

EFICIÊNCIA DA ADUBAÇÃO ORGÂNICA COM ESTERCO BOVINO E COM *Egeria densa*⁽¹⁾

Everardo Valadares de Sá Barretto Sampaio⁽²⁾, Nadja Maia Batista de Oliveira⁽³⁾ & Paula Regina Fortunato do Nascimento⁽³⁾

RESUMO

Informações sobre a eficiência de uso dos nutrientes aplicados na adubação orgânica são ainda escassas. As recuperações aparentes dos nutrientes aplicados como esterco bovino e como restos de *Egeria densa* foram comparadas. Grande massa de egéria é retirada dos lagos do sistema hidrelétrico de Paulo Afonso e seu descarte tem sido problemático. Foram feitos cinco plantios consecutivos de milho, por 45 dias cada, em casa de vegetação, após aplicação única de doses equivalentes a 0, 10, 20, 30 e 40 Mg ha⁻¹ de matéria seca. As adições de egéria e de esterco bovino aumentaram as quantidades de fitomassa seca e os conteúdos de N, P e K das plantas, de forma proporcional às doses aplicadas, porém o efeito da egéria foi 3 a 10 vezes maior que o do esterco, exceto quanto ao P, que foi semelhante. Os incrementos com a egéria começaram desde o primeiro plantio, e os do esterco, só no terceiro. No quinto plantio, ambos foram muito pequenos. A eficiência de recuperação dos nutrientes aplicados foi maior quando se utilizaram restos de egéria (N, 34–39 e 7–22 %; P, 47–103 e 9–11 %; e K, 55–76 e 26–34 %, respectivamente), mas, mesmo com a egéria, sobraram nutrientes no solo, que foram absorvidos em pequena proporção no quinto plantio. A liberação de nutrientes dos restos de egéria é mais rápida que no esterco bovino, e seu aproveitamento como adubo orgânico é recomendável.

Termos de indexação: fertilizante orgânico, planta aquática, incorporação ao solo, nutrientes

⁽¹⁾ Parte do projeto de pesquisa: Estudo do ecossistema dos reservatórios do sistema hidroelétrico de Paulo Afonso e Itaparica (Terceira Etapa). Recebido para publicação em abril de 2006 e aprovado em maio de 2007.

⁽²⁾ Professor do Departamento de Energia Nuclear, Universidade Federal de Pernambuco – UFPE. Av. Prof. Luís Freire 1000, CEP 50740-540. Recife (PE). E-mail: esampaio@ufpe.br

⁽³⁾ Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Botânica, Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE. CEP 50740-540. Recife (PE). E-mails: nmboliveira@yahoo.com.br; pfrnascimento@yahoo.com.br

SUMMARY: EFFICIENCY OF ORGANIC FERTILIZATION WITH CATTLE MANURE AND *Egeria densa*

To date, information on the efficiency of nutrients applied as organic fertilizers is scarce. Apparent recovery of nutrients applied as cattle manure or as anacharis (*Egeria densa*) residues were compared. Large masses of anacharis are removed from the reservoirs of the Paulo Afonso hydroelectric power plant and the disposal has been problematic. A pot experiment was carried out with five consecutive corn crops of 45 days each, planted after a single dry matter application (doses of 0, 10, 20, 30 and 40 Mg ha⁻¹). Incorporations of anacharis and manure resulted in increased biomass yields and in N, P and K contents proportional to the applied doses. However, the effects of anacharis were 3–10 times higher than those of manure, except for the P content, which was similar. Gains in biomass with anacharis fertilization were observed during the first crop, while those of manure were observed only in the third crop. In the fifth crop the effects of both sources were small. The nutrient recovery was also higher for anacharis than for manure (N, 34–39 % and 7–22 %; P, 47–103 % and 9–11 %; K, 55–76 % and 26–34 %, respectively). But, for both fertilization types part of the nutrients remained in the soil and only a small proportion was taken up in the last crop. Anacharis supplies more nutrients and at a faster rate than manure and its use as organic fertilizer is worthwhile.

Index terms: organic fertilizer, aquatic plant, incorporation to the soil, nutrients.

INTRODUÇÃO

A adubação orgânica com esterco bovino é uma prática milenar, tendo perdido prestígio com a introdução da adubação mineral, em meados do século 19, e retomado a importância, nas últimas décadas, com o crescimento da preocupação com o ambiente, com a alimentação saudável e com a necessidade de dar um destino apropriado às grandes quantidades produzidas em alguns países (Holanda, 1990; Blaise et al., 2005; Salazar et al., 2005). A incorporação ao solo de restos vegetais também tem longa tradição na agricultura (Ladd et al., 1983; Sampaio & Salcedo, 1993; Ganry et al., 2001; Gava et al., 2005). Inúmeros trabalhos já foram escritos sobre essas duas práticas, entretanto, são poucas as informações sobre a eficiência com que os nutrientes dos adubos orgânicos são usados pelas culturas (Delve et al., 2001; Salazar et al., 2005; Blaise et al., 2005).

O fundo dos reservatórios do Sistema Hidroelétrico do Rio São Francisco é dominado por uma planta aquática (*Egeria densa* Planchon), cujas partes se desprendem e se acumulam nas grades de contenção das turbinas, prejudicando a geração de energia (Nascimento, 2002). A limpeza periódica das grades resulta em um volume anual de até mil metros cúbicos de egéria, e o descarte dessa massa tem sido um problema para a Companhia Hidroelétrica do Rio São Francisco. Outras instituições, como a Prefeitura de Paulo Afonso, e proprietários de terras nas margens dos lagos também têm tido dúvidas sobre como descartar o material retirado da limpeza dos reservatórios infestados.

Uma das opções de descarte e uso seria a incorporação ao solo como adubação orgânica. Experimento de campo mostrou que a adubação com egéria resultou em produção de milho maior que com

esterco bovino, o adubo orgânico mais tradicional da região, mas não investigou as razões dessa superioridade (Sampaio & Oliveira, 2005). É possível que ela esteja ligada a uma maior e, ou, mais rápida disponibilização de nutrientes. A incorporação de esterco pode levar à imobilização temporária de N e as quantidades de nutrientes adicionadas não estão nas proporções requeridas pelas plantas (Holanda, 1990). No tocante à incorporação da massa de egéria como adubo, nenhum trabalho foi encontrado, além do trabalho de campo, referido anteriormente.

O objetivo deste trabalho foi suprir parte da lacuna na informação sobre a disponibilização de nutrientes do esterco bovino e da egéria. Para isso, foi montado um experimento em casa de vegetação, com plantios consecutivos, de forma a acompanhar, ao longo do tempo, a absorção por parte das plantas dos nutrientes disponibilizados pela incorporação dos dois materiais orgânicos.

MATERIAL E MÉTODOS

Uma amostra da massa de *Egeria densa* (egéria) foi trazida do reservatório de Delmiro Gouveia, parte do Complexo Hidroelétrico de Paulo Afonso, no município de mesmo nome (09° 21' 42" S e 38° 16' 19" W), na Bahia, na bacia hidrográfica do rio São Francisco (Nascimento, 2002). O material foi posto para secar ao sol e depois ensacado, pesado e transportado para a casa de vegetação do Departamento de Biologia da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), em Recife. Amostra de esterco bovino foi recolhida de uma pequena propriedade produtora de leite que fica no subúrbio de Dois Irmãos, em Recife. O esterco havia sido raspado do solo

do curral e empilhado, por cerca de um mês, até passar o período de aumento da temperatura, no processo denominado de curtição. Uma amostra da camada superficial (0 a 20 cm) de um Neossolo Regolítico raso foi recolhida em área próxima ao reservatório, em local que havia sido cultivado anteriormente com milho (*Zea mays* L.) e macaxeira (*Manihot esculenta* Crantz), até ser considerado como esgotado, em quantidade suficiente para encher 40 vasos, com quatro quilos cada um. Subamostras destes materiais e do solo foram enviadas para análises em laboratórios da UFRPE e da UFPE, seguindo os métodos recomendados pela Embrapa (1997). Os teores de N na egéria e no esterco (20 e 10 mg g⁻¹, respectivamente) foram determinados por Kjeldahl, e os de P (2 e 8 mg g⁻¹, respectivamente) e de K (29 e 9 mg g⁻¹, respectivamente), após digestão nítrico-perclórica, por colorimetria e espectrometria de chama, respectivamente. Teores de P (1 mg kg⁻¹) e de K (0,6 mmol_c kg⁻¹) do solo foram determinados como descrito anteriormente, após extração com solução de Mehlich-1. Os teores de C total, Ca e Mg foram de 3 g kg⁻¹, 3 e 1 mmol_c kg⁻¹, respectivamente. O pH em água foi de 5,3. Os teores de areia, silte e argila foram de 830, 90 e 80 g kg⁻¹, respectivamente, e a densidade global, de 1,7 kg dm⁻³.

O experimento foi montado em um delineamento inteiramente casualizado, com os tratamentos em arranjo fatorial (2 x 5), sendo dois materiais orgânicos (egéria e esterco bovino) e cinco doses de cada um deles (0, 20, 40, 60 e 80 g/vaso, equivalentes a cerca de 0, 10, 20, 30 e 40 Mg ha⁻¹ de massa seca, respectivamente), com quatro repetições. Os materiais foram incorporados em todo o volume de solo do vaso. Após incorporação foi plantado milho, cultivar BR-5026, seleção IPA, desbastando-se as plântulas para três por vaso. Decorridos 45 dias do plantio, a parte aérea das plantas foi cortada, secada em estufa a 65 °C até peso constante, pesada, moída e analisada quanto aos teores de N, P e K. O cultivo do milho foi repetido mais quatro vezes consecutivas, nos mesmos vasos, sem mais incorporação de egéria ou de esterco. O término do experimento foi estabelecido quando o tamanho das plantas nos tratamentos com incorporação não diferia, visualmente, do das plantas no tratamento testemunha. Os vasos receberam água destilada diariamente, de forma a repor a quantidade contida no solo quando na sua capacidade de campo.

As determinações dos teores de N, P e K nas plantas de milho seguiram os métodos descritos anteriormente para egéria e esterco. Os teores dos nutrientes na planta serviram para calcular os seus conteúdos, multiplicando-os pela massa da parte aérea. Deduzindo-se os conteúdos de nutrientes das testemunhas dos conteúdos das plantas dos outros tratamentos, foram calculadas as contribuições dos materiais aplicados. Com essas contribuições, divididas pelas quantidades aportadas pela egéria e pelo esterco, nas diferentes doses, foram calculadas as eficiências aparentes de recuperação do N, do P e do K aplicados.

Os dados das fitomassas e dos conteúdos e dos teores (não apresentados) de N, P e K nas plantas foram submetidos à análise de variância, segundo esquema fatorial 2 x 5 x 5, correspondendo aos dois materiais orgânicos, aos cinco cultivos e às cinco doses, com um único conjunto de testemunhas. Os efeitos das doses dentro de cada cultivo e dos cultivos dentro de cada dose, para cada um dos materiais, foram analisados por meio de regressões, determinando-se a significância dos modelos lineares e quadráticos, a 1 % de probabilidade. Também foram comparados os efeitos lineares de cada material, em cada cultivo. A produção acumulada dos cinco cultivos foi analisada de forma semelhante, excluindo-se o fator cultivo. Tanto para cada cultivo isoladamente quanto para as produções acumuladas, foram comparados os efeitos lineares dos materiais.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As fitomassas secas (Quadro 1) e as quantidades de N, P e K (Quadros 2, 3 e 4) das plantas de milho do tratamento testemunha mantiveram-se baixas e sem grande variação, ao longo dos cinco plantios. Isso indica que mesmo um solo pobre como este, cujo plantio em campo foi abandonado por ter sido considerado esgotado, pode continuar fornecendo, repetidas vezes, pequenas quantidades dos principais nutrientes. Como os teores (não mostrados) de P foram sempre relativamente altos (> 3,3 g kg⁻¹), não parece ter sido este o nutriente limitante. Já os teores altos de K no primeiro plantio (32 g kg⁻¹) e sua queda nos plantios seguintes para teores que podem ser considerados médios (13 a 18 g kg⁻¹) indicam que a disponibilidade de K pode ter sido limitante para o acúmulo de massa. Os teores de N mantiveram-se sempre em valores baixos a médios (10 a 15 g kg⁻¹), podendo também ter sido limitantes. Entretanto, outros dos nutrientes não analisados podem ter sido ainda mais limitantes que o K e o N.

A adição da massa seca de *Egeria densa* ao solo causou grande incremento nas quantidades de nutrientes e na biomassa das plantas de milho, já no primeiro plantio (Quadros 1 a 4). Na menor dose, equivalente a 10 Mg ha⁻¹, a biomassa mais que dobrou em relação à da testemunha (5 e 2 g/vaso), e, nas doses maiores, o incremento foi linear, atingindo 20 g/vaso na dose equivalente a 40 Mg ha⁻¹. No segundo plantio, o padrão foi praticamente o mesmo, com efeitos significativos linear e também quadrático, por conta do aumento proporcionalmente maior da dose mais alta. Nos plantios seguintes, o efeito da adição da egéria na biomassa foi diminuindo até se tornar não-significativo na colheita do quinto plantio, quando foi encerrado o experimento. Os aumentos nos conteúdos de nutrientes foram da mesma ordem dos aumentos de biomassa, com duas exceções: (1) os conteúdos de K quadruplicaram da testemunha para a dose mais baixa de egéria, no primeiro plantio, por conta do efeito

Quadro 1. Fitomassas secas produzidas em cinco plantios consecutivos de milho, em vasos que receberam diferentes doses de esterco ou de *Egeria densa*

Tratamento	Dose	Cultivo					Efeito ⁽¹⁾	Produção acumulada	Acréscimo em relação à testemunha
		1	2	3	4	5			
	g/vaso	mg/vaso						g/vaso	
Testemunha	0	2,1	1,6	3,0	5,0	2,2	NS	13,9	-
<i>E. densa</i>	20	5,1	4,0	6,9	6,8	2,7	Q	25,4	11,5
	40	9,6	9,1	10,2	7,7	3,2	LQ	39,9	26,0
	60	15,0	13,1	12,0	9,0	3,0	LQ	52,2	38,3
	80	20,4	22,4	13,6	8,8	2,9	LQ	68,1	54,2
Efeito ⁽¹⁾		L	LQ	LQ	L	NS		L	
Esterco	20	1,3	2,1	4,9	6,2	2,1	LQ	16,6	2,7
	40	1,9	2,1	6,6	8,1	2,9	LQ	21,6	7,7
	60	1,6	2,3	7,7	8,5	3,4	LQ	23,4	9,5
	80	1,8	2,3	7,8	9,1	3,3	LQ	24,3	10,4
Efeito		NS	NS	L	L	NS		L	
E. d x Est. ⁽²⁾		S	S	S	NS	NS		S	

⁽¹⁾ Efeito linear (L) ou quadrático (Q), significativo ou não (NS), das doses em cada cultivo, incluindo a testemunha, e dos cultivos, em cada dose, a 1%. ⁽²⁾ Significância (S) ou não (NS) das diferenças dos efeitos lineares das doses de *Egeria densa* e de esterco, para cada cultivo e para produção acumulada.

Quadro 2. Quantidades de N contidas nas plantas e recuperação aparente das quantidades aplicadas, em cinco plantios consecutivos de milho, em vasos que receberam diferentes doses de esterco ou de massa seca de *Egeria densa*

Tratamento	Dose	Cultivo					Efeito ⁽¹⁾	Produção acumulada	Acréscimo em relação à testemunha	Recuperação aparente
		1	2	3	4	5				
	g/vaso	mg/vaso						g/vaso		%
Testemunha	0	23	25	31	70	29	NS	178	0	-
<i>E. densa</i>	20	59	48	60	108	34	NS	311	132	34
	40	126	100	95	102	42	L	465	287	37
	60	189	134	109	129	50	L	610	432	37
	80	247	242	120	141	47	L	797	618	39
Efeito ⁽¹⁾		L	LQ	LQ	L	LQ		L		
Esterco	20	17	31	44	67	32	Q	192	14	7
	40	23	30	73	92	41	Q	260	82	20
	60	23	33	85	121	49	NS	312	133	22
	80	23	33	67	144	44	NS	311	133	17
Efeito		NS	L	LQ	LQ	LQ		L		
E. d x Est. ⁽²⁾		S	S	S	NS	NS		S		

⁽¹⁾ Efeito linear (L) ou quadrático (Q), significativo ou não (NS), das doses em cada cultivo, incluindo a testemunha, e dos cultivos, em cada dose, a 1%. ⁽²⁾ Significância (S) ou não (NS) das diferenças dos efeitos lineares das doses de *Egeria densa* e de esterco, para cada cultivo e para produção acumulada.

combinado do dobro da fitomassa e quase o dobro do teor, mantendo-se o aumento linear dos conteúdos nas doses mais altas; e (2) os conteúdos de P e K não aumentaram com as doses tanto no quarto quanto no quinto plantio, enquanto os de N ainda cresceram linearmente com as doses até o último plantio. Neste último plantio, os teores de K, P e N nos tratamentos com egéria foram semelhantes aos da testemunha. Portanto, a capacidade de fornecimento de nutrientes da massa de egéria parece ser muito rápida, mas também se esgota rapidamente. Essa disponibilização está de acordo com a rápida decomposição da massa de egéria, que se reduz a menos de 5 %, dois meses após incorporada ao solo (Sampaio & Oliveira, 2005).

A adição de esterco, em geral, teve respostas significativamente menores do que a de egéria (Quadros 1 a 4). No primeiro plantio, não houve ganhos nem na produção de biomassa nem nos conteúdos de N, P e K. Na verdade, as fitomassas dos tratamentos com esterco foram ligeiramente inferiores às da testemunha, embora não significativamente, e não foram mais baixas porque as plantas já vinham se recuperando do baixo crescimento das primeiras semanas, quando estavam cloróticas e mirradas. Portanto, o esterco, apesar de curtido, pareceu imobilizar nutrientes nas primeiras três ou quatro semanas posteriores à sua incorporação ao solo. No

segundo plantio, as fitomassas e os conteúdos de P dos tratamentos com esterco ainda foram semelhantes aos da testemunha, porém os conteúdos de N e K já cresceram linearmente com as doses. Os teores relativamente altos de K (27 a 35 g kg⁻¹), com pequeno reflexo em aumentos na fitomassa, sugeriram consumo de luxo, quando as plantas deveriam estar limitadas pelo suprimento de N ou outro nutriente. No terceiro e no quarto plantio, as produções de fitomassa e os conteúdos dos nutrientes aumentaram linearmente em resposta à adição de esterco, mas sem atingir os níveis que haviam sido atingidos pela adição de egéria. No quinto plantio, o efeito na fitomassa diminuiu e elas não diferiram significativamente em relação à testemunha. Os conteúdos dos nutrientes também diminuíram, embora em menor grau os de N e de P. Portanto, o efeito do esterco pareceu levar cerca de três meses para começar a atingir um nível apreciável e durou mais três meses, depois dos quais reduziu-se para um nível baixo. Como consequência, as doses, ao longo dos plantios, tenderam a ter efeito quadrático, com máximos no terceiro ou quarto plantio. As diferenças no ritmo de disponibilização de nutrientes da egéria e do esterco indicam que podem ser incorporadas proporções diferentes de cada material para sincronizar as disponibilidades com as necessidades das culturas.

Quadro 3. Quantidades de P contidas nas plantas e recuperação aparente das quantidades aplicadas, em cinco plantios consecutivos de milho, em vasos que receberam diferentes doses de esterco ou de massa seca de *Egeria densa*

Tratamento	Dose	Cultivo					Efeito	Produção acumulada	Acréscimo em relação à testemunha	Recuperação aparente
		1	2	3	4	5				
	g/vaso	mg/vaso						mg/vaso		%
Testemunha	0	11	12	10	16	12	NS	61	0	-
<i>E. densa</i>	20	20	22	17	16	13	LQ	88	28	66
	40	37	45	32	18	15	LQ	147	86	103
	60	42	50	32	16	9	LQ	149	88	70
	80	48	41	25	14	12	LQ	140	80	47
Efeito ⁽¹⁾		L	LQ	LQ	NS	NS		LQ		
Esterco	20	9	14	22	17	14	Q	76	15	9
	40	11	13	32	23	18	Q	97	36	11
	60	10	12	38	31	24	Q	116	55	11
	80	10	17	45	36	22	Q	131	70	11
Efeito		NS	NS	L	LQ	LQ		L		
E.d x Est. ⁽²⁾		S	S	NS	S	S		NS		

⁽¹⁾ Efeito linear (L) ou quadrático (Q), significativo ou não (NS), das doses em cada cultivo, incluindo a testemunha, e dos cultivos, em cada dose, a 1 %. ⁽²⁾ Significância (S) ou não (NS) das diferenças dos efeitos lineares das doses de *Egeria densa* e de esterco, para cada cultivo e para produção acumulada.

Quadro 4. Quantidades de K contidas nas plantas e recuperação aparente das quantidades aplicadas, em cinco plantios consecutivos de milho, em vasos que receberam diferentes doses de esterco ou de massa seca de *Egeria densa*

Tratamento	Dose	Cultivo					Efeito	Produção acumulada	Acréscimo em relação à testemunha	Recuperação aparente
		1	2	3	4	5				
	g/vaso	mg/vaso						mg/vaso		%
Testemunha	0	65	29	41	84	29	NS	248	0	-
<i>E. densa</i>	20	233	114	121	69	34	L	572	324	55
	40	489	276	138	58	31	LQ	992	745	64
	60	802	359	167	74	27	LQ	1.429	1.181	67
	80	1138	602	185	56	38	LQ	2.019	1.771	76
Efeito ⁽¹⁾		LQ	LQ	LQ	NS	NS		LQ		
Esterco	20	47	58	76	83	29	Q	294	47	26
	40	64	63	121	80	29	Q	356	108	30
	60	63	56	142	89	40	NS	389	141	26
	80	82	80	204	93	34	NS	493	245	34
Efeito		NS	L	L	Q	NS		L		
E. d x Est. ⁽²⁾		S	S	NS	NS	NS		S		

⁽¹⁾ Efeito linear (L) ou quadrático (Q), significativo ou não (NS), das doses em cada cultivo, incluindo a testemunha, e dos cultivos, em cada dose, a 1%. ⁽²⁾ Significância (S) ou não (NS) das diferenças dos efeitos lineares das doses de *Egeria densa* e de esterco, para cada cultivo e para produção acumulada.

Considerando as produções de fitomassa seca acumuladas, nos cinco plantios (Quadro 1), o efeito das doses de egéria foi linear, sendo três a cinco vezes maior que o do esterco. As produções de fitomassa também aumentaram com as doses de esterco, porém com pequena diferença entre as duas doses mais altas. Quanto aos conteúdos de nutrientes (Quadros 2 a 4), houve aumento linear com as doses da egéria e do esterco, sendo os efeitos da egéria 5 a 10 vezes maiores que os do esterco. No entanto, a egéria não promoveu aumentos no conteúdo de P acima da segunda dose (20 Mg ha⁻¹), de tal modo que, na dose mais alta, houve pouca diferença entre os dois materiais. Assim, a egéria parece ser uma boa fonte de K e de N quando comparada com o esterco, mas não é superior a ele quanto ao P. O esterco é reconhecido como uma boa fonte de P e, em menor grau, de N e K, porque estes últimos nutrientes, especialmente o K, são menos retidos durante o processo de digestão dos tecidos das plantas, pelos animais, e são lixiviados, enquanto o esterco curte a céu aberto (Holanda, 1990). Essas perdas refletem-se nas concentrações dos elementos no esterco, quase semelhantes para N, P e K (10, 9 e 8 g kg⁻¹ no resíduo, respectivamente), contrastando com as forragens dos animais, nas quais as concentrações de N e K costumam ser 10 vezes maiores que a de P, relação também observada na egéria (29, 2 e 20 g kg⁻¹, para N, P e K, respectivamente).

A proporção dos nutrientes contidos nos adubos que é absorvida pelas plantas, chamada de recuperação, é uma informação importante para determinação das doses a serem aplicadas. Apesar dessa importância, tem sido pouco calculada para o esterco (Salazar et al., 2005) e até para fertilizantes inorgânicos (Baligar et al., 2001), sendo desconhecida para egéria. A principal causa dessa ausência de dados é a dificuldade de separar a contribuição do adubo e do solo – só possível com o uso de técnicas isotópicas. A marcação de adubos orgânicos é difícil e, sem ela, são determinadas apenas recuperações aparentes, que só têm validade sob certas condições. O experimento permite o cálculo das recuperações aparentes porque as contribuições do solo foram conhecidas e pequenas (testemunha) e porque as contribuições dos materiais orgânicos foram pequenas ao final do quinto cultivo, tendo já passado pelos valores máximos. Na maioria dos casos, tanto para egéria quanto para esterco, as recuperações foram semelhantes nas doses crescentes (Quadros 2 a 4), indicando que a absorção pelas plantas foi proporcional às quantidades aplicadas. A única exceção foi quanto ao P da egéria, com valores sem uma tendência clara. Em todos os casos, as recuperações da egéria foram maiores que as do esterco. Em quase todos os casos, valores menores que 100 % significam que sobraram nutrientes no solo, ainda que as plantas não respondessem com maior

crescimento a partir do quinto plantio. Essa sobra poderia ser disponibilizada em plantios posteriores, mas, possivelmente, de forma lenta.

As recuperações aparentes de N, P e K do esterco ficaram em torno de 20, 10 e 30 %, respectivamente. Há referências a recuperações de N tanto abaixo quanto acima das encontradas, embora os valores acima não tenham sido muito mais altos. Salazar et al. (2005) encontraram recuperações de N variando de 0 a 34 %. Blaise et al. (2005) verificaram recuperações de 9 a 20 % só com a aplicação de esterco, porém, adicionando fertilizantes minerais e calculando pela diferença entre tratamentos com e sem esterco, as recuperações aparentes do N do esterco foram de 4 a 40 %. As recuperações que eles encontraram foram bem maiores no segundo ano de aplicação, indicando forte efeito residual. Valores negativos foram também encontrados (Delve et al., 2001), indicando imobilização do N do solo. Recuperações aparentes de P e K, calculadas a partir dos dados do trabalho de Blaise et al. (2005), variaram de 2 a 11 % para P e de 14 a 41 % para K, com aplicação isolada de esterco, subindo até 23 %, para P, e 103 %, para K, com aplicação dos fertilizantes minerais, mas também descendo a valores negativos para os dois nutrientes. As recuperações aparentes do P do esterco, calculadas a partir dos dados de Reddy et al. (1999), com cinco anos seguidos de aplicação, chegaram a 140 % com aplicação isolada de esterco, subindo a 167 % com incorporação de fertilizante mineral. Esses resultados mostram que as recuperações dos nutrientes do esterco podem variar muito e que às vezes ultrapassam 100 %, indicando efeito na disponibilização dos nutrientes do solo. Variações grandes na eficiência de uso do esterco bovino são esperadas porque ele pode ter composições muito diferentes, dependendo da alimentação dos animais e da forma como ele é recolhido, tratado e armazenado (Delve et al., 2001; Ganry et al., 2001). O aumento na disponibilização do P do solo tem sido atribuído ao decréscimo na fixação e, ou, adsorção do P nativo (Reddy et al., 1999). As faixas das recuperações aparentes de N, P e K do esterco são semelhantes às obtidas com aplicações de fertilizantes inorgânicos, em geral inferiores a 50, 10 e 40 %, respectivamente (Baligar et al., 2001), embora sejam relatados também valores de 116 % para N (Pellet & El-Sharkawy, 1997), 50 % para P (Ouyang et al., 1999) e 88 % para K (Fageria, 2000).

As recuperações aparentes de N, P e K da egéria (34–39, 47–103 e 55–76 %, respectivamente) foram bem mais altas que as do esterco, sendo as de N comparáveis às de fertilizantes inorgânicos e as de P e K até mais altas que as usualmente obtidas (Baligar et al., 2001). Não foram encontrados na literatura resultados de recuperação de P e K com a aplicação de resíduos de plantas. As recuperações de N, em geral, variam de 5 %, em material com relação C:N maior que 25, até 15 %, em material com relação C:N abaixo de 20 (Gava et al., 2005). Há vários relatos de recuperações nessa faixa, em geral calculando

recuperações reais com uso de ^{15}N (Ladd et al., 1983; Sampaio & Salcedo, 1993), mas há também referências a recuperações aparentes mais altas (até 23 %), obtidas com adição da parte aérea de leguminosas (Delve et al., 2001). As altas recuperações obtidas com a egéria comprovam que ela é um material de fácil liberação de nutrientes e tem, no caso de P, efeito na disponibilização das reservas do solo, mesmo nesse solo com teor tão baixo de P extraível.

CONCLUSÕES

1. O esterco parece causar imobilização de nutrientes do solo no primeiro mês após sua incorporação. Depois desse período, a liberação aumenta progressivamente, atingindo as maiores quantidades entre três e seis meses após a incorporação. As recuperações aparentes, pelas plantas, das quantidades aplicadas de N, P e K foram relativamente baixas, em torno de 20, 10 e 30 %, respectivamente.

2. A massa de *E. densa* libera maiores quantidades de nutrientes que o esterco já a partir dos primeiros dias da incorporação no solo. As recuperações aparentes, pelas plantas, das quantidades aplicadas de N, P e K também foram maiores que as do esterco e chegaram a 39, 103 e 76 %, respectivamente.

3. O aproveitamento, como adubo orgânico, da massa de *E. densa* retirada das grades das turbinas e da limpeza de reservatórios é recomendável, resolvendo o problema de colocação de um material até então tratado como lixo, ao mesmo tempo em que se incorporam nutrientes ao solo e se aumenta a produção agrícola.

LITERATURA CITADA

- BALIGAR, V.C.; FAGERIA, N.K. & HE, Z.L. Nutrient use efficiency in plants. *Comm. Soil Sci. Plant Anal.*, 32:921-950, 2001.
- BLAISE, D.; SINGH, J.V.; BONDE, A.N.; TEKALE, K.U. & MAYEE, C.D. Effects of farmyard manure and fertilizers on yield, fibre quality and nutrient balance of rainfed cotton (*Gossypium hirsutum*). *Biores. Technol.*, 96:345-349, 2005.
- DELVE, R.J.; CADISH, G.; TANNER, J.C.; THORPE, W.; THORNE, P.J. & GILLER, K.E. Implications of livestock feeding management on soil fertility in the smallholder farming systems of sub-Saharan Africa. *Agric., Ecosyst. Environ.*, 84:227-243, 2001.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solos. 2.ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

- FAGERIA, N.K. Eficiência no uso de potássio pelos genótipos de terras altas. *Pesq. Agropec. Bras.*, 35:2115-2120, 2000.
- GANRY, F.; FELLER, C.; HARMAND, J.M. & GUIBERT, H. Management of soil organic matter in semiarid Africa for annual cropping systems. *Nutr. Cycl. Agroecosyst.*, 61:105-118, 2001.
- GAVA, G.J.C.; TRIVELIN, P.C.O.; VITTI, A.C. & OLIVEIRA, M.W. Urea and sugarcane straw nitrogen balance in a soil-sugarcane crop system. *Pesq. Agropec. Bras.*, 40:689-695, 2005.
- HOLANDA, J.S. Esterco de curral: Composição, preservação e adubação. Natal, EMPARN, 1990. 69p. (Documentos, 17)
- LADD, J.N.; JACKSON, R.B.; AMATO, M. & BUTLER, J.H.A. Decomposition of plant material in Australian soils. I. The effect of quantity added on decomposition and on residual microbial biomass. *Austr. J. Soil Res.*, 21:563-570, 1983.
- NASCIMENTO, P.R.F. Produção de biomassa de *Egeria densa* Planchon, nos reservatórios da Hidroelétrica de Paulo Afonso – Bahia. Recife, Universidade Federal Rural de Pernambuco. 2002. 46p. (Tese de Mestrado)
- OUYANG, D.S.; MACKENZIE, A.F. & FAN, M.X. Availability of banded triple superphosphate with urea and phosphorus use efficiency by corn. *Nutr. Cycl. Agroecosyst.*, 53:237-247, 1999.
- PELLET, D.M. & EL-SHARKAWY, M.A. Cassava varietal response to fertilization: Growth dynamics and implications for cropping sustainability. *Exper. Agric.*, 33:353-365, 1997.
- REDDY, D.D.; RAO, A.S.; REDDY, K.S. & TAKKAR, P.N. Yield sustainability and phosphorus utilization in soybean-wheat system on Vertisols in response to integrated use of manure and fertilizer phosphorus. *Field Crops Res.*, 62:181-190, 1999.
- SALAZAR, F.J.; CHADWICK, D.; PAIN, B.F.; HATCH, D. & OWEN, E. Nitrogen budgets for three cropping systems fertilised with cattle manure. *Biores. Technol.*, 96:235-245, 2005.
- SAMPAIO, E.V.S.B. & OLIVEIRA, N.M.B. Aproveitamento da macrófita aquática *Egeria densa* Planchon como adubo orgânico. *Planta Daninha*, 23:169-174, 2005.
- SAMPAIO, E.V.S.B. & SALCEDO, I.H. Mineralização e absorção por milho do nitrogênio do solo, da palha de milho-(¹⁵N) e da uréia-(¹⁵N). *R. Bras. Ci. Solo*, 17:423-429, 1993.