

# Revista de Ciências Agrárias

VOLUME XXVIII / NÚMERO 2 / 2005

ENCONTRO ANUAL  
Sociedade Portuguesa da Ciência do Solo

## “O Solo - Factor de Qualidade Ambiental”

Integrado nas Comemorações do Centenário da Sociedade de Ciências Agrárias de Portugal

Coimbra

10 a 12 de Julho de 2003

**Edição Especial**

Sociedade de Ciências Agrárias de Portugal

Fundada em 1903 / Lisboa / Portugal

# REVISTA DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

(Fundada em Janeiro de 1903 sob o nome de "Revista Agronómica")

## Conselho Científico

Ferrão, J.E.M. (Coordenador)

Almeida Alves, J.; Almeida Monteiro, A.J.; Amaro, P.; Avilez, F.; Barradas, M.A. Carvalho Guerra; Curvelo Garcia, A.S.; Ferreira, A.G.; Fitas da Cruz, V.M.; Leitão, A.B.; Marques, M.R.; Mexia, J.T.; Moreira, N.T.; Monjardino, R.M.; Oliveira, S.; Ortiz-Canavate, J.; Pereira, L.S.; Pinto, P.A.; Portugal, A.V.; Quelhas dos Santos, J.; Radich, M.C.; Reffega, A.G.; Ricardo, C.P.; Santos, P.O.P.; Santos Júnior, A.G.; Seemedo, C.B.; Sequeira, E.; Sequeira, O.; Silva, A.D.; Soveral Dias, J.C.; Teles, G.R.; Viegas, W.S.

## Conselho de Redacção

Castro, A.P., Marques, M.M., Coelho, J.M., Neto, M.C.

---

Registo no Ministério da Justiça — Secretaria Geral

Publicação Periódica

Reprodução autorizada com referência à origem

Horário de Funcionamento da Secretaria

2.ª a 6.ª Feiras — 14 às 17,30

PEDE PERMUTA

DÉSIRE L'ÉCHANGE

EXCHANGE DESIRED

Preço deste número — € 25,00

Números anteriores: Preço de capa actualizado

Aos sócios da SCAP a Revista é distribuída gratuitamente

Propriedade da  
SOCIEDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS DE PORTUGAL  
Rua da Junqueira, n.º 299 — Telef.: 21 363 37 19  
1300-338 LISBOA — PORTUGAL  
<http://agricultura.isa.utl.pt/scap>

# Avaliação do efeito da sombra e da adição de nutrientes na biomassa de vegetação herbácea num lameiro do Nordeste de Portugal

## Assessment of shade and nutrients addition effects on biomass of natural pastures of Northeast Portugal

E.L. Pereira<sup>1</sup>, M. Madeira<sup>2</sup> & M.L. Monteiro

### RESUMO

Num lameiro onde ocorrem freixos espaçados entre si estudou-se, durante 2 anos, o efeito do sombreamento e da aplicação de fertilizantes na biomassa aérea e subterrânea da vegetação herbácea, bem como na respectiva composição química. Os tratamentos foram: parcelas sob a copa das árvores com e sem aplicação de fertilizantes (CP+F, CP-F); parcelas fora da influência da copa das árvores e cobertas com rede, de forma a simular o decréscimo de radiação sob a copa das árvores, com e sem aplicação de fertilizantes (CC+F, CC-F); e parcelas fora da influência da copa das árvores e sujeitas à radiação normal, com e sem aplicação de fertilizantes (SC++F, SC-F). O decréscimo da radiação foi obtido através de uma rede de sombreamento que interceptava cerca de 65% da radiação incidente. A fertilização aumentou em qualquer dos casos a biomassa aérea das herbáceas. A biomassa aérea foi sempre mais baixa nas parcelas CP+F e CP-F em relação às parcelas CC+F, CC-F, SC+F e SC-F. A biomassa aérea das herbáceas das parcelas som-

breadas artificialmente não diferiu significativamente em relação às parcelas sujeitas à radiação normal (SC+F e SC-F), mas diferiu em relação às parcelas CP+F. O teor de N, P, K, Ca, Mg e S da biomassa aérea e subterrânea das herbáceas foi de modo geral superior nas parcelas sob a copa das árvores, com aplicação de fertilizantes, do que nas outras parcelas consideradas. A biomassa radical total das herbáceas não diferiu significativamente entre os tratamentos. A razão entre biomassa aérea e subterrânea foi superior nos tratamentos com aplicação de fertilizante (0,37, 0,40 e 0,37, respectivamente, em CC, CP e SC) em relação aos tratamentos sem aplicação de fertilizante (0,34, 0,28 e 0,25, respectivamente, em CC, CP e SC).

### ABSTRACT

In natural pastures, where wide spaced ash trees occur, the effect of shading and fertilisation on above and belowground biomass was studied over a 2-year period. Chemical composition of the above and belowground herbaceous biomass was as-

<sup>1</sup> Escola Superior Agrária de Bragança – Campus S<sup>ta</sup> Apolónia Apartado 172, 5300 Bragança (email: [epereira@ipb.pt](mailto:epereira@ipb.pt)); <sup>2</sup> Instituto Superior de Agronomia, Tapada de Ajuda, 1349-017 Lisboa

sessed. Treatments were: plots beneath tree canopy with and without fertiliser (CP+F, CP-F); plots beyond the influence of tree canopy covered by a shading net to reduce radiation to a level similar to that verified under tree crown, with and without fertiliser (CC+F, CC-F); plots beyond influence of the canopy submitted to the normal radiation, with and without fertiliser application (SC+F, SC-F). Radiation decrease was obtained through a shading net, which intercepted about 65 % of the incident radiation. Fertilisation increased herbaceous productivity in all treatments. Aboveground herbaceous biomass was always lower in the CP+F and CP-F plots than in the plots CC+F, CC-F, SC+F and SC-F. Aboveground herbaceous biomass under artificial shade had no significant differences in relation to the plots submitted to the normal radiation (SC+F and SC-F), but they significantly differed from the plots CP+F. The N, P, K, Ca, Mg and S concentrations in above and belowground biomass were generally higher in areas covered by tree canopy than in the others. Total root biomass did not differ significantly between treatments. The ratio between above and belowground biomass was higher in the treatments with fertiliser addition (0,37, 0,40 and 0,37, respectively, in CC, CP and SC) than in the treatments without fertiliser application (0,34, 0,28 and 0,25, respectively, in CC, CP and SC).

## INTRODUÇÃO

As árvores espaçadas nas pastagens podem funcionar como ilhas de fertilidade devido à devolução de nutrientes por via da queda das folhas, do escorrimento ao longo do tronco (*stemflow*) e gotejo (*throughfall*) e, ainda, da deposição de

excrementos dos animais durante o apascentamento (Belsky *et al.*, 1993; Young, 1997). O coberto arbóreo nas pastagens pode resultar num decréscimo da quantidade de radiação, reduzindo a temperatura do solo e a evapotranspiração (Belsky *et al.*, 1989). As modificações observadas nas áreas sob o coberto influenciam diretamente a composição, a produção e a distribuição espacial das espécies. Assim, segundo referem vários autores (Montoya & Mesón, 1982; Rico & Puerto 1988-1989; Sá, 2001; Pereira *et al.*, 2002), as gramíneas predominam sob a copa das árvores, ao contrário das leguminosas que abundam nas áreas não sombreadas, uma vez que não podem competir favoravelmente com as primeiras sob condições de sombra, necessitando de intensidade luminosa superior àquela requerida pelas gramíneas (Montoya & Meson, 1982). Os efeitos da sombra na produtividade de vegetação herbácea são controversos. Alguns estudos em sistemas agro-florestais referem que a biomassa de herbáceas aumenta sob a influência das árvores (Baltasar *et al.*, 1983; Belsky, 1994; Pereira *et al.*, 2002), enquanto que outros referem um decréscimo dessa biomassa nas áreas de influência da copa das árvores (Sá, 2001; Pereira *et al.*, 2004). As diferenças observadas na produtividade entre áreas sob e fora da influência da copa das árvores têm sido atribuídas às diferenças de fertilidade do solo e de ensombramento (redução da temperatura do solo e da evapotranspiração) verificadas nessas áreas e, ainda, à competição entre árvores e vegetação herbácea pela água e nutrientes (Belsky, 1994).

Neste contexto, foram efectuados estudos experimentais com vista à avaliação da importância da sombra e do enriquecimento de nutrientes pela árvore e pela aplicação de fertilizantes na biomassa

aérea e subterrânea de vegetação herbácea, bem como na respectiva constituição química, num lameiro onde ocorrem freixos espaçados entre si. Os principais resultados desses estudos, realizados em 2001 e 2002, são apresentados no presente trabalho.

## MATERIAL E MÉTODOS

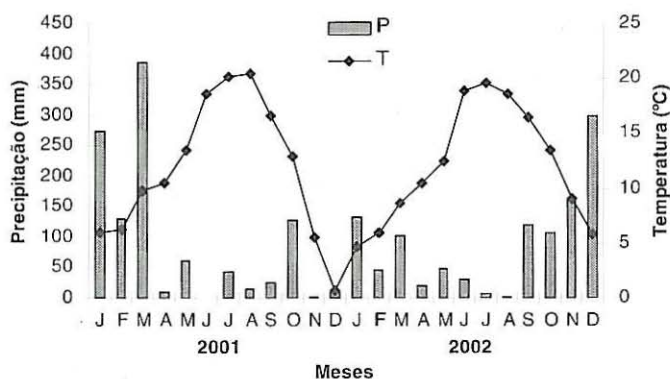
### Área de estudo

O estudo experimental foi realizado num lameiro, com diversos freixos espaçados no interior do mesmo, localizado na proximidade da aldeia de Alfaião (41° 46' 55''N; 6° 24' 51''W; altitude 510m; concelho de Bragança).

A temperatura média anual em Bragança ao longo do período de estudo foi de 11,8°C em 2001 e de 12,0°C em 2002, sendo Agosto e Julho os meses mais quentes e Dezembro e Janeiro os meses mais frios em 2001 e 2002, respectivamente (Figura 1). A precipitação em 2001 concentrou-se no período de Janeiro a Março, atingindo, cerca de 73% do total

observado durante o ano (1091,7 mm); por seu turno, a precipitação ocorrida no período de Abril a Junho foi de apenas 74 mm (cerca de 7% do total). O ano de 2002 (Figura 2.4) foi igualmente chuvoso, tendo-se registado uma precipitação acumulada de 1078,3 mm; esta concentrou-se nos meses de Setembro a Dezembro (aproximadamente 64% do total ocorrido durante o ano), enquanto nos meses de Janeiro a Março representou apenas 26% do total anual. Nos meses de Julho e Agosto verificaram-se os menores valores de precipitação, respectivamente, de 8 mm e de 2,6 mm.

Os solos da área de estudo correspondem a Fluvisolos éutricos órticos (FAO, 1988). Esses solos apresentavam textura franco-limosa a limosa; a camada superficial (0-8 cm) apresentava uma massa volúmica de 0,80-0,86 g cm<sup>-3</sup> e valores médios de resistência à penetração na ordem de 1,2 e 0,97 MPa, respectivamente, nas áreas sob e fora da influência da copa das árvores. A camada subjacente (8-17 cm) apresentava uma massa volúmica mais elevada (1,1-1,2 g cm<sup>-3</sup>) e muito maior resistência à penetração (3,1-3,5 MPa).



**Figura 1** – Valores da temperatura média mensal (°C) e da precipitação total mensal (mm) na estação climatológica da Escola Superior Agrária de Bragança durante 2000 e 2001

Entre as profundidades de 17 e 105 cm observou-se a ocorrência alternada de camadas de características físicas intermediárias às anteriores. O teor de C orgânico nas camadas de 0-8 e 8-17 cm atingia, respectivamente, 30,6 e 13,0 g kg<sup>-1</sup>; os teores de P extraível eram de 11,4 e 2,2 mg kg<sup>-1</sup>, enquanto os de K eram de 99,6 e 44,0 mg kg<sup>-1</sup>. As raízes da vegetação herbácea estavam confinadas, sobretudo, na camada superficial (0-8 cm).

### Metodologia experimental e amostragens

O estudo decorreu nos anos de 2001 e 2002 em parcelas protegidas do pastoreio por gaiolas de rede, colocadas em áreas sob e fora da influência da copa de 4 árvores individuais. Sob a copa de cada árvore colocaram-se 2 gaiolas de rede de arame com uma área de 1 m<sup>2</sup>; instalaram-se 4 gaiolas similares em áreas fora da influência da mesma. Os tratamentos foram: a) parcelas sob a copa das árvores e sem aplicação de fertilizantes (CP-F); b) parcelas sob a copa e com aplicação de fertilizantes (CP+F); c) parcelas fora da influência da copa, sem aplicação de fertilizantes e sem decréscimo de radiação (SC-F); d) parcelas sujeitas à radiação normal e com aplicação de fertilizantes (SC+F); e) parcelas cobertas com rede de forma a reduzir a radiação para nível semelhante ao observado sob a copa das árvores e sem fertilizantes (CC-F); f) parcelas com redução de radiação e aplicação de fertilizantes (CC+F). O decréscimo da radiação foi efectuado por uma rede de sombreamento dupla colocada por cima das gaiolas, determinando uma percentagem de redução de radiação equivalente àquela que ocorre sob coberto do freixo ( $\cong 65\%$ ).

As quantidades de nutrientes aplicadas em 2001 foram de 4,44 g P m<sup>-2</sup>, 9,96 g K

m<sup>-2</sup> e 6,00 g N m<sup>-2</sup>; em 2002 essas quantidades foram, respectivamente, de 4,44 g P m<sup>-2</sup>, de 8,30 g K m<sup>-2</sup> e 4,00 g N m<sup>-2</sup>. Os nutrientes foram aplicados sob a forma de superfosfato de cálcio com 18 % de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, de cloreto de potássio com 60 % de K<sub>2</sub>O e de nitrato de amónio com 20,5 % de N.

Em Junho efectuou-se o corte da vegetação herbácea em 3 quadrados de 20 x 20 cm, por parcela. O material colhido foi separado por grupos de famílias (gramíneas, leguminosas e outras famílias).

A quantificação da biomassa radical da vegetação herbácea efectuou-se em Junho de 2002. A amostragem foi realizada imediatamente após o corte dessa vegetação, nas parcelas referidas anteriormente, tendo-se colhido 3 amostras por parcela e por profundidade (0-5 cm e 5-15 cm). Para o efeito utilizou-se uma sonda de copos com 8 cm de diâmetro e 15 cm de comprimento, com uma extremidade serilhada e outra ligada a um tubo em T. A colheita de amostras foi bastante dificultada pela elevada compactidade do solo, daí que não se tivesse ultrapassado os 15 cm de profundidade. O material colhido foi colocado num saco plástico devidamente etiquetado e conservado em câmara congeladora (-18°C) até ser processado.

### Metodologia laboratorial

As amostras correspondentes à parte aérea da vegetação herbácea, após separação por famílias e determinado o peso seco a 65°C, foram moídas num moinho de martelos com malha de 1mm.

As raízes, após descongelação das amostras à temperatura ambiente, foram isoladas das partículas do solo por lavagem e separadas por classes de diâmetro ( $\leq 2$ mm, 2-5 mm e  $\geq 5$  mm) e por tipo (vegetação herbácea e freixo). Após esta separação, as raízes de cada classe de

diâmetro foram secas numa estufa a 75°C, para a determinação do respectivo peso seco, e posteriormente moídas num moinho, com as características anteriormente referidas; as amostras de cada parcela foram misturadas de modo a obter quatro amostras compostas por cada profundidade e cada tratamento.

O N e o P da biomassa aérea e subterrânea foram extraídos por digestão da amostra com  $H_2SO_4+H_2O_2$ . A sua concentração foi determinada por espectrofotometria de absorção molecular, num autoanalisador de fluxo segmentado (AFS). O teor de N foi determinado pela reacção de Berthelot e o de P pelo método do molibdato de amónio/ácido ascórbico (Murphy & Riley, 1962). O Ca, Mg, K e S foram analisados após digestão por via húmida com  $HClO_4+HNO_3$ ; os teores de Ca e Mg foram determinados por espectrofotometria de absorção atómica e os de K por espectrofotometria de emissão de chama. O teor de S foi determinado por turbidimetria em AFS pelo método descrito por Coutinho (1996).

### Cálculos e métodos estatísticos

A comparação dos valores médios da biomassa aérea e subterrânea, bem como da quantidade e concentração de nutrientes da vegetação herbácea resultante dos diferentes tratamentos foi realizada através da análise de variância, tendo-se previamente testado a normalidade da distribuição (teste W de Shapiro-Wilk) e a homogeneidade das variâncias (teste de Levene). Quando as variáveis não satisfizeram os pressupostos da análise de variância, mesmo depois de ensaiadas várias transformações, as médias foram comparadas pelo teste não paramétrico de Kruskal-Wallis.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Biomassa aérea de vegetação herbácea

A biomassa aérea total (BAT) da vegetação herbácea, em qualquer dos anos de estudo (Quadro 1), foi mais baixa nas parcelas sob a copa das árvores (CP+F e CP-F) do que nas outras (CC+F, CC-F, SC+F, SC-F). Este decréscimo de biomassa sob a copa das árvores está em linha com a tendência dos resultados obtidos por Sá (2001), para uma área de montado na região de Évora, e por Pereira *et al.* (2004) em lameiros do Nordeste de Portugal com *Fraxinus angustifolia*; porém, é oposto aos observados por Baltasar *et al.* (1983), em áreas de montado, por Belsky (1994), para formações de savana com *Acacia tortilis*, e por Pereira *et al.* (2002) num outro lameiro com *Fraxinus angustifolia*.

O sombreamento artificial (tratamentos CC+F e CC-F) resultou no primeiro ano de estudo uma quebra de produção relativamente às parcelas sujeitas à radiação normal (tratamentos SC+F e SC-F). No segundo ano de estudo ocorreu um decréscimo acentuado da BAT em todos os tratamentos, em relação ao ano anterior, em cerca de 35%, 41% e 51% nas parcelas com adição de fertilizantes (respectivamente em CP, CC e SC) e em cerca de 57%, 47% e 56% nas parcelas não fertilizadas (respectivamente em CP, CC e SC). Porém, nas parcelas sombreadas artificialmente observou-se uma maior quantidade de biomassa do que nas parcelas submetidas à radiação normal. Esta tendência poderá atribuir-se, por um lado, à adaptação das plantas às condições de intensidade luminosa mais baixa e, por outro, a uma maior disponibilidade hídrica verificada nessas áreas (Pereira, não publicado).

A menor produção de BAT observada em todos os tratamentos em 2002,

QUADRO 1 – Valores médios (n=12) da biomassa aérea de leguminosas (BLE), de outras famílias (BOF), de gramíneas (BGR) e total (BAT) obtidos, em 2001 e 2002, nas parcelas com (+) e sem (-) aplicação de fertilizante, com redução de radiação (CC), sob a copa (CP) e sob radiação normal (SC); Letras diferentes na mesma coluna, em cada ano, indicam diferenças significativas ( $p < 0,05$ )

Tratamentos	g m <sup>-2</sup>			
	BLE	BOF	BGR	BAT
<b>2001</b>				
CC+F	39,3 ab	25,2 ab	739,4 a	803,8 ab
CP+F	1,4 c	40,6 ab	550,3 b	592,3 c
SC+F	47,0 ab	43,1 a	843,9 a	940,3 a
CC-F	27,7 bc	28,9 ab	638,0 ab	694,6 bc
CP-F	8,3 c	11,1 b	593,9 ab	613,2 cd
SC-F	77,0 a	27,3 ab	679,9 ab	784,3 abd
<b>2002</b>				
CC+F	10,4 ab	19,8 ab	447,0 a	477,1 a
CP+F	2,5 b	8,9 c	371,9 bc	383,2 b
SC+F	7,7 a	27,5 a	424,3 ab	459,5 a
CC-F	5,6 ab	29,4 ab	335,5 c	370,4 b
CP-F	2,2 b	9,2 bc	250,8 d	263,2 c
SC-F	2,0 ab	15,6 abc	325,3 cd	342,9 b

relativamente a 2001, deverá ter resultado da menor disponibilidade hídrica durante os meses de Inverno e Primavera de 2002 (Figura 1). Aliás, esta tendência foi sobejamente observada no Sul do País por Sá (2001), que num ano de Primavera húmida (1996) obteve o dobro da biomassa, comparativamente a um ano de Inverno e Primavera seca (1995). Aliás, as produções obtidas em 2001, cuja pluviosidade no Inverno e Primavera foi mais elevada do que em 2002 (Figura 1), correspondem à observada em pastagens de regadio de elevada produtividade na região Transmontana (Pires *et al.*, 2000).

A aplicação dos fertilizantes aumentou a BAT nos dois anos de estudo, tanto nas parcelas sombreadas artificialmente como nas sujeitas à radiação normal, relativamente às parcelas não fertilizadas. Com

efeito, a adição de fertilizantes no primeiro ano de estudo provocou um aumento de produção nas parcelas não sombreadas (SC+F) e sombreadas artificialmente (CC+F) na ordem dos 17 % e 14 %, respectivamente. No segundo ano de estudo, verificou-se um aumento significativo da biomassa das parcelas fertilizadas em relação às parcelas não fertilizadas, na ordem de 22% nas parcelas sombreadas artificialmente e de 25 % nas parcelas sujeitas à radiação normal (Quadro 1). A aplicação de fertilizantes nas parcelas sob a copa das árvores resultou num decréscimo de 3 % e num acréscimo de 32 %, respectivamente, em 2001 e 2002, sendo o resultado de 2002 oposto ao observado por Belsky (1994) em áreas sob a copa de *Acacia tortilis*; o grande acréscimo ocorrido em 2002 poderá ser consequência do

efeito cumulativo da aplicação dos fertilizantes, tal como verificado por Nunes *et al.* (2002) em parcelas com aplicação de gotejo de *Quercus rotundifolia*.

A biomassa de leguminosas (peso seco a 65°C) foi de uma forma geral mais baixa nas áreas sombreadas pela copa das árvores (Quadro 1). As diferenças foram significativas, em 2001, em relação às parcelas SC+F, SC-F e CC+F e, em 2002, apenas em relação às parcelas SC+F. A diminuição de leguminosas na área de influência da copa das árvores corrobora as observações de Sá (2001), num montado da região de Évora, e de Puerto & Rivero (1997) num estudo com *Alnus glutinosa*, *Fraxinus angustifolia* e *Pinus nigra*, na região de Salamanca (Espanha); essa diminuição relaciona-se com as características morfológicas das leguminosas, que as desfavorecem na competição pela luz face às plantas com um porte mais elevado, como é o caso das gramíneas (Sá, 2001).

A biomassa de outras famílias (peso seco a 65°C), tal como a de leguminosas nos dois anos de estudo, foi, em regra, mais baixa nas áreas sob a copa das árvores; no entanto as diferenças foram apenas significativas em 2002 nas parcelas fertilizadas em relação às parcelas SC+F (Quadro 1).

A biomassa aérea de gramíneas (peso seco a 65°C) foi sempre mais baixa nas parcelas localizadas sob a copa das árvores (Quadro 1). A biomassa obtida em 2001 nestas parcelas com adição de fertilizante (CP+F) foi significativamente mais baixa do que a obtida nas parcelas sujeitas à radiação normal (SC+F) ou a radiação reduzida (CC+F); no caso das parcelas não fertilizadas não se observaram diferenças significativas entre os tratamentos. Em 2002, a biomassa de gramí-

neas foi significativamente mais baixa sob as copas das árvores (sem aplicação de fertilizantes) do que nas parcelas sombreadas artificialmente (CC-F); a biomassa obtida sob as copas, com adição de fertilizante também foi significativamente mais baixa em relação às parcelas CC+F. A proporção da biomassa de gramíneas em relação à BAT foi sempre maior sob a copa das árvores, corroborando os resultados de Montoya & Méson (1982), Rico & Puerto (1988-1989), Sá (2001) e Pereira *et al.* (2002) que também observaram maiores quantidades de biomassa de gramíneas nas áreas sombreadas pelas copas de árvores de várias espécies.

A aplicação dos fertilizantes aumentou, de uma forma geral, a biomassa de gramíneas (Quadro 1); porém, esse aumento só foi significativo em 2002. A adição de fertilizantes, nos dois anos de estudo, não aumentou significativamente a produção de biomassa de leguminosas e de outras famílias.

A BAT teve uma forte variação anual, provavelmente, como já foi referido, devido às diferentes condições hidrológicas em cada um dos anos de estudo. Além disso, a BAT sob a copa das árvores foi mais baixa (63-88 %) do que a obtida nas outras áreas, tanto no ano húmido e no ano seco como na presença ou ausência de fertilizantes. Tendo isto em vista, os resultados sugerem que o decréscimo da BAT, bem como de cada um dos grupos de famílias, se poderá atribuir sobretudo à competição pela água entre as árvores e a vegetação herbácea, como foi observado por Belsky (1994) noutras condições climáticas. Apesar de tudo, dado que no ano menos pluvioso se verificou um efeito positivo dos fertilizantes na BAT sob as copas, não se deverá perder de vista a competição por nutrientes.

QUADRO 2 – Valores médios (n=12) da biomassa subterrânea (mg cm<sup>-3</sup>) de vegetação herbácea, isenta de cinza, nas profundidades de 0-5 e 5-15 cm nos diversos tratamentos, em 2002; letras diferentes na mesma coluna indicam, para cada profundidade, diferenças significativas (p<0,05). Os tratamentos são os referidos no Quadro 1

Prof. (cm)	Tratamentos	Diâmetro da raiz			Total
		<2 mm	2-5 mm	> 5mm	
0-5cm	CC+F	14,28 a	4,64 a	0,00 a	18,92 a
	CP+F	12,26 a	1,07 b	0,06 a	13,39 a
	SC+F	12,76 a	3,83 a	0,04 a	16,64 a
5-15cm	CC+F	2,64 a	0,79 a	-	3,44 a
	CP+F	2,61 a	0,00 a	-	2,61 a
	SC+F	2,96 a	1,25 a	-	4,22 a
0-5cm	CC-F	10,97 a	3,10 ab	0,00 a	14,07 a
	CP-F	11,13 a	1,48 b	0,00 a	12,61 a
	SC-F	14,04 a	5,50 a	0,29 a	19,83 a
5-15cm	CC-F	2,66 a	1,19 a	-	3,85 a
	CP-F	2,60 a	0,25 b	-	2,85 a
	SC-F	3,05 a	0,70 ab	-	3,75 a

### Biomassa subterrânea

A biomassa subterrânea (Quadro 2) concentrou-se principalmente até 5 cm de profundidade, representando, nos tratamentos com adição de fertilizante, cerca de 80% a 84% do total da observada até 15 cm de profundidade, respectivamente nas parcelas sujeitas à radiação normal (SC+F) e nas parcelas sombreadas (CP+F, CC+F). Nos tratamentos sem adição de fertilizante, a proporção da biomassa subterrânea contida naquela camada superficial foi, pelo contrário, maior nas áreas sujeitas à radiação normal (84%). A maior concentração de raízes nos primeiros 5 cm de solo poderá dever-se, por um lado, à elevada capacidade do solo, tal como foi verificado durante a caracterização morfológica do perfil do solo, e, por outro, às concentra-

ções mais elevadas de nutrientes nessa camada superficial.

A concentração de biomassa radical na camada superficial do solo de todos os tratamentos está em consonância com as observações de Sá (2001), numa área de montado na região de Évora, e de Belsky *et al.* (1989) em formações de savana com *Acacia tortilis* e *Adansonia digitata*.

A biomassa de raízes finas (< 2 mm) não foi significativamente diferente entre tratamentos, para cada profundidade, embora se tenha verificado uma menor biomassa nas parcelas sob a copa das árvores (Quadro 2). Porém, a biomassa de raízes com diâmetro entre 2 e 5 mm, na profundidade de 0-5 cm, nos tratamentos com adição de fertilizante, foi significativamente mais baixa nas parcelas CP+F (1,07 mg cm<sup>-3</sup>) em relação às outras

QUADRO 3 – Valores médios (n=12) da biomassa aérea (BAT), da biomassa subterrânea (BST) e da biomassa total (BT) da vegetação herbácea nos diferentes tratamentos em 2002; letras diferentes na mesma coluna indicam diferenças significativas ( $p < 0,05$ ). Os tratamentos são os referidos no Quadro 1

Tratamentos	-----g m <sup>-2</sup> -----			-----%-----		
	BAT	BST	BT	BAT/BST	BAT/BT	BST/BT
CC+F	477,1 a	1289,6 a	1766,7 a	0,37 a	27,0	72,0
CP+F	383,2 b	957,0 a	1340,2 a	0,40 a	29,0	71,0
SC+F	459,5 a	1253,5 a	1713,0 a	0,37 a	27,0	73,0
CC-F	370,4 b	1088,5 a	1458,9 a	0,34 a	25,4	74,0
CP-F	262,2 c	951,0 a	1213,2 a	0,28 a	22,0	78,0
SC-F	342,9 b	1376,2 a	1719,1 a	0,25 a	20,0	80,0

parcelas consideradas; nas parcelas sem adição de fertilizantes essa biomassa foi significativamente mais elevada nas parcelas SC-F (5,50 mg cm<sup>-3</sup>) do que nas parcelas CP-F (1,48 mg cm<sup>-3</sup>). A diferenciação, na profundidade de 5-15 cm, verificou-se nas parcelas sem adição de fertilizante, entre CP-F (0,25 mg cm<sup>-3</sup>) e CC-F (1,19 mg cm<sup>-3</sup>).

A biomassa radical total (Quadro 2) nas parcelas com e sem aplicação de fertilizantes, nas profundidades de 0-5 cm e 5-15 cm, não diferiu significativamente entre tratamentos. A aplicação de fertilizantes aumentou a biomassa de raízes, sobretudo na camada 0-5 cm, nas parcelas submetidas ao sombreamento. Em qualquer das profundidades, independentemente da aplicação de fertilizantes, a biomassa radical total foi mais baixa sob a copa das árvores. A biomassa radical na profundidade de 0-15 cm (Quadro 3) foi mais baixa nas parcelas instaladas sob a influência da árvore do que nas outras parcelas consideradas, mas as diferenças não foram significativas. Estes resultados seguem a tendência observada por Belsky *et al.* (1993) para formações de savana com *Acacia tortilis* e *Adansonia digitata*,

numa região com precipitação média anual de 750 mm.

#### Distribuição da biomassa total

A biomassa aérea representou 20-29 % da biomassa total. Assim, a razão entre a biomassa aérea e a biomassa subterrânea foi de 0,25-0,40 (Quadro 3). Esta razão foi, nas parcelas fertilizadas, mais elevada sob a copa das árvores; nas parcelas sem adição de fertilizantes, tomou o valor mais elevado nas parcelas sombreadas (Quadro 3). Estes resultados são contrários aos obtidos por Sá (2001), num estudo realizado, em condições de sequeiro, num montado de sobreiro da região de Évora, em que a fitomassa da parte aérea foi 2,50-3,85 vezes superior à determinada para a fitomassa radical.

A forte alocação da biomassa subterrânea observada no presente estudo poderá estar em correspondência com a predominância de gramíneas vivazes nas áreas típicas de lameiro, comparativamente ao que se observa nas áreas tipicamente de sequeiro (Carlos Aguiar, comunicação pessoal). Além disso, o restrito volume de solo ocupado pelas raízes, devido à eleva-

da compacidade do mesmo, também poderá contribuir para a elevadíssima representatividade da biomassa radical devido a possíveis restrições de água e de nutrientes. Como os resultados da biomassa radical foram obtidos no ano de 2002 – em que ocorreu forte redução da biomassa aérea relativamente ao ano transacto –, é possível que essas restrições tenham influenciado a produção e a alocação dos componentes da biomassa total; com efeito, Sá (2001) verificou o aumento da proporção de biomassa radical nos anos em que foi mais elevada a deficiência hídrica. Porém, a elevada produtividade do lameiro em 2001 arreda a hipótese da forte influência do stress hídrico e da deficiência de nutrientes. Assim, são necessários dados para um período mais longo para delinear conclusões mais consistentes.

A biomassa total das herbáceas, tal como se observou para a biomassa aérea e a biomassa subterrânea, foi menor nas parcelas localizadas sob a copa das árvores do que nas outras, independentemente da aplicação de nutrientes e do nível de radiação que as atingia. Este padrão sugere, de facto, o efeito da competição entre as árvores e a vegetação herbácea que, segundo (Belsky, 1994), é mais forte nas áreas sob a copa da que naquelas que ficam para além da projecção vertical da copa das árvores.

### Composição química da biomassa

#### *Biomassa aérea*

A concentração em N, P e K na biomassa aérea de herbáceas, tanto em 2001 como em 2002, foi de um modo geral mais elevada nas parcelas sombreadas pela copa das árvores, bem como nas parcelas sombreadas arti-

ficialmente, associadas ou não à aplicação de fertilizantes, em relação às parcelas sujeitas à radiação normal (Quadro 4). No entanto, a diferenciação só foi significativa em 2001, entre as parcelas sob a copa e as outras consideradas. Esta tendência confirma os resultados obtidos por Nunes *et al.* (2002) e por Sá (2001), em estudos realizados num montado da região de Évora, e por Castro *et al.* (2001) num estudo realizado com gramíneas forrageiras tropicais submetidas a três níveis de sombreamento. O padrão referido poderá dever-se ao efeito positivo do sombreamento na absorção de nutrientes pela vegetação herbácea, tal como refere Cruz (1997), ou, ainda, como referem vários autores citados por Castro *et al.* (2001), ao menor rendimento de matéria seca das plantas em condições de sombra.

A concentração de Ca (Quadro 4), em 2001, apresentou valores significativamente mais baixos nas áreas sob a copa das árvores em relação às outras áreas consideradas; porém, em 2002 não se observaram diferenças significativas entre tratamentos. A concentração de Mg na biomassa aérea de herbáceas (Quadro 4), nos dois anos de estudo, foi estatisticamente equivalente entre tratamentos; porém verificou-se uma tendência geral para um aumento das concentrações na biomassa das parcelas sombreadas. Estes resultados são concordantes com o exposto por Castro *et al.* (2001) num estudo realizado em gramíneas forrageiras já mencionado.

A concentração de S (Quadro 4) foi de um modo geral mais elevada nas áreas sombreadas; porém a diferenciação foi apenas significativa em 2001, nas parcelas com adição de fertilizantes, entre as parcelas sombreadas pela copa das árvores e as parcelas submetidas à radiação normal.

QUADRO 4 - Concentração (média  $\pm$  1 desvio padrão; n=4) de N, P, K, Ca, Mg e S na biomassa aérea de herbáceas dos diferentes tratamentos, em 2001 e 2002; letras diferentes na mesma coluna indicam diferenças. Os tratamentos são os referidos no Quadro 1

Tratamentos	N	P	K	Ca	Mg	S
<b>2001</b>						
CC+F	15,7 bc	1,9 b	17,8 b	4,7 b	2,3 a	1,8 ab
CP+F	21,1 a	2,7 a	28,8 a	3,9 a	2,5 a	2,5 a
SC+F	12,3 cd	1,7 c	15,4 b	4,1 b	2,2 a	1,6 b
CC-F	13,4 cd	1,5 cd	19,3 b	3,6 b	2,4 a	1,7 b
CP-F	16,1 ab	2,3 b	29,9 a	3,2 a	2,3 a	1,9 ab
SC-F	9,8 d	1,1 d	15,6 b	3,7 b	2,1 a	1,4 b
<b>2002</b>						
CC+F	12,2 a	1,9 a	15,9 bc	4,9 a	2,6 a	1,7 a
CP+F	14,0 a	2,5 a	25,9 a	4,6 a	2,4 a	2,1 a
SC+F	11,5 a	2,2 a	16,8 b	3,0 a	1,8 a	1,7 a
CC-F	13,8 a	2,0 a	15,6 bc	4,2 a	2,5 a	1,8 a
CP-F	14,6 a	2,0 a	23,8 a	4,3 a	2,2 a	1,5 a
SC-F	11,6 a	1,8 a	13,9 c	2,9 a	1,8 a	1,9 a

A aplicação de fertilizantes (Quadro 5) aumentou, de uma forma geral, as concentrações de N, P, Ca e S na vegetação herbácea do ano de 2001; porém esse aumento só foi significativo no caso do P. A similitude da concentração de nutrientes na biomassa das herbáceas dos diferentes tratamentos, bem como a inexistência do efeito positivo da aplicação de fertilizantes nessa concentração, observadas em 2002, sugerem que neste ano as condições hidrológicas, não tendo sido tão adequadas para a formação de biomassa, não possibilitaram a expressão dos efeitos da disponibilidade de nutrientes e do sombreamento observados em 2001.

A acumulação de N, P e K na vegetação herbácea em 2001 (Quadro 5) foi mais elevada nos tratamentos em que se reduziu a radiação e se aplicaram fertilizantes (CC+F e CP+F). Estes resultados estão em conformidade com os obtidos por Nunes *et al.* (2002), em parcelas sombreadas artificial-

mente com aplicação de solução de gotejo de *Quercus rotundifolia*.

A acumulação de Ca e Mg na vegetação herbácea em 2001 (Quadro 5) apresentou valores mais baixos nas parcelas sob a copa; porém em 2002 nas parcelas fertilizadas a acumulação daqueles nutrientes foi mais baixa nas áreas sujeitas à radiação normal. Nas parcelas não fertilizadas a acumulação de Mg foi significativamente mais baixa nas parcelas sob a copa do que nas parcelas sombreadas artificialmente. Em 2002, a adição de fertilizantes aumentou significativamente a quantidade de Mg na vegetação herbácea nas áreas sob a copa (CP+F) e sujeitas à radiação normal (SC+F) em relação às parcelas não fertilizadas (CP-F e SC-F).

A acumulação de S (Quadro 5) na biomassa aérea da vegetação herbácea foi maior nos tratamentos em que se aplicaram fertilizantes do que nas outras; no entanto, não se observaram diferenças significativas.

*Biomassa subterrânea*

As concentrações de N, P, K e S na biomassa subterrânea foram inferiores, relativamente à biomassa aérea; pelo contrário, as concentrações de Ca e de Mg foram mais elevadas na biomassa subter-

rânea (Quadros 4 e 6). O N foi o nutriente que apresentou concentrações mais elevadas na biomassa radical da vegetação herbácea e, também, mais próximas da biomassa aérea; o S foi o elemento que registou concentrações mais baixas na biomassa subterrânea.

**QUADRO 5 – Quantidade (média; n=4) de N, P, K, Ca, Mg e S na biomassa aérea de herbáceas dos diferentes tratamentos, em 2001 e 2002; letras diferentes na mesma coluna indicam diferenças significativas  $p < 0,05$ . Os tratamentos são os definidos no Quadro 1**

Treatamento	N	P	K	Ca	Mg	S
-----g m <sup>-2</sup> -----						
<b>2001</b>						
CC+F	12,6 a	1,6 a	14,3 bc	3,8 ab	1,9 ab	1,5 a
CP+F	12,5 a	1,6 a	17,1 ab	2,3 cd	1,5 cd	1,5 a
SC+F	11,6 ab	1,6 a	14,5 c	3,8 a	2,1 a	1,5 a
CC-F	9,3 ab	1,0 bc	13,4 c	2,5 bcd	1,7 bc	1,2 a
CP-F	9,9 ab	1,4 ab	18,3 a	2,0 d	1,4 d	1,1 a
SC-F	7,7 b	0,9 c	12,2 c	2,9 abc	1,6 bcd	1,1 a
<b>2002</b>						
CC+F	5,8 a	0,9 ab	7,6 bc	2,3 a	1,2 a	0,8 a
CP+F	5,4 a	1,0 a	9,9 a	1,8 a	0,9 a	0,8 a
SC+F	5,3 a	1,0 a	7,7 ab	1,4 a	0,8 a	0,8 a
CC-F	5,2 a	0,7 bc	5,7 de	1,6 a	0,9 a	0,7 a
CP-F	3,8 a	0,5 c	6,3 cd	1,1 a	0,6 b	0,4 a
SC-F	4,0 a	0,6 c	4,8 e	1,0 a	0,6 b	0,6 a

**QUADRO 6 – Valores médios (n=3) da concentração de N, P, K, Ca, Mg e S na biomassa subterrânea de herbáceas dos diferentes tratamentos, em 2002; os tratamentos são os definidos no Quadro 1. Letras diferentes na mesma coluna indicam diferenças significativas ( $p < 0,05$ )**

Treatamento	N	P	K	Ca	Mg	S
-----mg g <sup>-1</sup> -----						
CC+F	10,5 a	1,0 b	3,0 a	6,8 a	5,0 a	0,5 a
CP+F	13,2 a	1,4 a	4,1 a	8,8 a	5,3 a	1,1 a
SC+F	10,1 a	0,9 b	2,5 a	7,5 a	5,5 a	0,8 a
CC-F	10,9 a	0,9 b	2,5 a	7,1 a	5,7 a	0,8 a
CP-F	12,2 a	1,2 a	3,7 a	8,1 a	5,7 a	0,9 a
SC-F	10,1 a	0,9 b	2,2 a	8,3 a	6,1 a	0,7 a

QUADRO 7 – Quantidade média (n=3) de N, P, K, Ca, Mg e S na biomassa subterrânea de herbáceas dos diferentes tratamentos, em 2002; os tratamentos são os definidos no Quadro 1. Letras diferentes na mesma coluna indicam diferenças significativas (p<0,05)

Tratamento	N	P	K	Ca	Mg	S
-----g m <sup>-2</sup> -----						
CC+F	13,5	1,2	3,8	8,7	6,4	0,7
CP+F	12,6	1,3	3,9	8,4	5,1	1,1
SC+F	12,6	1,1	3,1	9,4	6,9	1,0
CC-F	11,8	1,0	2,7	7,8	6,2	0,9
CP-F	11,6	1,1	3,5	7,7	5,4	0,8
SC-F	13,9	1,2	3,0	11,4	8,4	0,9

O padrão das concentrações de N, P, K e S na biomassa subterrânea (Quadro 6) foi de uma forma geral semelhante ao observado para a biomassa aérea, tanto no que toca ao efeito das árvores, do sombreamento e da aplicação de nutrientes.

A acumulação de N, P, K, Ca, Mg e S na biomassa radical (Quadro 7), foi muito superior à determinada para a biomassa aérea. Além disso, de um modo geral, foi mais elevada nos tratamentos com adição de fertilizantes; porém, as diferenças, tal como observado para a biomassa aérea, não foram significativas. A acumulação de nutrientes na biomassa total (Quadro 5 e 7) não foi significativamente diferente entre tratamentos. Apenas no caso do P e do K se verificou uma clara tendência de maior acumulação nas parcelas fertilizadas; também nestas, essa acumulação foi maior nas parcelas sob a copa das árvores.

### CONCLUSÕES

O sombreamento artificial não afectou de forma significativa a composição e a produção de biomassa de herbáceas em relação às áreas sujeitas à radiação normal. A fertilização, por seu turno, aumen-

tou significativamente a biomassa aérea em todos os tratamentos. O mesmo efeito foi observado para a biomassa subterrânea e a biomassa total, mas as diferenças não foram significativas.

A concentração de nutrientes na biomassa aérea e subterrânea foi, de um modo geral, superior nos tratamentos em que a radiação era reduzida (parcelas sob a copa e com cobertura de rede), independentemente da aplicação de fertilizante, em relação às parcelas em que essa redução não se verificou. A acumulação de nutrientes na biomassa total foi semelhante entre os tratamentos.

### AGRADECIMENTOS

O presente estudo foi realizado no âmbito do projecto AGRO nº 207 "O freixo (*Fraxinus angustifolia* Vahl) como elemento valorizador dos sistemas agro-florestal e florestal no Nordeste Transmontano". Os autores agradecem à Prof.<sup>a</sup> Margarida Arrobas e ao Prof. João Coutinho a disponibilização do apoio laboratorial para o processamento analítico das amostras, bem como às técnicas de laboratório Rita Diz e Ana Pinto. Às Eng.<sup>as</sup> Sónia Beito e Ana Pinto agradecemos a

colaboração nas amostragens de campo e no trabalho de laboratório.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Baltasar, J.L., Regó, F.C. & Coutinho, J. 1983. *Efeitos do Coberto da Azinheira (Quercus rotundifolia) na Ecologia de Pastagens à Base de Trevo Subterrâneo*. Instituto Universitário de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real.
- Belsky, A.J. (1994). Influences of trees on savanna productivity: tests of shade, nutrients, and tree-grass competition. *Ecology*, **75**(4):922-932.
- Belsky, A.J., Amundson, R.G., Duxbury, J.M., Riha, S.J. & Mwonga, S.M. 1989. The effects of trees on their physical, chemical, and biological environments in a semi-arid savanna in Kenya. *J. Appl. Ecol.*, **26**:1005-1024.
- Belsky, A.J., Mwonga, S.M., Amundson, R.G., Duxbury, J.M. & Ali, A.R. 1993. Comparative effects of isolated trees on their undercanopy environments in high and low-rainfall savannas. *J. Appl. Ecology*, **30**:143-155.
- Castro, C.R.T., Garcia, R., Carvalho, M.M. & Freitas, V.P. 2001. Efeitos do sombreamento na composição mineral de gramíneas forrageiras tropicais. *Rev. Bras. Zootec.*, nov./dez. **30**(6), supl.: 1959-1968.
- Coutinho, J. 1996. Automated method for sulphate determination in soil-plant extracts and waters. *Com. Soil Sci. Plant Anal.*, **27**:727-740.
- Cruz, P. 1997. Effect of shade on the growth and mineral nutrition of a C4 perennial grass under field conditions. *Plant and Soil*, **188**:227-237.
- FAO. 1988. *FAO-UNESCO Soil Map of the World, Revised Legend, with corrections*. World Resources Report 60, FAO, Rome
- (Reprinted as Technical Paper 20, ISRIC, Wageningen, 1994).
- Montoya, J. M. & Mesón, M. L. 1982. Intensidad y efectos de la influencia del arbolado de las dehesas sobre la fenología y composición específica del sotobosque. *An. INIA/Ser. Forestal*, **5**: 43-59.
- Murphy, J. & Riley, J.P. 1962. A modified single solution method for determination of phosphate in natural waters. *Analytica Chimica Acta*, **27**: 31-36.
- Nunes, J., Sá, C., Madeira, M. & Gazarini, L. 2002. Efeito da radiação, da folhada e do gotejo na produção de *Quercus rotundifolia* Lam. nas características do solo. *Revista das Ciências Agrárias*, **24** (3 e 4): 493-507.
- Pereira, E.L., Madeira, M., Martins, A. & Monteiro M.L. 2002. Aspectos genéricos da influência do freixo nos lameiros do Nordeste Transmontano. *Revista das Ciências Agrárias*, **25** (1 e 2): 146-157.
- Pereira, E.L., Madeira, M., Monteiro M.L. & Raimundo, F. 2004. Influência do freixo (*Fraxinus angustifolia*, Vahl) na qualidade do solo e produção de vegetação em lameiros do Nordeste Transmontano. *Revista das Ciências Agrárias* (em publicação).
- Pires, J.M., Trindade, H., Martins, V. & Moreira, N. 2000. Produção ao longo do ano de pastagens de montanha sob o efeito da adubação azotada e do prolongamento do pastoreio na Primavera. I – Produção de matéria seca na zona de Vila Real. *3ª Reunião Ibérica de Pastagens e Forragens*, pp.301-308, Bragança - A Coruña – Lugo. Consellería de Agricultura, Gandería e Política Agroalimentaria, Xunta de Galicia.
- Puerto A. & Rivero, M. 1997. Influencia sobre el pasto de tres especies de árboles con altos requerimientos de humedad edáfica. *Ecología*, **11**:277-288.

- Rico, M. & Puerto, A. 1988-1989. Estructura básica generada por el arbolado en pastos semiáridos (ecosistemas de dehesa). *Pastos*, **18-19 (1-2)**: 13-28.
- Sá, C.S.S. 2001. *Influência do Coberto Arbóreo (Quercus suber L.) em Processos Ecofisiológicos da Vegetação Herbácea em Áreas de Montado*. Dissertação de Doutoramento. Universidade de Évora, Évora.
- Young, A. 1997. *Agroforestry for Soil Management* (2<sup>nd</sup> Edition). CAB International, Wallingford.