



Tecnologias para monitorização da interacção entre solo – pastagem – árvores – animais no ecossistema *montado*

J. Serrano¹, Shakib Shahidian², José Marques da Silva³, Emanuel Carreira⁴, Mário de Carvalho⁵

- ¹ ICAAM, Departamento de Engenharia Rural, Escola de Ciências e Tecnologia, Universidade de Évora, P.O. Box 94, Évora 7002-554, Portugal; jmrs@uevora.pt
- ² ICAAM, Departamento de Engenharia Rural, Escola de Ciências e Tecnologia, Universidade de Évora, P.O. Box 94, Évora 7002-554, Portugal; shakib@uevora.pt
- ³ ICAAM, Departamento de Engenharia Rural, Escola de Ciências e Tecnologia, Universidade de Évora, P.O. Box 94, Évora 7002-554, Portugal; jmsilva@uevora.pt
- ⁴ ICAAM, Departamento de Zootecnia, Escola de Ciências e Tecnologia, Universidade de Évora, P.O. Box 94, Évora 7002-554, Portugal; emanuel.ruben@hotmail.com
- ⁵ ICAAM, Departamento de Fitotecnia, Escola de Ciências e Tecnologia, Universidade de Évora, P.O. Box 94, Évora 7002-554, Portugal: mjc@uevora.pt

Resumo: O *montado* é um sistema agro-silvo-pastoril caracterizado por uma elevada complexidade resultante das interacções entre o clima, o solo, a pastagem, as árvores e os animais. É neste contexto que o gestor agrícola tem que tomar decisões relacionadas com a correcção da acidez e da fertilidade do solo, a ressementeira de espécies botânicas, o encabeçamento e a rotação entre parcelas ou a suplementação alimentar dos animais. Neste trabalho faz-se a avaliação e calibração de tecnologias para monitorizar variáveis relevantes ao nível dos diferentes estratos do ecossistema. Resultados de 3 anos de ensaios realizados numa parcela experimental de 2,5 ha permitiram estabelecer relações entre variáveis adaptadas às características da região e que demonstram: (i) as limitações físicas e químicas dos solos destinados às pastagens sob *montado*; (ii) o efeito da variabilidade inter-anual da precipitação sobre a composição florística, a qualidade e a produtividade da pastagem; (iii) o efeito significativo das árvores e dos animais sobre o solo e sobre a pastagem; (iv) o potencial das tecnologias associadas ao conceito de Agricultura de Precisão como ferramentas expeditas para otimizar o estrato herbáceo e a gestão dinâmica do pastoreio numa perspectiva holística e sustentável para este ecossistema.

Palavras-chave: agro-silvo-pastoril, tomada de decisão, variabilidade espacial, estabilidade temporal

1. Introdução

O ecossistema *montado* (conhecido como *dehesa* em Espanha) ocupa uma área importante na região Sul de Portugal, e estende-se por vários países da orla Mediterrânica (Espanha, Itália, Grécia, Argélia e Marrocos) [1]. Trata-se de um sistema agro-silvo-pastoril, cuja complexidade resulta das interacções entre o clima, o solo, a pastagem, as árvores e os animais [2].

A pastagem sob *montado* é a base da alimentação animal (especialmente ovinos, bovinos, caprinos e suínos) em regime extensivo e as árvores predominantes são azinheiras (*Quercus ilex* ssp. *rotundifolia* Lam.) e sobreiros (*Quercus suber* L.). Os solos são normalmente pobres em

nutrientes, com pH ácido, delgados e pedregosos, todos factores limitantes da produtividade das culturas [3] e reflexo de várias décadas de sistemas de produção baseados na monocultura de cereais que integravam itinerários técnicos envolvendo a mobilização profunda do solo. O *montado* constitui, por isso, uma forma de utilização da terra que se enquadra numa estratégia integrada de conservação do solo, reduzindo o efeito da erosão, a perda de água e de nutrientes, e aumentando a qualidade e a fertilidade do solo [4].

Acresce como factor indutor de variabilidade a acentuada irregularidade do clima Mediterrânico no que respeita à distribuição da precipitação, o que condiciona e determina a evolução do ciclo vegetativo das pastagens, criando incerteza quanto à disponibilidade de alimento para os animais e a eventual necessidade de suplementação alimentar [3].

É neste contexto complexo que o gestor agrícola tem que tomar decisões relacionadas com a correcção da acidez e da fertilidade do solo, a ressemeiteira de espécies botânicas, o encabeçamento e a rotação entre parcelas ou a suplementação alimentar dos animais, sendo fundamental o conhecimento da interacção entre as variáveis que constituem o ecossistema. Vários trabalhos têm abordado a influência das árvores e dos animais sobre o solo e sobre a pastagem no *montado* [2,4-5], no entanto, o desenvolvimento do conceito de “Agricultura de Precisão” e a consequente incorporação de tecnologias no sector agrícola colocam hoje à disposição dos empresários agrícolas informação detalhada sobre variáveis relevantes. Os sensores de indução electromagnética (por exemplo, “EM38”, “DUALEM”, etc.) ou os sensores de contacto (por exemplo, “Veris”) medem a condutividade eléctrica do solo e são hoje uma ferramenta de trabalho muito comum ao nível dos prestadores de serviços na agricultura para delimitação de zonas com características semelhantes e potencialmente com gestão idêntica [6]. Por outro lado, sensores ópticos próximos ou transportados em “Drones” ou mesmo em satélites permitem aceder a índices a partir da medição da radiação reflectida pelas plantas, sendo o mais comum (NDVI, “normalized difference vegetation index”) utilizado para avaliar o vigor vegetativo das culturas [7]. Especificamente ao nível das pastagens, vários sensores próximos têm sido propostos para estimar de forma relativamente expedita a produtividade da pastagem, entre eles a sonda “Grassmaster II” [8].

Este trabalho teve como objectivo avaliar e calibrar tecnologias para monitorizar variáveis relevantes ao nível dos diferentes estratos do ecossistema *montado*, procurando: (i) caracterizar a variabilidade do solo; (ii) o efeito das árvores e dos animais sobre o solo e sobre a pastagem; (iii) o efeito da distribuição da precipitação na composição florística, na qualidade e na produtividade da pastagem.

2. Materiais e métodos

2.1. Parcela experimental

Neste trabalho monitorizou-se, uma parcela de 2,5 ha de pastagem permanente sob montado de azinho situada na Herdade da Mitra, da Universidade de Évora (coordenadas 38°32,2'N; 8°01,1'W).

O clima Mediterrânico da região é caracterizado por uma forte sazonalidade, com a temperatura a apresentar uma acentuada amplitude (a ultrapassar os 40°C no Verão e a descer a valores perto dos 0°C no Inverno), e a precipitação (em média entre 400 e 600 mm) a distribuir-se de forma irregular nas estações de Outono, Inverno e Primavera. A Figura 1 mostra a precipitação acumulada por trimestre nos períodos de Outono, Inverno e Primavera, registada na Estação Meteorológica da Mitra nos últimos três anos (2015-2016, 2016-2017 e 2017-2018). No período de 9 meses entre Setembro e Maio, a precipitação total acumulada foi de 542mm, 408mm e 586mm, respectivamente em 2015-2016, 2016-2017 e 2017-2018.

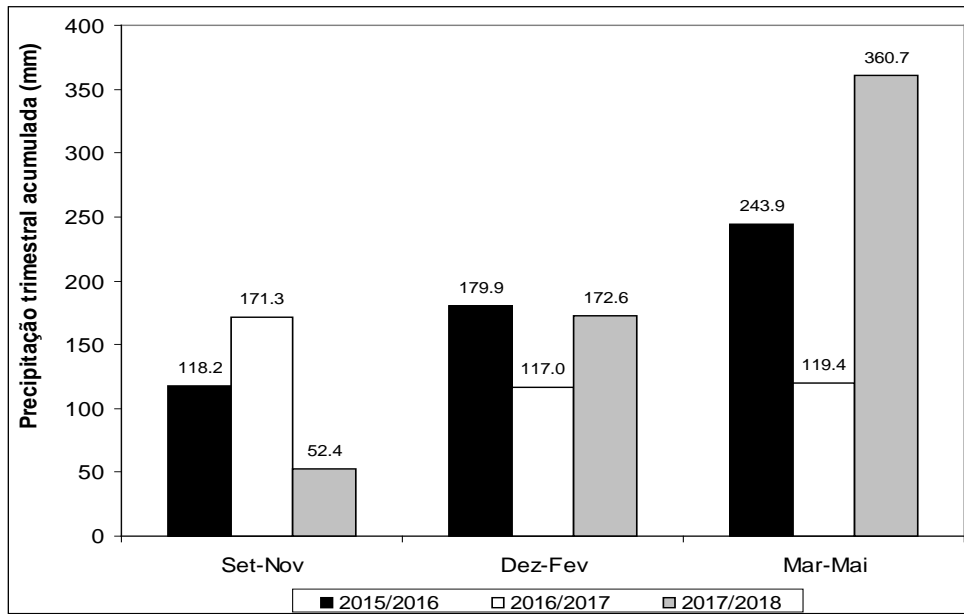


Figura 1. Distribuição da precipitação acumulada por trimestre (Outono, Inverno e Primavera) nos últimos três anos (2015-2016, 2016-2017 e 2017-2018).

O solo é classificado como Cambissolo derivado de granito [9]. Estes solos são pouco férteis, normalmente ácidos e principalmente usados em sistemas mistos agro-silvo-pastoris. A densidade de árvores é baixa (8 árvores por hectare) e um encabeçamento animal médio de 10 ovinos adultos por hectare em pastoreio rotacional.

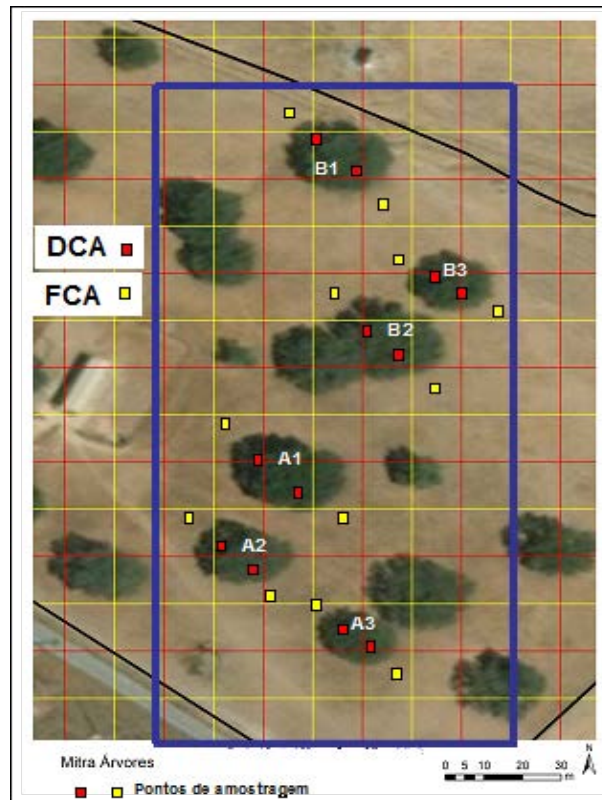


Figura 2. Localização dos 24 pontos de amostragem na parcela experimental (12 debaixo da copa - DCA; 12 fora da copa - FCA).

Foram estabelecidos 24 pontos de amostragem geo-referenciados (Figura 2), 4 em cada uma das 6 árvores seleccionadas, metade debaixo da copa das árvores (DCA) e metade fora da copa (FCA). Em cada ponto de amostragem foi colocada uma caixa de exclusão de pastoreio com dimensões de “0,50m×0,50m”). Atendendo ao relevo ondulado da parcela, metade das árvores (A1-A3; Figura 2) foram seleccionadas numa zona alta e a outra metade numa zona baixa (B1-B3; Figura 2).

2.2. Levantamento da condutividade eléctrica aparente do solo

Foram realizados dois levantamentos da condutividade eléctrica aparente do solo com um sensor Veris 2000 XA (em Novembro de 2017 e em Outubro de 2018) na camada de solo de 0-0,30m. O sensor foi puxado por um tractor agrícola, tendo realizado passagens sucessivas espaçadas 10m entre si. O espaçamento entre passagens foi garantido por um sistema GPS de apoio à condução do tractor. Em cada um dos levantamentos da CE_a foram recolhidas amostras de solo com uma sonda “meia-cana” e um maço para determinação da humidade na camada superficial (0-0,30m) de acordo com procedimento standard.

2.3. Determinação das características do solo

Em Outubro de 2015 foram recolhidas amostras de solo nos 24 pontos de amostragem. Este processo foi realizado manualmente com uma sonda “meia-cana” e um maço na camada de solo 0-0,30m. As amostras compósitas (resultantes de 4 sub-amostras recolhidas dentro da área da caixa de exclusão de pastoreio), devidamente codificadas, foram transportadas para o Laboratório de Química Agrícola da Universidade de Évora onde se procedeu à determinação da textura, dos teores de matéria orgânica, do pH, do azoto, do fósforo e do potássio, de acordo com procedimentos standard.

2.4. Medições na pastagem

2.4.1. Medições com sensores próximos

As medições na pastagem foram realizadas mensalmente entre Fevereiro (ou Março) e Junho de cada no (2016-2018) nos 24 pontos de amostragem. Foram utilizados dois sensores próximos comerciais: a sonda de capacitância “Grassmaster II” e o sensor óptico activo (SOA) “OptRx”. Foram realizadas 10 medições com a sonda de capacitância na área de amostragem de cada ponto, sendo registado o valor médio destas medições. Maior detalhe sobre o funcionamento da sonda pode ser encontrado em Serrano et al. [8].

O SOA colocado cerca de 0,5m acima da pastagem mediu as bandas espectrais na área de cada ponto de amostragem durante 2 minutos (cerca de 120 valores). Com base nas bandas do vermelho (“RED”, 670 nm) e do infravermelho próximo (“NIR”, 775 nm) foi calculado o NDVI (“normalized difference vegetation index”, Equação 1) para cada ponto de amostragem.

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} \quad (1)$$

2.4.2. Recolha e análise de amostras de pastagem

Após as medições efectuadas com os sensores próximos em cada ponto, foi colocado um aro metálico com uma área de 0.1 m² área, onde se procedeu ao corte da pastagem com uma tesoura eléctrica portátil até cerca de 1-2 cm acima do nível do solo. As amostras foram colocadas em sacos de plástico devidamente codificados e transportados para o Laboratório de Nutrição e Metabolismo do ICAAM (Universidade de Évora) onde foram pesadas, desidratadas

(72h a 65°C) e pesadas novamente para estabelecer a produtividade da pastagem em termos de matéria verde (kg MV/ha) e o teor de humidade da pastagem (THP, em %). As amostras desidratadas foram analisadas para determinar os teores de proteína bruta (PB, em %) e de fibra (NDF, “neutral detergent fiber”, em %). A partir destes dois parâmetros foi calculado o índice de degradação da qualidade da pastagem (“IDQP”, Equação 2). No período de floração (entre Abril e Maio de 2016 e de 2018), um especialista procedeu à identificação das espécies botânicas presentes em cada ponto de amostragem, informação que foi convertida em percentagem de cobertura da área de amostragem.

$$IDQP = \frac{NDF}{PB} \quad (2)$$

2.5. Análise estatística

A análise estatística descritiva determinou, para cada conjunto de dados dos parâmetros do solo e da pastagem, a média e o desvio padrão (DP). A análise inferencial determinou as diferenças significativas entre médias DCA e FCA. A análise de regressão linear foi usada para estudar as relações entre parâmetros da pastagem e estimativas obtidas por sensores próximos. Os procedimentos estatísticos foram realizados no software ‘MSTAT-C’ com um nível de significância de 95% ($p < 0,05$).

3. Resultados e discussão

3.1. Efeito das árvores e do pastoreio animal sobre o solo

A Tabela 1 mostra que o solo da parcela experimental apresenta uma textura fraca (com mais de 80% de areia) e pH ácido, factores limitantes da produtividade das culturas [3]. Nos parâmetros do solo referidos não se verificaram diferenças significativas por efeito da copa das árvores, aspecto também identificado por Benavides et al. [5]. No entanto, verificou-se um efeito positivo e significativo da copa sobre os teores de M.O. e sobre os macronutrientes principais na camada superficial do solo, aspecto que pode ser atribuído à abdução de nutrientes pelas raízes das árvores, ao efeito da deposição de folhas das árvores [5] e à acumulação de dejectos dos animais [11] que tendem a permanecer mais tempo sob coberto das árvores.

Tabela 1. Características do solo (média ± desvio padrão) na camada superficial (0-0,30 m) da parcela experimental (Outubro de 2015).

Parâmetros do solo	DCA	FCA	Prob.
Areia total, %	80,8±2,0	80,4±3,1	ns
Limo, %	9,8±1,5	9,5±3,3	ns
Argila, %	9,4±1,0	10,1±3,7	ns
M.O., %	3,1±0,5	1,7±0,4	0,0000
pH	5,4±0,4	5,3±0,2	ns
N _t , %	0,16±0,03	0,09±0,03	0,0001
P ₂ O ₅ , mg kg ⁻¹	117,7±77,0	68,2±29,5	0,0471
K ₂ O, mg kg ⁻¹	359,3±112,8	180,5±91,9	0,0012

DCA- Debaixo da copa das árvores; FCA- Fora da copa das árvores; Prob.- Probabilidade; ns- Não significativo;

3.2. Efeito das árvores, do pastoreio animal e da distribuição da precipitação sobre a pastagem

A Tabela 2 mostra a evolução da produtividade (MV) e do índice de degradação da qualidade da pastagem (IDQP) da parcela experimental entre Fevereiro (ou Março) e Junho de cada ano (entre 2016 e 2018).

A produtividade mais elevada da pastagem (33149 kg/ha; Tabela 2) verificou-se na Primavera de 2016 (Maio), o que reflecte uma distribuição da precipitação equilibrada entre as 3 estações (Outono, Inverno e Primavera; Figura 1). A variabilidade inter-anual da precipitação teve efeito na produtividade, aspecto também referido por Murray et al. [11], com quebra tanto na Primavera de 2017 (relativamente seca) como na Primavera de 2018, neste caso em resultado de um período de Outono-Inverno muito seco, apesar de ter verificado uma Primavera chuvosa. No que respeita ao efeito da copa, é evidente uma maior produtividade fora da copa das árvores, o que reflectirá, por um lado o efeito positivo da radiação solar e, consequentemente sobre a taxa de fotossíntese na situação FCA [5, 12] e, por outro, o efeito negativo sobre a compactação do solo resultante do pisoteio animal na situação DCA [13].

A evolução progressiva do IDQP (que traduz a degradação da qualidade da pastagem) ao longo do ciclo vegetativo reflecte o processo fisiológico normal, tanto DCA como FCA. No entanto, na Tabela 2 é evidente um efeito positivo da copa das árvores sobre a qualidade da pastagem durante a Primavera, alargando o período de maior vigor vegetativo [11], especialmente em 2017 e 2018, anos em que a distribuição da precipitação foi relativamente desequilibrada e a produtividade mais baixa.

Tabela 2. Média \pm desvio padrão da produtividade (MV) e do índice de degradação da qualidade da pastagem (IDQP) entre Fevereiro (ou Março) e Junho de cada ano (entre 2016 e 2018).

Parâmetros da pastagem	MV, kg/ha			IDQP			
	Data	DCA	FCA	Prob.	DCA	FCA	Prob.
	15/03/2016	8747 \pm 4210	14106 \pm 7095	0,0307	2,9 \pm 0,8	2,8 \pm 0,4	ns
	28/04/2016	12403 \pm 3910	21403 \pm 9128	0,0002	4,6 \pm 1,5	5,1 \pm 1,5	ns
	25/05/2016	15148 \pm 5856	33149 \pm 13221	0,0000	5,6 \pm 1,6	8,2 \pm 2,7	0,0071
	16/06/2016	6017 \pm 3122	15990 \pm 4888	0,0000	9,0 \pm 3,3	10,1 \pm 2,6	ns
	21/02/2017	6875 \pm 2500	6300 \pm 3802	ns	2,6 \pm 0,9	4,0 \pm 2,1	0,0355
	21/03/2017	10808 \pm 4876	11292 \pm 6041	ns	3,4 \pm 0,8	3,6 \pm 1,2	ns
	18/04/2017	10975 \pm 5227	14567 \pm 8440	ns	5,7 \pm 1,1	8,5 \pm 1,9	0,005
	23/05/2017	4717 \pm 2080	5767 \pm 2178	0,0765	6,7 \pm 1,2	9,7 \pm 2,0	0,0002
	14/06/2017	1483 \pm 737	1725 \pm 763	ns	9,5 \pm 2,0	14,9 \pm 2,5	0,0001
	08/02/2018	5000 \pm 2733	3973 \pm 3193	ns	1,7 \pm 0,6	2,6 \pm 1,9	0,0109
	07/03/2018	7267 \pm 3601	7587 \pm 5448	ns	1,8 \pm 0,4	2,5 \pm 1,4	0,0498
	09/04/2018	18160 \pm 7067	16880 \pm 11256	ns	2,9 \pm 0,6	3,6 \pm 0,9	0,0137
	02/05/2018	13350 \pm 3504	10642 \pm 4566	ns	3,0 \pm 0,5	3,4 \pm 1,1	ns
	04/06/2018	9875 \pm 1794	17650 \pm 5800	0,0011	5,4 \pm 1,2	6,7 \pm 1,3	0,082

DCA- Debaixo da copa das árvores; FCA- Fora da copa das árvores; Prob.- Probabilidade; ns- Não significativo;

A Figura 3 mostra a composição florística da pastagem no conjunto dos pontos de amostragem nas duas situações DCA e FCA, em 2016 (a) e 2018 (b). Verificaram-se, por um lado, diferenças significativas na composição florística da pastagem DCA e FCA, e, por outro, uma quebra da biodiversidade na pastagem de 2016 (com 33 espécies botânicas presentes) para 2018 (com apenas 20 espécies botânicas presentes). Vários são os factores que podem justificar

estes resultados, desde logo a distribuição da precipitação, tendo sido equilibrada ao longo das estações Outono-Inverno-Primavera em 2016, enquanto em 2018 o Outono e o Inverno foram relativamente secos, com a Primavera extremamente chuvosa. De acordo com Benavides et al. [5], modificações da composição florística por efeito das árvores são causadas pelo microclima proporcionado, pelas diferenças nas propriedades do solo e pelo efeito do pastoreio animal. Por outro lado a acidez do solo pode ter criado condições desfavoráveis ao desenvolvimento de algumas espécies, o que parece indicar a necessidade de proceder a correcção do solo, com a aplicação de calcário dolomítico, por exemplo. Uma questão pode levantar-se: a diminuição da biodiversidade pode traduzir a tendência para a degradação pontual da qualidade da pastagem, ou antes, reflecte um processo de adaptação das espécies mais resistentes às condições adversas que as alterações climáticas colocam?

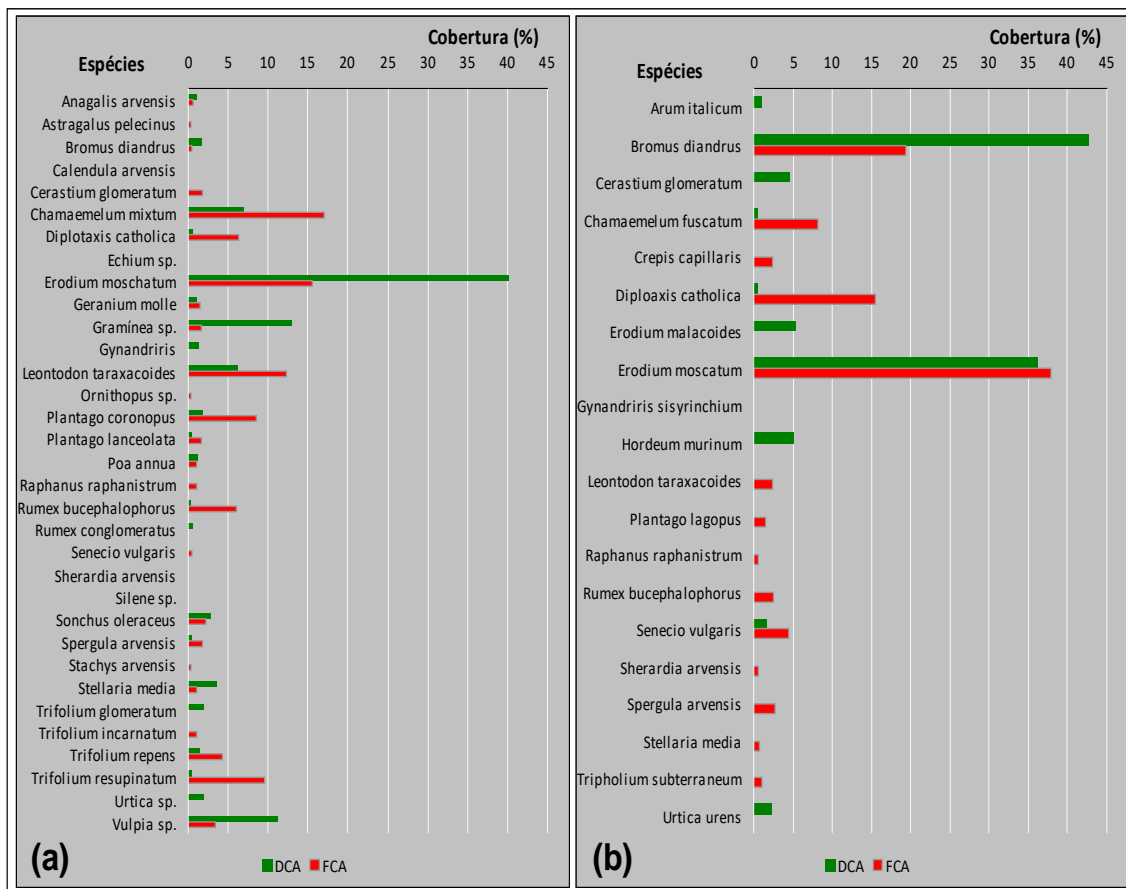


Figura 3. Composição florística da pastagem no conjunto dos pontos de amostragem debaixo (DCA) e fora (FCA) da copa das árvores, em 2016 (a) e em 2018 (b).

3.3. Avaliação das tecnologias na monitorização do solo e da pastagem

Um dos aspectos mais importantes ao nível da gestão das pastagens no *montado* tem a ver com a fertilização e correcção da acidez do solo. Numa perspectiva de optimização de recursos é fundamental identificar zonas homogéneas quanto às características do solo [6]. A Figura 4 ilustra o mapa da CE_a do solo da parcela experimental em dois anos consecutivos, 2017 (a) e 2018 (b). O coeficiente de variação (CV) médio dos 24 pontos de amostragem e no conjunto dos dois anos foi de 27%, o que traduz uma aceitável variabilidade espacial deste parâmetro. Por outro lado, o CV temporal médio (na comparação do valor da CE_a do solo dos 24 pontos de amostragem entre anos) foi de 14%. É evidente a estabilidade dos padrões espaciais da CE_a, não

se tendo verificado diferenças significativas nos pontos de amostragem nas situações debaixo e fora da copa das árvores, nos dois anos de avaliação (DCA: $1,6 \pm 0,4$ mS/m em 2017; $1,6 \pm 0,3$ mS/m em 2018; FCA: $1,3 \pm 0,5$ mS/m em 2017; $1,5 \pm 0,3$ mS/m em 2018), com teores de humidade do solo de $7,4 \pm 1,4\%$ em 2017 e $10,7 \pm 1,5\%$ em 2018. A conjugação da variabilidade espacial e da estabilidade temporal são fundamentais para a implementação do conceito de “Agricultura de Precisão” associado à gestão diferenciada da fertilização [14].

A gestão do pastoreio animal, que envolve a definição do encabeçamento, a rotação dos animais entre parcelas, exige o conhecimento ou a estimativa da produtividade da pastagem. A Figura 5 ilustra a correlação linear significativa da capacitância medida pela sonda “Grassmaster II” (CMR), com a produtividade (MV) e com o teor de humidade da pastagem (THP) entre 2016 e 2018. Estes resultados estão em linha com outros trabalhos [8] e mostram o interesse potencial desta ferramenta expedita no apoio à tomada de decisão do agricultor.

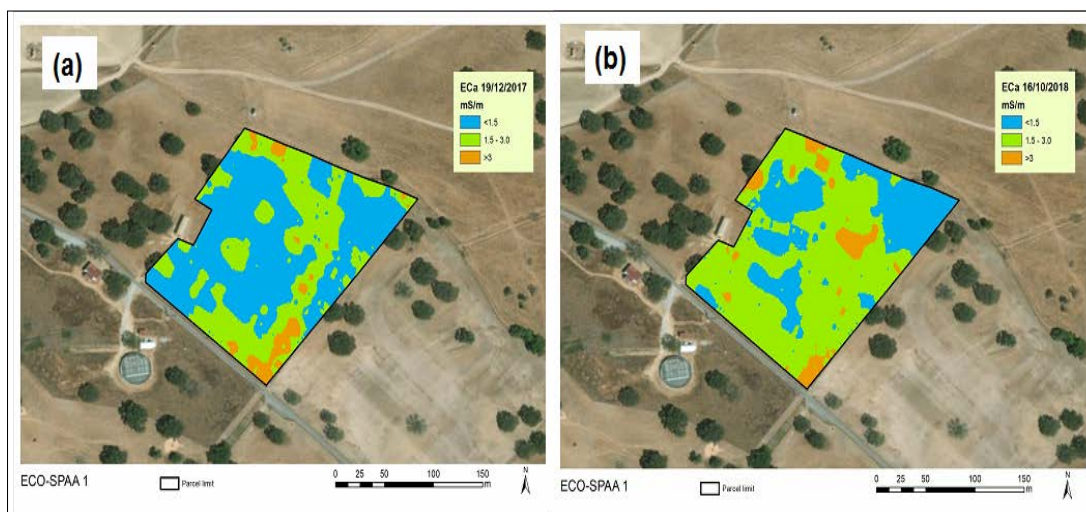


Figura 4. Mapa da condutividade eléctrica aparente do solo (EC_a) da parcela experimental em 2017 (a) e em 2018 (b).

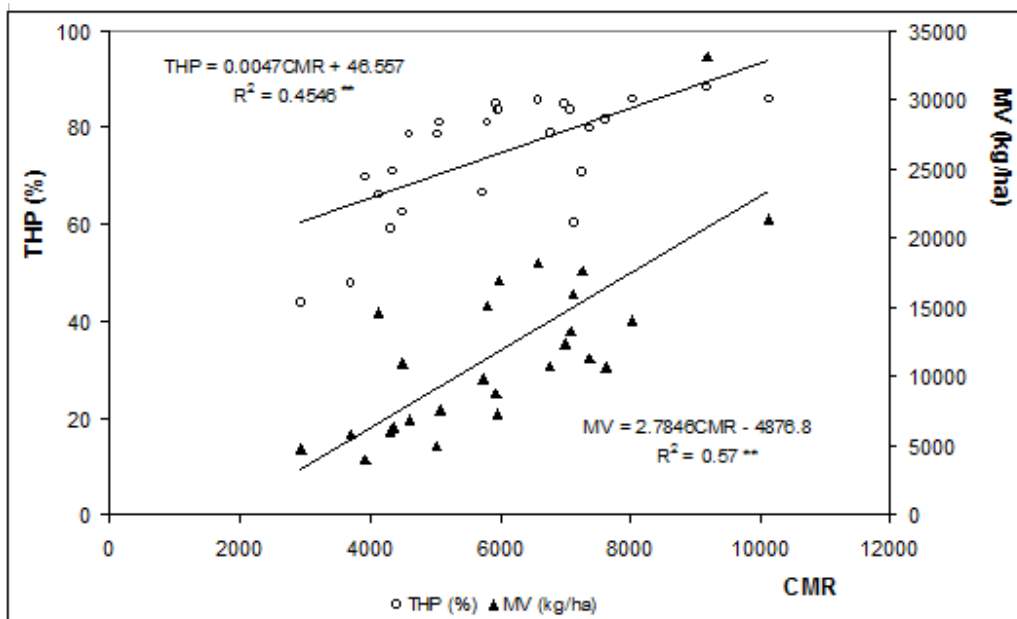


Figura 5. Correlação entre a capacitância medida pela sonda “Grassmaster II” (CMR), a produtividade (MV) e o teor de humidade da pastagem (THP) entre 2016 e 2018.

No Alentejo, o período crítico de Verão, caracterizado pela ausência de precipitação e a ocorrência de temperaturas superiores a 30°C, requer invariavelmente a suplementação alimentar dos animais com alimentos conservados ou concentrados [3]. Muitas vezes, dependendo de como corre o ano agrícola em termos de distribuição da precipitação, é necessário antecipar a suplementação ainda durante a Primavera. É, portanto, fundamental o acompanhamento do vigor da pastagem ao longo do ciclo vegetativo. A Figura 6 ilustra a correlação linear significativa entre o NDVI medido pelo sensor “OptRx”, o teor de humidade da pastagem (THP) e o índice de degradação da qualidade da pastagem (IDQP), entre 2016 e 2018. Estes resultados reforçam o interesse potencial deste sensor óptico próximo na monitorização da qualidade da pastagem, especialmente atendendo às possibilidades que levantam as imagens de satélite (por exemplo “Sentinel-2”) na obtenção de um conjunto muito diverso de índices, entre eles o NDVI [15] ou o NDWI [16].

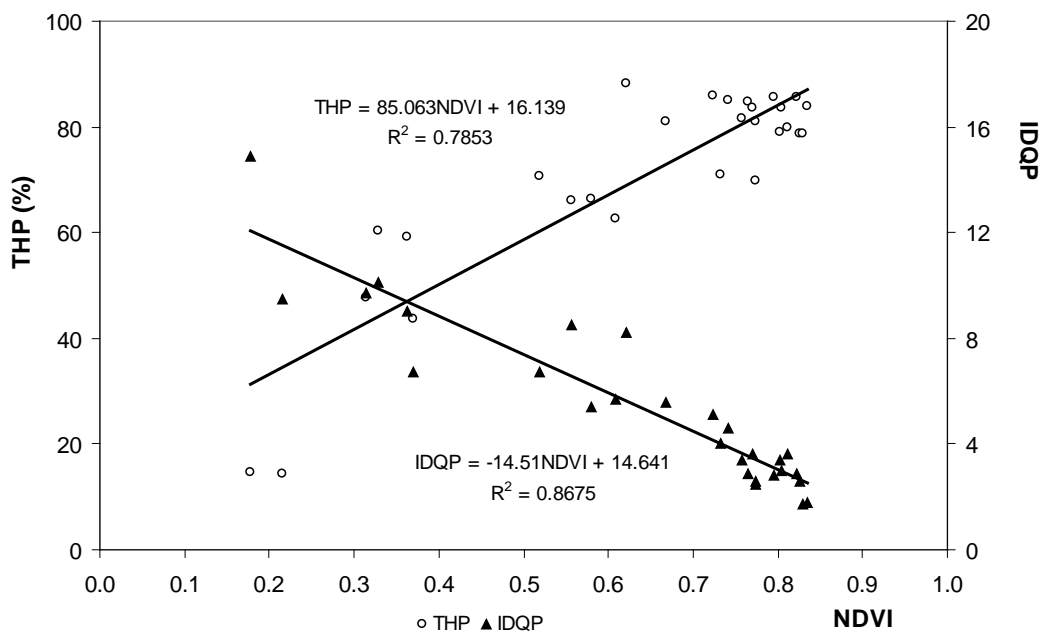


Figura 6. Correlação entre o NDVI medido pelo sensor “OptRx”, o teor de humidade da pastagem (THP) e o índice de degradação da qualidade da pastagem (IDQP), entre 2016 e 2018.

4. Conclusões

Este trabalho confirmou as limitações físicas e químicas dos solos destinados às pastagens de sequeiro sob montado em Portugal, aspecto agravado pela irregularidade inter-anual da distribuição da precipitação e seu efeito no ciclo vegetativo. O efeito positivo das árvores e dos animais sobre o solo constituem indicadores do potencial deste ecossistema. Numa perspectiva de sustentabilidade, de melhoria da produtividade da pastagem e, em consequência, da produção animal e das mais valias resultantes, é fundamental o conhecimento das variáveis envolvidas e respectivas interações, pelo que a utilização de ferramentas expeditas para monitorização do solo, da pastagem, das árvores e dos animais constitui o ponto de partida para uma gestão diferenciada e racional dos factores de produção, nomeadamente correctivos e fertilizantes. Os resultados obtidos permitiram calibrar equipamentos e desenvolver equações adaptadas às características da região e que poderão apoiar de forma sustentada as decisões do gestor agrícola no que respeita à dinâmica do pastoreio animal e à identificação de necessidades de suplementação. Outros indicadores, como a composição florística da pastagem, poderão indicar perda de biodiversidade num processo acelerado de adaptação às alterações climáticas.

5. Agradecimentos

Este trabalho foi suportado através do “Programa 1.0.1.-Grupos Operacionais” no âmbito dos projectos “PDR2020-101-030693” e “PDR2020-101-031244” e através da FCT (Fundação para a Ciência e Tecnologia) no âmbito do projecto “UID/AGR/00115/2019”.

Referências

1. Seddaiu G., Porcua G., Luigi L., Roggero P.P., Agnelli A., Cortic G. Soil organic matter content and composition as influenced by soil management in a semi-arid Mediterranean agro-silvo-pastoral system. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 2013, 167, 1–11.
2. Serrano J., Shahidian S., Marques da Silva J., Sales-Baptista E., Ferraz de Oliveira I., Lopes de Castro J., Pereira A., Cancela de Abreu M., Machado E., Carvalho M. Tree influence on soil and pasture: Contribution of proximal sensing to pasture productivity and quality estimation in montado ecosystems. *International Journal of Remote Sensing*. 2018, 39, 4801–4829.
3. Efe Serrano J. Pastures in Alentejo: technical basis for characterization, grazing and improvement. Universidade de Évora – ICAM (Ed.), Évora, Portugal: Gráfica Eborensis. 2006, 165–178.
4. Marcos G.M., Obrador J.J., Garcia E., Cubera E., Montero M.J., Pulido F., Dupraz C. Driving competitive and facilitative interactions in oak dehesas through management practices. *Agroforestry Systems*. 2007, 70, 25–40.
5. Benavides R., Douglas G.B., Osoro K. Silvopastoralism in New Zealand: review of effects of evergreen and deciduous trees on pasture dynamics. *Agroforestry Systems*. 2009, 76, 327–350.
6. Moral F., Terrón J., Marques da Silva J. Delineation of management zones using mobile measurements of soil apparent electrical conductivity and multivariate geostatistical techniques. *Soil & Tillage Research*. 2010, 106, 335–343.
7. Jackson T. J., Chen D., Cosh M., Li F., Anderson M., Walthall C., Doriaswamy P., Hunt E. R. Vegetation water content mapping using Landsat data derived normalized difference water index for corn and soybeans. *Remote Sensing of Environment*. 2004, 92, 475–482.
8. Serrano J., Shahidian S., Marques da Silva J. Calibration of GrassMaster II to estimate green and dry matter yield in Mediterranean pastures: Effect of pasture moisture content. *Crop & Pasture Science*. 2016, 67, 780–791.
9. FAO. World reference base for soil resources. Food and Agriculture Organization of the United Nations, World Soil Resources Reports N^o 103. 2006, Rome, Italy.
10. Somarriba E. Pasture growth and floristic composition under the shade of Guava (*Psidium Guajava* L.) trees in Costa Rica. *Agroforestry Systems*. 1988, 6, 153–162.
11. Murray R., Yule I. J., Gillingham A.G. Developing variable rate application technology: modelling annual pasture production on hill country. *New Zealand Journal of Agricultural Research*. 2007, 50, 41–52.
12. Guevara-Escobar A., Kemp P. D., Mackay A. D., Hodgson J. Pasture production and composition under poplar in a hill environment in New Zealand. *Agroforestry Systems* 2007, 69 (3), 199–213.
13. Gómez-Rey M. X., Garcês A., Madeira M. Soil organic-C accumulation and N availability under improved pastures established in Mediterranean Oak Woodlands. *Soil Use and Management*. 2012, 28, 497–507.
14. Xu H.-W., Wang K., Bailey J., Jordan C., Withers A. Temporal stability of sward dry matter and nitrogen yield patterns in a temperate grassland. *Pedosphere*. 2006, 16, 735–744.
15. Serrano J., Shahidian S., Marques da Silva J. Monitoring seasonal pasture quality degradation in the Mediterranean montado ecosystem: proximal versus remote sensing. *Water*. 2018, 10(10), 1422.
16. Serrano J., Shahidian S., Marques da Silva J. Evaluation of normalized difference water index as a tool for monitoring pasture seasonal and inter-annual variability in a Mediterranean agro-silvo-pastoral system. *Water*. 2019, 11(1), 62.