

ESTUDO DO EFEITO DA APLICAÇÃO DE LAMAS RESIDUAIS EM SOLOS A1 E Pg CULTIVADOS COM AZEVÉM ¹

H. Domingues *
M. R. Gusmão *
E. M. Sequeira *
J. Santos Oliveira **
O. R. Monteiro*

* Estação Agronómica Nacional. Oeiras

** Faculdade de Ciências e Tecnologia da U.N.L., Monte da Caparica.

RESUMO

Com amostras de terra de um Aluviossolo Moderno Não Calcário de textura ligeira (A1), da Quinta dos Lamaçais (Covilhã), e de um solo Litólico Não Húmico de granitos ou rochas afins (Pg) de Viseu foi feito um ensaio em vasos, com azevém (*Lolium multiforum*).

À terra do solo A1 foram adicionados quantitativos correspondentes a 39 e 78 ton/ha de lama residual da Estação de Tratamento de Águas Residuais (ETAR) de Belmonte, caracterizada por um elevado teor de Zn; à terra do solo Pg foram adicionados quantitativos correspondentes a 52 e 105 ton/ha de lama de ETAR de Viseu.

Nos dois solos, a produção de matéria seca acusou um acréscimo assinalável com a adição das lamas.

A exportação dos elementos, pelas plantas, mostrou-se muito pequena, em relação à acumulação verificada na terra.

As plantas não evidenciaram sintomas de fitotoxicidade, mesmo com a adição da lama de Belmonte que provocou acumulação de Zn nas folhas.

1) No âmbito do Projecto 156/87, financiado pela D.G.Q.A..

A aplicação destas lamas residuais conduziu a um aumento dos teores de M.O., N e P₂O₅ no solo. No solo Pg, a lama aplicada teve efeito correctivo do Ph e aumentou o teor de K₂O.

PALAVRAS CHAVE: Lamas residuais, Poluição e fertilidade do solo, Metais pesados.

INTRODUÇÃO

As Estações de Tratamento de Águas Residuais (ETARs) produzem, como resíduos, as Lamas Residuais cuja reciclagem constitui um problema actual. Pretende-se, como forma de o minimizar, o uso destas lamas na fertilização e/ou correcção de solos agrícolas.

As lamas residuais são ricas em matéria orgânica, azoto e fósforo e têm, geralmente valores de pH próximos da neutralidade, o que lhes confere a possibilidade de melhorarem a fertilidade dos solos. No entanto, os teores em metais pesados, por vezes, elevados podem condicionar o seu uso (Bloomfield *et. al.*, 1976; Chang & Broadbent, 1981; Sposito *et. al.*, 1982; Breman *et. al.*, 1984; Sposito, 1984; Brito, 1986). Assim, torna-se necessário estudar as suas características químicas, principalmente no que se refere aos metais pesados (Gabteni & Gallali, 1988) e tentar estabelecer as doses de aplicação de lamas ao solo por forma a não constituir risco ecológico (fitotoxicidade e acumulação excessiva de metais pesados no solo).

Com estes objectivos, realizou-se um ensaio de adubação com três níveis de aplicação de lamas residuais provenientes de duas ETARs (Belmonte e Viseu), em dois tipos de solos representativos, respectivamente, de cada uma das regiões onde se encontram as referidas ETARs.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado, por meio de ensaio em vasos, em estufa.

Utilizou-se terra de um Aluviossolo Moderno Não Calcário de textura ligeira (A1) da Quinta dos Lamaçais (Covilhã) e de um solo Litólico Não Húmico de granitos ou rochas afins (Pg) de Viseu, sendo as amostras, compositas, colhidas a 0-25 cm de profundidade, secas ao ar e crivadas a 2 mm (cerca de 1,6 Kg de terra, em vasos com 25 cm de diâmetro).

As lamas residuais da ETAR, de Belmonte e da ETAR de Viseu, foram incorporadas, respectivamente, nas terras dos solos A1 e Pg, depois de secas a 30°C e crivadas a 2 mm. As doses aplicadas foram estabelecidas com base no Equivalente em Zinco ($Eq_{Zn} = Zn + 8 Ni$). Este índice de poluição foi estabelecido em função dos metais que ocorrem, nas lamas, em teores mais elevados e que são mais móveis no solo segundo Davis (1979) e Williams (1982), pode ser feita uma aplicação, singular de 560 Hg Eq_{Zn}/ha num período de 30 anos, sem risco ecológico, ou a

aplicação de 1/5 do Eq_{Zn} num ano, seguido dum período de 5 anos de não fertilização e assim sucessivamente, até prefazer a quantidade máxima permitida de 560 Kg Eq_{Zn} /ha nos 30 anos. Assim, utilizaram-se 1/5 e 2/5 do Eq_{Zn} , ou seja o correspondente, respectivamente, a uma aplicação singular de lama em períodos de 5 anos (lama de Belmonte com $L_1 = 39$ t/ha e lama de Viseu com $L_1 = 52$ t/ha e de 10 anos (lama de Belmonte com $L_2 = 78$ t/ha e lama de Viseu com $L_2 = 105$ t/ha). O esquema experimental, com duas repetições, comportou uma testemunha sem lama (L_0).

Subsidiariamente ao esquema experimental, incluíu-se um tratamento de aplicação conjunta de lamas e calcário (L_{2c}) em vasos com terra do Aluvissole, onde se usou a dose L_2 de lama de Belmonte e $CaCO_3$ (3,25 g/vaso = 6t/ha, para elevar o pH, deste solo, até 6,5).

O azevém (*Lolium multiflorum* 'cv Elsa 8652') foi sujeito a três cortes, quando as plantas apresentavam uma altura média de 20 cm, ou seja, aos 21, 43 e 71 dias da cultura.

As amostras de terra, de lamas residuais e das plantas, após moenda a 200 mesh, foram sujeitas a análise segundo os métodos em uso no Dept. de Pedologia da E.A.N. (Silva *et. al.*, 1975; Domingues, 1987).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No Quadro I apresentam-se os resultados analíticos obtidos para a caracterização prévia das terras utilizadas no ensaio.

QUADRO I – Caracterização física e química prévia das amostras de terra dos solos A1 e Pg, utilizados no ensaio.

	A1	Pg		A1	Pg
Areia (%)	67,3	83,9	$P_2O_5^{(1)}$ (ppm)	99	152
Limo (%)	21,4	12,6	$K_2O^{(1)}$ (ppm)	93	148
Argila (%)	11,3	3,5	Fe total (%)	2,68	3,31
pH (H ₂ O)	4,90	5,35	Cd total (ppm)	2,0 *	3,0 **
M.O. (%)	1,70	1,30	Co total (ppm)	9,0	10,5
N total (%)	0,10	0,09	Cr total (ppm)	29,0	15,0
C/N	9,90	824	Cu total (ppm)	12,0	15,0
C.T.C. (me/100g)	9,75	7,50	Mn total (ppm)	400	535
Ca troca (me/100g)	0,95	1,25	Ni total (ppm)	6,5	nd
Mg (me/100g)	0,50	0,34	Pb total (ppm)	46,	60,0 *
Na (me/100g)	0,06	0,10	Zn total (ppm)	83,0	106,5
K (me/100g)	0,24	0,32			

(1) – Formas "assimiláveis" nd – Não detectado

* – Valor mais elevado do que o recomendado pela Directiva da CEE.

** – Valor superior ao admissível segundo a Directiva da CEE.

Pela análise dos resultados, verifica-se que estes solos são ácidos, têm percentagens de areia elevadas e a matéria orgânica (M.O.) e o azoto são relativamente baixos; com uma capacidade de troca catiónica e grau de saturação baixos; os teores de fósforo (P₂O₅) e potássio (K₂O) "assimiláveis" apresentam valores médios no solo A1 e altos no solo Pg.

No que respeita aos metais, observa-se que os teores de Cd total são mais elevados do que o limite aconselhado ou o admissível pela Directiva da CEE (1986), respectivamente, no caso de Aluviossolo da Quinta dos Lamaçais e no solo Pg de Viseu; o teor de Pb total é mais elevado do que o aconselhado por aquela Directiva, no solo Pg. Os teores de Zn total podem considerar-se elevados em ambos os solos.

Nas lamas aplicadas ao solo, cujos resultados analíticos de caracterização química se apresentam no Quadro II, verifica-se que nenhum dos elementos apresenta teores que ultrapassem os valores limite de concentração de metais permitidos pela Directiva da CEE (1986) para lamas de depuração destinadas à agricultura; os teores de Cr situam-se abaixo dos valores referidos por Williams (1988). No entanto, são de assinalar os elevados teores de Zn, particularmente na lama de Belmonte.

QUADRO II – Caracterização química das lamas ETARs de Belmonte e de Viseu, utilizadas no ensaio.

	Belmonte	Viseu		Belmonte	Viseu
Humidade (%)	4,96	5,21	Fe total (%)	1,26	1,48
M.O. (%)	49,34	47,49	Co total (ppm)	5,0	12,5
pH (H ₂ O)	6,20	6,50	Cr total (ppm)	41,0	60,0
N total (%)	2,59	2,44	Cu total (ppm)	211,5	193,5
P total (%)	0,50	0,75	Cd total (ppm)	6,0	7,5
K total (%)	0,27	0,31	Mn total (ppm)	159,5	202,5
Na total (%)	0,012	0,036	Ni total (ppm)	27,5	56,0
Ca total (%)	1,25	3,33	Pb total (ppm)	235,0	326,0
Mg total (%)	0,19	0,26	Zn total (ppm)	2225	1300

No Quadro III apresentam-se os resultados da análise foliar do azevém, cultivado no Aluviossolo (A1), e referentes aos três cortes.

Neste solo, a produção de matéria seca (M.S.) aumentou com a aplicação de lama e com as doses aplicadas, em qualquer dos cortes. Verifica-se sucessivamente, com os cortes, enquanto que nos tratamentos com lama se verifica uma manutenção (L₁) ou até, uma tendência para aumentar (L₂). No seu total, a produção da testemunha (L₀ = 2,07g) foi muito inferior à dos tratamentos com lama (L₁ = 5,06g e L₂ = 6,76 g). A aplicação de cal teve um efeito depressivo na produção (L_{2c} = 6,20 g).

Os teores de P na planta podem ser considerados deficientes em todos os tratamentos, no 1º corte, e nos L₁ e L₂, no 3º corte. Os teores de K foram normais, não se diferenciando com os tratamentos, e decresceram com os cortes. Os teores de Ca e de Fe foram sempre elevados.

QUADRO III – Resultados da análise foliar do azevém (solo Al – Lamaçais)

	1º corte				2º corte				3º corte			
	L ₀	L ₁	L ₂	L _{2c}	L ₀	L ₁	L ₂	L _{2c}	L ₀	L ₁	L ₂	L _{2c}
M.S. (g)	1,40	1,85	2,06	1,92	0,46	1,62	2,20	2,02	0,21	1,86	2,50	2,26
P (%)	0,08	0,14	0,16	0,14	0,27	0,42	0,38	0,28	0,48	0,13	0,11	0,24
K (%)	4,76	5,26	4,74	4,70	3,05	2,80	2,35	3,00	2,88	1,25	1,16	3,25
Na (%)	0,23	0,16	0,22	0,24	0,05	0,08	0,09	0,05	0,08	0,11	0,11	0,05
Ca (%)	0,74	0,83	0,92	1,24	0,70	1,08	1,26	1,25	0,58	1,23	1,45	1,20
Mg (%)	0,21	0,25	0,29	0,37	0,18	0,30	0,34	0,28	0,22	0,31	0,35	0,18
Co (ppm)	0,50	0,75	nd	1,00	nd	1,50	0,50	0,50	nd	2,00	2,50	1,00
Cr (ppm)	nd	1,25	1,25	2,50	nd	1,5	2,0	1,0	1,66	1,00	1,00	1,00
Cu (ppm)	8,75	12,75	15,50	16,5	4,78	10,50	13,00	12,00	5,84	12,50	15,00	10,00
Fe (ppm)	226	302	181	269	125	163	161	131	182	282	186	111
Mn (ppm)	158	105	64	77	187	72	43	36	275	99	49	34
Ni (%)	2,25	3,75	3,50	4,50	4,26	11,00	9,00	3,50	nd	6,00	6,50	0,50
Pb (ppm)	10,00	10,00	15,0	10,00	3,04	5,50	7,50	7,00	5,42	4,00	5,00	3,00
Zn (ppm)	34	208	276	130	34	265	350	114	39	360	415	133

Os teores de Zn e de Cu aumentaram com a aplicação e com as doses de lama. Os teores de Zn, de acordo com Reuter & Robinson (1986), foram elevados, embora não tenham ocorrido sintomas de fitotoxicidade. Este facto confirma os resultados de Sanders *et. al.*, (1986), que verificaram uma tolerância do azevém e elevadas concentrações de Zn, num ensaio em vasos. No entanto, Davis & Stark (1981) referem, em ensaios de campo, início de fitotoxicidade a partir de 200 ppm de Zn.

A aplicação de cal, como poderia ser de esperar, parece ter feito diminuir os teores dos metais na planta, principalmente o Zn.

QUADRO IV – Resultados da análise foliar do azevém (solo Pg - Viseu).

	1º corte			2º corte			3º corte		
	L ₀	L ₁	L ₂	L ₀	L ₁	L ₂	L ₀	L ₁	L ₂
M.S. (g)	1,90	2,66	2,52	0,73	2,55	3,66	0,19	1,36	2,89
P (%)	0,18	0,19	0,30	0,33	0,31	0,25	0,42	0,36	0,34
K (%)	7,22	7,25	5,55	3,25	4,50	4,70	3,32	3,60	3,85
Na (%)	0,14	0,18	0,08	0,05	0,06	0,12	0,06	0,05	0,05
Ca (%)	0,64	0,98	1,17	0,76	0,78	1,26	0,78	0,95	0,91
Mg (%)	0,21	0,32	0,32	0,22	0,23	0,37	0,29	0,26	0,26
Co (ppm)	1,00	nd	1,50	1,50	1,00	0,50	1,56	1,00	1,00
Cr (ppm)	1,75	1,00	1,00	0,5	1,0	0,5	3,21	0,50	1,00
Cu (ppm)	9,50	13,50	13,50	5,00	8,00	12,50	8,12	6,50	8,50
Fe (ppm)	243	222	123	123	95	176	115	108	99
Mn (ppm)	101	45	42	213	22	28	292	27	20
Ni (%)	1,75	2,00	3,00	3,00	1,50	2,00	0,60	2,00	2,00
Pb (ppm)	5,00	nd	5,00	4,5	6,0	7,0	8,1	3,5	2,5
Zn (ppm)	42	75	87	53	67	96	55	63	71

No Quadro IV apresentam-se os resultados da produção e da análise foliar do azevém, cultivado no solo Pg (Viseu)

Neste solo, a produção de M.S. aumentou com a aplicação de lama, em qualquer dos cortes. As doses aplicadas apenas determinaram diferenças nos dois últimos cortes. A produção no tratamento L₀ baixou sucessivamente com os cortes e, ao contrário do verificado no solo A1, nos L₁ e L₂ teve tendência a decrescer, em especial no último corte. No entanto, as diferenças entre as produções totais (L₀ = 2,82 g; L₁ = 6,57 g; L₂ = 9,07 g) foram mais acentuadas do que no solo A1.

Os teores de P foram deficientes nos tratamentos L₀ e L₁ no 1º corte. Os teores de K elevados na planta, mostraram, no 1º corte, ter havido uma maior disponibilidade deste elemento no solo na ausência de lama, situação que se inverteu nos outros cortes. Os teores de Fe, Ca e Zn foram em geral elevados, tendo o Ca e o Zn aumentado a aplicação de lama.

No Quadro V apresentam-se os valores da exportação total, relativa aos três cortes do azevém, dos elementos em estudo.

QUADRO V – Exportação total dos elementos, pelo azevém (três cortes)

	Solo A1			Solo Pg		
	L ₀	L ₁	L ₂	L ₀	L ₁	L ₂
P (mg)	3,45 c	11,80 b	14,51 a	6,63 c	17,89 b	26,45 a
K (mg)	87,51 c	165,75 b	178,00 a	167,12 c	356,58 b	423,126 a
Na (mg)	3,54 c	6,27 b	9,32 a	3,21 b	6,76 a	7,66 a
Ca (mg)	14,82 c	55,67 b	82,91 a	19,13 c	59,25 b	101,71 a
Mg (mg)	4,21 c	15,24 b	22,32 a	6,00 c	18,00 b	29,00 a
Fe (mg)	0,41 b	1,30 a	1,19 a	0,58 b	0,97 a	1,24 a
Mn (mg)	0,36 b	0,49 a	0,35 b	0,40 a	0,21 b	0,26 b
Zn (mg)	0,07 c	1,48	2,39	0,13 c	0,46 b	0,77 a
Co (µg)	0,68	7,48	6,78	3,30	3,49	8,49
Cr (µg)	0,33 b	6,40 a	9,49 a	4,32	5,79	7,19
Cu (µg)	15,69 c	63,73 b	98,52 a	23,20 c	65,00 b	104,28 a
Ni (µg)	5,08 b	35,74 a	43,15 a	5,60 b	11,97 b	20,69 a
Pb (µg)	16,55	34,89	60,71	14,06 a	19,53 a	45,53 a

A análise de variância dos dados da exportação revelou que, no caso do solo A1 da Quinta dos Lamaçais, os elementos P, K, Na, Ca, Mg, Cu, Ni e Zn apresentaram diferenças altamente significativas entre os tratamentos (L₀, L₁, L₂), sendo, estas diferenças, apenas significativas no caso de Cr, Fe e Mn e não significativas para o Co e Pb. Os valores de exportação destes elementos formaram grupos homogêneos diferentes (a, b, c), definindo exportações crescentes com as doses L₁ e L₂, à exceção do Cr, Ni e Fe, em que as doses não tiveram influência, e do Mn, que só se diferenciou com a dose L₁.

No caso do solo Pg de Viseu, as exportações de P, K, Ca, Mg, Cu e Zn mostraram diferenças altamente significativas entre os tratamentos, enquanto que em relação às do Na, Fe, Mn, Ni e Pb foram, significativas, não havendo diferenças para o Co e o Cr. Os valores de exportação destes elementos formaram grupos

diferenciados e aumentaram com as doses L₁ e L₂, excepto para o Na e Fe em que as doses não influenciaram e para o Pb onde não se formaram grupos homogêneos.

A exportação de alguns dos elementos considerados diferenciou-se, relativamente aos solos e lamas utilizados. Assim, verificou-se que: a planta apresentou selectividade para o Na e o Mn, tendo havido menor exportação quando as quantidades no solo eram mais elevadas (solo Pg); o Ni parece só se ter tornado disponível a partir de um teor (solo Pg com a dose L₂); as exportações de Pb e Cr mostraram que estes metais são pouco biodisponíveis no solo.

No Quadro VI apresentam-se os dados de caracterização química das terras dos vasos da testemunha (L₀) e dos tratamentos com as duas doses de lama (L₁ e L₂), após o ensaio.

QUADRO VI – Análise química das amostras de terra após o ensaio.

	Solo AL				Solo Pg		
	L ₀	L ₁	L ₂	L _{2c}	L ₀	L ₁	L ₂
pH (H ₂ O)	5,10	4,90	4,95	5,90	5,60	5,95	6,15
M.O. (%)	2,25	2,48	2,87	2,98	1,70	1,95	2,57
N (%)	0,101	0,106	0,108	0,152	0,075	0,082	0,112
P ₂ O ₅ ⁽¹⁾ (ppm)	82	96	115	169	82	179	322
K ₂ O (ppm)	54	41	31	63	54	77	82
Fe (%)	2,36	2,28	2,08	1,83	2,45	2,14	2,30
C.T.C. (me/100g)	11,13	12,25	12,75	12,25	6,63	8,25	8,63
Ca troca (me/100g)	1,84	2,33	2,94	4,38	1,81	3,69	4,63
Mg troca (me/100g)	0,25	0,21	0,24	0,19	0,26	0,29	0,27
Na troca (me/100g)	0,08	0,07	0,07	0,08	0,08	0,09	0,09
K troca (me/100g)	0,14	0,11	0,09	0,17	0,13	0,21	0,21
Co total (ppm)	4,5	5,0	5,0	10,0	7,0	12,0	15,0
Cr total (ppm)	15,0	15,5	14,0	14,0	7,0	7,0	9,0
Cu total (ppm)	10,0	12,0	13,0	14,0	9,0	11,0	15,0
Mn total (ppm)	285	280	292	282	341	342	342
Ni total (ppm)	9,0	9,5	11,0	9,0	2,0	3,0	5,0
Pb total (ppm)	31,5	28,5	31,0	58,0	53,0	53,0	53,0
Zn total (ppm)	81,0	97,5	121,0	168,0	102,0	119,0	148,0

(1) – Formas "assimiláveis"

No caso do solo AL, a lama fez baixar, levemente, o valor de pH. Os valores de M.O., N, P₂O₅ e Ca de troca aumentaram, progressivamente, com a aplicação de lama. Por outro lado, os valores da C.T.C. e de Mg e Na de troca não mostraram alterações apreciáveis pela adição de lama, enquanto que os teores de K baixaram de forma acentuada (até teores baixos, com a dose L₂). No que se refere aos metais, verificou-se uma leve tendência para aumentarem, sendo maior para o Zn.

Quando se aplicou cal, verificou-se, por um lado uma melhoria da fertilidade do solo (aumento dos valores de pH, Co, M.O., P₂O₅ e K₂O), por outro lado os teores de Cu, Pb e Zn no solo aumentaram.

No solo Pg, a lama teve um efeito correctivo do pH, verificando-se um incremento dos teores de Ca de troca com as doses aplicadas. Aumentos apreciáveis

tiveram, igualmente, os teores de M.O., N, P₂O₅, K₂O e Co. Os teores de Cu, Ni e essencialmente, o Zn foram mais elevados na presença de lama e aumentaram com as doses.

CONCLUSÕES

Neste estudo verificou-se que a aplicação das lamas residuais provenientes das ETARs de Belmonte e de Viseu, respectivamente, num solo Al e num Pg, fez aumentar a produção de azevém. Este aumento foi superior no solo Pg. A aplicação conjunta de lama e calcário, no solo de Al, não teve efeito sobre a produção.

A exportação dos metais, incorporados nestes solos pela aplicação das lamas, é reduzida relativamente à sua acumulação no solo.

Com teores de Zn elevados, a lama da ETAR de Belmonte, não provocou fitotoxicidade, embora o azevém apresente acumulação deste elemento nas folhas.

Verificou-se que a aplicação de lama residual conduziu, nos dois solos, a uma melhoria da fertilidade pelo aumento significativo das quantidades de M.O., N total e de P₂O₅. No solo Pg, a lama aplicada teve efeito correctivo do pH e aumentou o teor de K₂O. No solo Al, a aplicação conjunta de lama e calcário, teve efeito benéfico na fertilidade potencial do solo mas fez aumentar os seus teores de Cu, Pb e Zn.

Podemos concluir que as lamas residuais em estudo, nas presentes condições experimentais, não provocam fitotoxicidade nem determinam acumulação, para além dos limites toleráveis, de elementos tóxicos. Podem, pois, ser utilizadas como fertilizante, desde que se controlem as suas características químicas, se conheçam os solos onde irão ser utilizadas e se estabeleçam as doses a aplicar.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem os Estagiário de Investigação F. Pereira Pires a colaboração prestada na análise estatística e às Técnicas Principais M. Ema Faustino e M. Celeste Nunes e à Auxiliar Técnica M. Augusta Pinto a execução das análises químicas.

BIBLIOGRAFIA

- BLOOMFIELD, C.; KELSO, W. I.; PRUDEN, G. (1976). *Reactions between metals and humified organic matter*. J. Soil Sci., 27, p. 16-31.
- BREMAN, R. F.; CARTELL, J. W. W.; ROBSON, A. P. (1984). *Reaction of copper with soil affecting its availability to plant. Effect of incubation temperature*. Austr. Soil Res., 22, p. 169-172.

- BRITO, J. M. Carrasco (1986). *As lamas pretas como fertilizante (Contributo para o seu estudo)*. Tese para obtenção do grau de Doutor. Instituto Superior de Agronomia, Lisboa.
- CHANG, F. M.; BROADBENT, F. E. (1981). *Influence of trace metal on carbon dioxide evolution from a yolo soil*. Soil Sci., 137, p. 416-421.
- DAVIS, R. D. (1979). *Uptake of copper, nickel and zinc by crops growing in contaminated soils*. J. Sci. Agric., 30, p. 937-947.
- DAVIS, R. D.; STARK, J. H. (1981). *Effects of sewage sludge on the heavy metals content of soils and crops: field trials at Cassington and Royston*. Proceedings of the Second European Symposium, p. 687-698, Vienna.
- DIRECTIVA COM (86) 278/CEE (1986). *Directiva do Conselho relativa à protecção do ambiente, em especial solos, na utilização agrícola de lamas de depuração*. Jornal Oficial das Comunidades Europeias. Nº L 181/6 de 4/7/86.
- DOMINGUES, H. (1987). *Estágio sobre a metodologia de amostragem e análise química de elementos traços de lamas de estações de tratamento de águas residuais*. INRA, Bordeaux, 5 a 30 de Outubro de 1987 e I.R.H., Nancy, 2 a 13 de Novembro de 1987. Pedologia, Oeiras, 22, 1, 197-232.
- GABTENI, N.; GALLALI, T. (1988). *Étude expérimentale des interactions entre éléments métalliques et minéralisation de la matière organique d'une boue résiduaire ajoutée à un sol*. Cah. ORSTOM, sér. Pédol, 24, 3, 255-261.
- REUTER, D. J.; ROBINSON, J. B. (1986). *Plant analysis: an Interpretation Manual*. Inkata Press, Melbourne, Sidney.
- SANDERS, R. J.; MCGRATH, S. P.; ADMAS, T. M. (1986). *Zinc, copper and nickel concentrations in regrass grown on sewage sludge contaminated soil of different pH*. J. Sci. Food Agric., 37, p. 961-968.
- SILVA, A. A.; ALVIM, A. J.; SANTOS, M. J. (1975). *Métodos de análise de solos, plantas e águas*. Pedologia, Oeiras, 10, 3.
- SPOSITO, G. (1984). *Ion activities in soil solution*. Soil Sci. Soc. Am. J., 48, p. 531-536.
- SPOSITO, G.; LUND, R. F.; CHANG, A. C. (1982). *Trace metal chemistry in arid zone field soils amended with sewage sludge. I. Fractionation of Ni, Cu, Zn, Cd and Pb in soil phases*. Soil Sci. Soc. Am. J., 46, p. 260-264.
- WILLIAMS, J. H. (1982). *Zinc, copper and nickel suggest safe limits in sewage sludge treated soils in environmental effects of organic and inorganic contaminants in sewage sludge*. Proceedings of a Workshop at Stevenage, p. 82-90. Davis, R. P. D.; Hucker, G. & L'Hermite, P. (eds).
- WILLIAMS, J. H. (1988). *Discussion des valeurs pour le chrome dans les boues d'épuration et dans les sols*. Official Journal Nº L 181/6, 4/7/86, Contract Nº 6632/87/06.01.