

Contribuição para o Estudo de Solos Florestais Submetidos a Pastoreio: Caso da *Quercus pyrenaica* Willd.

Carvalheira*, M.; Castro*, M.; Castro*, J. F.; Gallardo**, J. F.

*ESAB, Campus de Santa Apolónia, Apartado 172,5301-855 Bragança

**C.S.I.C. - Apartado. 257, Salamanca 37071, Espanha

Resumo. No Nordeste de Portugal, os bosques de *Quercus pyrenaica* têm sido utilizados ao longo da sua história por rebanhos de ovinos e caprinos. Neste trabalho comparam-se as características edáficas de quatro bosques pastoreados de *Quercus pyrenaica* Willd, distribuídos ao longo de um transepto topo-pluviométrico e sob diferentes substratos (xistos, granitos e rochas básicas).

Foram avaliados os teores em carbono orgânico, azoto total, $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$, fósforo e potássio assimilável, assim como o teor em argila, em 11 amostras de solo colhidas a três profundidades (0-5 cm; 5-15 cm e 15-25 cm) para cada um dos quatro carvalhais em estudo.

As diferenças encontradas entre os quatro carvalhais são discutidas tendo em conta a variação climática associada à altitude, tipo de rocha mãe, bem como o tipo de uso a que foram submetidos ao longo da sua história. A elevada plasticidade ecológica desta espécie e a sua convivência secular com o pastoreio traduzem-se na diversidade de funcionamento destes ecossistemas.

Palavras-chave: solo, *Quercus pyrenaica*, pastoreio, Portugal

Introdução

Na Europa, grande parte das áreas florestais foram sistematicamente pastoreadas pelos herbívoros no passado (Vera, 2000); desde os princípios da domesticação que sobretudo os ecossistemas mediterrânicos (pastos, talhadias, matos e bosquetes) foram na generalidade dos casos intensamente pastoreados. Nas regiões mediterrânicas, o pastoreio, não foi só um meio eficiente para concentrar a produção primária dispersa, sendo que historicamente teve um papel notável na configuração da paisagem e na dinâmica dos ecossistemas (Gómez Sal, 2000).

O efeito da herbívoros no solo produz-se fundamentalmente por excreção e pisoteio. A quantidade de dejeções diárias de ovinos em pastoreio varia, entre 0.3 e 0.6 Kg de MS e cerca de 1 litro de urina (citado por Moreira, 1995). Segundo o mesmo autor, a concentração dos nutrientes principais exportados nas dejeções variam, de 20 a 40 g.Kg^{-1} MS para o N, de 5 a 11 g.Kg^{-1} MS para o P, e de 4 a 14 g.Kg^{-1} MS para o K, no caso das fezes; e no caso da urina de 6 a 15 g.l^{-1} para o N, e de 6 a 16 g.l^{-1} para o K.

O aporte de nutrientes por via das dejeções animais foi até ao principio do século XX, uma ferramenta poderosíssima na agricultura mundial. De facto, antes do desenvolvimento dos fertilizantes químicos, que ocorre por volta da 1ª guerra mundial (Bonneval e Lachaux, 1987), a exploração dos pequenos ruminantes, sobretudo dos ovinos, estava centrada na produção de estrume para a agricultura (Bourbouze *et al.*, 1992). A produção biológica também tem contribuído nos últimos tempos para reacender o interesse por esta forma de fertilização.

Os ecossistemas florestais são aqueles nos quais se verifica uma maior aproximação a ciclos biogeoquímicos fechados; podendo-se admitir que a perdas de nutrientes, por erosão, lavagem e volatilização são compensadas pelos aportes a partir da atmosfera, meteorização da rocha mãe e resíduos vegetais e animais (Porta *et al.*, 1999).

Os conteúdos em carbono orgânico, azoto total e a relação C/N em solos pouco intervencionados estão fortemente influenciados pelas características climáticas do meio; O C

orgânico, aumenta com o incremento da pluviosidade, o que também acontece com o N total, de uma forma menos pronunciada; consequentemente a relação C/N tende a aumentar (Gallardo Lancho, 1982).

O objectivo deste trabalho é comparar as características edáficas de quatro bosques pastoreados de *Quercus pyrenaica* Willd., distribuídos ao longo de um transecto topo-pluviométrico e sob diferentes substratos (xistos, granitos e rochas básicas).

Material e Métodos

Área de estudo

A área de estudo localiza-se nos concelhos de Bragança e Vinhais, distrito de Bragança, Nordeste de Portugal, entre as coordenadas 41° 40'N, 6° 51'W e 41° 50'N, 7° 2'W.

Seleccionaram-se quatro bosques de *Quercus pyrenaica*, em três aldeias do concelho de Bragança (Rebordainhos (RS), Sortes (SS) e Freixedelo (FO)) e uma aldeia do concelho de vinhais (Zido (ZO)) cujas características gerais são apresentadas no Quadro 1.

De acordo com Agroconsultores e Coba (1991) os solos estão integrados na unidade *Leptossolos úmbricos* derivados de granitos e rochas afins na parcela de RS, e de rochas básicas na parcela de ZO. Em SS, o solo classifica-se como *Fluvisolos distrícos e órticos* derivado de um aluvião de xistos, e em FO o solo é do tipo *Leptossolos distrícos e órticos* derivado de xistos e rochas afins.

Quadro 1: Caracterização geral das parcelas.

	Rebordainhos (RS)	Zido (ZO)	Sortes (SS)	Freixedelo (FO)
Altitude (m)	980	850	750	720
Geologia	Granitos e rochas afins	Rochas básicas	Aluvião de xistos	Xistos e rochas afins
Solos	<i>Leptossolos úmbricos</i>	<i>Leptossolos úmbricos</i>	<i>Fluvisolos distrícos e órticos</i>	<i>Leptossolos distrícos e órticos</i>
Precipitação média anual (mm)	1386*	1075**	741***	741***
N (Árv /ha)	1069	368	1017	1850
dg (cm)	13.57	30.41	12.79	9.39
V (m ³ /ha)	55.7	136.22	58.5	34.64

* Precipitação de Celas (970m); ** Precipitação de Travanca (870m); *** Precipitação de Bragança (720m). N – densidade; dg – diâmetro médio.

Considerando os postos udométricos de Travanca (ZO) e Celas (RS) e a estação meteorológica de Bragança (FO e SS); a precipitação média anual nas parcelas de estudo varia entre 741mm (FO, SS) e 1386 mm (RS) e a temperatura média anual é de 11.9°C (INMG, 1991). O clima é do tipo supramediterrânico sub-húmido, em ZO e SS, e húmido em RS; em FO assume um carácter mesomediterrânico (Castro, 2004a).

Os bosques de *Quercus pyrenaica* apresentam características muito semelhantes em SS e RS, respectivamente, com densidades de 1017 árvores/ha e 1069 árvores/ha, com diâmetros médios (dg) de 12.79 cm e 13.57 cm e com volume em pé de 58.50 m³/ha e 55.7 m³/ha. O carvalhal de ZO, mais maduro e com menor densidade de árvores (368 árvores/ha), apresenta maior diâmetro médio (30.41 cm) e volume em pé (136.2 m³/ha). FO apresenta um carvalhal mais jovem, na fase fisionómica de novedio, com maior densidade de árvores (1850 árvores/ha), menor diâmetro médio (9.39 cm) e volume em pé (34.64 m³/ha) (Teixeira *et al.*,

2001).

Estes quatro carvalhais têm sido ao longo da sua história atravessados por rebanhos de ovinos e caprinos, em sistema de pastoreio tradicional (Castro *et al.*, 2000; Castro *et al.*, 2004); confirmam-no a evolução dos efectivos ao longo dos últimos 50 anos e dados de consumos nestas mesmas parcelas (Castro, 2004b).

Métodos

Com o intuito de caracterizar o solo destes sistemas silvopastoris de *Quercus pyrenaica* foram recolhidas aleatoriamente 11 amostras a três profundidades (0-5; 5-15 e 15-25) para cada um dos quatro carvalhais em estudo. As amostras foram colhidas com o auxílio de uma sonda e pá, guardadas em sacos de plástico e devidamente etiquetadas. Sofreram duas operações preliminares de secagem e crivagem e posteriormente foram analisadas. As análises efectuadas foram a argila pelo método descrito por Silva (1967), a reacção do solo (pH) por determinação potenciométrica (Santos, 1965), o azoto total (Nt), determinado pelo método de *Kjeldhal* (Bermner, 1996), o carbono orgânico (C orgânico) pelo método de *Walkley-Black* descrito por Schulte (1980), o fósforo e potássio assimiláveis (P assimilável e K assimilável) pelo método de *Egner-Riehm* descrito em documento do MAP (1977).

A análise estatística dos dados baseou-se na análise de variância (GLM) a dois critérios de classificação (local, profundidade) e correlações simples de *Pearson*. O teste de *Fisher's LSD* foi utilizado nas comparações *a posteriori*, para separar as médias quando o teste de *F* se tenha mostrado significativo (para um nível mínimo de $p \leq 0.05^*$). Nos casos necessários, as variáveis foram normalizadas previamente à realização das análises.

Resultados e Discussão

Os parâmetros químicos dos solos em estudo revelaram-se na generalidade dos casos significativamente diferentes entre carvalhais (RS, ZO, SS, FO) e entre profundidades analisadas (0-5; 5-15, 15-25cm).

A variação das concentrações em Ntotal, C orgânico, P assimilável, K assimilável, pH e relação C/N para as três profundidades analisadas e nos quatro locais de estudo apresentam-se no Quadro 2. As diferenças significativas entre locais são assinaladas com letra (considerando cada uma das camadas individualmente).

Quadro 2: Valores médios de parâmetros edáficos medidos em cada local para cada profundidade.

Parcela	Prof. (cm)	Argila (%)	pH _(H2O)	C orgânico (mg.g ⁻¹)	Ntotal	C/N	P assimilável (mg.Kg ⁻¹)	K assimilável
RS	0-5	15.0 ^a	5.3 ^a	96.3 ^a	8.80 ^a	11.6 ^b	68 ^a	370 ^{ab}
ZO		12.0 ^b	5.4 ^a	31.8 ^c	2.30 ^c	13.9 ^c	36 ^a	29.8 ^c
SS		16.0 ^a	4.9 ^b	58.2 ^b	4.74 ^b	12.3 ^{bc}	31 ^a	339 ^b
FO		15.0 ^a	5.2 ^a	54.0 ^b	5.64 ^b	9.7 ^a	53 ^a	391 ^a
RS	5-15	12.0 ^a	5.0 ^b	41.8 ^a	3.15 ^a	13.6 ^b	15 ^b	257 ^b
ZO		10.0 ^b	5.4 ^a	11.6 ^c	0.56 ^c	22.6 ^a	16 ^b	13.4 ^d
SS		8.0 ^c	5.1 ^b	21.2 ^b	1.60 ^b	13.4 ^b	13 ^b	143 ^c
FO		12.0 ^{ab}	5.4 ^a	25.8 ^b	2.88 ^a	9.1 ^c	34 ^a	327 ^a
RS	15-25	11.0 ^a	5.1 ^b	24.8 ^a	1.87 ^a	13.2 ^a	8.5 ^a	207 ^b
ZO		8.70 ^b	5.3 ^a	6.6 ^c	0.71 ^c	10.7 ^b	11 ^a	8.9 ^d
SS		7.6 ^c	5.1 ^b	13.4 ^b	1.03 ^b	13.1 ^a	7.1 ^a	96.2 ^c
FO		9.8 ^{ab}	5.5 ^a	15.0 ^b	1.64 ^a	9.3 ^b	18 ^a	292 ^a

O pH não varia ao longo do perfil do solo. A variação do pH entre carvalhais oscila entre 4.9

e 5.4 e pode ser atribuída ao gradiente topo-pluviométrico existente entre locais (de FO a RS), condições de encharcamento e tipo de rocha mãe. Ainda que a pluviometria do ZO seja substancialmente superior à verificada em FO, o efeito da rocha mãe sobrepõe-se ao gradiente topo-pluviométrico. Já no caso de SS, o seu pH (4.9) está condicionado pelas condições de encharcamento temporário verificadas neste local.

As concentrações dos elementos Nt, C orgânico e K assimilável diminuem de forma gradual ao longo do perfil edáfico; apenas o P assimilável apresenta concentrações similares para a segunda e terceira profundidades.

O C orgânico varia segundo o gradiente topo-pluviométrico, verificando-se um aumentando das suas concentrações, no horizonte superficial, de FO e SS (54.0 e 58.2 mg.g⁻¹, respectivamente) para RS (96.3 mg.g⁻¹); ZO não segue este tipo de variação (Figura 1).

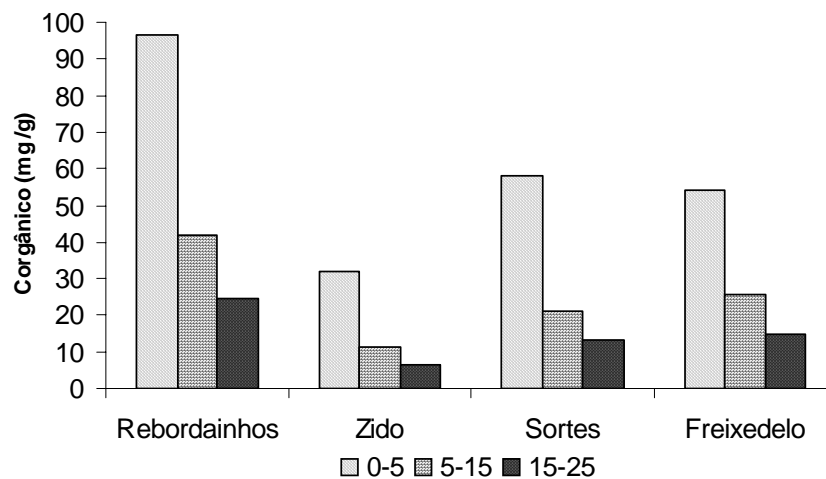


Figura 1: Concentrações de carbono orgânico para as três profundidades analisadas nas quatro parcelas em estudo.

O teor em Nt oscila, na camada superficial, entre 8.80 mg.g⁻¹ em RS e 2.31 mg.g⁻¹ no ZO (Figura 2); ainda que influenciado pelo gradiente descrito, parece relacionar-se também com a pressão de pastoreio, como se percebe pela sua concentração no carvalhal de FO (5.64 mg.g⁻¹, na camada superficial).

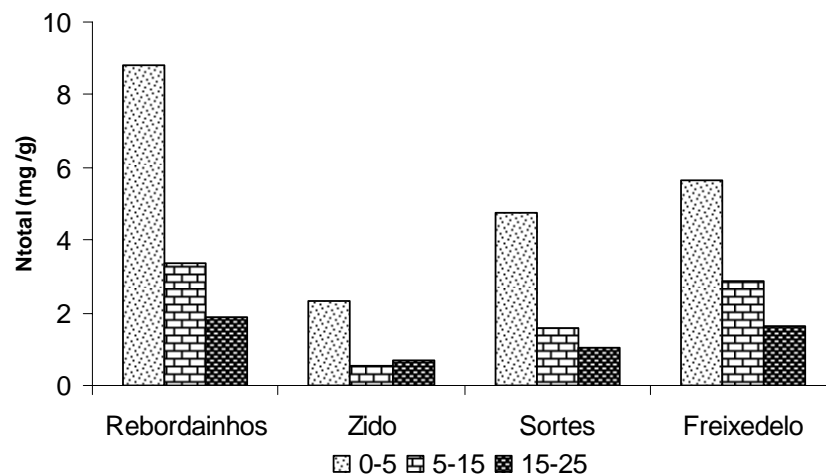


Figura 2: Concentrações de azoto total para as três profundidades analisadas nas quatro parcelas em estudo.

Todos os parâmetros químicos analisados revelaram concentrações mais baixas na parcela do ZO, contrariando a pauta de variação topo-pluviométrica, geralmente descrita pelos autores (Gallardo *et al.*, 1996), e a relação positiva entre P assimilável e o pH do solo (Porta *et al.*, 1999), o que se relaciona provavelmente com o tipo de rocha mãe (rochas básicas).

A relação C/N toma o valor mais baixo em FO (devido a uma temperatura mais elevada e precipitação mais baixa), e mais elevado no ZO; o que nos indica taxas de decomposição mais elevadas no primeiro caso e mais baixas no segundo. Segundo Porta *et al.* (1999) valores de C/N inferiores a 12 são indicativos de boa actividade biológica que ocorrem em solos eutróficos com tendência a formar húmus do tipo *mull*. No caso do ZO, a deficiente funcionalidade do ciclo biogeoquímico, motivada pela baixa actividade microbiológica resulta provavelmente da deficiente disponibilidade de nutrientes, principalmente N.

A moderada actividade microbiológica do solo de SS (C/N 12.3) relaciona-se com a acidez e más condições de arejamento do solo, motivadas pelo encharcamento que ocorre em certos períodos do ano. Vários autores (Martin *et al.*, 1995; Porta *et al.*, 1999) apontam a acidez e o excesso de água no solo como factores limitantes à actividade dos microorganismos telúricos. Segundo a classificação descrita em Porta *et al.* (1999) os solos de ZO, SS e RS são do tipo mesotrófico formando húmus do tipo *moder*.

O teor em P assimilável apresenta o seu valor mais baixo em SS (31, 13, 7.1 mg.Kg⁻¹), o que está directamente relacionado com a sua acidez (pH 4.9, 5.1, 5.1) e condições de encharcamento (Figura 3). O P assimilável baixa em condições de lavagem frequente (Moreno *et al.*, 1996) o que conduz a uma acidez elevada (Santa Regina, 2000).

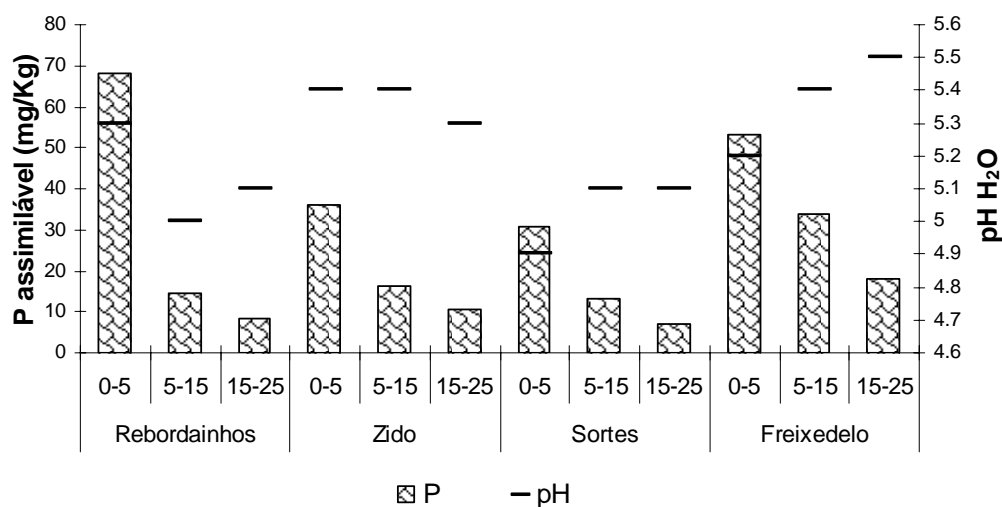


Figura 3: Concentrações de fósforo assimilável e pH_{H2O} nas quatro parcelas em estudo.

As concentrações de P assimilável mais elevadas surgem em FO (53, 34, 18 mg.Kg⁻¹) e RS (68, 15, 8.5 mg.Kg⁻¹), o que provavelmente se relaciona com maior presença de gado; já que o P assimilável é um indicador de influencia antrópica (Wild, 1992), no nosso caso de estudo, pastoreio. Por outro lado, a correlação positiva encontrada entre o Nt e o P assimilável ($r = 0.723$; $p < 0.001$), sugere que o teor em Nt também indica presença de pastoreio (Figura 4).

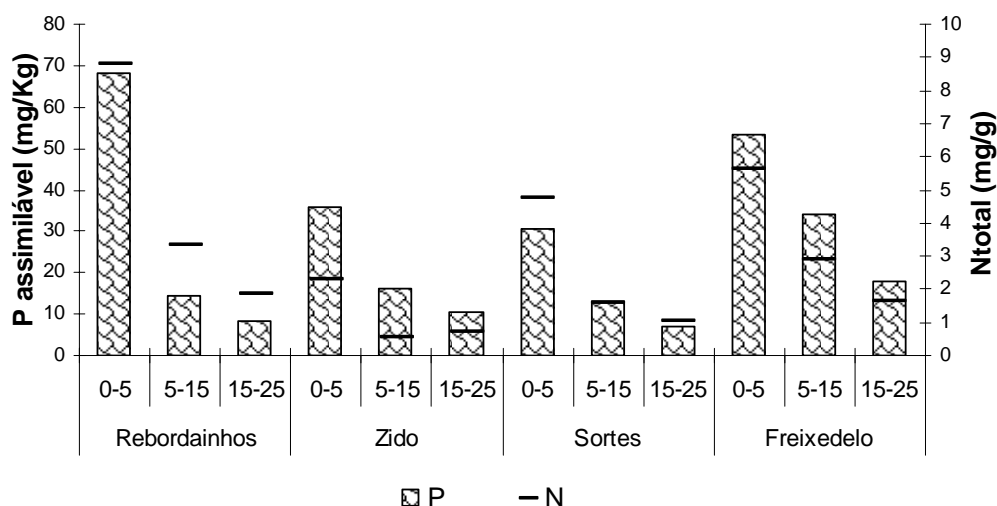


Figura 4: Relação entre as concentrações de azoto total e fósforo assimilável nas quatro parcelas em estudo.

Num estudo realizado nos mesmos carvalhais que os estudados por nós, Castro (2004b) descreve intensidades de pastoreio superiores em FO e RS, do que em SS e ZO, o que corrobora as maiores concentrações de P nestes carvalhais.

No que respeita à concentração de K assimilável, este elemento apresenta uma forte variação nos solos estudados, variando entre 391 mg.Kg^{-1} em FO e 29.8 mg.Kg^{-1} em ZO, na camada superficial. O K assimilável é um elemento que apresenta no solo um comportamento intermédio entre o Nt e P assimilável, não sendo tão dinâmico como o primeiro nem tão estático como o segundo (Santos, 1991). Segundo o mesmo autor nos solos com reduzida capacidade de retenção, o K assimilável perde-se facilmente pela acção das águas.

Os menores teores em P l e K assimiláveis de RS comparativamente a FO podem ser explicados pela sua maior acidez e textura mais grosseira (granitos) originando perdas por lixiviação.

O solo de ZO apresenta o teor de K assimilável mais baixo, o que se explica não só pelo tipo de rocha mãe, mas também pelo facto de apresentar teores em matéria orgânica e argila mais baixos, o que leva a uma menor capacidade de retenção dos catiões. Os conteúdos em matéria orgânica, argila, e a acidez em SS justificam, o seu valor em K assimilável mais baixo relativamente a FO e RS.

Comparando os solos dos quatro carvalhais, FO apresenta-se como o mais favorecido, ainda que os seus conteúdos em C orgânico ($54, 25.8, 15 \text{ mg.g}^{-1}$) e Nt ($5.64, 2.88, 1.64 \text{ mg.g}^{-1}$) e sejam inferiores aos encontrados para RS, a relação C/N (9.7, 9.1, 9.3) indica-nos uma boa actividade microbiológica do solo, e também apresenta um conteúdo em K assimilável muito elevado. O carvalhal de SS é o que apresenta maiores limitações nas suas propriedades químicas, devido à sua elevada acidez (4.9 na camada superficial) o que conduz a um deficiente funcionamento do ciclo biogeoquímico. O carvalhal do ZO, apesar de apresentar uma reacção do solo mais favorável que SS, manifesta também um mau funcionamento do seu ciclo biogeoquímico devido ao défice de nutrientes. O carvalhal de RS destaca-se pelas suas elevadas concentrações de C orgânico ($96.3, 41.8, 24.8 \text{ mg.g}^{-1}$) e Nt ($8.8, 3.15, 1.87 \text{ mg.g}^{-1}$); o que está de acordo com o gradiente topo-**pluviométrico**.

Num estudo feito na Serra da Nogueira em carvalhais não pastoreados, Fonseca *et al.* (2004) descrevem para a profundidade superficial (0-5 cm) de solos xistosos valores de $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$ 6.0; C 58.4 g.Kg^{-1} ; N 5.0 g.Kg^{-1} ; C/N 11.4. Em carvalhais da Serra de Gata (Salamanca, Espanha) foram descritos valores médios de $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$ 4.8; C 91 mg.g^{-1} ; N 4.9 mg.g^{-1} e C/N 18.6 (Quilchano-Gozalet *et al.*, 1993); e para o primeiro horizonte, valores de P assimilável a variar

de 6.3 a 44 mg.Kg⁻¹ e de K assimilável a variar de 16 a 136 mg.Kg⁻¹ (Martín *et al.*, 1996). Comparando os resultados destes autores com os obtidos neste trabalho verifica-se uma pauta geral coincidente, no entanto os conteúdos de P e K assimiláveis (FO, RS) são claramente superiores. Os teores de Nt também parecem revelar-se ligeiramente mais elevados, no caso de FO e RS. O conteúdo de Nt apresentado no caso de FO, sai claramente do descrito (5.64, 2.88, 1.64 mg.g⁻¹) para a variação deste nutriente com o gradiente topo-pluviométrico (local mais baixo, seco e quente), facto que nós atribuímos ao efeito do pastoreio.

Conclusões

A variação das propriedades químicas do solo entre locais de estudo é muito marcada, confirmando a elevada plasticidade ecológica da *Quercus pyrenaica* Willd. Nas situações de solos de carvalhal pastoreados, a pauta de variação topo-pluviométrica de N total aparenta estar condicionada pela convivência secular com o pastoreio. Aparentemente, os solos de carvalhal pastoreados tendem a apresentar teores superiores de Ntotal e P e K assimiláveis; não se verificando diminuição dos restantes elementos químicos analisados, quando comparados com solos de povoamentos florestais com ausência de gado.

Referencias bibliográficas

- Agroconsultores e Coba, 1991. Carta dos solos do Nordeste de Portugal. UTAD, Vila Real.
- Bonneval, L., Lachaux, M., 1987. Evolution de la place et du rôle des espaces sylvo-pastoraux dans une vallée des Préalpes de Digne du xix siècle à 1930. In: *La forêt et l'élevage en région méditerranéenne Française*. Fourrages, numéro hors-série, 55-78.
- Bourbouze, A., Hubert, B., Martinand, P., Quiblier, M., 1992. Modes d'utilisation par les animaux des terres collectives et domaniales des régions de montagnes et méditerranéennes françaises. In: *Terres Collectives en Méditerranée. Histoire, Legislation, Usages et modes d'utilisation par les Animaux*, 169-211. Ed. A. BOURBOUZE, R. RUBINO. Réseau F.A.O. Ovins et Caprins, Réseau Parcours Euro-africain.
- Castro, J. 2004a. Estrutura y dinámica de los elementos y retículos arbóreos en el paisaje rural tradicional (Tras-os-Montes, Portugal). Tesis Doctoral, Universidad de Alcalá, Departamento Interuniversitario de Ecología, Alcalá de Henares.
- Castro, M. M. F. 2004b. Análisis de la Interacción Vegetación-Herbívoro en Sistemas Silvopastorales Basados en *Quercus pyrenaica*. Tesis Doctoral, Universidad de Alcalá, Departamento Interuniversitario de Ecología, Alcalá de Henares.
- Castro, M., Castro, J., Esteves, A., Teixeira, A., Gómez Sal, A. 2000. Les parcours annuels des troupeaux d'ovins dans la région de montagne de Trás-os-Montes e Alto Douro, au Portugal. In: *Livestock production and climatic uncertainty in the Mediterranean*, 371-373. Ed. F. Guessous, N. Rihani, & A. Ilham. Wageningen Pers, Wageningen.
- Castro, M., Castro, J., Gómez Sal, A. 2004. The role of Black Oak Woodlands (*Quercus pyrenaica* Willd.) Small Ruminant Production in Northeast Portugal. In: *Sustainability of Agrosilvopastoral Systems – Dehesas, Montados*, 221-229. Ed. S. Schnabel & A. Ferreira. Advances in Geocology 37.
- Costa, J. B. 1991. Caracterização e constituição do solo. 4ª edição. Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa.

- Fonseca, F., Guerra, A., Nogueira, C. 2004. Efeito da substituição de espécies florestais nos horizontes orgânicos e características químicas do solo. *Silva Lusitana* 12 (2): 183-190.
- Gallardo, J. F., Rico, M., González, M. I., Egido, J. A., Moreno, G., Martín, A., Turrion, B., Quilchano C., Vicente, M. A. 1996. Nutrients cycles and water balance in deciduous oak (*Quercus pyrenaica*, Willd.) coppices following a rainfall gradient at the Central System range (province of Salamanca, Western Spain). *Annali Istituto Sperimentale Selvicoltura – Arezzo- Volume 27*: 13-24.
- Gómez Sal, A. 2000. The variability of Mediterranean climate as an ecological condition of livestock production systems. In: *Livestock production and climatic uncertainty in the Mediterranean*, 3-11. Ed. F. Guessous, N. Rihani, & A. Ilham. Wageningen Pers, Wageningen.
- INMG, 1991. Normas Climatológicas da Região de “Trás-os-Montes e Alto Douro” e “Beira Interior” correspondentes a 1951-1980. Fascículo XLIX, volume 3, 3ª região, Lisboa.
- Gallardo Lancho, J. F. 1982. La materia orgánica del suelo: su importancia en suelos naturales y cultivados. Centro de Edafología y Biología aplicada, CSIC, Salamanca.
- MAP. 1977. Documentação 2 - Sector de fertilidade do solo. Laboratório químico-agrícola Rebelo da Silva, MAP, Lisboa.
- Martín, A., Santa Regina, I., Gallardo, J. F. 1996. Eficiencia, retraslocación y balance de nutrientes en bosques de *Quercus pyrenaica* bajo diferente pluviometria en la Sierra de Gata (Centro-Oeste Español). *Ecologia*, 10: 79-93.
- Moreira, N. 1995. Pastoreio: Interações animal-pastagem e seus reflexos no manejo e na produção. Série Didáctica, 44. UTAD, Vila Real.
- Moreno, G., Gallardo, J. F., Schneider, K., Ingelmo, F. 1996. Water and bioelement fluxes in four *Quercus pyrenaica* forest along a pluviometric gradient. *Ann Sci For* 53:625-639.
- Porta, J., López - Acevedo, M., Roquero, C. 1999. Edafología para la agricultura y el medio ambiente, 2ª edição. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid.
- Quilchano Gonzalo, C., Egido Rodríguez, J.A., González Hernández, M. I. 1993. Contribucion al estudio edafico de dos ecosistemas forestales: *Quercus pyrenaica* Willd. Y *Pinus Pinaster* Sol. In: *Congreso Forestal Español*, Lourizán, pp169-174.
- Santa Regina, I. 2000. Biomass estimation and nutrient pools in four *Quercus pyrenaica* in Sierra de Gata Mountains, Salamanca, Spain. *Forest Ecology and Management* 132:127-141.
- Santos, J. Q. (1991). Fertilização: fundamentos de utilização dos adubos e correctivos. Publicações Europa América, Mem Martins.
- Santos, J. Q. 1965. Aspectos de correcção de acidez do solo. *An. Inst. Sup. Agron.* 27:11-67.
- Schulte, E. E. 1980. Recommended soil organic matter tests. Bull. 499 (revised). In: *Recommended chemical soil tests procedures for the North Central Region*, 28-30. Ed. W. C. Dhanke, N. Dakota S U, Fargo.
- Silva, A. A. 1967. Determinação da textura do solo. Método da pipeta de Robinson. *Pedologia* 2:129-139.
- Teixeira, A. C., Castro, M., Castro, J. F. 2001. PAMAF 7102 - Utilização silvopastoril das florestas autóctones de Trás-os-Montes: seu estudo integrado. Relatório final. ESAB,

Bragança.

Vera, F. W. M. 2000. *Grazing Ecology and Forest History*. CAB International, Wallingford.

Wild, A. 1992. *Condiciones del suelo y desarrollo de las plantas según Russell*. Mundi-Prensa, Madrid.