

ASPECTOS GENÉRICOS DA INFLUÊNCIA DO FREIXO NOS LAMEIROS DO NORDESTE TRANSMONTANO

GENERAL ASPECTS OF ASH-TREE IN NATURAL PASTURES OF NORTHEASTERN PORTUGAL

POR

E. PEREIRA¹, M. MADEIRA², A. MARTINS³ & M.L. MONTEIRO¹

RESUMO

Neste estudo avaliaram-se aspectos do funcionamento do sistema pastagem-freixo (*Fraxinus angustifolia*, Vahl) constituído por árvores isoladas. O estudo baseou-se na quantificação da produção, decomposição e dinâmica de libertação de bioelementos de folhas de freixo, bem como na caracterização físico-química do solo em áreas sob e fora da influência da árvore. Para além disto, também foi quantificada a biomassa da vegetação herbácea por famílias (gramíneas, leguminosas e outras) e avaliado o valor nutritivo da mesma em áreas sob e fora do coberto arbóreo.

Os resultados indicaram uma produção de folhas relativamente baixa (0,12 kg m⁻²) e uma taxa de decomposição anual elevada ($k=1,2$). As folhas devolveram ao solo quantidades apreciáveis de nutrientes, principalmente no que respeita ao Ca (24,3kg ha⁻¹) e ao N (12,5 kg ha⁻¹). Durante a fase inicial de decomposição das folhas os nutrientes foram libertados em grande extensão, principalmente o potássio, seguido do magnésio e do cálcio. Na fase subsequente (pós-lixiviação) os nutrientes foram liberta-

dos de uma forma mais gradual, ocorrendo mesmo períodos de imobilização.

O teor de humidade do solo foi mais elevado sob a copa das árvores do que nas áreas fora da influência desta, sobretudo no final da Primavera. A massa volúmica aparente apresentou valores semelhantes nas duas áreas. O solo das áreas sob o coberto do freixo apresentava teor mais elevado de carbono orgânico, N e P extractável, Ca, K e Mg de troca do que naquelas não influenciadas por aquele coberto. Esta diferenciação apenas se verificou até 10cm de profundidade.

Nas áreas sob o coberto do freixo ocorreu uma produção de matéria seca de vegetação herbácea mais elevada do que nas outras. A diferença foi devida sobretudo à diferente produção de gramíneas. A vegetação herbácea das primeiras apresentou menor teor de lenhina, maior teor de azoto e índice de digestibilidade mais favorável do que a das segundas.

ABSTRACT

Some aspects of interaction soil-isolated tree (*Fraxinus angustifolia*, Vahl) were

¹ Dep. de Geociências, Escola Superior Agrária de Bragança, Campus de St. Apolónia, ap. 172, 5301-855 Bragança (epereira@ipb.pt)

² Dep. de Ciências do Ambiente, Instituto Superior de Agronomia, Tapada da Ajuda, 1399 Lisboa Codex

³ Dep. de Edafologia, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, ap. 202, 5001 Vila Real Codex

studied in Northeastern Portugal. The study took into account the amount of litterfall, the decomposition and release of nutrients from leaf litter and physico-chemical properties of the soil occurring beneath and beyond the influence of tree canopy. Additionally, the herbaceous vegetation biomass was quantified and its nutritive value assessed.

The annual leaf litterfall amounted to 0,12 kg m⁻² and returned to the soil significant amounts of Ca (24,3 kg ha⁻¹), N (12,5 kg ha⁻¹) and Mg (8,6 kg ha⁻¹). Leaf litter showed a high decomposition rate ($k=1,2$ year⁻¹) and releases a high proportion of K, Mg and Ca during the early decomposition stage. The release of P and N occurred especially during the later stage.

Soil moisture content was significantly higher in areas beneath tree canopy than in others. Bulk density values were not significantly affected by the soil position with respect to tree canopy. Soil beneath tree canopy showed higher content of organic carbon, N Kjeldahl, extractable P and exchangeable Ca, Mg and K, down to 10 cm depth, than that not affected by the presence of trees.

The biomass of herbaceous vegetation, especially that of gramineous, was higher in areas influenced by tree canopy than in the others. The former showed higher N content, lower lignin content and a more favourable digestibility index than the latter.

1 - INTRODUÇÃO

No Nordeste Transmontano o freixo (*Fraxinus angustifolia*, Vahl) encontra-se, frequentemente, associado a pastagens naturais (lameiros) constituindo, um típico sistema agro-florestal, com elevada representatividade nesta região. As árvores encontram-se isoladas ou ocorrem na bordadura

dos lameiros e a respectiva folhagem pode representar uma importante fonte de alimento para o gado.

Nos últimos anos, com o objectivo de facilitar a mecanização agrícola, tem-se verificado, em certas zonas, o corte de freixos localizados no interior dos lameiros, o que poderá acarretar alguns efeitos negativos a nível da pastagem. De facto, Oliver e Garcia (1982) referem que a eliminação do arvoredado das pastagens conduzirá ao desaparecimento de algumas espécies herbáceas, por exemplo do trevo subterrâneo, reduzindo assim a diversidade fitossociológica daquelas. A presença das árvores na pastagem, pela modificação das condições de humidade e de temperatura, poderá ainda influenciar o ciclo anual de crescimento daquela, traduzindo-se por germinação tardia das espécies anuais, maior produtividade no período frio e atrasos na floração e maturação, bem como na modificação da proporção relativa de gramíneas e leguminosas (Oliver, 1982). A presença das árvores permitirá também um acréscimo de *inputs* (matéria orgânica e nutrientes) ao sistema e uma redução da perda de nutrientes por lixiviação (Young, 1997). Contudo, estes efeitos podem não ter uma influência tão marcada no sistema pastagem-freixo como noutros sistemas, dado as folhas das árvores poderem ser utilizadas como alimento para o gado.

Face às lacunas de conhecimento sobre o sistema referido, iniciou-se um estudo para avaliar a influência do freixo sobre as propriedades físicas e químicas do solo e a produção de vegetação herbácea, com vista à gestão eficiente de recursos e ao ordenamento de sistemas agro-florestais conducentes à melhoria económica, social e ambiental das áreas interiores do País. Neste trabalho apresentam-se os resultados obtidos na fase inicial de estudo (Setembro de 1995 a Março de 1997).

2 - MATERIAL E MÉTODOS

2.1 - Área de estudo

O estudo experimental foi realizado num lameiro localizado junto à localidade de Vinhas, concelho de Macedo de Cavaleiros, distrito de Bragança (41° 34' N; 6° 49' W; 650m de altitude), com diversos freixos isolados. A temperatura e a precipitação médias anuais são, respectivamente, 11,9°C e 741,1 mm. Os valores respeitantes à temperatura e à precipitação média mensal ao longo do período de estudo (Setembro de 1995 a Março de 1997) estão indicados na Figura 1. Destaca-se, durante este período, a elevada precipitação desde Novembro de 1995 a finais de Janeiro de 1996, a qual correspondeu, aproximadamente, à precipitação média anual.

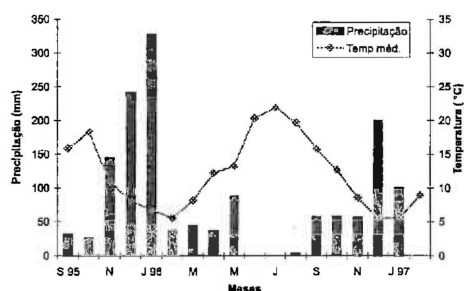


FIGURA 1 - Valores da temperatura média mensal (°C) e da precipitação média mensal (mm) na estação agroclimatológica de Izeda, durante o período de Setembro de 1995 a Março de 1997 (dados fornecidos pela ESAB).

O lameiro referido enquadra-se numa área de relevo pouco ondulado com um declive médio de 5%. Na área predominam as rochas básicas, nomeadamente anfibólitos e xistos anfibólicos. Os solos predominantes nas áreas com declive menos acentuado correspondem aos Cambissolos Êutricos, enquanto naquelas com declive mais acentuado predominam os Leptossolos Êutricos (FAO/UNESCO, 1988). A espécie herbácea

dominante no lameiro era a *Agrostis castellana* Boiss. e Reuter.

2.2 - Metodologia experimental e amostragens

2.2.1 - Queda de folhas de freixo

A quantificação da queda de folhas de freixo foi efectuada semanalmente em seis árvores, desde fins de Setembro a fins de Novembro de 1995. Para o efeito, colocaram-se aleatoriamente três cestos (*littertraps*) sob a projecção da copa de cada árvore. A área de recolha por árvore foi de 1,50 m², correspondendo a uma área total de recolha de 9,0 m².

2.2.2 - Decomposição de folhas de freixo

A decomposição das folhas de freixo, bem como a dinâmica de libertação de nutrientes (N, P, Ca, Mg e K), foi avaliada através da metodologia dos sacos de decomposição (*litterbags*) com dimensões de 25 cm x 12,5 cm e malha de 1 mm, tendo sido introduzidos em cada saco 2 g de folhas (peso seco a 75°C). Estes sacos foram colocados à superfície do solo, no dia 27 de Novembro de 1995, sob o coberto de 5 árvores. Em cada árvore colocaram-se três conjuntos de 6 sacos, os quais dentro de cada linha e entre linhas distavam entre si aproximadamente 20cm. Por árvore, em cada data de amostragem (28/12/95, 26/01/96, 26/03/96, 7/06/96, 26/07/96, 13/11/96 e 5/03/97), retiraram-se aleatoriamente dois sacos.

2.2.3 - Solo

O teor de humidade do solo foi determinado pelo método gravimétrico a partir de amostras perturbadas colhidas na espessura

até 10 cm de profundidade, sob e fora da copa de 6 árvores.

As amostras de solo não perturbadas, para a determinação da massa volúmica, foram colhidas na camada de 0-10 cm de profundidade sob e fora do coberto arbóreo, utilizando-se um cilindro metálico com um volume interno de 100 cm³.

As amostras de solo para a determinação dos valores de pH, das concentrações de C orgânico, das bases de troca e do P extractável foram colhidas na área de influência de 6 árvores isoladas, às distâncias de 1, 3 (plena influência da copa), 6 (limite da projecção da copa) e 20 m (fora da influência da copa) do respectivo tronco. As amostras correspondentes a cada uma daquelas distâncias foram colhidas até 10 cm e entre 10 e 20 cm de profundidade. Em cada área de amostragem (cada árvore), para cada profundidade, foram colhidas 2 amostras em duas direcções opostas, segundo a direcção dos pontos cardeais.

2.2.4 - Biomassa da vegetação herbácea

A quantificação da vegetação herbácea, por famílias, foi realizada em áreas isoladas, através da colocação de 12 gaiolas de rede de 1,0 m² de superfície e 0,50 m de altura. Estas gaiolas foram colocadas na área de estudo no dia 5 de Março de 1996, em seis árvores (sob e fora da copa). As gaiolas foram colocadas sob as árvores seleccionadas por forma a garantir a representatividade da direcção dos pontos cardeais.

Nos dias 28 de Abril e 4 de Julho de 1996 procedeu-se ao corte da vegetação herbácea. Em cada gaiola amostraram-se duas áreas de 20x20 cm. A partir da vegetação herbácea correspondente ao primeiro corte, agruparam-se as espécies presentes em três famílias (leguminosas, gramíneas e outras).

2.2.5 - Valor nutritivo da vegetação herbácea

O valor nutritivo da vegetação herbácea foi avaliado a partir do material correspondente ao corte efectuado no dia 28 de Abril de 1996.

2.3 - Metodologia laboratorial

2.3.1 - Preparação das amostras para análise

As amostras de folhas recolhidas em cada cesto, depois de secas à temperatura de 75°C, até peso constante, foram pesadas para a determinação do respectivo peso seco e posteriormente moídas (moinho com malha de 1mm de diâmetro).

As folhas dos sacos de decomposição recolhidas em cada data de amostragem, após a secagem a 75°C e respectiva pesagem, foram reunidas em duas amostras compostas, as quais foram também moídas num moinho de martelos de malha de 1 mm.

As amostras perturbadas de solo, com excepção daquelas referentes à avaliação do teor de humidade, foram previamente secas numa estufa a 45°C e em seguida crivadas num crivo de 2 mm.

As duas amostras da vegetação herbácea recolhidas em cada gaiola, após a determinação do respectivo peso seco (65°C), foram reunidas numa única amostra obtendo-se, assim, seis amostras de vegetação sob a influência da copa e outras tantas fora da influência desta. Estas amostras, após a secagem, também foram moídas num moinho de martelos.

2.3.3 - Metodologia analítica

O N e o P das folhas de freixo em decomposição foram extraídos por digestão da

amostra com ácido sulfúrico (H_2SO_4) e água oxigenada (H_2O_2). A sua concentração no extracto foi determinada por espectrofotometria de absorção molecular, num autoanalisador de fluxo segmentado. O teor de N foi determinado pela reacção de Berthelot e o teor de P pelo método do molibdato de amónio ($(NH_4)_6MO_7O_{24}$) e ácido ascórbico ($C_6H_8O_6$) (Murphy e Riley, 1962). O Ca, Mg e K, foram obtidos por digestão por via húmida com ácido perclórico ($HClO_4$) e ácido nítrico (HNO_3). Os teores Ca e Mg foram determinados nos extractos por espectrofotometria de absorção atómica e os de K por espectrofotometria de emissão de chama.

A determinação da fracção orgânica das folhas em decomposição foi feita por intermédio de calcinação a $450^\circ C$ durante seis horas. Considerou-se que a matéria orgânica, isenta de cinza, continha 50 % de carbono (Mcclaugherty *et al.*, 1985).

Os valores de pH do solo foram determinados pelo método potenciométrico, a partir de suspensões de solo em água e em solução de cloreto de potássio (KCl) 1 M (suspensões 1:2,5). O carbono orgânico das amostras foi determinado segundo o método Walkley-Black, após digestão por via húmida com dicromato de sódio ($N_2Cr_2O_7$) e H_2SO_4 . O teor de N total foi obtido no extracto após digestão da amostra com $H_2SO_4 + H_2O_2$, segundo o método descrito por Houba *et al.* (1986). As bases de troca foram extraídas através de uma solução de acetato de amónio (NH_4CH_3COO) 1 M ajustada a pH 7,0. A determinação do Ca e do Mg no extracto foi realizada por espectrofotometria de absorção atómica e a dos teores de K e Na por espectrofotometria de emissão de chama. O P extractável foi obtido após extracção com uma solução de bicarbonato de sódio ($NaHCO_3$) 0,5 M a pH 8,5. A concentração de P no extracto foi determinada pelo método do $(NH_4)_6MO_7O_2$

e $C_6H_8O_6$.

Os teores de celulose, hemicelulose e de lenhina foram determinados segundo o método de Robertson e Van Soest (1981). A gordura bruta foi determinada por extracção em éter de petróleo à temperatura de $110^\circ C$, durante 6 horas. A quantificação da proteína bruta foi efectuada pelo método Kjeldhal, utilizando-se o factor 6,25 para a conversão do azoto determinado em proteína bruta. A digestibilidade *in vitro* foi determinada pelo método de Tiley e Terry modificado por Marten e Barnes (1980).

2.4 - Cálculos e métodos estatísticos

A massa foliar de freixo por hectare foi calculada a partir da massa de folhas recolhidas nos 15 cestos, considerando a área de recolha e as respectivas áreas médias de projecção das copas das árvores.

A quantidade de nutrientes restituída ao solo através das folhas ($kg\ ha^{-1}$), foi calculada através do produto da massa foliar total e da média da concentração dos diferentes elementos determinados nas amostras compostas constituídas pelas folhas recolhidas nos cestos.

O peso seco de matéria orgânica remanescente foi calculado, sob a forma de percentagem, através da média do peso seco de matéria orgânica das folhas em decomposição, em cada data de amostragem, e o peso inicial de matéria orgânica daquelas (Van Wesemael, 1993). A taxa de decomposição (k) foi estimada segundo o modelo exponencial negativo (Olson, 1963). Considerou-se o material isento de cinza, por forma a eliminar a influência do aumento desta com o decorrer da decomposição. O valor da taxa de decomposição foi posteriormente ajustado, através de uma regressão linear simples entre o logaritmo da fracção do peso remanescente, $\ln(X_t/X_0)$ e o tempo (anos) em que ocorreu essa perda, corre-

spendendo o declive da recta de regressão ao valor de k .

As proporções remanescentes dos diferentes nutrientes foram calculadas em percentagem, a partir da massa inicial de folhas, da concentração inicial dos elementos e da massa remanescente e concentração obtidas no tempo t (Van Wesemael, 1993).

A comparação dos valores médios dos parâmetros do solo, entre os diferentes níveis de profundidade e entre as diferentes distâncias ao tronco, foi realizada através da análise de variância efectuada no programa SYSTAT, versão 5.0, utilizando a modalidade MGLH, considerando significativas as diferenças em que p fosse menor que 0,05. A comparação múltipla de médias foi efectuada recorrendo ao teste de Bonferroni.

3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 - Produção e constituição das folhas de freixo

As folhas verdes amostradas em pleno período vegetativo (em fins de Julho) apresentaram teores de nutrientes mais elevados do que os determinados para as folhas senescentes, com excepção do K que apresentou um valor mais baixo ($2,0 \text{ mg g}^{-1}$) (Quadro 1).

A diminuição do teor de N e de P du-

rante a senescência das folhas é geralmente atribuída à retranslocação destes elementos daquelas para os órgãos mais activos, caules, raízes e folhas mais jovens.

As folhas recolhidas nos cestos durante o período de queda das folhas, relativamente às folhas senescentes recolhidas da árvore (utilizadas no estudo de decomposição), apresentaram um ligeiro acréscimo do teor de N (de $9,6 \text{ mg g}^{-1}$ para $10,9 \text{ mg g}^{-1}$) e um decréscimo acentuado do teor de K (de $9,3 \text{ mg g}^{-1}$ para $4,3 \text{ mg g}^{-1}$). No que respeita à concentração dos nutrientes Ca e Mg verificou-se uma diminuição muito pouco acentuada.

Os resultados obtidos para os teores de Ca e de K não corroboram os que foram observados por Pires *et al.* (1995) e por Ranger *et al.* (1996) para outras espécies florestais, tendo estes autores verificado um aumento do teor de Ca e uma diminuição de K durante a senescência.

A produção de folhas (peso seco a 75°C) durante o período de estudo foi de $1,2 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. Esta massa foliar correspondeu a uma devolução anual de $12,5 \text{ kg ha}^{-1}$ de N, $0,7 \text{ kg ha}^{-1}$ de P, $24,3 \text{ kg ha}^{-1}$ de Ca, $8,6 \text{ kg ha}^{-1}$ de Mg e $4,9 \text{ kg ha}^{-1}$ de K. Assim, a maior restituição ao solo pelas folhas correspondeu ao Ca, enquanto a menor correspondeu ao P. Esta tendência foi também assinalada por Martin *et al.* (1995) para a *Quercus pyrenaica*.

QUADRO 1 - Concentrações médias de cinza, de azoto, fósforo, cálcio, magnésio, potássio e de lenhina nas folhas verdes de freixo* (colhidas em fins de Julho), nas folhas senescentes colhidas em fins de Setembro (utilizadas no estudo de decomposição)** e nas folhas senescentes recolhidas nos cestos desde finais de Setembro a finais de Novembro***

	Cinza	N	P	Ca	Mg	K	Lenhina
	----- mg g ⁻¹ -----						
Folhas Verdes*	nd	15,8	1,4	39,3	10,8	2,0	78
Folhas senescentes**	95,5	9,6	0,7	21,	8,3	9,3	nd
Folhas senescentes***	nd	10,9	0,6	21,1	7,5	4,3	nd

nd - não determinado

3.2 - Decomposição de folhas

3.2.1 - Perda de peso

As folhas de freixo (Figura 2) apresentaram uma acentuada perda de peso seco (cerca de 38,8 % do peso inicial) durante os primeiros trinta dias de decomposição, entre finais de Novembro a finais de Dezembro, a qual poderá ser atribuída à lixiviação dos compostos hidrossolúveis facilmente lixiviáveis, como é sugerido por Gallardo e Merino (1993) para folhas de freixo e por Martin *et al.* (1996) para folhas de outras espécies. A elevada perda de peso verificada entre fins de Novembro e finais de Dezembro de 1995 também deverá atribuir-se à elevada precipitação que entretanto ocorreu (Figura 2).

A partir daquele período inicial a perda de peso foi mais gradual. No termo do estudo a percentagem de matéria orgânica remanescente era apenas de 19,7% (Figura 2).

O padrão de decomposição referido, caracterizado por uma perda de peso muito acentuada durante a fase inicial e por outra menos acentuada durante a segunda fase de decomposição, corrobora o observado por Gallardo e Merino (1993) para folhas da mesma espécie, embora estes autores refiram um período de lixiviação mais longo (2 a 4 meses).

A taxa de decomposição anual estimada

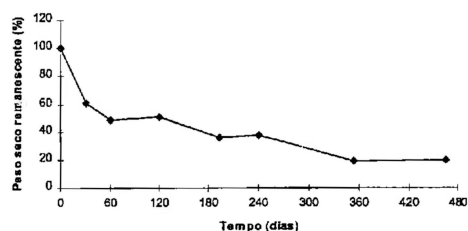


FIGURA 2 - Peso seco remanescente (isento de cinza) de folhas de freixo, em percentagem do peso seco inicial, ao longo do período de decomposição (Novembro de 1995 a Março de 1997).

em relação ao início do processo de decomposição foi muito elevada ($k=-1,2$; $r^2=0,88$; $p<0,01$). Aquela taxa determinada em relação ao material remanescente após a fase de lixiviação rápida foi mais baixa ($k = -1,0$; $r^2=0,91$; $p<0,01$). A taxa de decomposição determinada em relação ao início do processo de decomposição é comparável à obtida por Gallardo e Merino (1993) para folhas da mesma espécie ($k = -1,07$; $r^2 = 0,91$) numa área cuja precipitação (1600 mm) e temperatura média anual (16,2°C) são superiores aos verificados para o local do estudo vertente.

O baixo valor da razão C:N das folhas de freixo (42,6), bem como o baixo teor de lenhina (Quadro 1), poderão ser a explicação para a elevada taxa de decomposição. A taxa de decomposição mais baixa verificada após a perda de peso inicial resultará do aumento relativo de substâncias mais resistentes à decomposição, como por exemplo a lenhina, tal como é sugerido por outros autores (Rutigliano *et al.*, 1996).

A decomposição das folhas de freixo foi bastante rápida não ocorrendo, assim, condições para a acumulação de resíduos orgânicos que viessem a dificultar o crescimento da vegetação herbácea na Primavera seguinte.

3.2.2 - Proporção remanescente de N, P, K, Ca e Mg nas folhas em decomposição

Durante o período inicial de decomposição das folhas de freixo, verificou-se um forte decréscimo da proporção remanescente de Mg e K, ocorrendo a libertação para o solo da quase totalidade daqueles nutrientes contidos nas folhas (Figura 3). Com efeito, no fim daquele período as folhas apenas continham 12,9 % e 18,1 %, respectivamente, do K e do Mg inicial.

As perdas apreciáveis de N, P e Ca durante a primeira fase do processo de decom-

posição (primeiros 30 dias) (Figura 3), poderão ser atribuídas ao facto destes elementos se encontrarem em concentrações elevadas nas folhas de freixo, tal como é sugerido por outros autores para folhas de outras espécies florestais (Vitousek *et al.*, 1994).

Na fase imediatamente a seguir (entre 30 e 60 dias de decomposição), verificou-se uma forte imobilização de N, Mg e P, e mais moderada de Ca. A imobilização de azoto que foi constatada é frequentemente referida por vários autores, atribuindo-se a fontes exógenas de azoto e à sua imobilização pela biomassa microbiana (Van Wesemael, 1993 e Gallardo e Merino, 1993).

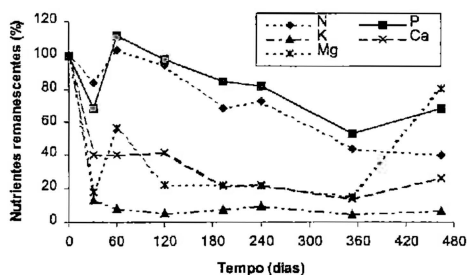


FIGURA 3 - Proporção da quantidade de nutrientes remanescentes ao longo do período de decomposição das folhas, em relação ao quantitativo inicial.

Após aquela fase de imobilização os nutrientes foram libertados gradualmente até cerca de 360 dias de decomposição. No período que mediou entre 360 e 460 dias de decomposição ocorreu um acréscimo das proporções remanescentes de Mg, Ca e P.

3.3 - Características físicas do solo

Os dados respeitantes ao solo (Quadro 2) indicam valores de massa volúmica ligeiramente mais baixos sob a copa das árvores, ambos não significativamente diferentes. Esta tendência é semelhante à verificada por Joffre e Rambal (1988) em estudos seme-

lhantes, justificando estes autores os menores valores de massa volúmica sob a copa das árvores pela maior quantidade de matéria orgânica aí acumulada.

QUADRO 2 - Valores da massa volúmica (g cm^{-3}) do solo, na profundidade de 0 a 10 cm, sob e fora do coberto arbóreo; os valores são média \pm erro padrão ($n=12$)

Local de amostragem	Massa volúmica
Sob o coberto	1,07 \pm 0,05
Fora do coberto	1,12 \pm 0,05

O coberto arbóreo teve um efeito significativo nos teores de humidade do solo. Com efeito, o teor determinado no mês de Junho sob a copa da árvore, até 10 cm de profundidade, foi significativamente mais elevado (15,3 %) do que o determinado no solo fora da influência daquela (11,1 %). Estas diferenças estarão possivelmente relacionadas com as condições microclimáticas sob o coberto arbóreo, isto é, com o papel protector da árvore que, ao manter as temperaturas mais baixas sob o coberto devido à intercepção da radiação solar, contribui para limitar a evapotranspiração do estrato herbáceo, como é sugerido por vários autores (Msika, 1993; Joffre e Rambal, 1988).

Nos meses de Julho a Setembro de 1996 o teor de humidade do solo decresceu acentuadamente, tanto sob como fora da copa das árvores. As diferenças observadas entre os teores de humidade nas duas localizações foram menores e não significativas; mas apesar disso, os teores mais elevados continuaram a ocorrer sob o coberto arbóreo. Esta diferença poderá não estar relacionada com as condições microclimáticas, mas sim com o maior teor de carbono orgânico verificado sob o coberto arbóreo, o que contribui para a maior retenção de humidade no solo (Pereira, 1998).

Se no período correspondente à fase de

QUADRO 3 - Teores de humidade do solo (%), na profundidade de 0 a 10 cm, sob e fora do coberto arbóreo; os valores são média \pm erro padrão (n=12)

Local de amostragem	Data de amostragem			
	7/06/96	24/07/96	3/09/96	27/09/96
Sob a copa	13,3 ^a \pm 1,1	5,9 ^a \pm 0,5	5,9 ^a \pm 0,6	18,3 ^a \pm 1,1
Fora da copa	11,1 ^b \pm 1,1	5,1 ^a \pm 0,5	4,2 ^a \pm 0,6	19,1 ^a \pm 1,1

Letras diferentes na mesma coluna indicam diferenças significativas ($p < 0,05$).

perda de água (Junho) o coberto contribuiu para a ocorrência de teor mais elevado de humidade no solo, no período de acréscimo de humidade no solo (Setembro); pelo contrário, o coberto arbóreo terá reduzido a quantidade de precipitação que atingiu o solo, observando-se valores ligeiramente mais elevados nas áreas fora da copa do que naquelas sob a influência desta, apesar da diferença não ter sido significativa.

3.4 - Características químicas do solo

Os valores de pH (KCl) determinados a 1 m de distância ao tronco (Quadro 4), na camada de 0 a 10 cm de profundidade, foram significativamente mais elevados do que os determinados à distância de 20 m, isto é, fora da influência da copa das árvores. A diferença revelada pelos valores de

pH (H_2O) com a distância à árvore foi muito menor e não significativa.

Os teores de carbono orgânico, de N, de P extractável e de Ca e K de troca (Quadro 4), na camada de 0 a 10 cm, mostraram diferenças significativas consoante a distância ao tronco da árvore. Os teores mais elevados corresponderam aos determinados a 1 m de distância do tronco. A distância à árvore não influenciou os valores de Mg e Na de troca, apesar de se observar na profundidade de 0-10 cm uma diminuição do Mg com a distância à árvore e na de 10-20 cm a situação inversa.

Na camada de 10 a 20 cm de profundidade os valores não variaram significativamente com a distância ao tronco da árvore, com excepção do K, apresentando, além do mais, valores muito mais baixos do que os determinados na camada sobreja-

QUADRO 4 - Valores de pH, dos teores de C, N, P extractável e bases de troca e da razão C:N do solo a 1 m, 3 m, 6 m e 20 m de distância ao tronco, às profundidades de 0-10 cm e de 10-20 cm

Distância ao tronco (m)	pH		C org ----- g kg ⁻¹ -----	N ----- g kg ⁻¹ -----	C:N	P ext. mg kg ⁻¹	Ca	Mg	K	Na
	KCL	H ₂ O								
0-10 cm										
1	5,2 ^b	6,1	29,1 ^b	2,8 ^b	10,4	8,0 ^b	12,3 ^b	8,8	0,25 ^b	0,3
3	5,2 ^{ba}	6,2	21,5 ^{ba}	2,2 ^{ba}	9,8	4,9 ^a	10,8 ^{bc}	7,8	0,18 ^a	0,3
6	5,1 ^{ba}	6,2	18,0 ^a	1,8 ^a	10,0	3,3 ^a	9,4 ^{ac}	6,7	0,13 ^a	0,3
20	5,0 ^a	6,1	18,1 ^a	1,8 ^a	10,1	3,0 ^a	9,1 ^{ac}	6,9	0,11 ^a	0,3
10-20 cm										
1	4,8	6,1	8,5	0,9	9,4	2,3	7,8	6,0	0,09 ^b	0,2
3	4,7	6,2	6,8	0,8	8,5	1,6	7,7	6,0	0,06 ^{bc}	0,2
6	4,8	6,2	7,1	0,7	10,1	1,5	7,6	6,3	0,06 ^{ac}	0,2
20	4,8	6,2	9,7	1,0	9,7	1,6	8,2	6,8	0,07 ^{bc}	0,2

Letras diferentes na mesma coluna, para cada profundidade, indicam diferenças significativas ($p < 0,05$), segundo o teste de Bonferroni.

cente.

Os valores da razão C:N não variaram significativamente com o aumento da distância ao tronco da árvore, em qualquer das profundidades consideradas.

A diferença entre os teores de C e de N com a distância ao tronco da árvore pode ser explicada pela maior acumulação de folhada em torno das árvores, pela maior quantidade de raizame devido à presença das mesmas (Oliver, 1982; Baltasar *et al.*, 1983) e, eventualmente, pela acumulação de excrementos depositados pelos animais durante os períodos de descanso e pastoreio, conforme o constatado por vários autores (Oliver, 1982; Oliver e Garcia, 1982; Msiika, 1993). A contribuição do último factor poderá ser pouco relevante, em virtude dos baixos encabeçamentos a que o lameiro alvo deste estudo tem estado sujeito.

3.5 - Produção de biomassa da vegetação herbácea

A matéria seca total (Quadro 5) correspondente à vegetação herbácea foi significativamente mais elevada ($p < 0,05$) sob a copa das árvores do que nas áreas fora da influência desta. Este resultado apresenta, assim, tendência semelhante ao observado por Baltasar *et al.* (1983) para áreas de montado do Nordeste Transmontano. A produção de gramíneas foi significativamente mais elevada ($p < 0,01$) sob a copa das árvores do que nas áreas exteriores à projecção desta.

A biomassa das leguminosas foi muito inferior à determinada para as gramíneas e não diferiu significativamente entre as áreas sob e fora da copa, não obstante ter sido mais elevada naquelas localizadas sob a copa das árvores.

A razão gramíneas/leguminosas foi muito mais elevada nas áreas fora do coberto das árvores. Este resultado não corrobora o descrito por Oliver e Garcia (1982), os quais indicam um aumento da predominância de gramíneas sobre as leguminosas em áreas sob árvores de folha persistente o que, segundo aqueles autores, se deve ao facto das primeiras serem mais competitivas à sombra e utilizarem melhor as reservas hídricas do solo.

À semelhança do observado por Rico e Puerto, 1988-1989, verificou-se um ligeiro aumento das outras famílias fora do coberto.

3.6 - Valor nutritivo e digestibilidade da vegetação herbácea

Os teores de matéria orgânica, gordura bruta, celulose e digestibilidade *in vitro* da vegetação herbácea não foram significativamente influenciados pela posição desta em relação ao coberto arbóreo. Por seu turno, este coberto influenciou significativamente os teores de proteína bruta de hemicelulose e de lenhina (Quadro 6).

O mais elevado teor de proteína bruta determinado na vegetação herbácea sob o

QUADRO 5 - Produção de matéria seca de leguminosas (Leg.), de gramíneas (Gram. e de outras famílias e de matéria seca total e valores da razão gramíneas/leguminosas (Gram/Leg.), nas áreas sob e fora do coberto do freixo

Local de amostragem	Matéria Seca (g m ⁻²)				
	Leg.	Gram.	outras	Total	Gram/Leg
Sob o coberto	4,3 ^a	168 ^a	24 ^a	196 ^a	39
Fora do coberto	0,1 ^a	56 ^b	32 ^a	88 ^b	431

Letras diferentes na mesma coluna indicam diferenças significativas ($p < 0,05$).

QUADRO 6 - Teores de matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), gordura bruta (GB), hemicelulose (Hemic.), celulose e lenhina e digestibilidade *in vitro* (Dig) da vegetação herbácea (na matéria seca) das áreas sob e fora do coberto do freixo

Local de amostragem	MO	PB	GB	Hemic.	Celulose	Lenhina	Dig.
	----- mg g ⁻¹ -----						%
Sob a copa	897 ^a	108 ^a	30 ^a	253 ^a	329 ^a	36 ^a	64,6 ^a
Fora da copa	906 ^a	91 ^b	23 ^a	171 ^b	305 ^a	47 ^b	62,5 ^a

Letras diferentes na mesma coluna indicam diferenças significativas (p<0,05).

coberto poderá estar em correspondência com a maior disponibilidade de N no solo, com a menor razão Gram/Leg e, eventualmente, com diferente fenologia da vegetação na data de amostragem. O teor mais elevado de lenhina fora do coberto poderá atribuir-se às temperaturas mais elevadas que se verificam nestas áreas (Msika, 1993), uma vez que, segundo refere Van Soest (1994), as temperaturas elevadas poderão aumentar a lenhificação das paredes celulares. Os teores mais elevados de lenhina deverão ter contribuído, provavelmente, para os valores mais baixos da digestibilidade *in vitro* determinados para a vegetação localizada fora da acção da copa das árvores.

4 - CONCLUSÕES

As folhas de freixo apresentaram uma retranslocação interna muito elevada de fósforo e em menor escala de azoto.

A folhada de freixo contribui para a depleção significativa de nutrientes ao solo, sobretudo cálcio e azoto.

O tempo de residência dos nutrientes nas folhas de freixo em decomposição foi muito curto no caso do potássio, cálcio e magnésio mas bastante mais dilatado no do azoto e fósforo.

O coberto arbóreo do freixo não influenciou significativamente a massa volúmica do solo, mas, pelo contrário, influenciou o teor de humidade do solo, o qual foi mais elevado nas áreas sob coberto.

O solo sob coberto arbóreo apresenta valores mais elevados de pH (KCl), de carbono orgânico e azoto, de fósforo extractável e de cálcio, magnésio e potássio do que aquele que se encontra fora da influência da copa das árvores.

As áreas sob o coberto arbóreo do freixo apresentaram maior produção de matéria seca de vegetação herbácea, a qual apresentou teor de proteína bruta mais elevado e de lenhina mais baixo do que os verificados fora da influência das copas.

5 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Baltasar, J. L., Rego, F. C. e Coutinho, J. M. 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.
- FAO/UNESCO 1988. *Soil Map of the World. Revised Legend. World Soil Resources*. Report 60, Roma.
- Gallardo, A. and Merino, J. 1993. Leaf decomposition in two mediterranean ecosystems of Southwest Spain: Influence of substrate quality. *Ecology*, 74(1): 152-161.
- Houba, V. J. G., Van Der Lee, J. J., Novozamski, I. and Walinga, I. 1986. *Soil and Plant Analysis. Procedures*. Wageningen Univ., Wageningen.
- Joffre, R. and Rambal, S. 1988. Soil water improvement by trees in the rangelands of southern Spain. *Acta Oecologica*, 9(4): 405-422.
- Marten, G. C. and Barnes, R. F. 1980. Prediction of energy digestibility of forages with *in vitro* rumen fermentation and fungal enzymes systems. In: W. C. Pigden, C. C. Balch and M. Graham

- (ed.), *Standardization of Analytical Methodology for Feeds*. pp. 61-71. Ottawa.
- Martin, A., Gallardo, J. F. and Santa Regina, I. 1995. Interaction between litter and soil epipedons in Forest ecosystems of de Sierra de Gata Mountains, Provincia of Salamanca – Spain. *Arid Soil Res. Rehabil.*, Vol. 9: 299-305.
- McLaugherty, C. A., Pastor, J., Aber, J. D. e Melillo, J. M. 1985. Forest litter decomposition in relation to soil nitrogen dynamics and litter quality. *Ecology*, **66** (1):266-275.
- Msika, B. 1993. *Modélisation des Relations Herbe-Arbre sous Peuplements de Quercus pubescens Willd. et Pinus austriaca Hoss. dans les Préalpes du Sud. Un Outil d'Aide à la Décision en Aménagement Sylvopastoral*. INRA/SAD, Avignon.
- Murphy, J. and Riley, J. P. 1962. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Analytical Chimica Acta*, **27**:31-36.
- Oliver, J. M. M. 1982. Efectos del arbolado de las dehesas sobre los factores ecologicos que actuan al nivel del sotobosque. *An. INIA/Ser. Forestal*, **5**: 61-85.
- Oliver, J. M. y Garcia, M. 1982. Intensidad y efectos de la influencia del arbolado de las dehesas sobre la fenologia y composicion especifica del sotobosque. *An. INIA/Ser. Forestal*, **5**: 43-59.
- Olson, J. S. 1963. Energy storage and the balance of producers and consumers in ecological systems. *Ecology*, **44**: 322-331.
- Pereira, E. L. 1998. *Interacção solo-árvore no sistema agro-florestal pastagem freixo no Nordeste Transmontano. Consequências para a sua valorização*. Dissertação de Mestrado em Agricultura, Ambiente e Mercados. UTAD, Vila Real.
- Pires, J. M., Portela, E. and Martins, A. 1995. Nutrient cycling in chestnut groves in the Trás-os-Montes region. In: F. Romane (ed.), *Sustainability of Mediterranean Ecosystems. Case Study of the Chestnut Forest. Ecosystem Research Report 19:9-20*. European Commission, Brussels.
- Ranger, J., Marques, R., Colin-Belgrand, Flam-mang, N. et Gelhaye, D. 1996. La dynamique d'incorporation d'éléments nutritifs dans un peuplement de douglas (*Pseudotsuga menziesii* Franco). Conséquences pour la gestion sylvicole. *Rev. For. Fr.*, **48**(3):217-229.
- Rico, M. e Puerto, A. 1988-1989. Estructura básica generada por el arbolado en pastos semiáridos (ecosistemas de dehesa). *Pastos*, **18-19** (1-2): 13-28.
- Robertson, J. B. and Van Soest, P. J. 1981. The detergent system of analysis and its application to human foods. In: W. P. T. James and O. Theander, Marcell Dekker (ed.), *The Analysis of Dietary Fiber in Food*, pp. 123-158. New York.
- Rutigliano, F. A., Santo, A. V., Berg, B. Alfani, A. and Fioreto, A. 1996. Lignin decomposition in decaying leaves of *Fagus sylvatica* L. and needles of *Abies alba* Mill. *Soil Biol. Biochem.*, **28** (1):101-106.
- Van Soest, P. J. 1994. *Nutritional Ecology of the Ruminant* (2nd. Ed.). Cornell University Press, Ithaca.
- Van Wesemael, B. 1993. Litter decomposition and nutrient distribution in humus profiles in some mediterranean forests in Southern Tuscany. *For. Ecol. Manage.*, **57**: 99-114.
- Vitousek, P. M., Turner, D. R., Parton, W. J. e Sanford, R. L. 1994. Litter decomposition on the Mauna Loa environmental matrix, Hawai'i: patterns, mechanisms, and models. *Ecology*, **75**(2): 418-429.
- Young, A. 1997. *Agroforestry for Soil Management* (2nd. Edition). CAB International, Wallingford.