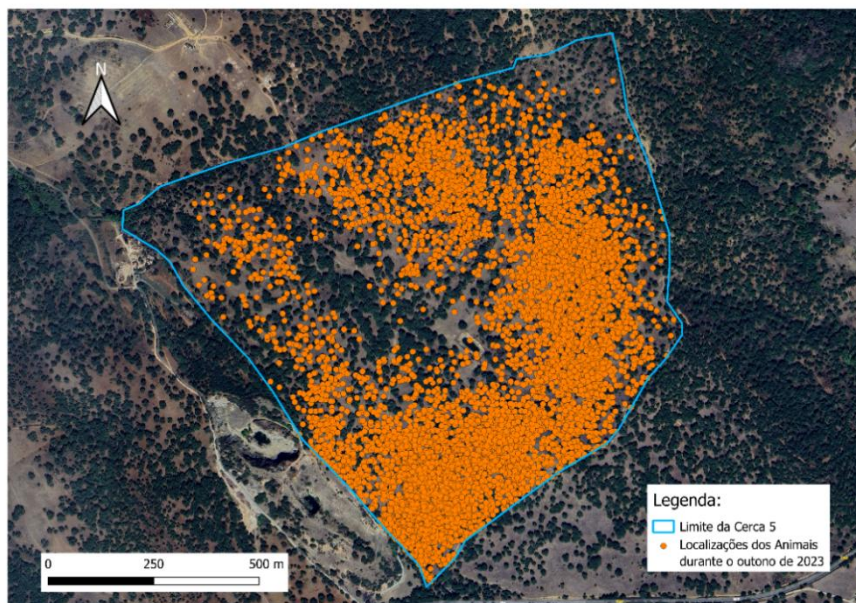


Figura 26: Localização dos animais durante o outono 2023 na cerca 5

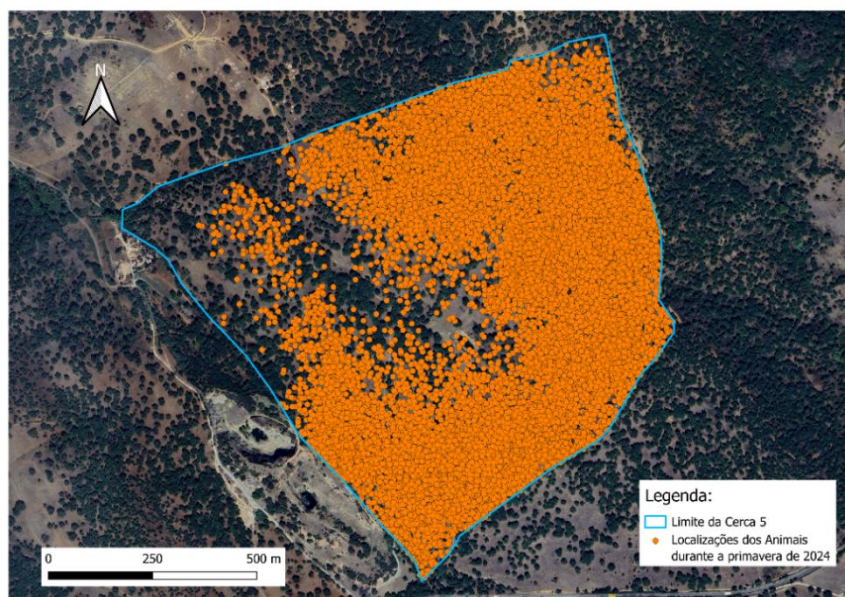
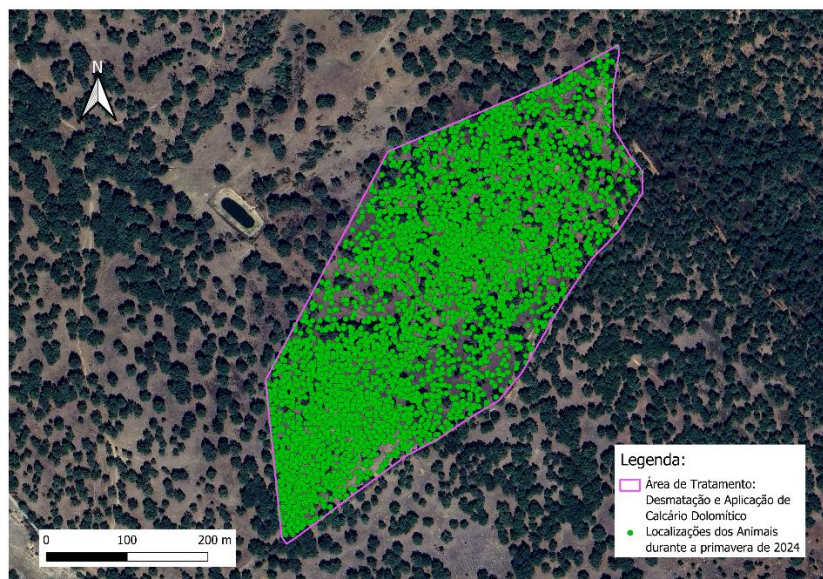
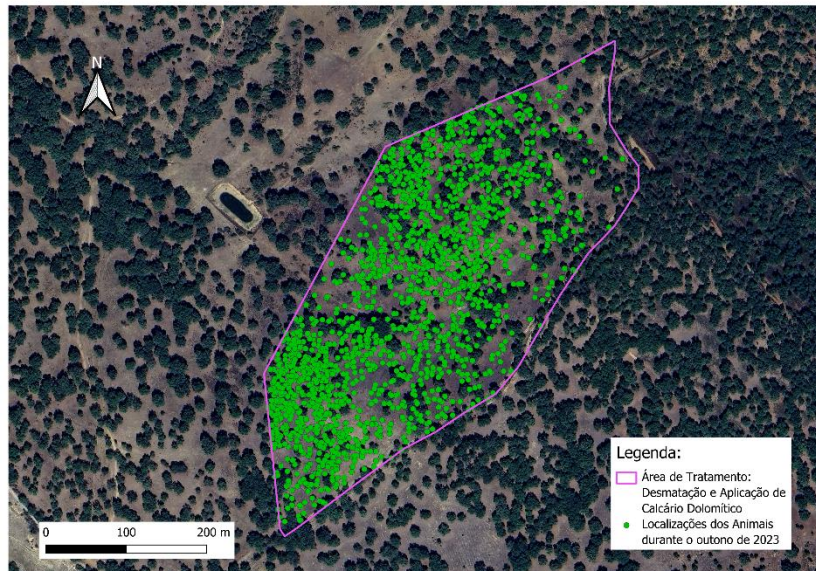


Figura 27: Localização dos animais durante a primavera 2024 na cerca 5

Especificamente na área tratada, observou-se um crescimento ainda mais acentuado, com a densidade passando de 136,0 presenças por hectare no outono de 2023 (Figura 28) para 366,2 presenças por hectare na primavera de 2024 (Figura 29), totalizando 502,2 presenças por hectare.



Em contraste, a área de controlo apresentou uma variação notável, começando com 78,4 presenças por hectare no outono de 2023 (Figura 30) e subindo para 536,3 presenças por hectare na primavera de 2024 (Figura 31), alcançando um total de 614,7 presenças por hectare.

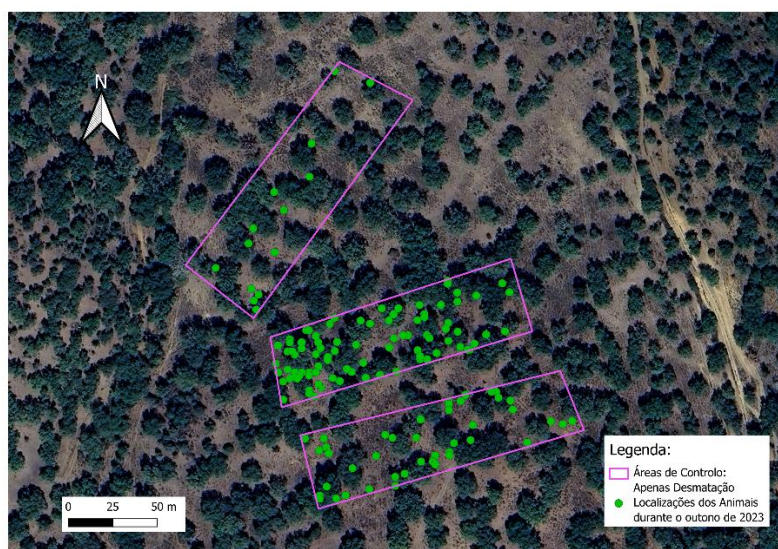


Figura 30: Localização dos animais durante o outono 2023 na área controle

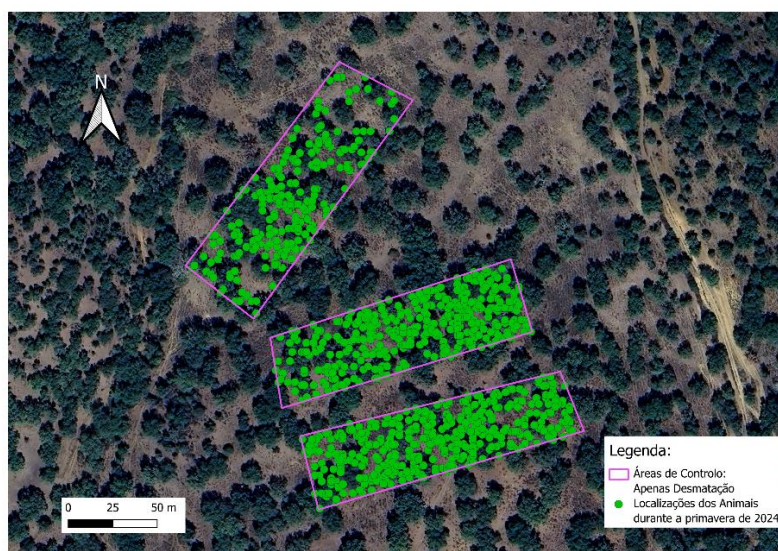


Figura 31: Localização dos animais durante a primavera 2024 na área controle

Embora a área tratada tenha mostrado um aumento significativo na densidade, alcançando 502,2 presenças por hectare, a área de controle superou essa densidade na primavera de 2024, totalizando 614,7 presenças por hectare. Este resultado pode ser influenciado por diversos fatores. Primeiramente, a área de controle, apesar de não receber o tratamento com calcário, pode ter características de solo e vegetação que favorecem uma melhor capacidade de suporte em determinadas condições climáticas e de manejo. A área controle pode apresentar maior disponibilidade de pastagem, o que pode resultar em um adensamento maior de bovinos. Além disso, a resposta da pastagem ao tratamento com calcário dolomítico pode não ter sido imediata ou suficientemente

significativa para suportar um número maior de animais na área tratada. O efeito do calcário no solo e nas plantas geralmente requer tempo para se manifestar totalmente. Portanto, mesmo com o tratamento, a área pode não ter atingido seu potencial máximo de produção de pastagem em um curto período, limitando a densidade de presenças que pode ser sustentada.

Assim sendo, a maior densidade de presenças observada na área de controle em comparação à área tratada pode ser atribuída a fatores como a fertilidade natural do solo, a resposta tardia ao tratamento com calcário dolomítico e práticas de manejo mais eficazes. Estes aspectos ressaltam a complexidade da interação entre o manejo da pastagem, o tratamento do solo e a capacidade de suporte dos animais, sendo fundamental realizar uma análise mais aprofundada para perceber as dinâmicas envolvidas neste sistema de produção.

Tabela 8: Densidade de presenças por hectare

		Densidade de presenças/ha
Cerca 5 (96ha)	Outono 2023	76,1
	Primavera 2024	224,5
	Total	300,6
Área tratada (13ha)	Outono 2023	136,0
	Primavera 2024	366,2
	Total	502,2
Área controle (1,9ha)	Outono 2023	78,4
	Primavera 2024	536,3
	Total	614,7

4.2.4 Efeito do tratamento com calcário dolomítico na localização animal

A aplicação de calcário dolomítico na área tratada teve tendencialmente um impacto positivo nas características químicas da pastagem, refletindo-se em parâmetros como a proteína bruta, o NDF e o ADF. O aumento na PB é indicativo de uma melhoria na qualidade da pastagem, o que é um fator crucial para a capacidade de suporte dos animais.

A maior qualidade da pastagem permite que os animais tenham acesso a uma dieta mais nutritiva, o que pode justificar o aumento da densidade observada na área tratada. Além disso, o tratamento com calcário dolomítico pode ter contribuído para uma maior disponibilidade de massa forrageira nas áreas tratadas. Este aumento sugere que a pastagem na área tratada tornou-se mais abundante, possibilitando uma maior capacidade de suporte a animais. Isto pode ser um dos motivos pelos quais a densidade de presenças na área tratada aumentou de 136,0 presenças por hectare no outono de 2023 para 366,2 presenças por hectare na primavera de 2024.

Em contrapartida, a área de controlo apresentou uma densidade ainda maior na primavera de 2024, totalizando 614,7 presenças por hectare. Esta diferença sugere que, embora o calcário tenha contribuído positivamente para a pastagem tratada, a área controlo pode ter características homogêneas que favorecem a densidade animal. Fatores como a fertilidade natural do solo

A relação entre a localização dos animais e as condições de pastagem reforça a importância de monitorizar continuamente as características do solo e da vegetação. A resposta ao tratamento com calcário pode não ser imediata e, em algumas circunstâncias, pode demorar para se refletir num aumento significativo da densidade animal. Assim, o aumento na densidade observado na área tratada pode ser uma tendência que, se mantida, poderá levar a uma capacidade de suporte ainda maior no futuro, uma vez que as melhorias no solo e na qualidade da pastagem se consolidem.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise do efeito do tratamento com calcário dolomítico nas pastagens e na densidade animal revela *insights* significativos sobre as interações entre a qualidade do solo, a vegetação e a capacidade de suporte dos animais. Ao longo do estudo, foi possível observar que o efeito do tratamento na disponibilidade de massa forrageira foi visível e quase significativo após 6 meses de aplicação do calcário dolomítico, tendo no ano seguinte mostrado uma tendência, embora não significativa para o aumento da disponibilidade de massa forrageira. Quanto à composição química, o efeito do tratamento foi, nalguns casos, significativo no ano de aplicação do calcário dolomítico, mas no sentido de menores teores de proteína e maiores de fibra, na AT, tendo-se observado um ano mais tarde uma tendência para a inversão, embora não significativa na composição química, isto é, teores de PB ligeiramente mais elevado e fibra ligeiramente mais baixos, na AT quando comparada com AC, o que sugere uma melhoria na qualidade da pastagem e, conseqüentemente, uma maior capacidade de suporte para os animais. É de destacar que a diversidade das condições que se refletem nas elevadas dispersões dos resultados, podem dificultar a identificação de efeitos significativo.

As análises mostraram que, embora a área tratada tenha registado um aumento substancial na densidade animal, a área de controlo superou essa densidade, alcançando valores mais elevados, o que destaca a complexidade das interações entre as variáveis envolvidas na gestão de pastagens, sugerindo que a qualidade do solo e da vegetação são fatores importantes na determinação da densidade animal. Além disso, o efeito do tratamento com calcário pode não ter se manifestado de forma imediata nas pastagens, o que ressalta a importância de uma monitorização contínua para avaliar a eficácia do manejo e das práticas de correção do solo ao longo do tempo, sendo um processo gradual, e as melhorias na qualidade do solo e das pastagens podem levar tempo a refletirem-se num aumento da densidade animal. A investigação sobre a relação entre a localização dos animais e as condições da pastagem é um passo fundamental para o desenvolvimento de estratégias de manejo mais eficazes.

De modo a obter melhores resultados em estudos futuros, é recomendável investir numa maior diversidade de amostras, implementar métodos de monitorização mais frequentes e considerar variáveis ambientais que possam influenciar o comportamento das pastagens e a densidade animal.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abreu, U. G. P., & Lopes, P. S. (2005). *Análise de Sistemas de Produção Animal - Bases Conceituais*. <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/784044/1/DOC79.pdf>

Agabriel, J. (2007). *Alimentation des bovins, ovins et caprins: besoins des animaux, valeurs des aliments: tables Inra 2007*. Editions Quae. <http://www.civamad53.org/wp-content/uploads/2020/12/Tables-INRA.pdf>

Anderson, D. M., Estell, R. E., Holechek, J. L., Ivey, S., & Smith, G. B. (2014). Virtual herding for flexible livestock management – a review. *The Rangeland Journal*, [36(3)], 205-221.

AOAC Official Method 973.18. (1977). *Fiber (Acid Detergent) and Lignin (H2SO4) in Animal Feed*. First Action 1973, Final Action 1977.

Araújo, J. P., Cerqueira, J., Vaz, P. S., Andrade, L. P., Rodrigues, J. P. V., & Rodrigues, A. M. (2014). *Extensive beef cattle production in Portugal*. In Proceedings of the International Workshop “New Updates in Animal Nutrition, Natural Feeding Sources and Environmental Sustainability”, in Sardenha ES. 31-44. https://repositorio.ipcb.pt/bitstream/10400.11/2360/1/Proceedings_International%20Workshop_SArdenha%205%206%20maio%202014.pdf

Associação Portuguesa da Cortiça (2019). *Cork information boreau 2019 - Cortiça em números*. https://www.apcor.pt/wp-content/uploads/2019/02/CORTI%C3%87A-em-n%C3%BAmeros_PT.pdf

Astigarraga, L., & Ingrand, S. (2011). Production flexibility in extensive beef farming systems. *Ecology and Society*, [16(1)]. <https://www.jstor.org/stable/26268870?seq=2>

Bailey, D. W., Trotter, M. G., Knight, C. W., & Thomas, M. G. (2018). Use of GPS tracking collars and accelerometers for rangeland livestock production research. *Translational Animal Science*, 81-88. [2(1)].

Bailey, D., Trotter, M., Tobin, C., Nelson, K., Wade, C., Oltjen, C., Thomas, M., & Gifford, J. (2022). 305 Awardee Talk: Application of on-Animal Sensors and Precision Livestock Management on Extensive Cattle and Sheep Ranches. *Journal of Animal*, v. 100, Suplemento da Edição 3, p. 146, out. 2022.

Barwick, J., Lamb, D., Trotter, M., & Dobos, R. C. (2017). *On-animal motion sensing using accelerometers as a tool for monitoring sheep behaviour and health status*. <https://rune.une.edu.au/web/bitstream/1959.11/22589/5/open/SOURCE03.pdf>

Bellido, M., Sánchez, M. E., Díaz, F. M., De Ledesma, A. R., & García, F. P. (2001). Sistemas extensivos de producción animal. *Archivos de Zootecnia*, [50(192)]. 465-489.

Belo, C. C., Coelho, I., Rolo, J., & Reis, P. (2014). Sistemas agroflorestais em Portugal continental. Parte II: montados, condições de uso do solo e evolução. *Revista de Ciências Agrárias*, [37(2)]. 122-130.

Belo, C. C., Pereira, M. S., Moreira, A. C., Coelho, I. S., Onofre, N., & Paulo, A. (2009). *Montado. Ecossistemas e bem-estar humano: avaliação para Portugal do Millennium Ecosystem Assessment*, 251-293. [Instituto Politécnico de Santarém].

Blondel, J., Aronson, J., Bodiou, J. Y., & Boeuf, G. (2010). *The Mediterranean Region: Biological Diversity in Space and Time*. [Em linha]. Oxford University Press. Recuperado de: https://books.google.com.br/books?hl=pt-PT&lr=&id=FYINEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR7&dq=The+Mediterranean+Region:+Biological+Diversity+in+Space+and+Time&ots=_IOdM2neq4&sig=p1g7mF8IdF50Q_MrjdlSLisSb1M#v=onepage&q=The%20Mediterranean%20Region%3A%20Biological%20Diversity%20in%20Space%20and%20Time&f=false

Bonneau, M., Vayssade, J. A., Troupe, W., & Arquet, R. (2020). Outdoor animal tracking combining neural network and time-lapse cameras. *Computers and electronics in agriculture*, [168], 105-150.

Borchers, M. R., Chang, Y. M., Tsai, I. C., Wadsworth, B. A., & Bewley, J. M. (2016). A validation of technologies monitoring dairy cow feeding, ruminating, and lying behaviors. *Journal of Dairy Science*, [99(9)], 7458-7466.

Boukharta, O. F. (2020). *Sustainable Management of Mountain Areas with High Environmental Value by Using GPS Technology and Geo-Processing* (Master's thesis, Instituto Politécnico de Bragança (Portugal)). <https://www.proquest.com/openview/202cfb41a6f4d78ae65169bee57470da/1?pq-origsite=gscholar&cbl=2026366&diss=y>

Bugalho, M. N., Caldeira, M. C., Pereira, J. S., Aronson, J., & Pausas, J. G. (2011). Mediterranean cork oak savannas require human use to sustain biodiversity and ecosystem services. *Frontiers in Ecology and the Environment*, [9(5)], 278-286.

Candeias, C. I. S. (2022). *Utilização de índices nas bandas da área do visível para determinação da quantidade e qualidade da pastagem* [Dissertação de Mestrado, Universidade de Évora, Escola de Ciências e Tecnologia]. <https://dspace.uevora.pt/rdpc/handle/10174/32829>

Carreira, E., Serrano, J., Gomes, C., Shahidian, S., Paniagua, L., Pilirito, A., Castro, J., Carvalho, M., & Pereira, A. (2022). *Effect of Sheep Grazing, Stocking Rates and Dolomitic Limestone Application on the Floristic Composition of a Permanent Dryland Pasture, in the Montado Agroforestry System of Southern Portugal*. *Animals: an Open Access Journal from MDPI*, [12(19)], 2506. <https://www.mdpi.com/2076-2615/12/19/2506>

Carvalho, P. C. F., & Brito, L. F. (2020). Sustainable grazing systems: a grassland management perspective. *Sustainability*, [12(1)], 616. <https://www.mdpi.com/2223-7747/13/6/838>

Castro, J. F. (2004). *Análisis de la evolución reciente del paisaje rural de Trás-os-Montes, Portugal: el caso de los retículos arbóreos en la matriz agrícola* [Tese de doutoramento, Universidade de Alcalá de Henares, Espanha]. Spring Nature. Disponível em: <https://bibliotecadigital.ipb.pt/handle/10198/7265>. Acesso em: 20 maio 2025.

Castro, M., Castro, J., Esteves, A., Teixeira, A., & Gómez Sal, A. (2004). *Les parcours annuels des troupeaux d'ovins dans la région de montagne de Trás-os-Montes e Alto Douro, au Portugal*. https://bibliotecadigital.ipb.pt/bitstream/10198/11370/1/Livestock%20production%20Mediterranean_Marina.pdf

Castro, M., Rosati, A., Pantera, A., Moreno, G., & Mosquera Losada, M. R. (2019). Sistemas agrofloretais mediterrânicos: situação atual e perspectivas futuras. *ILPF inovação com integração de lavoura, pecuária e floresta*, 787-807. [Instituto politécnico de bragança]. <https://bibliotecadigital.ipb.pt/bitstream/10198/19705/3/Sistemas%20agrofloretais%20Mediterra%cc%82nicos.pdf>

[Digitanimal.com](https://www.digitanimal.com). *Introducción al sistema GPS | Ayuda*. Acesso em: 19 maio 2025.

Esan, V., Olaniyi, O., Ogunbode, T., Ayegboyin, M., Sangoyomi, T., & Akande, J. (2023). Growth and nutritional potential of selected grasses and legumes for ruminants' production. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, v. 1219, 012011, 2023. International Conference on Sustainable Dairy Production. .

Feldt, T., & Schlecht, E. (2016). Analysis of GPS trajectories to assess spatio-temporal differences in grazing patterns and land use preferences of domestic livestock in southwestern Madagascar. *Pastoralism*, [6(1)], 1-17.

Fernandes, P. M., Pacheco, A. P., Almeida, R., & Claro, J. (2016). The role of fire-suppression force in limiting the spread of extremely large forest fires in Portugal. *European Journal of Forest Research*, 135, 253-262.

Ferraz de Oliveira, M. I., Lamy, E., Bugalho, M. N., Vaz, M., Pinheiro, C., Cancela d'Abreu, M., ... & Sales-Baptista, E. (2013). Assessing foraging strategies of herbivores in Mediterranean oak woodlands: a review of key issues and selected methodologies. *Agroforestry systems*, [87], 1421-1437. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10457-013-9648-3>

Ferraz-de-Oliveira, M. I., Azeda, C., & Pinto-Correia, T. (2016). Management of Montados and Dehesas for High Nature Value: an interdisciplinary pathway. *Agroforestry Systems*, [90], 1-6.

Filipe, A., & Tavares, C. (2017). *Monitorização animal baseada em tecnologias iot (sheepit)*. <https://core.ac.uk/download/pdf/231952536.pdf>

Fonseca, A. (2008). *O Montado no Alentejo*. Edições Colibri, Lisboa. <https://site.livrariacultura.com.br/imagem/capitulo/42197770.pdf>

Freixial, R., & Barros, J. (2012). *Pastagens*. <https://www.caprinet.pt/PDFs/Pastagens%20e%20forragens/Pastagens.pdf>

Ganskopp, D., & Bohnert, D. (2009). Landscape nutritional patterns and cattle distribution in rangeland pastures. [*Applied Animal Behaviour Science*], 116(2-4), 110-119.

Goliński, P., Sobolewska, P., Stefańska, B., & Golińska, B. (2022). Virtual fencing technology for cattle management in the pasture-feeding system—a review. *Agriculture*, [13(1)], 91. <https://www.mdpi.com/2077-0472/10/7/277>

Goncharenko, G., Claramunt, M., Cruz, R., Fedrigo, J., Báez, F., Pancini, S., Mercadante, V., & Viñoles, C. (2022). PSXIII-8 Grazing Behavior of Cows Grazing Natural Grassland Under Silvopastoral Systems or Full sun. *Journal of Animal Science*.100 Suppl. 3 205-206.

González, L. A., Bishop-Hurley, G. J., Handcock, R. N., & Crossman, C. (2015). Behavioral classification of data from collars containing motion sensors in grazing cattle. *Computers and Electronics in Agriculture*, 110, 91-102.

Gordon, I. J. (1995). Animal-based techniques for grazing ecology research. *Small Ruminant Research*, 16(3), 203-214.

Hoffmann, A. (2018). *Améliorer le bien-être animal grâce aux méthodes en élevage de précision*. Synthèse bibliographique dans le cadre de la formation Systèmes d'élevage de Montpellier SupAgro, 16p. Recuperado de: https://www.supagro.fr/ebooks/extranet/2018-Systel_Hoffmann.pdf

Honorato, F. F. (2022). *Uso de gps para avaliar o comportamento ingestivo de vacas leiteiras*. [Em linha]. Recuperado de: <https://ufr.edu.br/zootecnia/wp-content/uploads/2020/0>

Honorato, F. F. (2022). *Uso de gps para avaliar o comportamento ingestivo de vacas leiteiras*. [https://ufr.edu.br/zootecnia/wp-content/uploads/2020/02/TCC TRABALHO_DE_CONCLUSAO_DE_CURSO_0037_420_TCCZOO HONORATO FF_2021_2.pdf](https://ufr.edu.br/zootecnia/wp-content/uploads/2020/02/TCC_TRABALHO_DE_CONCLUSAO_DE_CURSO_0037_420_TCCZOO_HONORATO_FF_2021_2.pdf)

Instituto Mediterrâneo para a Agricultura, Ambiente e Desenvolvimento [MED]. (2023, janeiro, 26). LIFE Scrubsnet - Bolas de Sementes em Explosão em Ilhas de Biodiversidade e Bolotas Micorrizadas. <https://www.med.uevora.pt/pt/life-scrubsnet-bolas-de-sementes-em-explosao-em-ilhas-de-biodiversidade-e-bolotas-micorrizadas/>

Instituto Português do Mar e da Atmosfera. (2024). Clima de Portugal Continental. <https://www.ipma.pt/pt/educativa/tempo.clima/index.jsp?page=clima.pt.xml>

International Organization for Standardization. (1999). ISO 6492:1999. Animal feeding stuffs – Determination of fat content. ISO.

International Organization for Standardization. (1999). ISO 6496:1999. Animal feeding stuffs – Determination of moisture and other volatile matter content. ISO.

International Organization for Standardization. (2002). ISO 5984:2002. Animal feeding stuffs – Determination of crude ash. ISO.

International Organization for Standardization. (2008). ISO 16634-1:2008. Food products – Determination of the total nitrogen content by combustion according to the Dumas principle and calculation of the crude protein content – Part 1: Oilseeds and animal feeding stuffs. ISO.

IUSS Working Group WRB. (2015). World Reference Base for Soil Resources 2014, update 2015. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. World Soil Resources Reports No. 106. FAO, Rome.

Kiley-worthington, M., & Plain, S. (1983). *Daily routine and use of pasture*. Spring Nature , 124-143. https://doi.org/10.1007/978-3-0348-6782-5_7.

Kilgour, R. J. (2012). In pursuit of “normal”: A review of the behaviour of cattle at pasture. *Applied Animal Behaviour Science*, 138(1-2), 1-11. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168159111004229>

Lathrop, W., Kress, D., Havstad, K., Doornbos, D., & Ayers, E. (1988). Grazing behavior of rangeland beef cows differing in milk production. *Applied Animal Behaviour Science*, 21, 315-327.

Lauw, A., Gonçalves-Ferreira, A., Gomes, A., Moreira, A. C., Fonseca, A., Azul, A., ... & Oliveira, V. (2013). Livro Verde dos Montados. <https://dspace.uevora.pt/rdpc/handle/10174/10116>

LIFE Scrubsnet. (s.d.). O que é o projeto Scrubsnet?. <https://lifescrubsnet.eu/pt/lifescrubsnet-2/>

Linnane, M. I., Brereton, A. J., & Giller, P. S. (2001). Seasonal changes in circadian grazing patterns of Kerry cows (*Bos Taurus*) in semi-feral conditions in Killarney National Park, Co. Kerry, Ireland. *Applied Animal Behaviour Science*, 71(4), 277-292.

Loehle, C. (2004). Applying landscape principles to fire hazard reduction. *Forest Ecology and management*, 198(1-3), 261-267.

Manzoor, Shumaila & Syed, Zainab & Abubabakar, Muhammad. (2023). Global Perspectives of Intensive Animal Farming and Its Applications. 10.5772/intechopen.112271. https://www.researchgate.net/publication/373134760_Global_Perspectives_of_Intensive_Animal_Farming_and_Its_Applications

Martins, M. F. P. (2020). Avaliação do efeito da correção da acidez do solo na produtividade e qualidade de uma pastagem sob montado [Master's thesis, Universidade de Évora]. https://dspace.uevora.pt/rdpc/bitstream/10174/27758/1/Mestrado-Engenharia_Agron%C3%B3mica-Miguel_Francisco_Padeiro_Martins-Avalia%C3%A7%C3%A3o_do_efeito_da_corre%C3%A7%C3%A3o_da_acidez.pdf

Mayfield, J., Sibley, J., Simonne, E., & Eakes, D. (2002). Effect of liming materials on media pH and overall growth and nutrition of dwarf nandina. *Journal of Plant Nutrition*, 25, 1377 - 1387. <https://doi.org/10.1081/PLN-120005396>.

McClintock, B. T., King, R., Thomas, L., Matthiopoulos, J., McConnell, B. J., & Morales, J. M. (2012). A general discrete-time modeling framework for animal movement using multistate random walks. *Ecological Monographs*, 82(3), 335-349.

Mech, L. D., & Barber, S. M. (2002). A critique of wildlife radio-tracking and its use in national parks. SZX Jamestown: Northern Prairie Wildlife Research Center. https://eplanning.blm.gov/public_projects/nepa/51689/167135/203600/E2_A_CRITIQUE_OF_WILDLIFE_RADIO-TRACKING.pdf

Moorby, J. M., & Fraser, M. D. (2021). New feeds and new feeding systems in intensive and semi-intensive forage-fed ruminant livestock systems. *Animal*, 15, 100297. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1751731121001403>

Morgan-Davies, J., Morgan-Davies, C., Pollock, M. L., Holland, J. P., & Waterhouse, A. (2014). Characterisation of extensive beef cattle systems: Disparities between opinions, practice and policy. *Land Use Policy*, 38, 707-718.

Nakano, T., Bavuudorj, G., Iijima, Y., & Ito, T. Y. (2020). Quantitative evaluation of grazing effect on nomadically grazed grassland ecosystems by using time-lapse cameras. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 287, 106685. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167880919303019>

National Sustainable Agriculture Coalition. (setembro 2020). *Grazing for Climate*. Retrieved from <https://sustainableagriculture.net/blog/grazing-for-climate/>

O'Donoghue, B.G. (2022). *Pioneering Precision Livestock Management (Virtual Fencing) in Ireland. A review of a 3-year pilot with focus on the environment, the livestock and the farmers*. Irish Wildlife Manuals, No. 140. National Parks and Wildlife Service, Department of Housing, Local Government and Heritage, Ireland. <https://www.npws.ie/sites/default/files/publications/pdf/IWM140.pdf>.

Olego, M., Quiroga, M., López, R., & Garzón-Jimeno, E. (2021). The Importance of Liming with an Appropriate Liming Material: Long-Term Experience with a Typical Palexerult. *Plants*, 10(12)2605. <https://doi.org/10.3390/plants10122605>.

Overton, M. W., Sisco, W. M., Temple, G. D., & Moore, D. A. (2002). Using time-lapse video photography to assess dairy cattle lying behavior in a free-stall barn. *Journal of Dairy Science*, 85(9), 2407-2413.

Palmeiro, A. J. M. (2013). *Otimização da eficiência reprodutiva numa vacada no Alentejo: estudo de caso* [Doctoral dissertation, Universidade de Lisboa (Portugal)]. <https://www.proquest.com/openview/88304fa09332ce8f56515d3383c63079/1?pq-origsite=gscholar&cbl=2026366&diss=y>

Pereira, G. M., Heins, B. J., O'Brien, B., McDonagh, A., Lidauer, L., & Kicking, F. (2020). Validation of an ear tag-based accelerometer system for detecting grazing behavior of dairy cows. *Journal of dairy science*, 103(4), 3529-3544. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S002203022030117X>

Peri, P. L., Dube, F., & Varella, A. C. (2016). Silvopastoral systems in the subtropical and temperate zones of South America: an overview. in: P. Peri Peri, P. L., Dube, F., & Varella, A. C EDS.[*Silvopastoral Systems in Southern South America*, 1-8] Spring Nature. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-24109-8_1

PERNICA, António Joaquim Barreiras - O Montado e a Sustentabilidade dos Territórios Rurais. Lisboa: ISCTE - Instituto Universitário de Lisboa, 2022. Dissertação de mestrado.

PINTO-CORREIA, Teresa; RIBEIRO, Nuno; POTES, José - Livro Verde dos Montados. Évora: ICAAM - Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais Mediterrânicas, 2013.

Pinto-Correia, T., & Breman, B. (2009). New roles for farming in a differentiated countryside: the Portuguese example. *Regional Environmental Change*, 9, 143-152.

Pinto-Correia, T., & Mascarenhas, J. (1999). Contribution to the extensification/intensification debate: new trends in the Portuguese montado. *Landscape and Urban Planning*, 46(1-3), 125-131.

Pinto-Correia, T., Ribeiro, N., & Sá-Sousa, P. (2018). Introducing the montado, the cork and holm oak agroforestry system of Southern Portugal. *Agroforestry Systems*, 92(1), 1-14.

Plieninger, T., Muñoz-Rojas, J., Buck, L. E., & Scherr, S. J. (2020). Agroforestry for sustainable landscape management. *Sustainability Science*, 15(5), 1255-1266.

Pulido, F. J., Díaz, M., & de Trucios, S. J. H. (2001). Size structure and regeneration of Spanish holm oak *Quercus ilex* forests and dehesas: effects of agroforestry use on their long-term sustainability. *Forest Ecology and Management*, 146(1-3), 1-13. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378112700004436>

Reis, P., Rolo, J., Coelho, I., & Belo, C. C. (2014). Sistemas agroflorestais em Portugal continental. Parte I: economia e distribuição geográfica. *Revista de Ciências Agrárias*, 37(2), 113-121.

Ribeiro, A., Antunes, M. T., Ferreira, M. P., Rocha, R. B., Soares, A. F., Zbyszewski, G., ... & Monteiro, J. H. (1979). *Introduction à la géologie générale du Portugal* (p. 114). Lisboa: Serviços geológicos de Portugal.

Rodrigues, A. M. (1998). Sistemas de produção de bovinos de carne. *Revista Técnica do Extensivo*, 13-21.

Rodrigues, M. Â., Martins, A. P., & Silva, J. P. (2019). Soil acidity management in pastures. *Soil Use and Management*, 35(3), 435-442.

Romão R. (2014) Gestão reprodutiva em explorações de bovinos de carne. Comunicação nas VI Jornadas da Bovinicultura UTAD, Vila Real.

Ruiz, R., Hernández-Jover, M., & Conde, R. (2020). Using GPS collars to monitor extensive cattle grazing patterns in mountain areas. *Animal*, 14(2), 386-396.

Sales-Baptista, E., Ferraz-de-Oliveira, M. I., dos Santos, M. B., de Castro, J. A. L., Pereira, A., da Silva, J. R. M., & Serrano, J. (2016). Tecnologia GNSS de baixo custo na monitorização de ovinos em pastoreio. *Revista de Ciências Agrárias*, 39(2), 251-260. <https://revistas.rcaap.pt/rca/article/view/16380>

Sales-Baptista, E., Ferraz-de-Oliveira, M. I., Lopes de Castro, J. A., Rato, L. M., & Cancela d'Abreu, M. (2019, September). Pastoreio de Precisão: Monitorizar o comportamento dos animais para adaptar a oferta à procura. Associação Portuguesa de Engenharia Zootécnica (APEZ)-21º Congresso Nacional de Zootecnia. Evora.

Santos, R. N., Rodrigues, T., Naughton, F., Schefuß, E., Oliveira, D., Moreno, J. & Hernández, A. (2024). Understanding the Atlantic influence on climate and vegetation dynamics in western Iberia over the last 2000 years. *Quaternary Science Reviews*, 337, 108796.

Sauvant, D., Perez, J. M., & Tran, G. (Eds.). (2023). *Tables of composition and nutritional value of feed materials: pigs, poultry, cattle, sheep, goats, rabbits, horses and fish*. BRILL. <https://books.google.com.br/books?hl=pt-PT&lr=&id=9M77EAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA4&dq=Tables+of+composition+and+nutritional+value+of+feed+materials&ots=zpzYrHpYqr&sig=klavfMyMn0wGviye1AmQftTvXHA#v=onepage&q=Tables%20of%20composition%20and%20nutritional%20value%20of%20feed%20materials&f=false>

Senft, R. L., Rittenhouse, L. R., & Woodmansee, R. G. (1983). The use of regression models to predict spatial patterns of cattle behavior. *Journal of Range Management*, 36(5), 553-557. <https://repository.arizona.edu/bitstream/handle/10150/645943/7593-7474-1-PB.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Senft, R. L., Rittenhouse, L. R., & Woodmansee, R. G. (1985). Factors influencing patterns of cattle grazing behavior on shortgrass steppe. *Journal of Range Management*, 38(1), 82-87. <https://journals.uair.arizona.edu/index.php/jrm/article/viewFile/7809/7421>

Serrano, J., Shahidian, S., Marques da Silva, J., Moral, F., Carvajal-Ramirez, F., Carreira, E., ... & Carvalho, M. D. (2020). Evaluation of the effect of dolomitic lime application on pastures—Case study in the Montado Mediterranean ecosystem. *Sustainability*, 12(9), 3758. <https://www.mdpi.com/2071-1050/12/9/3758>

Silveira, M., & Kohmann, M. (2020). Maintaining soil fertility and health for sustainable pastures. , (35-58). <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814474-9.00003-7>.

Sunrise and sunset.com. Acesso em: 19 maio 2025.

Swain, D. L., Friend, M. A., Bishop-Hurley, G. J., Handcock, R. N., & Wark, T. (2011). Tracking livestock using global positioning systems—are we still lost?. *Animal Production Science*, 51(3), 167-175. https://www.researchgate.net/publication/236464170_Tracking_livestock_using_global_positioning_systems_-_are_we_still_lost

Thomas H. S., (2017). Grazing Guides - Knowledge of grazing behavior of cattle can aid pasture management. https://hereford.org/wp-content/uploads/2017/04/0517_GrazingBehavior.pdf

Turner, L. W., Udal, M. C., Larson, B. T., & Shearer, S. A. (2000). Monitoring cattle behavior and pasture use with GPS and GIS. *Canadian Journal of Animal Science*, 80(3), 405-413.

Vallejo, V. R., Aronson, J., Pausas, J. G., & Cortina, J. (2012). Restoration of Mediterranean Woodlands. In J. van Andel & J. Aronson (Eds.), *Restoration Ecology: The New Frontier* (pp. 193-207).

Van Soest, P. J. (1967). Development of a comprehensive system of feed analyses and its application to forages. *Journal of animal Science*, 26(1), 119-128. <https://academic.oup.com/jas/article-abstract/26/1/119/4698238?login=false>

Vicente, Á. M., & Alés, R. F. (2006). Long term persistence of dehesas. Evidences from history. *Agroforestry Systems*, 67, 19-28. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10457-005-1110-8>

Vicente, J. S. (2020). *Avaliação dos impactos de fatores climáticos nos padrões de mortalidade em explorações de bovinos* [Doctoral dissertation, Universidade de Lisboa, Faculdade de Medicina Veterinária]. <https://www.repository.utl.pt/handle/10400.5/20943>

Wallis De Vries, M. F., & Daleboudt, C. (1994). Foraging strategy of cattle in patchy grassland. *Oecologia*, 100(1-2), 98-106. <https://link.springer.com/article/10.1007/BF00317136>

Waterhouse, A. (1996). Animal welfare and sustainability of production under extensive conditions—A European perspective. *Applied Animal Behaviour Science*, 49(1), 29-40. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0168159195006656>