

# 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

ÉCHANGE 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>

# Análise de terras em olivais tradicionais de sequeiro. O efeito da aplicação localizada de fertilizantes

## Soil analysis in non-irrigated olive groves. The interference of fertiliser placement

M.A. Rodrigues<sup>1</sup>, M. Arrobas & N. Bonifácio

### RESUMO

A aplicação localizada de fertilizantes debaixo da copa está generalizada entre os olivicultores transmontanos. O aumento da fertilidade dos solos nesses locais introduz dificuldades na interpretação dos resultados da análise de terras e na melhor forma de amostragem. Neste trabalho apresentamos resultados de análises de terras de amostras colhidas em 27 olivais nas regiões de Macedo de Cavaleiros e Torre de Moncorvo organizadas aos pares (sob e fora a influência da copa) e da sua relação com o estado nutritivo das árvores. Sob a copa, os resultados da análise de terras foram significativamente superiores para matéria orgânica (17,1 v. 10,6 g kg<sup>-1</sup>), fósforo (168 v. 84 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> kg<sup>-1</sup>), potássio (223 v. 150 mg K<sub>2</sub>O kg<sup>-1</sup>) e boro (1,3 v. 0,6 mg kg<sup>-1</sup>), como reflexo da aplicação localizada dos fertilizantes, da reciclagem dos nutrientes das folhas e do maior desenvolvimento da flora adventícia. Não foram estabelecidas relações significativas entre teor de matéria orgânica e P no solo com os teores foliares de N e P, respectivamente. Pelo contrário, os teores de K e B no solo estiveram linearmente correlacionados com os níveis destes nutrientes nas folhas,

se bem que com reduzidos coeficientes de determinação. Os teores de nutrientes no solo, aos quais correspondem concentrações adequadas nas folhas, foram diferentes consoante a origem das amostras, designadamente foram mais elevados sob a copa. A análise separada das amostras de terra colhidas sob e fora da influência da copa parece ter utilidade na gestão da fertilização do olival. Os resultados mostraram ainda que os olivais da região apresentam carência frequente dos nutrientes determinados, sobretudo de N e B.

### ABSTRACT

Fertiliser placement underneath the tree canopy is generalized among Trás-os-Montes olive growers. The progressive increase of soil fertility in those places introduces some difficulties in the interpretation of soil analysis results and makes us wonder about the best sampling technique. In this work, results are laid out from soil and leaf samples obtained at Macedo de Cavaleiros and Torre de Moncorvo. We have taken samples from 27 olive orchards arranged in pairs (beneath the tree canopy and in between trees). Soil analysis' results

<sup>1</sup> Escola Superior Agrária de Bragança; 5301-855 Bragança, e-mail: angelor@ipb.pt

were related to the nutritional status of trees. Underneath the canopy, soil analysis showed statistically higher organic matter (17,1 v. 10,6 g kg<sup>-1</sup>), phosphorus (168 v. 84 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> kg<sup>-1</sup>), potassium (223 v. 150 mg K<sub>2</sub>O kg<sup>-1</sup>) and boron (1,3 v. 0,6 mg kg<sup>-1</sup>) contents, reflecting fertiliser placement, leaf nutrients recycling and increased weed growth. No significant relationships were observed between soil organic matter and soil P, and N and P leaf content, respectively. Otherwise, soil K and B levels were linearly correlated with these elements' leaf contents, although they had low coefficients of determination. Soil nutrient levels, corresponding to leaf critical concentrations, were different according to sampling sources. They were higher under the canopies. Separated soil analyses, sampled underneath the canopy and in open field, might be useful for a rational management orchard fertilization. As collateral information, this work also shows many olive orchards have nutrient deficiency levels, namely for N and B.

## INTRODUÇÃO

Em culturas anuais, as análises de terras têm como objectivo principal assegurar as recomendações de fertilização. Estas devem estar, tanto quanto possível, ajustadas às necessidades das culturas. Para tal, aceita-se, como pressuposto, que os resultados das análises de terras permitem inferir sobre a disponibilidade potencial dos nutrientes para as plantas (Brito, 1976; Coutinho, 1989). Em termos relativos, a análise de terras tem tido utilização mais generalizada em culturas anuais que a análise de tecidos vegetais.

Em culturas perenes, designadamente de porte arbóreo, sucede o oposto. As análises de tecidos vegetais tendem a

apresentar maior importância (Marschner, 1986; Fernández-Escobar, 1999). As estratégias de fertilização baseiam-se no diagnóstico do estado nutritivo actual das culturas. O sucesso da estratégia assenta na maior oportunidade temporal para intervenções de fertilização, após um diagnóstico, procurando-se progressivamente ao longo dos anos o equilíbrio nutritivo desejado. O uso mais generalizado da análise de tecidos vegetais em arbóreas deve-se, também, à maior dificuldade em estabelecer relações satisfatórias entre o nível de fertilidade do solo e o estado nutritivo das plantas. Esta maior dificuldade é atribuída a factores como o maior volume de solo explorado pelo sistema radicular, ao efeito tampão das partes lenhosas e a práticas de fertilização localizada de fertilizantes mais frequentes em arboricultura (Marschner, 1986).

Nos olivais transmontanos, os fertilizantes são aplicados de forma localizada debaixo da copa, sendo distribuídos, frequentemente, em área inferior à própria projecção da copa. A aplicação localizada dos fertilizantes associada à reciclagem de nutrientes a partir da deposição da folhada e à influência da sombra da árvore cria uma ecologia completamente diferente sob e fora da influência da copa, com alteração da vegetação adventícia (Rodrigues *et al.*, 2004) e, eventualmente, da densidade radicular e da fertilidade geral do solo.

Admitindo que possam existir diferenças na fertilidade do solo sob e fora da influência da copa e que o conhecimento da extensão das diferenças pode ajudar na interpretação dos resultados da análise de terras, decidiu-se avaliar a extensão quantitativa do fenómeno. Refira-se que a análise de terras continua a ser um método de diagnóstico da fertilidade do solo economicamente acessível e vulgarizado entre

os agricultores. Para o efeito, foram colhidas 27 pares de amostras de terras, sob e fora da influência da copa, em olivais de sequeiro nos concelhos de Macedo de Cavaleiros e Torres de Moncorvo. A partir da análise de tecidos vegetais foram apreciadas as relações entre a disponibilidade de nutrientes no solo, sob e fora da influência da copa, e o estado nutritivo das árvores.

## MATERIAL E MÉTODOS

Amostras de terra e de tecidos vegetais foram colhidas durante os meses de Janeiro e Fevereiro de 2003 em olivais de sequeiro nos concelhos de Macedo de Cavaleiros e Torre de Moncorvo, em Trás-os-Montes. Os olivais estão instalados maioritariamente em *Leptossolos Dísticos* e em menor extensão em *Leptossolos Êutricos*. Os pomares apresentam idades compreendidas entre 20 e 50 anos e os compassos variam de 8 m x 8 m a 9 m x 9 m (120 a 150 árvores/ha). A manutenção do solo é feita através de mobilizações periódicas durante o período primavera/verão e os fertilizantes são aplicados de forma manual sob a zona de projecção da copa.

Em cada olival, uma árvore da variedade *Madural*, com o desenvolvimento fenológico típico de cada pomar, foi seleccionada para amostragem. Sob a influência da copa foi colhida uma amostra de terra composta por 6 a 8 subamostras à profundidade 0-0,3 m. Fora da zona de projecção da copa, numa faixa concêntrica de aprox. 2 m relativamente à árvore seleccionada, foi colhida uma segunda amostra de terra à mesma profundidade composta por 12 a 15 subamostras. As amostras assim obtidas foram organizadas aos pares: sob e fora

da influência da copa. De cada árvore seleccionada obtiveram-se amostras de folhas usando o terço médio dos lançamentos do ano anterior e colhendo em todos os quadrantes.

As determinações nas amostras de solo foram efectuadas na fracção fina (< 2 mm) após secagem a 40 °C em estufa de ventilação forçada. Os valores de pH foram avaliados em suspensões de solo/água e solo/KCl 1M, na razão 1:2,5 (Santos, 1965). A matéria orgânica foi determinada pelo método Walkley-Black, tal como descrito por Shulte (1980). O fósforo e o potássio foram determinados pelo método de Égner-Riehm (Almeida & Balbino, 1960). O boro foi avaliado numa solução de CaCl<sub>2</sub> 0,1 M após fervura da amostra em água. A determinação do B fez-se por colorimetria, de acordo com o método da azometina-H (Offiah & Axley, 1993).

As folhas foram secas a 65 °C e moídas. Após digestão sulfúrica da amostra, foi avaliado o azoto pelo método de Kjeldahl (Bremner, 1996). Para a determinação dos teores de P e K nos tecidos as amostras foram sujeitas a digestão nítrico-perclórica (Jones & Case, 1990). O fósforo foi avaliado pelo método descrito por Murphy & Riley (1962) e o potássio por fotometria de chama. Na análise do boro, os tecidos foram calcinados com CaO e as cinzas foram lavadas com ácido sulfúrico 0,5 M e filtradas (Jones & Case, 1990). A determinação do boro fez-se por colorimetria, seguindo o método da azometina-H (Offiah & Axley, 1993).

Os resultados analíticos do par de amostras foram comparados determinando os intervalos de confiança para as médias, assumindo um nível de significância de 95 %.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 mostra a variação encontrada no teor de matéria orgânica, fósforo, potássio e boro no solo, em amostras de terra colhidas sob e fora da influência da copa. Todos os parâmetros de fertilidade do solo analisados apresentaram valores médios estatisticamente superiores sob a copa relativamente ao espaço exterior.

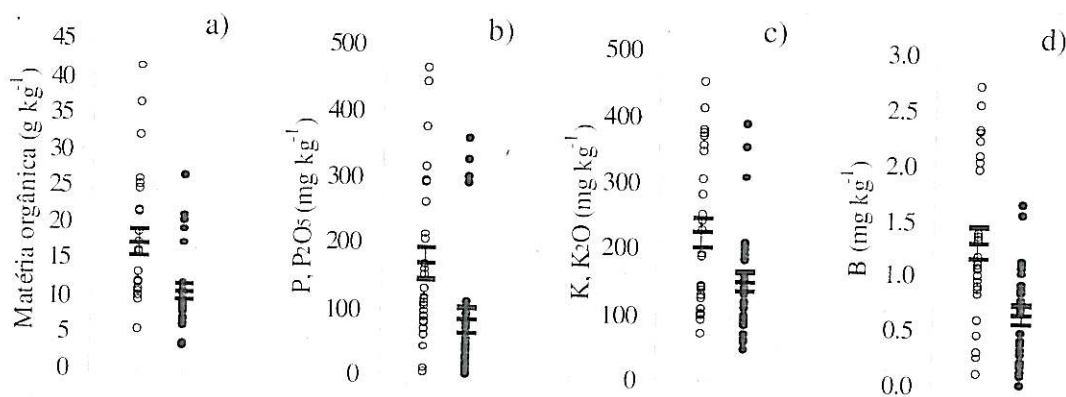
Sob a copa, os valores de matéria orgânica variaram entre 5,5 e 41,1 g kg<sup>-1</sup> e fora da influência da copa foram registados valores entre 3,3 e 26,5 g kg<sup>-1</sup> (Figura 1a). Os teores médios de matéria orgânica em cada uma das populações de 27 amostras foram de 17,1 e 10,6 g kg<sup>-1</sup> sob e fora da influência da copa, respectivamente. O acréscimo de matéria orgânica registado sob a copa é justificado pela deposição anual de folhas (Gómez *et al.*, 1999) e pelo maior desenvolvimento da vegetação espontânea (Rodrigues *et al.*, 2004), que contribui, dessa forma, com aporte significativo de carbono.

A gama de variação de fósforo (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) foi de 2 a 464 mg kg<sup>-1</sup> e de 0 a 360 mg kg<sup>-1</sup> sob e fora da influência da copa, respectivamente, enquanto os valores médios se situaram em 168 e 84 mg kg<sup>-1</sup> (Figura 1

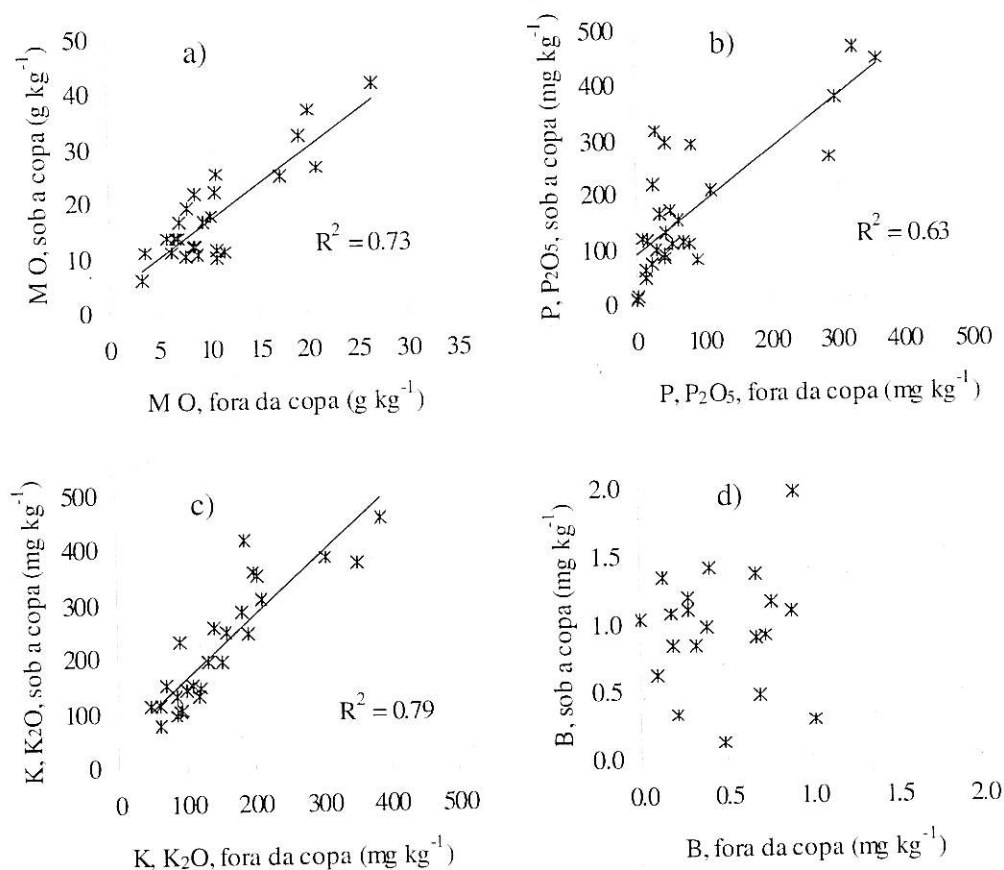
b). O acréscimo de fósforo sob a copa poderá ser justificado por múltiplos factores, como a aplicação localizada de fertilizantes fosfatados, a reciclagem do nutriente das folhas, a reduzida exportação de fósforo na azeitona (Jordão, 1990) e a imobilidade do nutriente no solo (Arrobas & Coutinho, 2001).

Os solos apresentaram teores médios de potássio superiores aos de fósforo, tendo sido atingidos valores 223 e 150 mg kg<sup>-1</sup>, respectivamente sob e fora da influência da copa (Figura 1 c). Os valores mais elevados de K foram idênticos aos de P. Contudo, para o K não foram registados valores tão baixos como para o P. Os teores mínimos de K nos solos foram de 72 e 47 mg kg<sup>-1</sup>, respectivamente. Apesar do K ser exportado na azeitona em quantidades superiores ao fósforo (Jordão, 1990) e ser um elemento à partida mais móvel no solo (Santos, 1996), o efeito da acumulação de K sob a copa foi evidente e deve ser atribuído à aplicação localizada do elemento e à bombagem de K absorvido do espaço exterior para a zona de influência da copa a partir da deposição anual de folhada.

Os teores de boro sob a copa foram em média o dobro dos valores do espaço exterior (Figura 1 d). A gama de variação vai



**Figura 1** – Teores de matéria orgânica, fósforo, potássio e boro em duas populações de amostras de terra colhidas (□) sob e (○) fora da influência da copa



**Figura 2** – Relação entre os teores em matéria orgânica, fósforo, potássio e boro sob e fora da influência da copa

desde 0,1 a 2,7 mg kg<sup>-1</sup> e 0 a 1,5 mg kg<sup>-1</sup>, respectivamente. A aplicação localizada de boro nos olivais e a estreita relação que existe entre a disponibilidade de boro e o teor de matéria orgânica do solo (Yermiyahu *et al.*, 2001) deverão justificar as diferenças encontradas.

A Figura 2 mostra a relação estabelecida entre os teores de matéria orgânica, fósforo, potássio e boro das duas populações de amostras de terra, sob e fora da influência da copa.

No caso da matéria orgânica, foi estabelecida uma relação linear significativa entre as duas populações de amostras (Figura 2a). A relação linear significa que

o teor de matéria orgânica dos olivais também é condicionado pelas condições naturais de cada solo e da forma como estas influenciam a sua mineralização (declive, textura, reacção, ...), ainda que o teor médio de matéria orgânica seja mais elevado sob a copa, pelas razões já referidas.

A relação linear que também se estabeleceu entre os níveis de fósforo nas duas populações de amostras (Figura 2b), reflecte que solos naturalmente ricos em fósforo apresentam teores elevados do elemento sob e fora da influência da copa. Contudo, são 4 solos com teores particularmente elevados do elemento que asseguram a linearidade da relação, bem como um coeficiente de

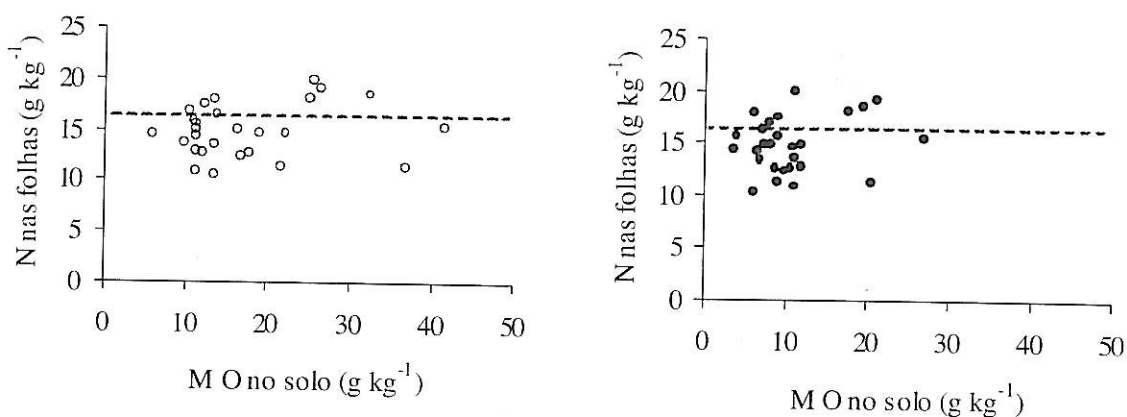
determinação satisfatório. Se atendermos à gama de solos menos ricos em P fora da copa (em abcissa) aparecem valores particularmente afastados do modelo linear, refletindo a existência de solos bastante enriquecidos em P exclusivamente sob a copa (em ordenada), supostamente pela aplicação localizada de fertilizantes.

Para o potássio foi estabelecida relação linear significativa de elevado coeficiente de determinação (Figura 2c). Isto significa que o factor que maioritariamente determina a presença de K debaixo da copa é a abundância natural do elemento no solo em cada olival. As aplicações pelo homem têm, comparativamente ao P, menor capacidade para alterar os seus níveis debaixo da copa, devido a maior exportação e mobilidade do K.

Não se registou qualquer relação entre os teores de boro sob e fora da influência da copa (Figura 2d). O resultado sugere que o nível do elemento está profundamente condicionado pela acção do homem, quer pela aplicação directa do elemento quer pela forma como as aduba-

ções localizadas sob a copa condicionam o teor de matéria orgânica do solo.

Em Portugal, é comum aceitar-se, como base de recomendação de fertilização, que solos com teores elevados de matéria orgânica disponibilizam quantidades apreciáveis de N para as plantas (Santos, 1996). Contudo, vários estudos demonstram que esta interpretação dificilmente se pode considerar correcta (Hong *et al.*, 1990; Jalil *et al.*, 1996). Na Figura 3 procurou estabelecer-se a relação entre teor de matéria orgânica no solo e teores foliares de N. Os resultados mostram não ter sido encontrada relação significativa entre as variáveis, ou seja, o teor de matéria orgânica do solo não deu informação relevante sobre o estado nutritivo azotado das árvores. Os resultados mostraram, ainda, teores de N nas folhas frequentemente mais baixos que  $16 \text{ g kg}^{-1}$ , limite inferior do intervalo considerado como estado nutritivo azotado adequado (Soveral-Dias *et al.*, 2000), e sugerem insuficiente utilização de fertilizantes azotados nos olivais da região.



**Figura 3** – Relação entre teores de matéria orgânica no solo (○) sob e (●) fora da influência da copa e teores foliares de N. A tracejado limite inferior do intervalo de concentração foliar de N adequada

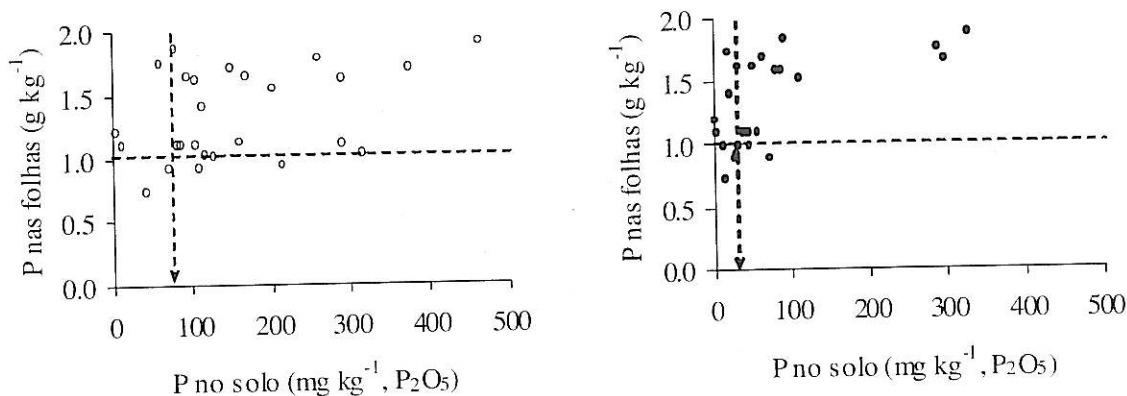
Não foi estabelecida relação linear significativa entre os níveis de P no solo e nas folhas (Figura 4). Contudo, os resultados mostram ligeira tendência exponencial, sobretudo na população fora da influência da copa. A interpretação dos resultados pelo método gráfico de Cate-Nelson (Cate & Nelson, 1965) modificado, em que a linha horizontal se fixou no limite inferior do intervalo adequado ( $1 \text{ g kg}^{-1}$ ) proposto em Soveral-Dias *et al.* (2000), identificou teores críticos de P no solo muito diferentes quando a amostragem incidiu sob ou fora da influência da copa. Os valores foram  $75$  e  $30 \text{ mg P}_2\text{O}_5 \text{ kg}^{-1}$  e situam-se, respectivamente, na gama *Média* e *Baixa* definidas em Soveral-Dias *et al.* (2000).

Para o K foi estabelecida relação linear significativa entre os teores no solo e nas folhas, quer partindo da população de amostras sob a copa quer das amostras do espaço exterior (Figura 5). Sob a copa a relação apresentou coeficiente de determinação superior. Através da técnica de Cate-Nelson, e fixando a linha horizontal no limite inferior do intervalo adequado,  $6 \text{ g kg}^{-1}$  (Soveral-Dias *et al.*, 2000), obtiveram-se valores

para concentrações críticas de K no solo de  $135$  e  $80 \text{ mg K}_2\text{O kg}^{-1}$  sob e fora de influência da copa, respectivamente.

A melhor relação estabelecida para o K entre teor em elemento no solo e nas folhas relativamente ao P pode dever-se a maiores dificuldades de absorção do segundo elemento pela sua imobilidade no solo. Deve aqui adiantar-se que, nestes pomares, os fertilizantes são aplicados à superfície e que o controlo das infestantes se faz exclusivamente recorrendo a mobilizações frequentes. Assim, o P pode ver restringida a sua absorção, na medida em que as mobilizações dificultam o desenvolvimento das raízes anuais na camada superficial, sobretudo à saída da Primavera e no Outono, quando a actividade metabólica e as necessidades das plantas são superiores. Assim, a existência de P na camada arável não garante, só por si, o estado nutritivo adequado às árvores, se for limitada a oportunidade de absorção radicular.

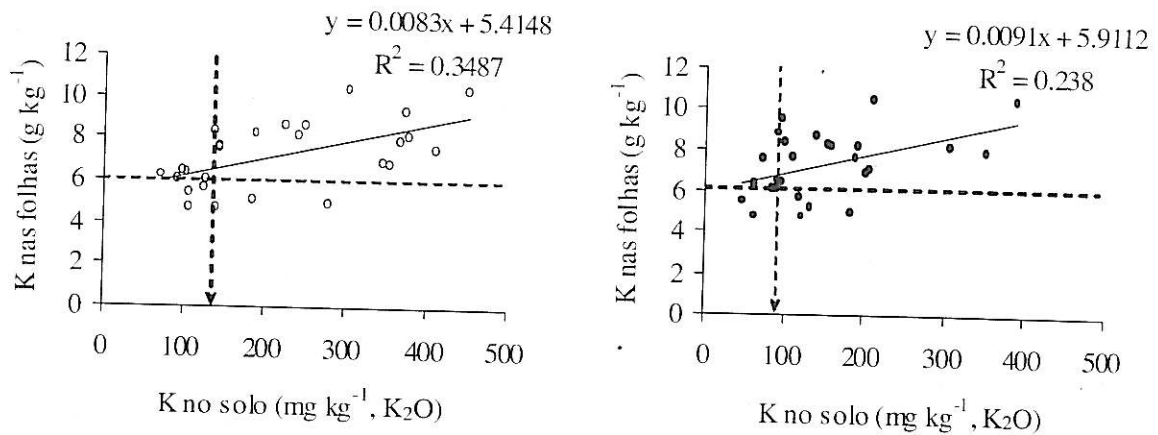
Foi estabelecida relação linear significativa entre os teores de B no solo e nas folhas (Figura 6), se bem que com coeficientes de determinação baixos. A variabilidade



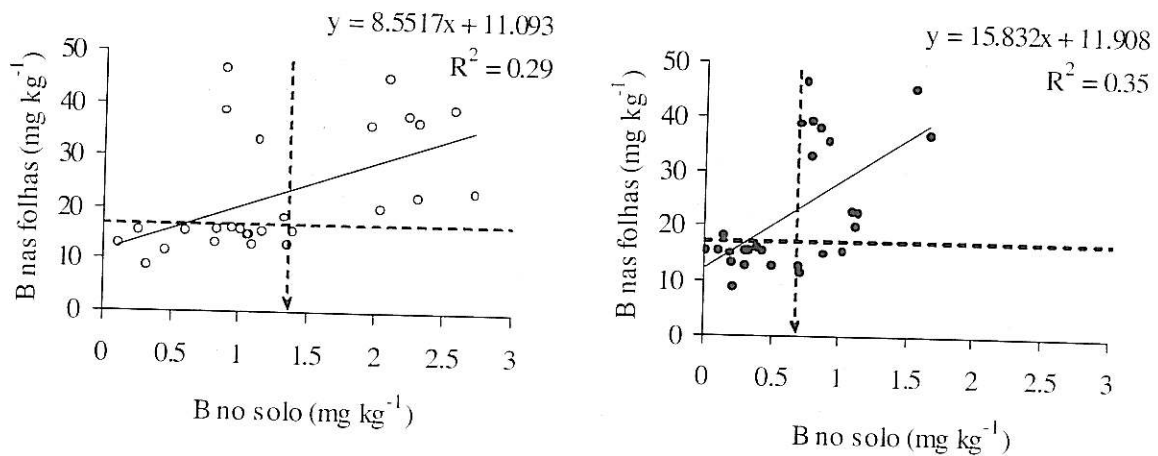
**Figura 4** – Relação entre teores de P no solo (○) sob e (●) fora da influência da copa e teores foliares em P. O tracejado horizontal define o limite inferior do intervalo de concentração foliar de P adequada. As setas o teor crítico de P no solo correspondente

é esperada na medida em que em estudo anteriores, Tsadilas & Chartzoulakis (1999) não registraram relação significativa entre teores de B nos solos e nas folhas. A relação linear, tal como para o potássio, pode ser justificada pela elevada mobilidade do elemento no solo, o que, para o melhor e pior, facilita a sua saída da cama-

da superficial. Os níveis críticos no solo obtidos pela técnica Cate-Nelson, considerando o limite inferior do intervalo adequado de  $16 \text{ mg B kg}^{-1}$ , foram de 1,3 e  $0,7 \text{ mg B kg}^{-1}$ , respectivamente. Estes teores de B no solo estão classificados em Soveral-Dias *et al.* (2000) como *Altos* e *Médios*, respectivamente.



**Figura 5** – Relação entre teores de K no solo (○) sob e (●) fora da influência da copa e teores foliares em K. A linha a cheio traduz o ajustamento linear. O tracejado horizontal define o limite inferior do intervalo de concentração foliar de K adequada. As setas o teor crítico de K no solo correspondente



**Figura 6** – Relação entre teores de B no solo (○) sob e (●) fora da influência da copa e teores foliares em B. A linha a cheio traduz o ajustamento linear. O tracejado horizontal define o limite inferior do intervalo de concentração foliar de B adequada. As setas o teor crítico de B no solo correspondente

Apesar de muitos agricultores aplicarem B nos olivais, a grande limitação natural do elemento na região (Vale, 1988) e as reduzidas doses e frequência na aplicação parecem conduzir a inúmeras situações em que os teores foliares de B estão abaixo do limite inferior do intervalo adequado (Figura 6). De facto, é ainda frequente o aparecimento de sintomatologia visual associada a carência de B. Segundo Tsadilas & Chartzoulakis (1999), os sintomas de carência podem começar a surgir para teores foliares inferiores a 15 mg B kg<sup>-1</sup>.

### CONCLUSÕES

As diferenças encontradas entre teores de matéria orgânica, P, K e B sob e fora da influência da copa tiveram significado estatístico, a reflectir fertilização localizada, reciclagem dos elementos nas folhas e maior desenvolvimento da vegetação herbácea sob a copa. Utilizando exclusivamente amostras de solos colhidas sob ou fora da influência da copa, não surgiram vantagens comparativas evidentes na capacidade de relacionar os teores dos elementos P, K e B no solo e nas folhas. Contudo, os níveis críticos obtidos para os teores dos elementos no solo, que asseguram níveis nas folhas adequados foram particularmente diferentes. Como não será legítimo defender que não se recomende a localização dos fertilizantes, já que esta pode promover a eficiência de uso dos nutrientes, sobretudo do P (Havlin *et al.*, 1999), parece-nos que a amostragem fora e dentro da copa em separado, de forma a conhecer-se a amplitude da acumulação dos elementos debaixo da copa, pode permitir um melhor diagnóstico da situação do olival e ajudar a racionalizar o uso dos fertilizantes. Por outro lado, acrescenta-se que, nestes olivais, estratégias de amostragem a maior

profundidade, do género 0 a 0,5 m (Soveral-Dias *et al.*, 2000) não é viável. Em parte deles, devido ao declive, a espessura efectiva do solo não ultrapassa a camada arável.

Fica ainda registado que parte significativa dos pomares apresentou teores foliares dos elementos, sobretudo de N e B, abaixo do limite inferior do intervalo considerado adequado, do ponto de vista do estado nutritivo do olival.

### AGRADECIMENTO

Os autores agradecem a Rita Diz e Ana Veiga Pinto, do Laboratório de Solos da Escola Superior Agrária de Bragança, o seu auxílio nas determinações laboratoriais.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida, L.A. & Balbino L. R. 1960. Determinação do fósforo e potássio "assimiláveis" em alguns solos do país. *Anais ISA*, 23: 19-42.
- Arrobas, M. & Coutinho, J. 2002. Caracterização do fósforo em solos de Portugal. *Rev. Ciências Agrárias*, XXV (3 & 4): 109-122.
- Bremner, J.M. 1996. Nitrogen-Total. In D. L. Sparks (ed) *Methods of Soil Analysis. Part 3- Chemical Methods*, pp. 1085-1122. SSSA Book Series: 5, Madison, Wisconsin, USA.
- Brito, F. 1976. Diagnosticque foliaire de l'Olivier. Contribution pour un mode d'échantillonnage adapté aux oliverais du Portugal. *Rev. Ciências Agrárias*, 1: 123-133.
- Cate, R.B.Jr. & Nelson, L.A. 1965. A rapid method for correlation of soil test analysis with plant response data. North

- Caroline Agric. Exp. Stn., Int. Soil Testing Series Tech. Bull. No. 1, Madison, Wisconsin, USA.
- Coutinho, J.F. 1989. *Análise de Terra. Limitação, Correlação, Calibração e Interpretação dos Resultados*. UTAD, Vila Real.
- Fernández-Escobar, R. 1999. Fertilización. In D. Barranco, R. Fernández-Escobar & L. Rallo (eds) *El Cultivo del Olivo*, pp. 245-314. Mundi Prensa, Madrid, Espanha.
- Gómez, J.A., Giráldez, J.V., Pastor, M. & Ferrero, E. 1999. Effects of tillage method on soil physical properties, infiltration and yield in olive orchard. *Soil & Tillage Res.*, **52**: 167-175.
- Havlin, J.L., Beaton, J.D., Tisdale, S.L. & Nelson, W.L. 1999. *Soil Fertility and Fertilizers*. 6 ed., Prentice Hall. USA.
- Hong, S.D., Fox, R.H. & Piekielek, W.P. 1990. Field evaluation of several chemical indexes of soil nitrogen availability. *Plant and Soil*, **123**: 83-88.
- Jalil, A., Campbell, C.A., Schoenau, J., Henry, J.L., Jame, Y.W. & Lafond, G.P. 1966. Assessment of two chemical extraction methods as indices of available nitrogen. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, **60**: 1954-1960.
- Jones, J.B. Jr. & Case, V.W. 1990. Sampling, handling and analysing plant tissue samples. In R. L. Westerman (ed) *Soil Testing and Plant Analysis*, 3<sup>rd</sup> ed., pp. 389-428. SSSA Book series n° 3, Madison, Wisconsin, USA.
- Jordão, P.V. 1990. Exportação de nutrientes pela azeitona em cinquenta cultivares de oliveira existentes em Portugal. *Actas I Congresso Ibérico de Horticultura*, 6-III, pp. 319-324. Lisboa.
- Marschner, H. 1986. *Mineral Nutrition of Higher Plants*. Academic Press, London, U. K.
- Murphy, J. & Riley, H.P. 1962. A modified single solution method for determination of phosphate in natural waters. *Anal. Chem. Acta*, **27**: 31-36.
- Offiah, O.O. & Axley, J.H. 1993. Soil testing for boron on acid soils. In U. C. Gupta (ed) *Boron and its Role in Crop Production*, pp. 105-123. CRC Press, Boca Raton, Florida, USA.
- Rodrigues, M.A., Cabanas, J.E., Aguiar, C., Lopes, J.E., Bento, A. & Torres, L. 2004. Dinâmica da vegetação em olivais de sequeiro pela introdução de herbicidas. *Rev. Ciências Agrárias* (submetido)
- Santos, J.Q. 1965. Aspectos da correcção da acidez do solo. *Anais ISA*, **27**: 11-67.
- Santos, J.Q. 1996. *Fertilização-Fundamentos da Utilização dos Adubos e Correctivos*. 2ª ed., Pub. Europa-America, Mem Martins.
- Shulte, E.E. 1980. Recommended soil organic matter tests. In W. C. Dhanke (ed) *Recommended Chemical Soil Tests Procedures for the North Central Region*, pp. 28-30. N. Dakota S. U. Fargo. Bull. 499, N. Dakota, USA.
- Soveral-Dias, J.C., Jordão, P.V., Marcelo, M.E., Calouro, F., Antunes, A.F., Cordeiro, A.M. Santos, L.S. & Morais, N.C. 2000. *Produção Integrada da Oliveira. Fertilização e outras Práticas Culturais*. MADRP, INIA, DGPC, DGDR, Lisboa.
- Tsadilas, C.D. & Chartzoulakis, K.S. 1999. Boron deficiency in olive trees in Greece in relation to soil B concentration. *Acta Hort.*, **474**: 341-344.
- Vale, R.R. 1988. *O Boro em Solos e Culturas no Nordeste de Portugal*. Tese Doutoramento, UTAD, Vila Real.
- Yermiyahu, V., Keren, R. & Chen, Y. 2001. Effect of composted organic matter on boron uptake by plants. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, **65**: 1436-1441.