

O PAPEL DA PASTAGEM NA RECUPERAÇÃO DO SOLO NO MONTADO THE ROLE OF PASTURE IN THE RECOVERY OF MOUNTED SOIL

Mário Carvalho*

*Universidade de Évora, Instituto de Investigação de Ciências Agrária e Ambiental
Mediterrânicas (ICAAM), mjc@uevora.pt*

RESUMO

A baixa fertilidade da generalidade dos solos agrícolas portugueses, particularmente aqueles onde se situam os montados, resulta de causas naturais e antropomórficas. O clima, a natureza da rocha mãe e a topografia são as principais causas naturais. No caso do clima Mediterrânico, em que a precipitação se concentra nos meses de Inverno, existe um período seco e longo que reduz a taxa de formação do solo e um período de intensa lavagem que contribui para a acidificação e empobrecimento dos solos em nutrientes, assim como de risco acrescido de perda do solo por erosão. Esta situação é agravada pelo substrato geológico onde cerca de 75% do território continental português é constituído por rochas ígneas ou metamórficas ácidas, ricas em silício e pobres em cálcio, em que os granitos e xistos são as mais representativas. A acção do homem tem agravado este panorama, particularmente no que diz respeito ao aumento do risco de erosão por excesso de mobilização do solo, o que também contribui para o aumento da taxa de mineralização da matéria orgânica que, conjuntamente com incorporações muito reduzidas de resíduos orgânicos, é responsável pelo baixo teor de matéria orgânica da maioria dos nossos solos. Assim, a maioria dos solos onde se encontram as principais manchas de montado apresentam uma baixa capacidade de troca catiónica e uma baixa saturação em bases, que conjuntamente com o baixo teor de matéria orgânica conduz a solos pouco férteis e ácidos.

As pastagens podem ter um papel decisivo na recuperação da fertilidade destes solos, pois a perlongada ausência de mobilização do solo, permite a sua protecção contra a erosão e o aumento do seu teor em matéria orgânica. No entanto, estes efeitos benéficos estão dependentes do nível produtivo da pastagem que condiciona o grau de protecção do solo, o retorno de resíduos orgânicos ao solo e a carga animal que suportam. Pastagens pouco produtivas obrigam a encabeçamentos baixos, permitem a invasão dos matos, particularmente de espécies do género *Cistus* que são periodicamente combatidos com mobilização do solo, agravando a erosão do solo e impedindo a recuperação da sua fertilidade. Torna-se pois imprescindível eliminar os factores limitantes a uma boa produtividade da pastagem e ajustar a carga animal ao seu nível produtivo, para as pastagens poderem desempenhar o seu papel na recuperação dos solos do montado. Aceitando que a base das nossas pastagens deve ser de leguminosas, os dois factores que mais frequentemente actuam como limitantes à sua implantação são o fósforo (na generalidade dos solos) e a toxicidade de manganês e/ou alumínio em solos ácidos, que mesmo sem afectarem

Comunicação apresentada na XXXV Reunião de Primavera da SPPF. Santarém, Abril de 2014.

Os trabalhos publicados neste volume são da inteira responsabilidade dos autores

directamente a planta, podem restringir seriamente o seu crescimento por impedirem o bom funcionamento da simbiose com o rizóbio. No caso dos solos derivados de granito ou rochas afins, a toxicidade de manganês é muito frequente e responsável pela baixa produtividade das pastagens e o insucesso de muitas sementeiras. A correcção do problema obriga à aplicação de calcário dolomítico, uma vez que a toxicidade é o resultado de uma baixa relação entre o magnésio e o manganês. A aplicação de carbonatos de cálcio calcítico, diminuindo a disponibilidade de manganês, diminui também a absorção de magnésio por parte da planta, pelo que o seu efeito no alívio da toxicidade é muito limitado.

1 – INTRODUÇÃO

A baixa fertilidade da generalidade dos solos agrícolas portugueses, particularmente aqueles onde se situam os montados, resulta de causas naturais e antropomórficas. O clima, a natureza da rocha mãe e a topografia são as principais causas naturais. No caso do clima Mediterrânico, em que a precipitação se concentra nos meses de Inverno, existe um período seco e longo que reduz a taxa de formação do solo e um período de intensa lavagem que contribui para a acidificação e empobrecimento dos solos em nutrientes. A concentração das chuvas no Outono/Inverno aumenta também o risco de perda do solo por erosão, a qual é acentuada pela topografia acidentada da generalidade do território. Esta situação é agravada pelo substrato geológico onde cerca de 75% do território continental português é constituído por rochas ígneas ou metamórficas ácidas, ricas em silício e pobres em cálcio, em que os granitos (e rochas afins) e xistos são as mais representativas. A acção do homem tem agravado este panorama, particularmente no que diz respeito ao aumento do risco de erosão por excesso de mobilização do solo, o que também contribui para o aumento da taxa de mineralização da matéria orgânica que, conjuntamente com incorporações muito reduzidas de resíduos orgânicos, são responsáveis pelo baixo teor de matéria orgânica da maioria dos nossos solos. Assim, a maioria dos solos, particularmente aqueles onde se encontram as principais manchas de montado, apresentam uma baixa capacidade de troca catiónica e uma baixa saturação em bases, que conjuntamente com o baixo teor de matéria orgânica conduz a solos pouco férteis e ácidos (Quadro 1).

Quadro 1 - Área aproximada dos solos agrícola dominantes (milhares de hectares) e sua utilização (Fonte: Almeida Alves – dados não publicados).

Table 1 - Approximate area of dominant agricultural soils and its uses (Source: Almeida Alves - unpublished data)

Solo Dominante	Área	%	Culturas Praticadas
Cambissolo (Litólico) (granitos, quartzo-dioritos, arenitos)	2700	30	Montados de sobro e azinho, vinha, olival, amendoal, culturas arvenses de sequeiro
Luvisolos (Argiluvitados) (xistos ou grauvaques, dioritos e quartzo-dioritos)	2200	25	Culturas arvenses de sequeiro, olival, vinha, amendoal, montados de sobro e azinho, pinhal
Cambissolos Cálcicos (Calcários) (Calcários duros e friáveis)	450	5	Vinha, olival figueiral, pomar, culturas arvenses de sequeiro
Fluvisolos (Aluviolosos) (aluviões)	290	4	Culturas arvenses de regadio e sequeiro, pomar, vinha e olival
Regossolos (areias e arenitos)	160	2	Montados de sobro, pinhais, eucaliptais, culturas arvenses de regadio e sequeiro, horticultura
Vertissolos (Barros) (Basalto, dioritos e gabros)	90	1	Culturas arvenses de sequeiro e regadio, olival
Litossolos	1340	15	Ecossistema natural, pastagem permanente
Podzois	630	7	Ecossistema natural, pastagem permanente, pinhal, eucaliptal.

As pastagens podem ter um papel decisivo na recuperação da fertilidade destes solos, pois a prolongada ausência de mobilização do solo, permite a sua proteção contra a erosão e o aumento do seu teor em matéria orgânica. No entanto, estes efeitos benéficos estão dependentes do nível produtivo da pastagem que condiciona o grau de proteção do solo, o retorno de resíduos orgânicos ao solo e a carga animal que suportam.

1.1 - O papel das pastagens na recuperação da fertilidade dos solos

É de há muito reconhecido o papel que as pastagens podem desempenhar na recuperação da fertilidade dos solos, quer seja pelo aumento do seu teor em matéria orgânica, quer seja pela melhoria da sua estrutura. No entanto o papel atribuído às pastagens não é mágico e depende de três condições indispensáveis para a sua concretização. Em primeiro lugar é preciso tempo, uma vez que o processo de acumulação de matéria orgânica no solo é lento. Em estudos conduzidos na Estação Experimental de Rothamsted o teor orgânico, se bem de forma assintótica, continuava a evoluir ao fim de 200 anos (Figura 1).

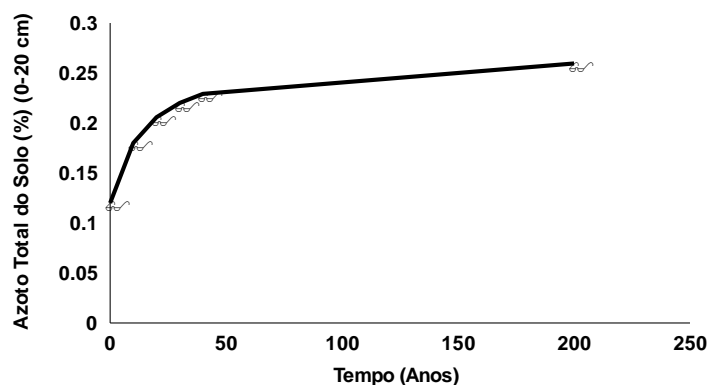


Figura 1 - Evolução do teor de matéria orgânica do solo (% de azoto total) de uma pastagem. Estação Experimental de Rothamsted (Russel, 1973).

Figure 1 – Evolution of soil organic matter content (% of total nitrogen) of a pasture. Rothamsted Experimental Station (Russel, 1973).

Em segundo lugar este aumento está ligado à ausência de mobilização do solo durante o período da pastagem. Na mesma estação experimental a sementeira de uma nova pastagem num campo de pastagem permanente há 100 anos, apesar de em termos de ocupação o solo continuar de pastagem, conduziu a uma redução do teor de solo em matéria orgânica, devido ao aumento da mineralização que as mobilizações do solo associadas à sua instalação promoveram, tendo sido necessários 18 anos para se restabelecer o mesmo teor verificado no campo que permaneceu sem nova sementeira (Figura 2). No campo de pastagem antiga a introdução de uma rotação de culturas anuais (mobilização do solo todos os anos), ou uma rotação de culturas anuais e pastagem temporária conduziu a uma degradação constante o teor do solo em matéria

orgânica. No campo cultivado com culturas anuais durante 100 anos a sementeira de uma pastagem permanente aumentou o teor orgânico de forma consistente, mas o valor ao fim de 18 anos ainda estava consideravelmente abaixo do verificado no campo de pastagem antiga. Nesta situação a continuação de culturas anuais ou a sua rotação com pastagens temporárias não conseguiu aumentar o teor do solo em M.O. (Figura 2). É de realçar que estes dados dizem respeito a Inglaterra, em que o potencial de mineralização é menor que entre nós. Em Portugal, a elevada temperatura média anual acentua a mineralização da matéria orgânica e, assim, o efeito negativo que a mobilização do solo representa na sua evolução.

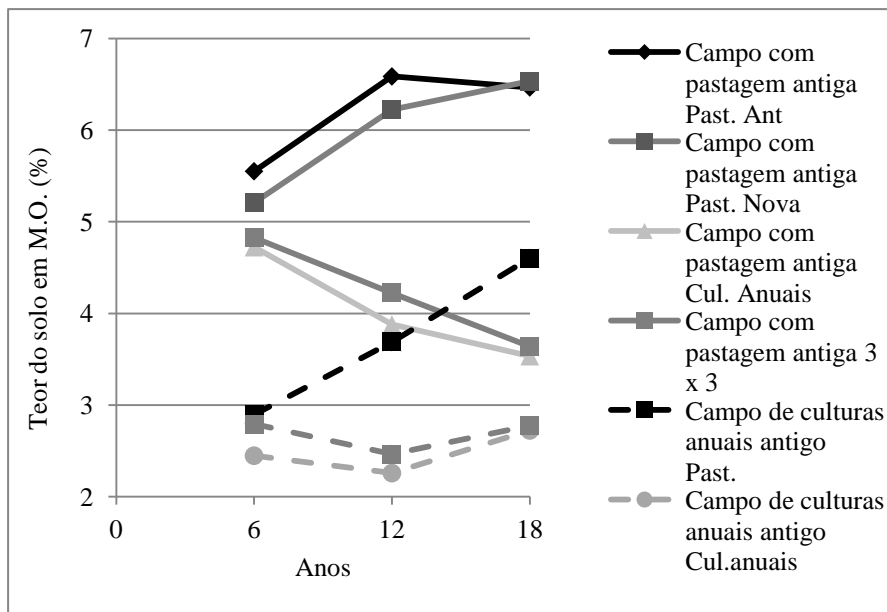


Figura 2 - Evolução do teor de matéria orgânica do solo em dois campos com ocupação durante 100 anos distinta: um campo com pastagem permanente e um campo com culturas anuais. Em cada um dos campos foi instalada uma nova pastagem permanente, uma rotação de três anos de culturas anuais com três anos de pastagem e uma rotação de três anos de culturas anuais. No campo de pastagem antiga permaneceu um talhão testemunha com continuação da pastagem. Estação Experimental de Rothamsted (Russel, 1973).

Figure 2 – Evolution of soil organic matter content of the of the soil in two fields with with different occupation for 100 years: a field with permanent pasture and another with annual crops. In each of the fields a new permanent pasture, a three-year rotation of annual crops with three years of pasture and a three-year rotation of annual crops were installed. In the old pasture field there was a control plot with pasture. Rothamsted Experimental Station (Russel, 1973).

Em terceiro lugar a pastagem aumenta o teor do solo em matéria orgânica em função da quantidade de resíduos (vegetais e fezes dos animais) que promove, os quais são naturalmente função da sua produtividade e manejo. Este aspeto está bem ilustrado nos dados apresentados na figura 3. No prado aproveitado diretamente pelos animais, o aumento da sua produtividade, promovido pela adubação azotada, originou um aumento

da produtividade de uma cultura posterior de trigo, na ausência de adubação desta. No entanto, quando o prado foi explorado no regime de corte este efeito não se verificou. Assim, não se pode esperar o mesmo efeito regenerador na fertilidade do solo de pastagens com diferentes níveis de produtividade (Quadro 2).

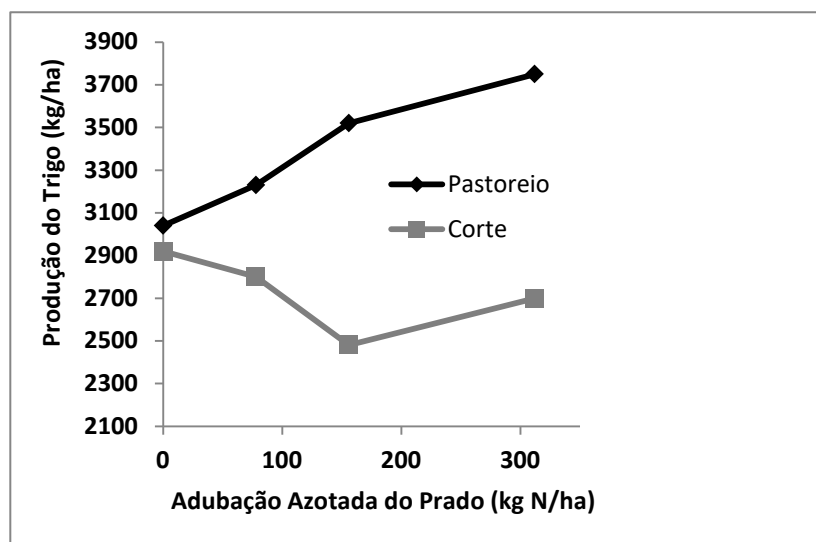


Figura 3- Efeito do manejo num prado de três anos na produção posterior de trigo sem adubação. (Henin, 1969).

Figure 3 - Effect of management on a three-year pasture in the later production of wheat without fertilization. (Henin, 1969).

Quadro 2: Produtividade de uma pastagem semeada e de um pousio, ambos adubados (Fonte: Projeto Agro 87).

Table 2 - Productivity of a sown pasture and fallow land, both fertilized (Source: Project Agro 87).

Ano	Pastagem Semeada	Pastagem Natural	Fator de Incremento
	CN.ha-1.ano-1	CN.ha-1.ano-1	
2001/02	0.73	0.39	1.88
2002/03	1.13	0.44	2.60
2003/04	1.22	0.43	2.83

De facto o aumento do teor de matéria orgânica em condições mediterrânicas só se consegue reduzindo a mineralização (por ausência de mobilização do solo) e

aumentado o retorno de resíduos orgânicos ao solo, independentemente da sua ocupação ser com pastagem ou culturas anuais. É o que fica bem expresso na figura 4, em que numa rotação de quatro anos de culturas anuais foi possível um aumento significativo do teor de matéria orgânica do solo, quando as culturas foram instaladas em sementeira direta e as palhas dos cereais foram mantidas no terreno. No entanto, em solos degradados, com baixa fertilidade inicial e pouca profundidade, as culturas anuais apresentam produtividades muito baixas o que, para além de inviabilizar a sua sustentabilidade económica, promove a retorno baixo de resíduos ao solo. Assim, a forma mais económica de recuperar a fertilidade de solos degradados em montados será a instalação de pastagens produtivas. No entanto, a questão mais difícil será como conseguir rapidamente uma boa produtividade desta, particularmente nos Cambissolos ácidos derivados de granitos e rochas afins, uma vez que a toxicidade de manganês (e por vezes também de alumínio) impede uma boa implantação das espécies semeadas. Na Figura 4 mostra-se o crescimento do trigo num solo Pg em que a sua concentração interna em manganês foi sucessivamente reduzida por um grau crescente de colonização com micorrizas.

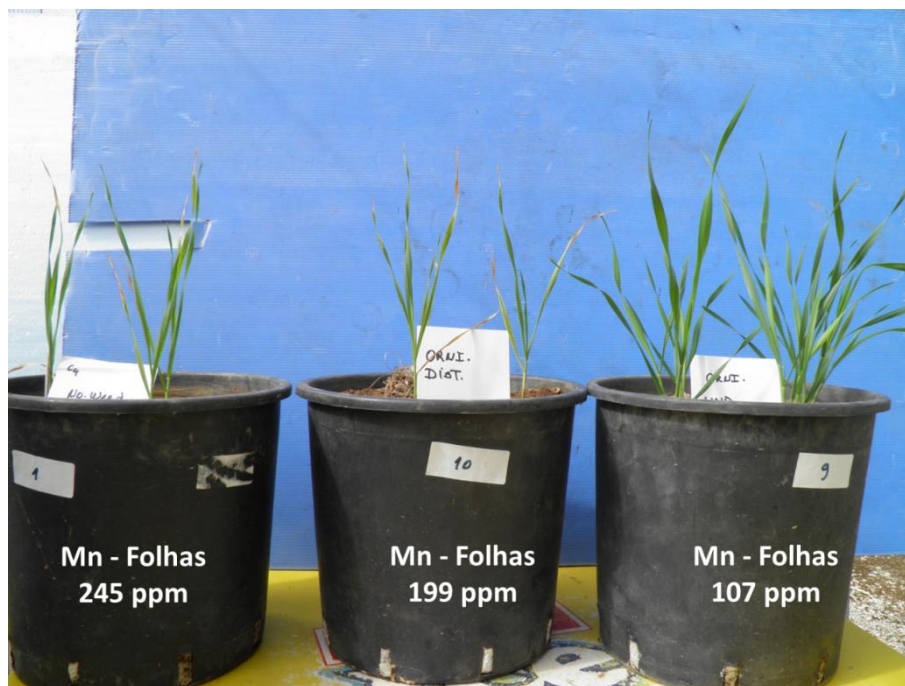


Figura 5 - Crescimento de trigo num Solo Litólico de Granito (Pg). O crescimento da cultura esteve dependente da concentração interna de manganês na planta.

Figure 5 - Wheat growth in a Lithoic Granite Soil (Pg). Plant growth dependent upon the internal concentration of manganese in the plant.

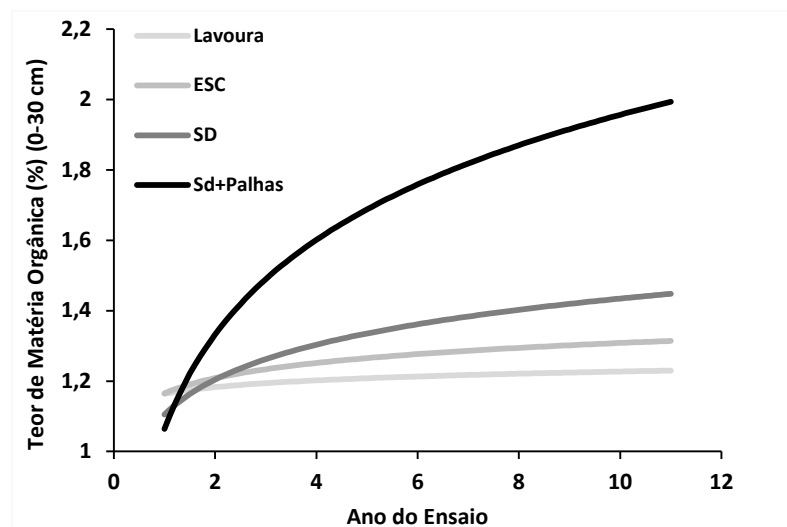


Figura 5 - Efeito do sistema de mobilização do solo e da gestão dos resíduos na evolução do teor em matéria orgânica de um solo Pm. A quantidade de resíduos aéreos deixados nos tratamentos com enfardação das palhas foi de 1 t/ha.ano e no tratamento com manutenção das palhas de cereais foi de 3 t/ha.ano. (Lavoura – mobilização anual com charrua e grade de discos e enfardação das palhas dos cereais; ESC – mobilização anual com escarificador e enfardação das palhas dos cereais; SD – Sementeira direta de todas as culturas e enfardação das palhas dos cereais; SD+Palhas – Sementeira direta de todas as culturas e manutenção das palhas dos cereais no terreno). Rotação de culturas do ensaio: Tremocilha -> Trigo -> Aveia para feno -> Cevada. (Carvalho et al, 2012).

Figure 5 – Effect of the soil mobilization system and residue analysis on the organic matter of a soil Pm. The amount of aerial residues left in the treatments with straw baling was 1 t/ha.year and there was no treatment with the cereal straw being 3 t / ha.year. (Ploughing - annual mobilization with plow and grid of the cereal straws; SD - Direct sowing of all crops and baling of cereal straws; SD + Straws – Direct sowing of all crops and maintenance of cereal straws on the ground). Crop rotation: Yellow lupine -> Wheat -> Oats for hay -> Barley. (Carvalho et al, 2012)

Na Figura 6 mostra-se o crescimento de trevo subterrâneo no mesmo solo em que a quantidade de manganês nas suas raízes foi sucessivamente reduzida por um grau crescente de colonização com micorrizas. Em ambos os casos a toxicidade de manganês interferiu com o crescimento das plantas e o maior efeito relativo no crescimento do trevo deve-se ao facto de também o rizóbio ser sensível a níveis elevados deste nutriente no interior das raízes da planta.

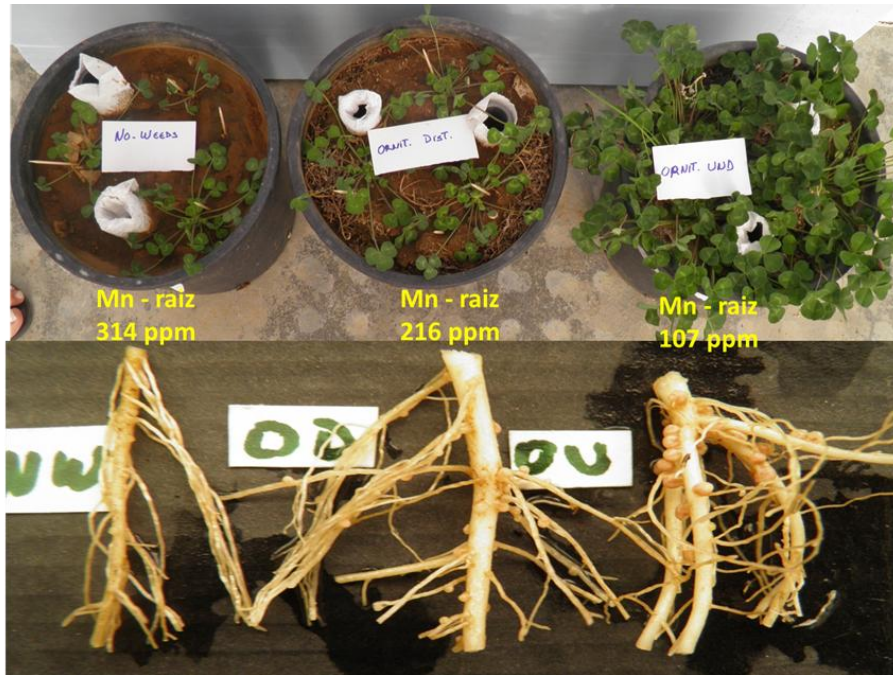


Figura 6 - Crescimento de trevo subterrâneo num Solo Litólico de Granito (Pg). O crescimento do trevo esteve dependente da concentração de manganês na raiz, que sendo elevada inibe o crescimento dos nódulos assim como a sua atividade.

Figure 6 - Subclovergrowth in a Lithocal Granite soil (Pg) growth clover plant upon on concentration of manganese in the root, which being high inhibits the growth of nodules as well as their activity.

De facto, a toxicidade de manganês nos solos Pg resulta de um desequilíbrio entre o magnésio e o manganês, sendo necessário a razão entre os dois iões, no interior da planta, seja cerca de 20 para não haver limitações ao crescimento da planta (Figura

7). No entanto existe uma grande dificuldade de prever a probabilidade da toxicidade de manganês em função das análises de solo. Nas figuras 8 a 12 estão os teores de Mg e Mn de um Pg extraídos em diferentes condições, num ensaio em vasos conduzido na Herdade da Mitra (Teixeira, 1997).

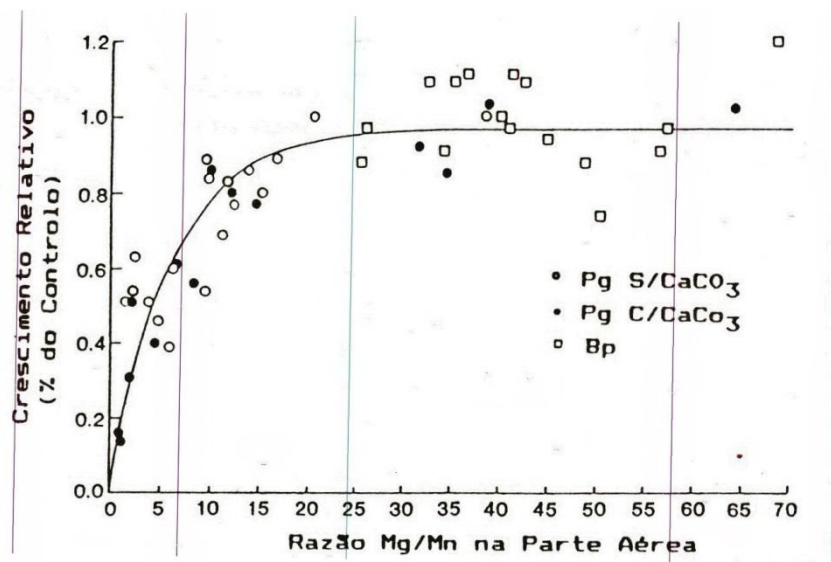


Figura 7 - Crescimento do trigo em função da razão Mg/Mn da concentração interna dos dois íons na planta (Fonte: Goss e Carvalho, 1992).

Figure 7 - Wheat growth as a function of the Mg/Mn of ratio internal concentration of two ions in the plant (Source: Goss and Carvalho, 1992).

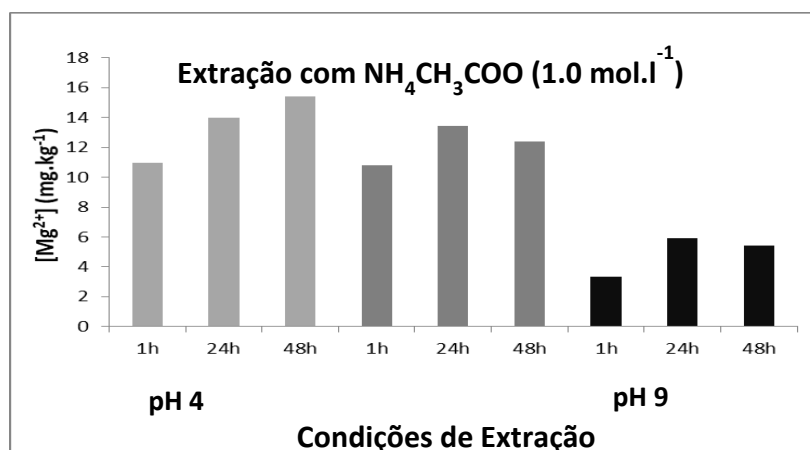


Figura 8 - Teor de magnésio do solo extraído com cloreto de cálcio em diferentes condições de extração (tempo e concentração). F

Figure 8 – Soil magnesium content with excess calcium in different extraction conditions (time and concentration).

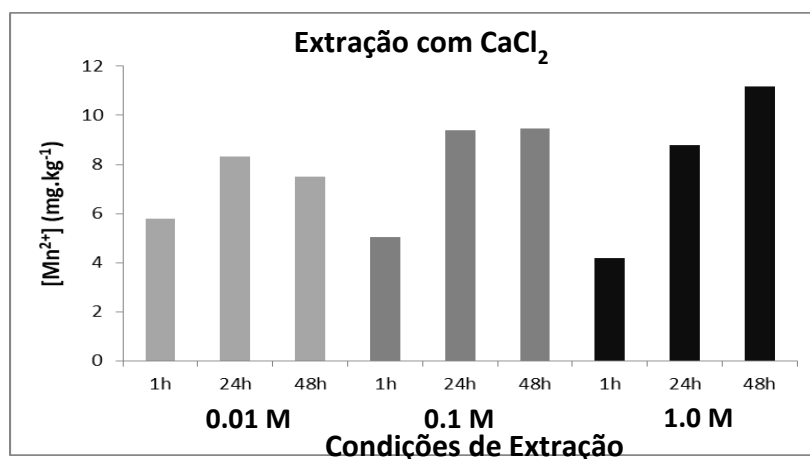


Figura 9 - Teor de manganês do solo extraído com cloreto de cálcio em diferentes condições de extração (tempo e concentração).

Figure 9 - Soil manganese content extracted with calcium chloride under different extraction conditions (time and concentration).

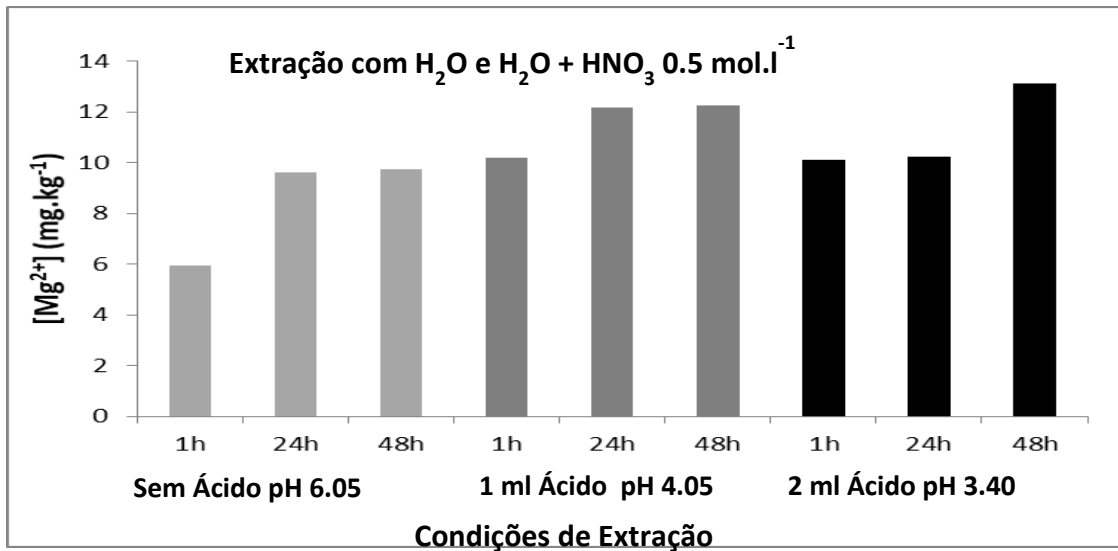


Figura 10 - Teor de magnésio do solo extraído com acetato de amónio em diferentes condições de extração (tempo e concentração).

Figure 10 – Soil magnesium content extracted with ammonium acetate under different extraction conditions (time and concentration).

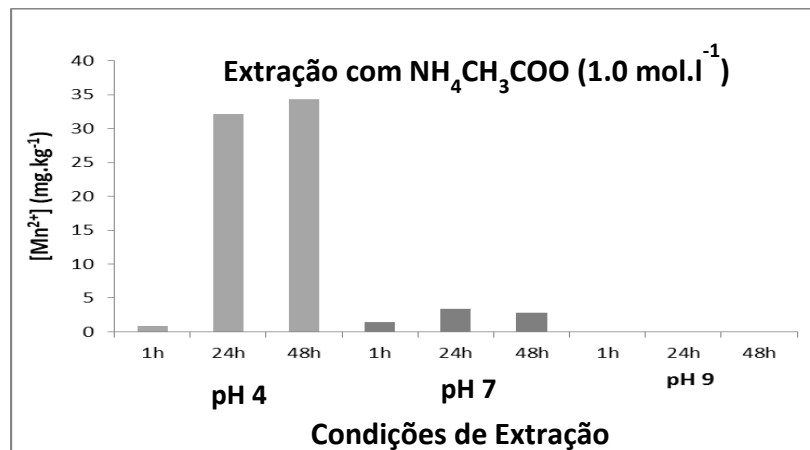


Figura 11 - Teor de manganês do solo extraído com acetato de amónio em diferentes condições de extração (tempo e concentração).

Figure 11 – Soil magnesium content extracted with ammonium acetate under different extraction conditions (time and concentration).

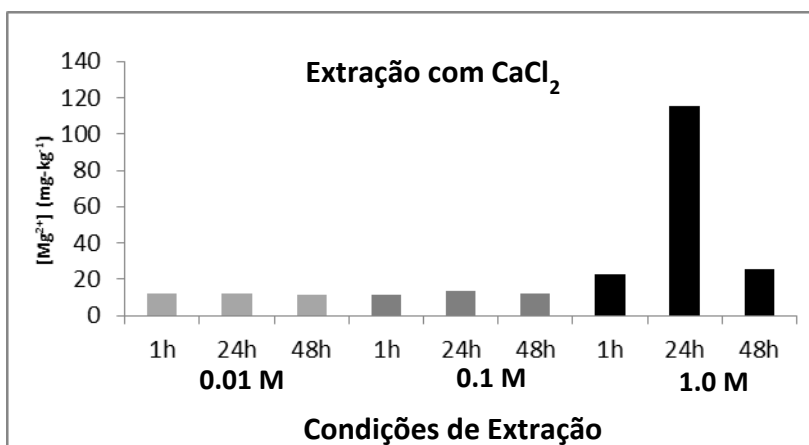


Figura 12 - Teor de magnésio do solo extraído água e ácido nítrico em diferentes condições de extração (tempo e concentração).

Figure 12 - Soil magnesium content extracted with water and nitric acid under different extraction conditions (time and concentration).

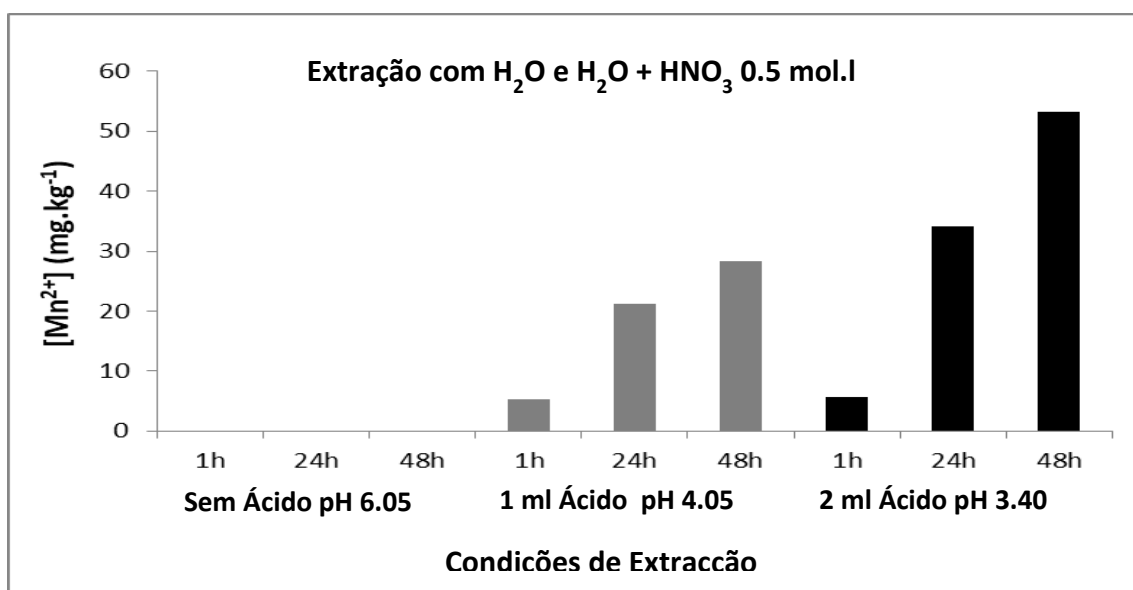


Figura 13 - Teor de manganês do solo extraído água e ácido nítrico em diferentes condições de extração (tempo e concentração).

Figure 13 - Soil manganese content extracted with water and nitric acid under different extraction conditions (time and concentration).

É bem visível a variabilidade dos valores obtidos. Quando o extratante foi o cloreto de cálcio a razão entre os dois iões no solo variou entre 1.3 e 13.2, quando foi o acetato de amónio entre 0.4 e 59200 e, quando a água e o ácido nítrico foram utilizados, a variação verificada foi entre 0.2 e 97300. Estas variações devem-se principalmente ao efeito das condições de extração no teor de manganês do solo. Durante o mesmo ensaio mediu-se diretamente o teor dos dois iões na solução do solo (extraída por centrifugação) e pode verificar-se que o teor de Mn vai aumentando com o tempo, provavelmente devido à acidificação do solo provocada pelos exsudados radiculares. No final do ensaio a correlação entre os teores dos dois iões medidos no solo e o crescimento do trigo só foi significativa quando a concentração de Mg e Mn foi medida diretamente na solução do solo para cada tempo de crescimento. O coeficiente de determinação entre a razão dos dois iões no solo e o crescimento das plantas, ou seja, a percentagem de variação do crescimento justificada pelo valor da análise de solo foi de 25.0, 2.0, 24.0 e 98.9% para o cloreto de cálcio, o acetato de amónio, a água com ácido nítrico e a medição direta na solução do solo, respetivamente. Do exposto torna-se

evidente que não existe forma segura de prever, a partir dos métodos disponíveis de análise de solo, a existência de uma toxicidade de manganês nestes solos. Esta situação fica bem expressa nos dados apresentados na Quadro 3. Os dados apresentados nos ensaios das fotos 1 e 2, assim como dos ensaios reportados nas figuras 7 a 15, são relativos ao solo Pg de Évora.

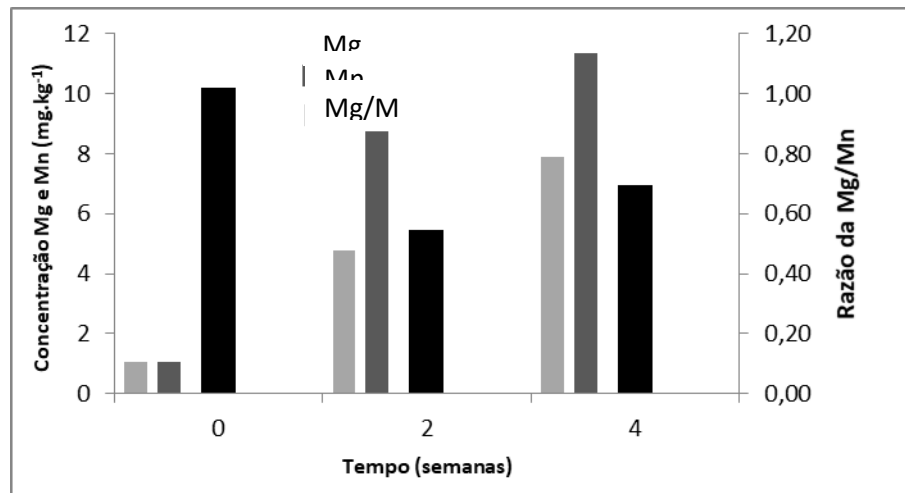


Figura 14 - Concentração de Mg, Mn e a razão entre a concentração dos iões na solução do solo extraída diretamente por centrifugação durante o ensaio.

Figure 14 - Soil Mg, Mn content and it's ratio with ion concentration in the soil solution directly extracted by centrifugation during the test.

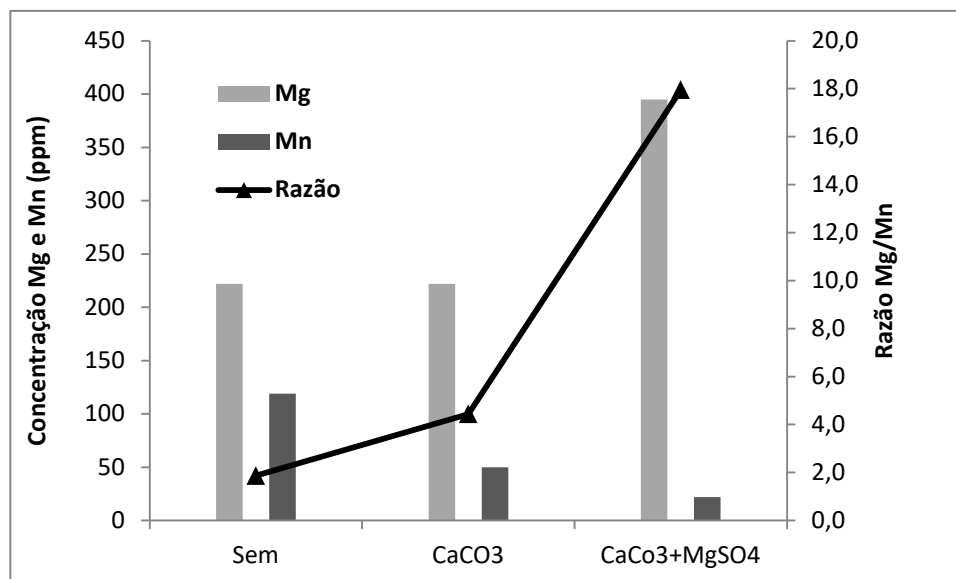


Figura 15 - Efeito da correcção do solo na concentração interna dos dois iões na planta de trigo. Sem - 0 kg de Calcário/ha; CaCO₃ – equivalente a 2 t/ha de calcário calcítico; CaCO₃ + MgSO₄ – Equivalente a 2 t/ha de calcário dolomítico com 10% de magnésio.

Figure 15 - Soil correction soil effect on the internal concentration of two ions in plant wheat. Sem - 0 kg Limestone/ha; CaCO₃ - equivalent to 2 t/ha of calcitic limestone; CaCO₃ + MgSO₄ – Equal of 2 t/ha of dolomitic limestone with 10% of magnesium.

Quadro 3 - Algumas análises de solos no Alentejo, com ocupação de montado e pastagem natural.

Table 3 - Some analyzes of Alentejo in soils with *Montado* and natural pasture.

Solo e origem	C.T.C. (meq/100g)	M.O. (%)	pH		Mn (ppm)	Al (ppm)	P ₂ O ₅ (ppm)
			Água	Kcl			
Pg (Évora) (Ensaio)	5.2	1.1	6.0	5.7	22.6	2	7
Px (Alcácer do Sal)	6.0	2.0	5.6	4.4	69.1	88.2	17
Rg (Alcácer do Sal)	7.3	2.9	6.0	4.9	131.5	34.7	13
Pg (Ciborro)	3.9	1.0	6.7	5.8	35.6	12.1	18

O laboratório que realizou as análises não identificou nenhum possível problema de toxicidade de Mn. Os dados analíticos dos restantes solos apresentam valores mais

preocupantes de Mn e, o mesmo laboratório, continuou a ser omissivo quanto a algum problema com o manganês. No entanto, a análise da vegetação espontânea pode ser um precioso elemento de diagnóstico. Em solos com limitações ao crescimento das plantas herbáceas devido a toxicidade de manganês verifica-se uma alteração abrupta da composição florística debaixo da influência da copa das árvores. Enquanto fora desta zona predominam plantas como o *Rumex bucephalophorus* e o *Chamaemelum fuscatum*, debaixo da copa estas espécies raramente estão presentes, verificando uma predominância de plantas menos tolerantes ao manganês, particularmente gramíneas diversas mas também leguminosas (Figura 16). Que o efeito da árvore se faz sentir pela alteração das condições do solo é bem visível na figura 17. A solução agronómica do problema passa pela aplicação de calcário dolomítico. A aplicação apenas de carbonato de cálcio diminui simultaneamente a absorção de magnésio e manganês da planta, pelo que o seu efeito na concentração interna dos dois iões na planta é pequeno (Figura 15). No entanto, quando se utiliza calcário dolomítico, apenas a absorção de Mn é reduzida, pelo que a razão interna dos dois iões na planta se aproxima dos valores considerados ótimos.



Figura 16 - Variação da composição florística da vegetação herbácea fora (dominada pelo *Rumex bucephalophorus*) e debaixo (dominada por gramíneas) da influência da copa da árvore.

Figura 16 - Flowering variations in herbaceous plants outside (dominated by *Rumex bucephalophorus*) and under (dominated by grasses) the influence of the tree canopy.

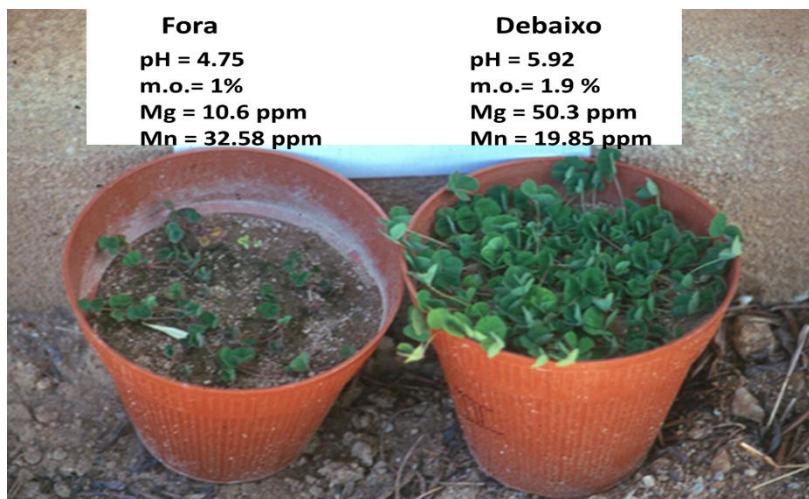


Figura 17 - Crescimento de trevo subterrâneo em solo colhido fora (zona do *Rumex bucephalophorus*) e debaixo da copa da árvore. Os dados apresentados dizem respeito à análise de solo.

Figure 17 – Sub-clover growth on soil harvested outside (*Rumex bucephalophorus* zone) and under the tree canopy. Soil analysis data.

4 – CONCLUSÃO

Os solos normalmente ocupados com montado têm uma fertilidade natural baixa e muito dependente do teor em matéria orgânica. Quando por intervenção do solo (mobilização do solo e baixo retorno de resíduos) o teor de matéria orgânica baixa a sua capacidade de suportar o crescimento vegetal fica comprometida. As pastagens podem ser uma forma privilegiada de reverter a situação. No entanto é preciso ter em atenção que o seu papel benéfico exige tempo, ausência de mobilização do solo (controlo dos matos por pastoreio e/ou roça matos) e pastagens produtivas. Em solos degradados, particularmente os derivados de granitos e rochas afins, a toxicidade de Mn é frequentemente o fator limitante ao sucesso e produtividade de pastagens à base de leguminosas. Nesta situação a correção prévia do solo com calcário dolomítico é condição indispensável para se iniciar um processo rápido da sua recuperação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

TEIXEIRA, D. M. F. G. (1997). Métodos de determinação de magnésio e manganês no sistema solo-água-planta para a previsão de toxicidade de Mn num solo ácido. Universidade de Évora. 159p. Tese de Mestrado.

HENIN, S. (1969). Cultural profile cultural, physical state of the soil, its agricultural consequences. Masson (Ed.), France, pp: 128.

RUSSEL, E. U. (1973). Soil conditions and plant growth. Longmans. London. 849p. 1973.

GOSS, M.J.; CARVALHO, M.J.G.P.R. (1992) - Manganese toxicity: The significance of magnesium for the sensitivity of wheat plants. Plant and Soil 139: 91-98