

EFEITO DA INCORPORAÇÃO SIMULTÂNEA DE LAMAS CELULÓSICAS E ESTRUME DE AVIÁRIO SOBRE OS TEORES DE Ca E Mg APRESENTADOS PELO SOLO E PELO AZEVÉM*

João Paulo Carneiro, J. Quelhas dos Santos♦

*Escola Superior Agrária de Castelo Branco – Qta. Senhora – Mércules
– 6000 CASTELO BRANCO*

*♦Secção Autónoma de Química Agrícola – Instituto Superior de Agronomia
– 1399 LISBOA*

RESUMO

Efectuou-se um ensaio em vasos com o objectivo de avaliar, entre outros aspectos, a influência da aplicação de diferentes doses de lamas celulósicas (0, 30, 60, 90 e 120 t ha⁻¹) e/ou de estrume de galinhas poedeiras (0, 2, 4 e 6 t ha⁻¹) sobre os teores de Ca e Mg apresentados, quer por um solo Pg (pardo litólico não húmico de granito) ácido e pobre em matéria orgânica, quer pela parte aérea de plantas de azevém cultivadas nesse mesmo solo.

Os resultados obtidos mostram haver aumentos dos teores de Ca e Mg no solo com a adição de quantidades crescentes de ambos os resíduos, ainda que tal aumento possa não assumir a mesma relevância quando a aplicação se processa de forma simultânea. Efectivamente, uma incorporação de pequenas quantidades de estrume (até 2 t ha⁻¹), juntamente com doses mais elevadas de lamas (superiores a 30-60 t ha⁻¹), origina um decréscimo na disponibilidade de ambos os nutrientes em relação ao que se verifica com a aplicação só de lamas. Por outro lado, e ao contrário do que se poderia supor inicialmente, a relação Ca/Mg, ainda que aumente, não evolui de forma a afectar a absorção de Mg por parte das plantas, ainda que os valores obtidos para a relação Ca²⁺/Mg²⁺ possam aconselhar prudência na utilização das lamas em culturas mais exigentes em Mg, ou quando se incorporem lamas mais ricas em Ca e/ou mais pobres em Mg que as utilizadas no ensaio.

PALAVRAS-CHAVES: Azevém; Cálcio; Estrume de aviário; Lamas celulósicas; Magnésio; Poluição

ABSTRACT

A trial in pots was carried out, with the objective of evaluating the influence of the application of different levels of pulp-mill sludge (0, 30, 60, 90 e 120 t ha⁻¹) and/or poultry manure (0, 2, 4 e 6 t ha⁻¹) in the Ca and Mg levels of an acid soil and poor in organic matter soil (cambisol) and, in plants of rye-grass.

* Comunicação apresentada na XVI Reunião de Primavera da SPPF. Luso, Maio de 1995.

The simultaneous application of pulp and manure increased the Ca and Mg soil levels. However, the application of low amount of manure (2 t ha^{-1}), with higher levels of sludge (higher than $30\text{-}60 \text{ t ha}^{-1}$), reduced the Ca and Mg, when those results are compared with the obtained with an application of pulp only.

Extractables Ca and Mg levels, as also Ca^{2+} and Mg^{2+} values, improved with the application of larger amounts of the residues. However, the increment of the Ca/Mg relation observed, did not affect Mg absorption. High values of $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$ were obtained, which point to probable shortage of Mg for crops which have a greater need of this nutrient and/or when richer Ca and/or poorer Mg pulp are incorporated.

KEYWORDS: Pollution; Poultry manure; Pulp-mill sludge; Rye-grass.

1 – INTRODUÇÃO

Os solos de Portugal caracterizam-se, na sua generalidade, por possuírem baixos teores de matéria orgânica e elevada acidez. Assim sendo, haverá todo o interesse em utilizar na agricultura certos resíduos que, pela sua composição, possam apresentar interesse fertilizante, nomeadamente em termos de capacidade para uma correcção dos parâmetros de fertilidade anteriormente mencionados. É o caso das lamas celulósicas primárias, resíduo obtido em quantidades apreciáveis a partir do tratamento de efluentes provenientes das fábricas de celulose, normalmente depositado em aterro, e que é susceptível de, simultaneamente, incorporar matéria orgânica e corrigir a acidez.

Caracterizando-se esse subproduto por possuir uma elevada razão C/N, o que poderá proporcionar uma diminuição da produção, torna-se necessário, quando considerada a sua aplicação, aumentar a incorporação de azoto. Para tal, poder-se-á recorrer à incorporação de estrume de galinhas poedeiras, subproduto que entre nós é, em muitas situações, acumulado em condições que podem originar graves problemas de ordem ambiental, e cuja utilização, à semelhança do que acontece com as lamas, pode permitir a correcção da acidez dos solos, incorporar matéria orgânica e, agora, também elevadas quantidades de nutrientes, em particular N e P.

Quer a quase totalidade das lamas celulósicas, quer o estrume de galinhas poedeiras, caracterizam-se por possuírem, na sua composição, níveis de Ca significativamente mais elevados que os de Mg. Assim, uma das eventuais limitações que a aplicação de ambos os resíduos ao solo pode apresentar consiste no facto de o valor da relação Ca/Mg poder aumentar para valores susceptíveis de originar uma deficiente absorção de Mg por parte das plantas e/ou promover o aparecimento, em animais, da doença vulgarmente conhecida por "tetania das ervas".

2 – MATERIAIS E MÉTODOS

Com o objectivo de avaliar, entre outros aspectos, a influência da aplicação simultânea de doses crescentes de lamas celulósicas primárias e de estrume de galinhas poedeiras sobre os teores de Ca e Mg apresentados, quer por um solo Litólico (Pg), quer pela parte aérea de plantas de azevém cultivadas nesse mesmo solo, efectuou-se, nas instalações da Secção Autónoma de Química Agrícola do Instituto Superior de Agronomia, um ensaio em vasos.

Os vasos foram cheios com 11 kg de terra proveniente da camada mais superficial (0-20 cm) do solo, a qual foi crivada num crivo de plástico de malha 0,5 cm.

Atendendo às características do solo (tabela 1), das lamas e do estrume (tabela 2), assim como a resultados de ensaios anteriormente efectuados, foram definidas vinte modalidades, considerando quatro níveis de estrume (E0, E1, E2, e E3, correspondendo a 0, 2, 4 e 6 t ha⁻¹) e cinco de lamas (L0, L1, L2, L3 e L4, correspondendo a 0, 30, 60, 90 e 120 t ha⁻¹), distribuídas por blocos casualizados com três repetições.

TABELA I – Principais características do solo.

Textura	arenosa
pH (H ₂ O)	5,1
pH (KCl)	3,9
Matéria orgânica (%)	0,85
P ₂ O ₅ (ppm)	37
K ₂ O (ppm)	98
Ca (ppm)	9,2
Mg (ppm)	23,2
Na (ppm)	42,0
Cu (ppm)	2,2
Fe (ppm)	54,8
Zn (ppm)	1,4
Mn (ppm)	51
H ⁺ [cmol (+) kg ⁻¹]	3,031
Ca ²⁺ [cmol (+) kg ⁻¹]	0,763
Mg ²⁺ [cmol (+) kg ⁻¹]	0,194
Na ⁺ [cmol (+) kg ⁻¹]	0,107
K ⁺ [cmol (+) kg ⁻¹]	0,140

Ambos os resíduos foram adicionados após secagem ao ar, e a quantidade aplicada em cada vaso calculada atendendo à terra nele contida. Em todos os tratamentos foi considerada uma adubação de fundo que consistiu

na aplicação de 0,5 g vaso⁻¹ de N, 1 g vaso⁻¹ de P₂O₅ e 1 g vaso⁻¹ de K₂O, e uma adubação de cobertura, após a realização do segundo corte, com 0,5 g vaso⁻¹ de N.

TABELA 2 – Principais características das lamas celulósicas e do estrume.

Determinações	Lamas	Estrume
Humidade (% a 100 °C)	7,74	40,24
pH	7,30	6,17
Matéria orgânica (%)	84,43	56,56
N (%)	0,31	2,25
P ₂ O ₅ (%)	0,23	4,72
K (%)	0,26	2,31
Ca (%)	2,49	11,86
Mg (%)	0,22	0,50
Na (%)	0,13	0,24
Cu (ppm)	46,30	57,50
Fe (ppm)	4 200,00	3 107,50
Zn (ppm)	74,00	402,50
Mn (ppm)	263,00	322,80
C/N	157,97	14,58
C/P	212,93	6,95

A sementeira, que teve lugar a 3 de Dezembro de 1992, foi efectuada manualmente, tendo a semente (1,5 g vaso⁻¹) sido depositada em quatro linhas por vaso. Os cortes do azevém, em número de quatro, tiveram lugar em 21 de Janeiro, 25 de Fevereiro, 18 de Março e 15 de Abril, e efectuaram-se quando as plantas apresentavam uma altura próxima dos 30 cm. A rega da cultura foi efectuada com água desionizada, colocando-se desde o início os vasos a 60-70% da capacidade de campo do solo. O controlo da dotação de rega foi sempre feito com recurso à pesagem dos vasos, a qual se realizava três vezes por semana.

Após cada corte, a forragem foi pesada e colocada numa estufa de ventilação forçada, onde permanecia a uma temperatura de cerca de 50 °C até que não se registasse qualquer alteração do seu peso, após o que foi preparada para posteriores análises químicas. Realizado o quarto e último corte, recolheu-se uma amostra de terra em cada um dos vasos, as quais, depois de secas a temperatura inferior a 40 °C e crivadas (0,2 cm), foram analisadas.

A matéria orgânica no solo foi calculada multiplicando o teor de carbono orgânico pelo factor 1,724. Por seu lado, o carbono orgânico foi determinado por combustão a 1200 °C, à qual se seguiu uma medição do CO₂

libertado, num aparelho Ströhlein. A matéria orgânica nas lamas e no estrume foi determinada por perda de peso verificada numa mufla a 400-500 °C, durante 7-8 h, enquanto que o azoto foi obtido segundo o método de Kjeldhal. As bases de troca foram extraídas seguindo-se o método de Mehlich e posteriormente doseadas por espectrofotometria de absorção atómica. O fósforo e o potássio no solo foram doseados colorimetricamente e por fotometria de chama, respectivamente, após extracção segundo o método Egner-Riehm, o qual também foi utilizado para a determinação dos restantes nutrientes considerados na análise das terras, e cujo doseamento se realizou por espectrofotometria de absorção atómica. Nos correctivos orgânicos o fósforo foi obtido pelo método do vanadomolibdato de amónio, enquanto que todos os restantes elementos, à semelhança do que aconteceu com o Ca e Mg no material vegetal, foram determinados por espectrofotometria de absorção atómica, num aparelho Pye Unicam SP-9, depois de uma mineralização das cinzas com ácido clorídrico (3N).

Para a análise estatística dos resultados, recorreu-se à técnica designada por ANOVA, seguida pela aplicação do método de Duncan.

3 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas figuras 1 e 2 apresentam-se os resultados referentes aos teores de Ca e Mg, respectivamente, obtidos nas terras, no final do ensaio, podendo observar-se terem-se registado diferenças, altamente significativas ($P < 0,001$), entre as modalidades consideradas.

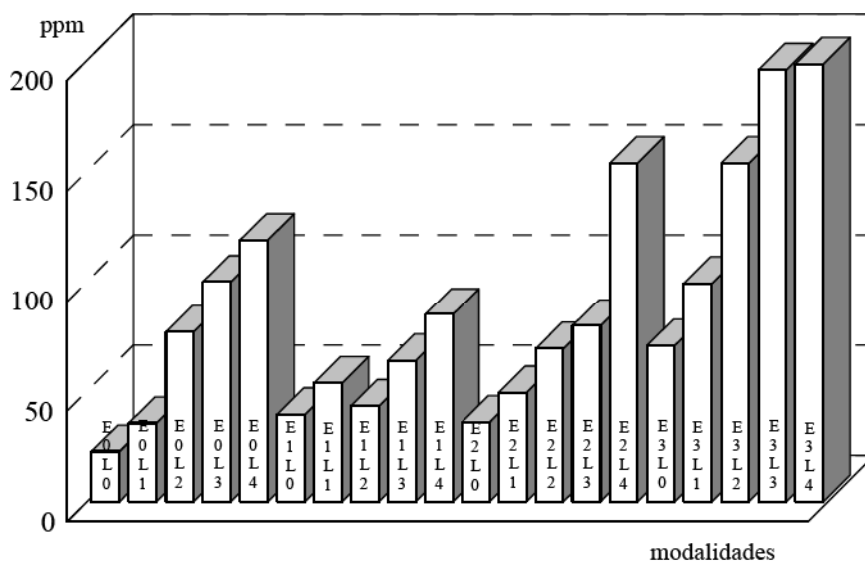


FIGURA 1 – Teores médios de cálcio nas terras no final do ensaio.

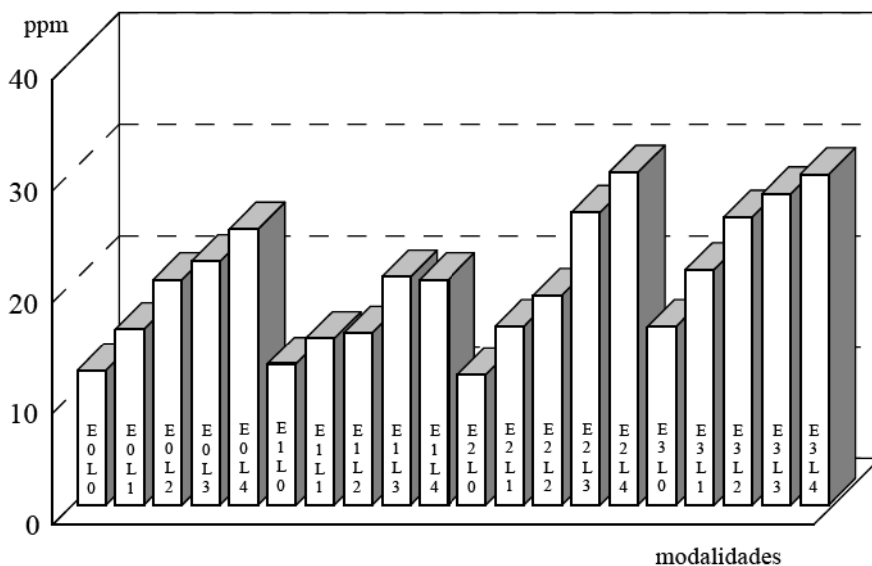


FIGURA 2 – Teores médios de magnésio nas terras no final do ensaio.

Particularmente notório, terá sido o efeito produzido pela adição de doses crescentes de lamas, a qual conduziu a um aumento dos teores de ambos os nutrientes no solo. Considerando as modalidades em que só se incorporaram lamas (modalidades E0), foi inclusivamente possível estabelecer relações altamente significativas ($P < 0,001$), entre a quantidade de lamas e o teor de Ca e Mg determinados, as quais se apresentam nas figuras 3 e 4, respectivamente.

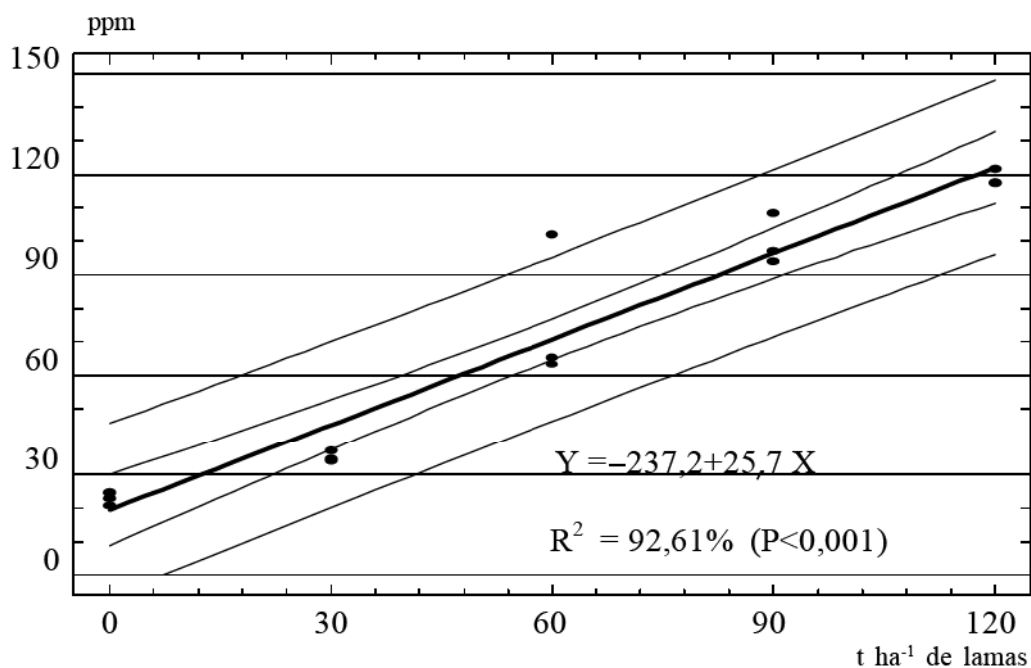


FIGURA 3 – Resposta do teor de cálcio à aplicação de lamas.

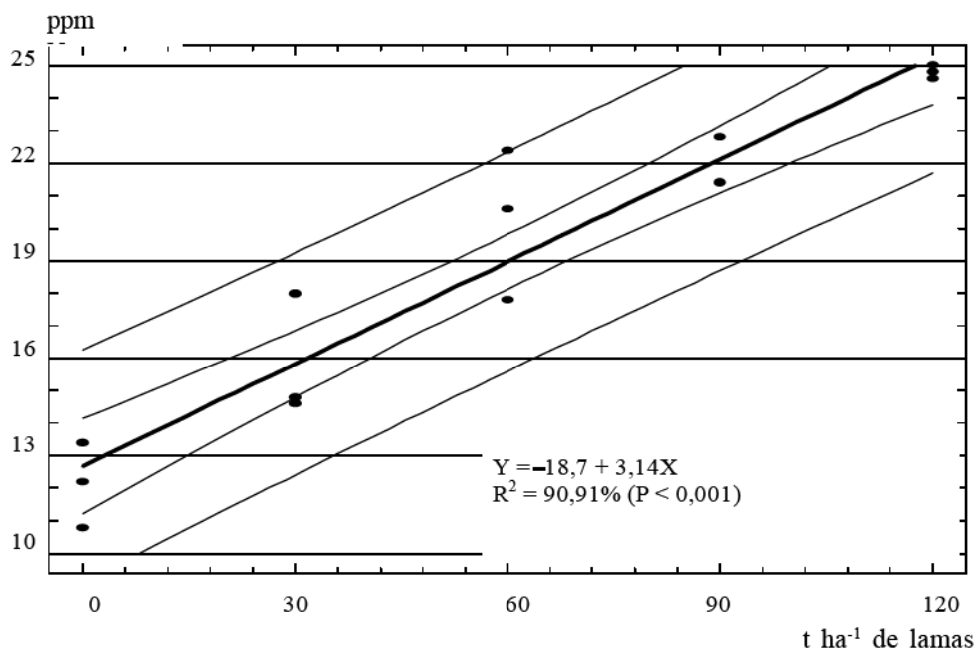


FIGURA 4 – Resposta do teor de magnésio à aplicação de lamas.

Quanto à acção do estrume, e ainda que se verifique uma tendência para o aumento, no solo, das quantidades extraíveis dos nutrientes em causa perante aplicações crescentes desse resíduo, a verdade é que tal influência não terá sido tão nítida como a que se registou para com as lamas. No entanto, deve-se notar que todas as modalidades apresentaram teores de Ca superiores à testemunha E0L0 (22,7 ppm), e que os teores de Mg mais elevados foram sempre conseguidos, independentemente do nível de lamas considerado, nas modalidades E3 (6 t ha⁻¹ de estrume).

Ainda que os teores de Ca e Mg aumentem perante adições de doses crescentes de lamas ou de estrume, parece que tal aumento poderá não assumir a mesma relevância quando a aplicação de tais resíduos se processe de forma simultânea. Como se poderá observar pelas figuras 5 e 6, uma incorporação de lamas superior a 30-60 t ha⁻¹, juntamente com pequenas quantidades de estrume (2 t ha⁻¹), pode fazer surgir no solo teores de Ca e Mg inferiores aos registados em modalidades em que unicamente se incorporam lamas.

É certo que as diferenças encontradas no ensaio, em termos práticos, não são relevantes. No entanto, tais resultados parecem estar de acordo com resultados obtidos noutra ensaio realizado pelos mesmos autores, segundo os quais poderá ocorrer, pelo menos durante um determinado período de tempo, uma redução do grau de saturação de bases por parte do solo, coincidente com uma fase de aumento do valor da capacidade de troca catiónica (CTC)

e resultante de uma incorporação de resíduos com elevado teor de matéria orgânica (referência particular às lamas).

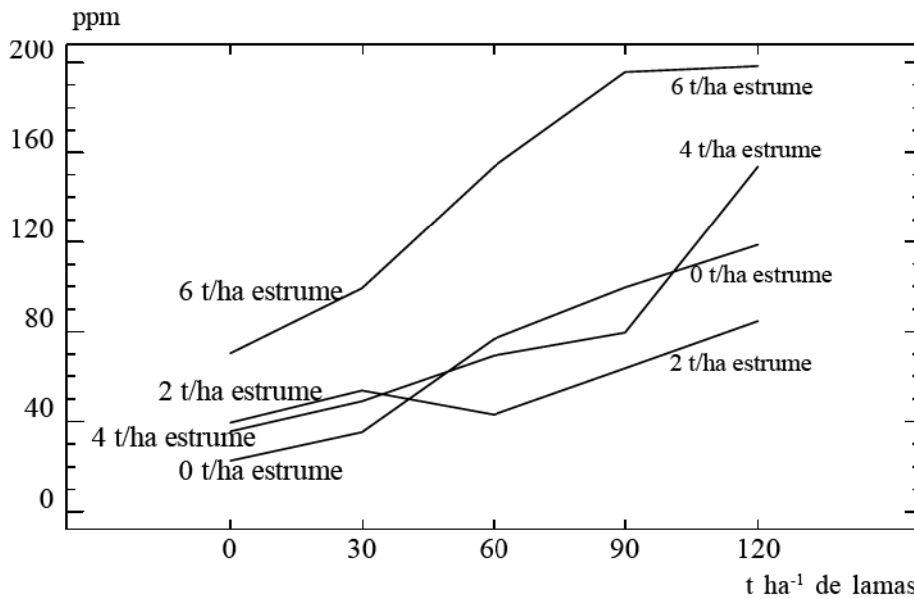


FIGURA 5 – Interação obtida entre níveis de lamas e de estrume, e o teor de cálcio.

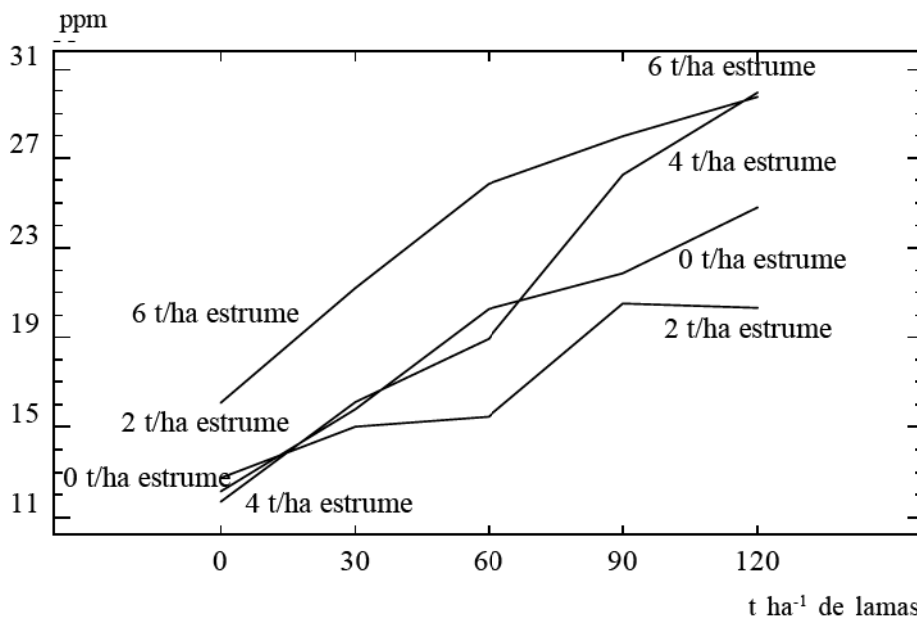


FIGURA 6 – Interação obtida entre níveis de lamas e de estrume, e o teor de magnésio.

Atendendo à composição de ambos os resíduos, uma questão que se poderia colocar, quando da sua aplicação ao solo, seria a de se verificar um aumento da relação Ca/Mg para valores que pudessem afectar o normal desenvolvimento das plantas e/ou promover o aparecimento, nos animais, da doença vulgarmente conhecida por "tetania das ervas". Considerando os re-

sultados do ensaio (figuras 7 e 8), verifica-se ter havido um aumento significativo do valor dessa relação com o aumento das quantidades de resíduos aplicadas.

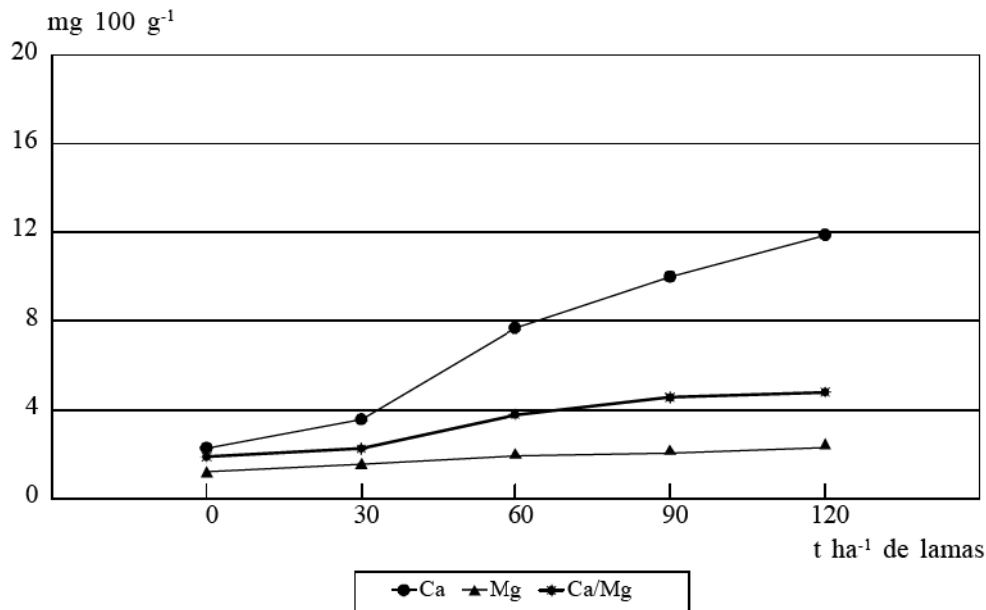


FIGURA 7 – Ca, Mg e relação Ca/Mg. Valores médios obtidos nas modalidades E0 (0 t ha⁻¹ de estrume).

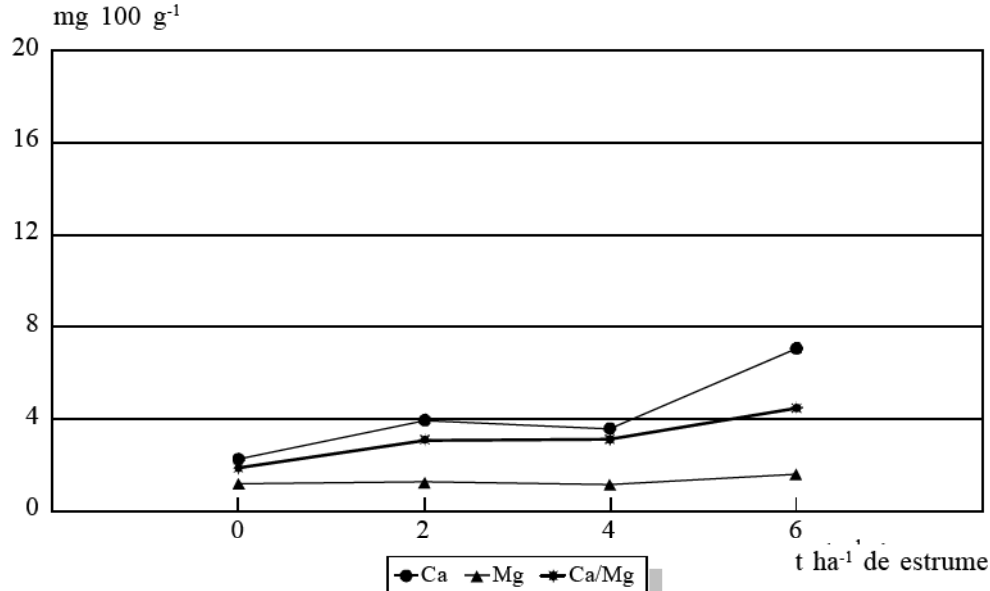


FIGURA 8 – Ca, Mg e relação Ca/Mg. Valores médios obtidos nas modalidades L0 (0 t ha⁻¹ de lamas).

Efectivamente, enquanto que na modalidade testemunha E0L0 a razão Ca/Mg encontrada foi de 1,88, nas modalidades E3L0 (6 t ha⁻¹ de estrume) e E0L4 (120 t ha⁻¹ de lamas) o valor ascendeu a 4,48 e 4,79, respectivamente.

Na tabela 4 pode observar-se que o Ca^{2+} foi um dos cátions que, proporcionalmente, maiores modificações quantitativas sofreu, tendo-se visto aumentado cerca de 30, 60 e 100% perante incorporações de 30, de 60 e de 90 t ha^{-1} de lamas, respectivamente. Ainda que o valor do Mg^{2+} tenha igualmente aumentado, em termos absolutos, em termos relativos o seu aumento ficou bastante aquém do apresentado pelo Ca^{2+} , o que resultou num aumento do valor da relação $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$ em cerca de 50%, quando em vez de 0 t ha^{-1} de lamas se incorporaram 90 t ha^{-1} . Mesmo com a incorporação de 30 t ha^{-1} , obtiveram-se valores de $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$ superiores a 4, os quais, segundo Santos (3), traduzirão prováveis deficiências de Mg em culturas mais exigentes neste nutriente.

TABELA 4 – Bases de troca no final do ensaio.

Trat.	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+	K^+
E0L0	0,797	0,202	0,088	0,024
E0L1	1,063	0,232	0,234	0,037
E0L2	1,257	0,233	0,132	0,039
E0L3	1,585	0,260	0,172	0,044
E0L4	1,623	0,299	0,144	0,045
E1L0	0,933	0,215	0,179	0,038
E1L1	1,121	0,209	0,114	0,035
E1L2	1,319	0,244	0,151	0,045
E1L3	1,680	0,277	0,268	0,055
E1L4	1,818	0,270	0,183	0,052
E2L0	0,800	0,197	0,176	0,018
E2L1	1,217	0,240	0,094	0,028
E2L2	1,228	0,222	0,205	0,028
E2L3	1,284	0,208	0,172	0,034
E2L4	1,721	0,294	0,260	0,052
E3L0	0,951	0,229	0,196	0,028
E3L1	1,123	0,251	0,157	0,026
E3L2	1,266	0,244	0,119	0,026
E3L3	1,411	0,249	0,276	0,047
E3L4	1,723	0,309	0,265	0,045

Segundo Mayland *et al.* (1974), citados por Thompson e Troeh (6), para se evitar a "tetania das ervas" deverá existir na forragem uma concentração de Mg próxima dos 0,2%. Conforme se pode constatar da tabela 5, no ensaio tal valor só foi atingido em modalidades em que ocorreu uma incorporação de lamas ou de estrume, em maior quantidade. Ou seja, a evolução da razão Ca/Mg, motivada pela incorporação dos resíduos, não terá sido no sentido de afectar negativamente a proporção de Mg nas plantas, o

que eventualmente aconteceria se estivessem a ser utilizadas lamas mais ricas em Ca e/ou mais pobres em Mg, ou estrume em maiores quantidades.

TABELA 5 – Teores de Mg (%) obtidos na análise de plantas (substância seca).

Trat.	1.º corte	2.º corte	3.º corte	4.º corte
E0L0	0,08	0,06	0,11	0,19
E0L1	0,09	0,07	0,17	0,19
E0L2	0,09	0,09	0,19	0,18
E0L3	0,09	0,10	0,22	0,18
E0L4	0,09	0,10	0,24	0,18
E1L0	0,08	0,07	0,13	0,19
E1L1	0,09	0,08	0,18	0,19
E1L2	0,09	0,10	0,21	0,18
E1L3	0,09	0,11	0,22	0,18
E1L4	0,09	0,11	0,23	0,18
E2L0	0,10	0,08	0,15	0,19
E2L1	0,11	0,09	0,18	0,18
E2L2	0,11	0,11	0,20	0,18
E2L3	0,11	0,10	0,21	0,18
E2L4	0,11	0,11	0,23	0,18
E3L0	0,10	0,09	0,15	0,20
E3L1	0,11	0,10	0,17	0,18
E3L2	0,12	0,09	0,18	0,18
E3L3	0,11	0,10	0,20	0,17
E3L4	0,11	0,10	0,23	0,19

3 – CONCLUSÕES

Em relação aos teores de Ca e Mg medidos no solo, e ainda que tais teores aumentem perante adições de doses crescentes de ambos os resíduos, há a referir que a aplicação simultânea de pequenas quantidades de estrume (até 2 t ha⁻¹) com quantidades mais elevadas de lamas (superiores a 30-60 t ha⁻¹) poderá originar um decréscimo na disponibilidade de ambos os nutrientes em relação ao que se verificaria com a aplicação só de lamas, como resultado da redução do grau de saturação de bases que é promovida, pelo menos durante um determinado período de tempo. Este aspecto, no entanto, só parece poder vir a assumir verdadeira importância quando as lamas a utilizar apresentem uma relação C/N mais elevada que a apresentada pelas aplicadas no ensaio. Por outro lado, e ao contrário do que se poderia supor inicialmente, a relação Ca/Mg não evoluiu no sentido de afectar a absorção de Mg por parte das plantas (antes pelo contrário), ainda

que os valores obtidos para a relação $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$ possam aconselhar prudência na utilização das lamas em culturas mais exigentes em Mg, ou quando se incorporem lamas mais ricas em Ca e/ou mais pobres em Mg que as aplicadas no ensaio.

BIBLIOGRAFIA

- 1 – CARNEIRO, J. P. – *Interesse Fertilizante da Aplicação Simultânea de Lamas Celulósicas e Estrume de Aviário*. Trabalho realizado para a obtenção do grau de Mestre. Instituto Superior de Agronomia, 1994.
- 2 – MARTINHO, C. F. F. G. – *Estrumes de Aviário – Possibilidades da Sua Utilização*. Relatório final de estágio. Universidade dos Açores, 1989.
- 3 – SANTOS, J. Q. – *Fertilização: Fundamentos da Utilização dos Adubos e Correctivos*. Mem Martins, Publicações Europa América, 1991. (Coleção Euroagro).
- 5 – SANTOS, J. Q.; VASCONCELOS, E.; CABRAL, F. – *Utilização de Lamas Celulósicas como Fertilizante*. "4º Encontro Nacional de Saneamento Básico", Aveiro, 1990.
- 4 – SANTOS, J. Q.; FALCÃO, L. A. – *Interesse Fertilizante das Lamas Celulósicas*. Trabalho apresentado no Seminário "O Controlo da Poluição nas Indústrias Agrárias: Benefícios Ambientais e Económicos", Lisboa, 2-3 Novembro 1992.
- 6 – THOMPSON, L. M.; TROEH, F. R. – *Soils and soil fertility*. 4th ed. New Delhi, Tata Mcgraw-Hill Publishing Company, 1979.
- 7 – VASCONCELOS, E.; CABRAL, F. – *Use and environmental implications of pulp-mill sludge as an organic fertilizer*. "Environmental Pollution", vol. 80, 1993, p. 159-162.