
***Boletim de Pesquisa* 54**
e Desenvolvimento ISSN 1516-4675
Setembro, 2009

**Potencial de Uso Agrícola do
Sedimento Salino Proveniente de
Viveiro de Tilápias**





ISSN 1516-4675

Setembro, 2009

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Centro Nacional de Pesquisa de Monitoramento e Avaliação de Impacto Ambiental
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 54

Potencial de uso agrícola do sedimento salino proveniente de Viveiro de Tilápias

Célia Maria Maganhotto de Souza Silva
Francisca Guerrero Lopez
Rita Carla Boeira

Embrapa Meio Ambiente
Jaguariúna, SP
2009

Exemplares dessa publicação podem ser solicitados à:

Embrapa Meio Ambiente

Rodovia SP 340 - km 127,5 - Tanquinho Velho
Caixa Postal 69 13820-000, Jaguariúna, SP
Fone: (19) 3311-2700 Fax: (19) 3311-2640
sac@cnpma.embrapa.br
www.cnpma.embrapa.br

Comitê de Publicação da Unidade

Presidente: *Ariovaldo Luchiarí Júnior*

Secretário-Executivo: *Luiz Antônio S. Melo*

Secretário: *Sandro Freitas Nunes*

Bibliotecária: *Maria Amélia de Toledo Leme*

Membros: *Ladislau Araújo Skorupa, Heloisa Ferreira Filizola, Adriana M. M. Pires, Emília Hamada e Cláudio M. Jonsson*

Normalização Bibliográfica: *Maria Amélia de Toledo Leme*

Editoração Eletrônica: *Edislene Aparecida Bueno Ruza*

1ª edição eletrônica

(2009)

Todos os direitos reservados.

A reprodução não-autorizada desta publicação, no seu todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Silva, Célia Maria Maganhotto de Souza,

Potencial de uso agrícola do sedimento salino proveniente de viveiro de tilápias / Célia Maria Maganhotto de Souza Silva, Francisca Guerrero Lopez, Rita Carla Boeira – Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2009.
21p. – (Embrapa Meio Ambiente. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento; 54).

1. Sedimento salino. 2. Decomposição de carbono. 3. Respirometria. I. Silva, Célia Maria Maganhotto de Souza. II. Lopez, Francisca Guerrero. III. Boeira, Rita Carla. IV. Título. V. Série.

CDD 631.416

© Embrapa 2009

Sumário

Resumo	05
Abstract	06
Introdução	07
Material e Métodos	08
Resultados e Discussão	12
Conclusão	18
Referências.....	19

Potencial de uso agrícola do sedimento salino proveniente de viveiro de tilápias

Célia Maria Maganhotto de Souza Silva¹

Francisca Guerrero Lopez²

Rita Carla Boeira³

Resumo

O objetivo deste trabalho é verificar a potencialidade do uso agrícola do sedimento salino oriundo dos viveiros de cultivo de tilápia rosa. Alíquotas de Argissolo Amarelo foram misturadas ao sedimento, em diferentes doses (10, 20 e 40 t ha⁻¹). As misturas foram transferidas para frascos de respiração (500 mL), e a umidade foi ajustada para 70% da capacidade de campo. Os frascos foram incubados por 38 dias. Foram avaliados os efeitos dos tratamentos sobre a respiração microbiana e sobre as propriedades químicas e físicas do solo, antes e após o período de incubação. O sedimento, oriundo dos viveiros de cultivo de peixes mantidos com água proveniente dos dessalinizadores mostrou potencial para ser utilizado em solos ácidos, pois elevou o pH, não inibiu a atividade biológica, permitiu aporte de nitrogênio e contribuiu para a estruturação do solo.

Palavras-chave: Resíduo da aqüicultura. Decomposição do carbono. Respirometria

¹Bióloga, Doutora em Ciências Biológicas, Embrapa Meio Ambiente, Rod. SP 340, km 127,5 - Caixa Postal 69, Tanquinho Velho, 13.820-000 Jaguariúna, SP. celia@cnpma.embrapa.br

²Química, Doutora em Ciências Químicas, Universidade Politécnica de Madri - Espanha

³Engenheira Agrônoma, Doutora em Solos e Nutrição de Plantas, Embrapa Meio Ambiente, Rod. SP 340, km 127,5 - Caixa Postal 69, Tanquinho Velho, Cep.13.820-000, Jaguariúna, SP. rboeira@cnpma.embrapa.br

Potential of saline sediments from tilapia fish ponds for agricultural use

Abstract

The objective of this work was to verify the suitability of bottom sediments from tilapia fish ponds for agricultural use. Samples from an oxisol were mixed to the sediment, in different concentrations (10, 20 and 40 t ha⁻¹). The mixtures were transferred to respiration flasks (500 mL), and the moisture was adjusted to 70% of the field capacity. The flasks were incubated for 38 days. Microbial respiration, and soil chemical and physical properties were evaluated before and after the incubation period. The sediments collected from the bottom of the ponds used to culture red tilapia showed potential to raise the pH of acidic soils, contributed to improve the soil structure, and also did not inhibit biological activity and nitrogen intake.

Key words: Aquaculture sediments. Decomposition of carbon. Respirometry.

Introdução

Na região semi-árida brasileira vem-se difundindo amplamente o uso de equipamentos para dessalinização de água salobra de poços. Esses equipamentos retiram o excesso de sais da água, tornando-a potável, restando um resíduo salino. Dependendo do equipamento e da qualidade da água, o volume de rejeito gerado é variável entre 40 e 60% do volume total de água salobra que vem do poço (PORTO et al., 2001).

Várias alternativas estão sendo estudadas para a utilização desse rejeito salino, entre elas sua aplicação em tanques de cultivo de tilápia rosa (*Oreochromis* sp) e de camarão (PORTO et al., 2001; AZEVEDO et al., 2005; SOARES et al., 2006). Na criação destas espécies, geram-se dois outros resíduos: um deles é o efluente dos tanques e outro é o sedimento acumulado no fundo dos viveiros durante o ciclo de cultivo. A água proveniente dos tanques de criação pode ser utilizada na irrigação de plantas halófitas (*Atriplex nummularia* Lindl) (PORTO et al., 2001; AZEVEDO et al., 2005). O sedimento é retirado dos tanques ao final dos cultivos, mas, tecnicamente, ainda não há destino para o mesmo, ou estudos que busquem a sua utilização. Atualmente o descarte é feito nas áreas adjacentes aos tanques.

Com a difusão da tecnologia de uso de dessalinizadores e da aqüicultura na região do semi-árido brasileiro, prevê-se aumento das quantidades geradas desse sedimento, sendo necessários estudos de disposição ambiental adequada do mesmo, pois, segundo Pawlowsky (1976), os resíduos podem ser considerados matéria prima de custo zero. Uma das alternativas de uso de resíduos é a sua aplicação em solos agrícolas, desde que contenham substâncias capazes de corrigir uma ou mais propriedades do solo, que sejam desfavoráveis às plantas.

Como o sedimento do fundo desses viveiros contém sais, oriundos do rejeito dos dessalinizadores, e resíduos orgânicos e inorgânicos resultantes do processo de criação de peixes e camarão, o objetivo deste trabalho foi avaliar a viabilidade do uso agrícola de sedimento salino proveniente do fundo de viveiro de tilápia rosa.

Material e Métodos

O experimento foi realizado no Departamento de Edafologia da Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos da Universidade Politécnica de Madrid. O solo e o sedimento utilizados foram provenientes da área experimental da Embrapa Semi-Árido, localizada em Petrolina, PE, Brasil. O solo é classificado como Argissolo Amarelo eutrófico abrupto plúvico (EMBRAPA, 1999), e contém 100; 140 e 760 g kg⁻¹ de argila, silte e areia, respectivamente, com textura arenosa. A amostra de solo foi composta de 20 subamostras coletadas ao acaso, na profundidade de 0 - 10 cm, em área de preservação com vegetação natural. A amostra de sedimento do fundo do viveiro, composta por várias subamostras, foi coletada na área de descarte desse resíduo, em torno ao viveiro de aquicultura. Em laboratório, o solo foi passado em peneira com malha de 2 mm e o sedimento foi triturado até sua pulverização, em liquidificador. As amostras foram então acondicionadas em sacos plásticos e armazenadas até a realização do experimento. Algumas propriedades químicas das matrizes encontram-se nas Tabelas 1 e 2.

Tabela 1. Propriedades químicas do sedimento proveniente dos tanques de criação de tilápias.

Propriedade	Sedimento
pH em água ¹	8,2
Condutividade elétrica ¹ , dS m ⁻¹	1,7
Carbono orgânico total, g kg ⁻¹	89,2
P, mg kg ⁻¹	97,0
N total, g kg ⁻¹	8,2
N orgânico, g kg ⁻¹	8,1
N-NH ₄ ⁺ , mg kg ⁻¹	21,8
N-NO ₃ ⁻ , mg kg ⁻¹	38,0
Relação C/N	10,9
Carbonatos, %	69,5

¹ relação solo: água 1:2,5 m/v, a 25 °C

Tabela 2. Concentração de sais solúveis em extrato de saturação do Argissolo Amarelo e do sedimento proveniente dos tanques de criação de tilápias.

Sais solúveis	Solo	Sedimento
	----- mmol _c L ⁻¹ -----	
HCO ₃ ⁻	-	2,1
Cl ⁻	2,0	97,8
SO ₄ ²⁻	6,3	25,0
Soma de ânions solúveis	8,3	124,9
Ca ²⁺	3,3	33,7
Mg ²⁺	1,2	50,6
Na ⁺	1,2	20,5
K ⁺	0,3	4,8
Soma de cátions solúveis	6,0	109,6
RAS ¹ (mmol _c L ⁻¹)	1,17	4,47

¹ Razão de adsorção de sódio

Nas análises para determinação do teor de carbono orgânico total seguiu-se a metodologia que utiliza combustão da amostra a 540 °C (NELSON; SOMMERS, 1982); o teor de P foi determinado após extração de fosfato disponível com bicarbonato (OLSEN; SOMMERS, 1982). A porcentagem de desprendimento de CO₂ do resíduo equivalente ao desprendimento de CO₂ de CaCO₃ foi determinada em calcímetro, com três repetições. O teor de N total foi obtido após digestão Kjeldahl, segundo metodologia de Bremner e Mulvaney (1982); o teor de N-NH₄⁺ foi determinado em extrato 1:10 de KCl 1 mol L⁻¹ (m/v) e o teor de N-NO₃⁻ em extrato aquoso 1:10 (m/v), utilizando-se eletrodos seletivos.

Os ânions solúveis foram determinados em extrato de saturação e determinados por colorimetria, de acordo com o Standard Methods (GREENBERG et al., 1992). Os cátions solúveis Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺ e K⁺ foram determinadas em extrato de saturação, por titulometria com versanato 0,01 mol L⁻¹,

utilizando-se murexida e negro de eriocromo D como indicadores para Ca^{2+} e $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$, respectivamente. O Na^+ e o K^+ foram determinados por fotometria de emissão de chama. A razão de adsorção de sódio foi calculada segundo Ayers e Westcot (1999), utilizando-se a equação:

$$\text{SAR} = \frac{\text{Na}}{\frac{\sqrt{\text{Ca} + \text{Mg}}}{2}} \dots\dots\dots(1)$$

Onde

Na, Ca e Mg - expressos em concentração dos cátions.

O experimento de incubação do sedimento com o Argissolo foi instalado em laboratório, em delineamento experimental completamente casualizado, com três repetições. Foram avaliadas quatro doses do sedimento proveniente do viveiro, aplicadas ao Argissolo: 0; 7.000; 14.000 e 28.000 mg kg^{-1} , equivalentes à aplicação de 0; 10; 20 e 40 t ha^{-1} , considerando-se para o cálculo a camada de 10 cm e a densidade do solo de 1,43 kg dm^{-3} . As parcelas experimentais constituíram-se de frascos de respiração (500 mL) contendo 100 g de cada tratamento (solo + resíduo salino) mantidos com umidade ajustada em 70% da capacidade de campo, em banho termostático com temperatura constante de $28\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$, durante 38 dias. No decorrer da incubação, avaliou-se a respiração microbiana por meio da determinação da taxa de mineralização do carbono por respirometria, segundo o método de Gucker et al. (1968), modificado por Polo et al. (1983) e adaptado no Departamento de Edafologia da Escuela Técnica de Ingenieros Agronomos (ETSIA) de Madrid. O CO_2 evoluído dos tratamentos foi capturado em 50 mL de $\text{NaOH } 0,1\text{ mol L}^{-1}$ e quantificado por titulometria com $\text{HCl } 0,1\text{ mol L}^{-1}$, utilizando-se fenolftaleína como indicador do ponto de viragem, em 16 épocas de avaliação. Com os dados obtidos, avaliou-se a dinâmica da mineralização do C dos tratamentos, estimando-se os parâmetros

$$\text{C} = \text{K} \cdot \text{t}^m \dots\dots\dots(2)$$

onde

C - carbono desprendido acumulativamente com o tempo, em mg de C-CO_2 por 100g de amostra;

t - tempo, em dias;

K e m - constantes relacionadas com o tratamento e as condições do meio.

No início e no final do experimento foram feitas as seguintes avaliações nos tratamentos estudados, utilizando-se as metodologias citadas anteriormente, com três replicatas: pH e condutividade elétrica em extrato aquoso 1:2,5 m/v; carbono orgânico total, N total, N-NH_4^+ , N-NO_3^- e teor de P. O nitrogênio orgânico foi calculado pela diferença entre o teor de N total e o teor de N-NH_4^+ . Nos tratamentos e no sedimento foi feito o fracionamento químico das substâncias húmicas (uma replicata), segundo método de Schnitzer (1982). O extrato húmico total (EHT) foi extraído a partir de 20 g de solo ao qual foram adicionados 100 mL de $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ 0,1 mol L^{-1} e a suspensão foi agitada durante 10 minutos, centrifugada a 3.500 rpm durante 10 minutos e filtrada em papel filtro Whatman nº 42. O precipitado foi ressuspenso com 100 mL de NaOH 0,1 mol L^{-1} . Novamente a suspensão foi agitada e centrifugada nas condições já descritas. Esse processo foi repetido até que o sobrenadante apresentou cor clara. Duas alíquotas de 50 mL foram retiradas para determinação do C dos ácidos húmicos e do extrato húmico total. Uma alíquota foi acidificada a pH 1,0 com H_2SO_4 1:1, e a seguir centrifugada para a separação dos ácidos húmicos (AH). Os AH coagulados foram redissolvidos com NaOH 0,1 mol L^{-1} . A outra alíquota foi seca em banho-maria a 60 °C para determinação do teor de C do extrato húmico total. Os teores de C no extrato húmico total e nos ácidos húmicos foram determinados pelo método de Walkley-Black, após secagem em banho termostático a 60 °C, expressando-se os resultados com base em massa de matéria seca a 105 °C. O teor de C dos ácidos fúlvicos foi determinado pela diferença entre os valores encontrados no extrato húmico total e ácidos húmicos.

Para determinação do teor de carbono solúvel do sedimento foram pesados 100g do sedimento e adicionados 200 mL de água. A solução foi agitada durante 1 hora a 180 rpm e filtrada em filtro de papel Whatman nº 42. O teor de C solúvel foi determinado pelo método de Walkley-Black.

As umidades na capacidade de campo (CC) e no ponto de murcha permanente (PMP) dos tratamentos foram determinadas em cada parcela, de acordo com Embrapa (1997) e consideradas, como CC e PMP as umidades do solo nas tensões de 0,01 MPa e 1,5 MPa, respectivamente.

A estabilidade de agregados foi obtida submetendo-se as amostras de solo ao peneiramento a úmido, seguindo metodologia descrita por Kiehl (1979). Para isso, foram pesadas amostras de 25 g, que ficaram retidas na peneira de 4 mm, umedecidas com borrifador, colocadas no jogo de peneiras com malhas de 2,00; 1,00; 0,50; 0,25 e 0,10 mm, e submetidas à agitação no aparelho de Yoder, durante 15 minutos. Após o término das oscilações, o conteúdo retido em cada uma das peneiras foi seco em estufa a 105 °C, durante 24 horas, e em seguida pesado. Foram feitas três replicatas para cada amostra. Para obter o índice de estabilidade dos agregados, foi utilizada a equação (CASTRO FILHO et al., 1998):

$$IEA = \frac{(Ms - wp_{0,25} - \text{areia})}{(Ms - \text{areia})} \cdot 100 \dots\dots\dots(3)$$

em que, IEA - índice de estabilidade de agregados, %;

Ms - massa seca da amostra em g;

wp_{0,25} - massa dos agregados da classe < 0,25 mm em g.

Os dados foram submetidos à análise da variância, utilizando-se o teste de Duncan para comparação de médias ($P \leq 0,05$). Análise de regressão foi utilizada para a correlação entre os tratamentos e as variáveis mensuradas no solo.

Resultados e Discussão

Na Fig. 1 são apresentadas as curvas de geração acumulada de C-CO₂ no período experimental. Nessa Fig. pode-se observar que a decomposição do carbono orgânico foi semelhante nos tratamentos com as doses 0; 10 e 20 t ha⁻¹ do resíduo, enquanto que no tratamento com a dose de 40 t ha⁻¹ houve intensa mineralização.

Na Tabela 3 são apresentadas as estimativas dos parâmetros do modelo de mineralização e das velocidades de mineralização obtidas no experimento.

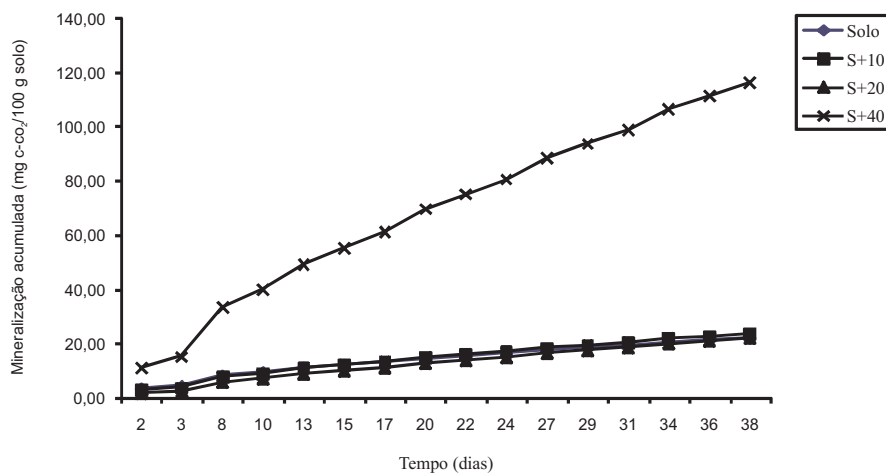


Fig. 1. Desprendimento de CO₂, acumulado, em Argissolo, incubado com doses crescentes de sedimento salino (0; 10; 20 e 40 t ha⁻¹), proveniente do viveiro de tilápia rosa, durante 38 dias.

Tabela 3. Modelo de mineralização de carbono orgânico e velocidade de mineralização nos tratamentos estudados.

⁽¹⁾ Tratamento	C=K.t ^m	⁽²⁾ r ²	⁽³⁾ dC/dt=K.m.tm ⁻¹
Solo	2,14.t ^{0,64}	0,98	1,50.t ^{0,36}
Solo + 10	1,74.t ^{0,72}	0,98	1,25.t ^{0,28}
Solo + 20	1,00.t ^{0,85}	0,98	0,85.t ^{0,15}
Solo + 40	6,35.t ^{0,8}	0,98	5,08.t ^{0,2}

(1) 10; 20 e 40 = quantidade aplicada de sedimento salino, em t ha⁻¹; (2) coeficiente de regressão; (3) velocidade de mineralização

Em todos os tratamentos avaliados, a produção acumulada de C foi adequadamente explicada pelo modelo utilizado ($r^2 = 0,98$). Nos tratamentos S; S + 10 e S + 20, o valor do produto K.m variou entre 0,85 e 1,5, e foi superior a 5 no tratamento S + 40, o qual apresentou mineralização mais intensa, provavelmente devido ao maior aporte (4 x mais), pelo sedimento, de carbono orgânico solúvel (Tabela 4). Em todos os tratamentos, o fato da constante m estimada ter sido inferior a 1, permitiu deduzir que houve maior atividade biológica no tratamento S + 40.

Tabela 4. Fracionamento do carbono orgânico, índice de nitrificação (IN), coeficiente de mineralização total (CMT) e coeficiente de nitrificação líquida (CNL) dos solos suplementados ou não com o sedimento proveniente de tanques de criação de peixes, antes e depois do período de incubação de 38 dias.

Propriedades	t = 0 dias				t = 38 dias				Sedimento
	S ^(*)	S + 10	S + 20	S + 40	S	S + 10	S + 20	S + 40	
C. EHT, g kg ⁻¹	2,0	3,0	3,0	3,0	2,0	2,0	2,0	3,0	5,0
C. AH, g kg ⁻¹	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
C. AF, g kg ⁻¹	n.d.	1,0	1,0	1,0	n.d.	n.d.	1,0	1,0	3,0
C solúvel, g kg ⁻¹	-	-	-	-	-	-	-	-	1,0
I.P	-	2	2	2	-	-	2	2	-
C. EHT/C.O.T.	0,16	0,24	0,25	0,22	0,16	0,16	0,15	0,21	-
IN	27,60a	34,66b	36,87b	34,07b	74,65c	86,72c	89,37d	91,76d	-
(**) [†] CMT ₃₈					0,49	0,43	0,59	0,75	-

C. EHT = carbono do extrato húmico total; C.AH = carbono dos ácidos húmicos; C.AF = carbono dos ácidos fúlvicos; I.P. = índice de polimerização; C.O.T. = carbono orgânico total; IN = índice de nitrificação.

S^(*) = solo; S + 10; S + 20 e S + 40 = solo suplementado com 10; 20 e 40 t de sedimento salino ha⁻¹ solo, respectivamente.

^(†)CMT = 100 x C-CO₂ desprendido/COT.

Valores seguidos da mesma letra não diferem significativamente entre si, a nível de 5% de probabilidade (Duncan).

Na Tabela 5 são apresentadas as médias obtidas para as variáveis químicas e físicas avaliadas no solo, no início (t = 0 dia) e no final do período de incubação (t = 38 dias).

Tabela 5. Propriedades químicas e físicas do solo tratado com doses crescentes de sedimento salino (10; 20 e 40 t ha⁻¹) proveniente do viveiro de tilápia rosa, no início e ao final do período de incubação.

Propriedades	t = 0 dias				t = 38 dias			
	S	S + 10	S + 20	S + 40	S	S + 10	S + 20	S + 40
pH em água ¹	5,6 c	7,1 b	7,3 ab	7,5 a	6,0 b	7,5 a	7,1 a	7,4 a
Condutividade elétrica ¹ , dS m ⁻¹	0,104 c	0,201 b	0,247 b	0,330 a	0,163 c	0,261 b	0,351 ab	0,404 a
Carbono orgânico total, g kg ⁻¹	12,3 a	12,4 a	12,2 a	13,4 a	12,4 c	12,8 bc	13,5 ab	14,3 a
P, mg kg ⁻¹	26,6 a	29,2 a	29,2 a	30,2 a	26,2 a	24,3 a	25,8 a	20,9 a
N total, g kg ⁻¹	0,5 b	0,6 b	0,8 a	0,8 a	0,7 a	0,7 a	0,8 a	0,9 a
N orgânico, g kg ⁻¹	0,49	0,59	0,79	0,69	0,67	0,70	0,80	0,87
N-NH ₄ ⁺ , mg kg ⁻¹	5,6 a	5,7 a	6,0 a	6,8 a	2,7 a	3,2 a	2,6 a	2,6 a
N-NO ₃ ⁻ , mg kg ⁻¹	2,3 d	2,9 c	5,6 b	6,3 a	7,8 c	22,8 b	21,9 b	28,7 a
Relação C/N	24,6	20,7	15,3	16,8	17,7	18,3	16,9	15,9
Teor de água em capacidade de campo, g kg ⁻¹	15,44a	16,98a	17,33a	19,26a	17,39 b	17,71 b	17,13 b	19,02 a
Teor de água no ponto de murcha permanente, g kg ⁻¹	3,58a	5,05a	5,01a	4,81a	5,18 a	4,75 a	4,82 a	5,07 a
Agregados estáveis em água, %	15,69	---	---	---	24,96 c	29,24 b	34,31 ab	41,24 a

¹ relação solo:água 1:2,5 m/v, a 25 °C; ² S = solo; 10, 20 e 40 são as quantidades equivalentes em t ha⁻¹ de sedimento aplicadas ao solo, em cada tratamento. Valores seguidos da mesma letra, na linha, não diferem significativamente entre si ($P \leq 0,05$), pelo teste de Duncan.

No início da incubação ($t = 0$ dia), os solos dos tratamentos com aplicação do resíduo salino apresentaram valores de pH superiores ao solo original (pH superior a 7,0, Tabela 5) e valores crescentes de condutividade elétrica, que aumentou de $0,104 \text{ dS m}^{-1}$ no solo original para $0,330 \text{ dS m}^{-1}$ no tratamento com 40 t ha^{-1} . No final da incubação ($t = 38$ dias), os valores de pH nos tratamentos com adição de resíduo mantiveram-se acima de 7,0, sem diferenças significativas entre as doses aplicadas. Segundo Malavolta (1981) a faixa de pH entre 6,0 e 7,0 é a ideal para a maioria das culturas cultivadas no Brasil e é onde se encontra a maior disponibilidade de nutrientes.

Considerando-se os teores de C nos tratamentos ao final da incubação, os resultados obtidos permitiram verificar que houve acúmulo do elemento quando se aplicaram as doses dos resíduos ($r = 0,90$; $P < 0,01$) (Tabela 5), embora esse indicador não seja muito preciso em função das altas quantidades de C presentes no solo.

Os tratamentos com o resíduo não afetaram os teores de N total ou amoniacal, aos 38 dias de incubação. Considerando-se os teores de N na forma mineral ($\text{N-NH}_4^+ + \text{N-NO}_3^-$) observa-se na Tabela 5, que tanto no início quanto no final da incubação ($t = 0$ e 38 dias, respectivamente), o nitrogênio na forma N-NH_4^+ não apresentou diferenças significativas entre os diferentes tratamentos. No entanto, em relação ao N-NO_3^- , foram observados valores mais baixos no período inicial, com concentrações significativamente mais altas nos solos tratados com 20 ou 40 toneladas de resíduos ha^{-1} . Após 38 dias de incubação, os valores observados nos tratamentos que receberam rejeito salino foram em média 5 vezes mais altos ($P < 0,05$).

No final da incubação, não houve acúmulo de N-NH_4^+ nos tratamentos com as doses de resíduo, evidenciando condições adequadas à nitrificação, conforme indica o índice de nitrificação (Tabela 4), calculado pela fórmula $\text{IN} = 100 * (\text{N-NO}_3^- / (\text{N-NO}_3^- + \text{N-NH}_4^+))$. No final da incubação, o IN aumentou entre 2,4 a 2,7 vezes relativamente ao início da incubação, fato indicativo de que durante a mineralização foi favorecido o processo de nitrificação (HERNANDEZ-APAOLAZA et al., 2000). Assim, o sedimento apresenta potencial fertilizante, liberando N disponível para as plantas.

No tratamento sem aplicação do resíduo, apenas 0,3% do total de N orgânico presente no solo foi mineralizado no período estudado, valor abaixo dos 2-3% normalmente encontrado em solos estáveis, o que pode ser devido ao curto período de incubação.

Nos tratamentos com as doses de 10, 20 e 40 t ha⁻¹ do resíduo, a mineralização líquida do N orgânico aplicado com o resíduo foi 28, 6 e 5%, respectivamente, ocasionando acúmulo de 28,73 mg kg⁻¹ de N na forma de nitrato no solo onde se aplicou a maior dose de resíduo.

A intensa mineralização líquida inicial no tratamento com 10 t ha⁻¹ de resíduo permite que sejam disponibilizados no solo, em curto prazo, cerca de 20 kg ha⁻¹ de N prontamente disponível às plantas (22,83 - 7,83 mg kg⁻¹; $d = 1,43$ kg dm⁻³). Embora o nitrato seja potencialmente lixiviável, considerando o clima da região semi-árida, com baixa precipitação pluviométrica, o íon pode manter-se e acumular-se na camada de solo explorada pelas raízes. Com o manejo adequado da época de aplicação do resíduo, pode-se propiciar seu aproveitamento na nutrição de cultivos agrícolas.

Em relação aos teores de fósforo lábil, foi observado que nos tratamentos que receberam maior aporte de sedimento (20 e 40 t ha⁻¹) não houve um aumento significativo deste nutriente antes e após a incubação (Tabela 5).

Também se pode verificar que a adição das doses de sedimento ao solo contribuiu significativamente ($P > 0,05$) para a formação de agregados estáveis à água, melhorando assim a estrutura do solo (Tabela 5).

A adição da maior dose do resíduo aumentou significativamente ($P < 0,05$) a capacidade de retenção de água na capacidade de campo, nos tratamentos que receberam sedimento, antes e após a incubação (Tabela 5). O mesmo comportamento foi observado para o ponto de murcha, provavelmente devido às quantidades de sais solúveis adicionadas ao solo. Os sais têm alta atração por água e podem tirar a água do solo, causando injúrias às plantas, principalmente em solos arenosos (McCAULEY et al., 2003). A maior estabilidade dos agregados de solo ($P < 0,05$) foi observada no solo suplementado com a maior dose de resíduo (40 t ha⁻¹). Nos demais tratamentos houve aumento significativo proporcional ao sedimento aplicado, quando comparados ao solo sem adição de resíduo (Tabela 5). Isso indica que a mistura solo + sedimento apresenta boas condições físicas, pois do total de agregados com diâmetro entre 1 e 2 mm existentes, inicialmente, entre ± 30 e 42%, continuaram estáveis em água. A estabilidade dos agregados está relacionada com a integridade da estrutura do solo. Solos arenosos costumam apresentar baixa estabilidade de agregados e por esse motivo são altamente susceptíveis à erosão. Os solos com agregados fracos tendem mais facilmente à compactação e redução da porosidade, o que também contribui para a menor condução de água e aumento da erosão.

Não foi observada variação na fração humificada dos tratamentos, com a adição das doses do resíduo ao solo. A distribuição do carbono no fracionamento da matéria orgânica (Tabela 4) demonstrou que não há diferenças entre o carbono do extrato húmico total, entre os solos suplementados ou não, incubados ou não. O mesmo comportamento foi observado para o carbono dos ácidos fúlvicos e húmicos. O Índice de Polimerização definido pela razão ácido húmico/ácido fúlvico, não apresentou diferenças entre os solos suplementados quando comparado ao solo inicial sem suplementação (Tabela 4). A relação carbono do extrato húmico total/carbono orgânico total indica que não existe processo de humificação porque o sedimento não é considerado um suplemento orgânico ($C\text{-EHT}/COT = 0,06$) concordante com os baixos CMT observados. Após a incubação há concordância entre os maiores IN e os maiores CMT. O tempo de incubação foi muito pequeno para que pudesse ocorrer estabilização/humificação do carbono orgânico do sedimento.

É importante salientar a necessidade de estudos posteriores sobre a utilização do resíduo sedimento em condições de campo e na adição a outros resíduos. Também é importante definir seu valor neutralizante no que diz respeito a sua equivalência em óxidos de cálcio e magnésio e o seu poder de neutralização total.

Conclusão

1. O sedimento oriundo dos tanques de criação de peixes mantidos com água proveniente de dessalinizadores não inibiu a atividade biológica do Argissolo em que foi aplicado, gerando nitrogênio mineral e fósforo assimilável. Também contribuiu ou favoreceu à formação de agregados estáveis à água .
2. A condutividade elétrica e o pH observados após o período de incubação não indicaram haver riscos de salinização e de sodificação do solo, nas doses utilizadas, em uma única aplicação, no período analisado.

Referências

AYERS, R. S.; WESTCOT, D.W. **A qualidade de água na agricultura**. 2. ed. Campina Grande: UFPB, 1999. 153 p. (FAO. Estudos Irrigação e Drenagem, 29 revisado).

AZEVEDO, C. M. da S. B.; PEDROSA, G. P.; MEDEIROS, J. F. de; NUNES, G. H. de S. Uso de *Atriplex nummularia* na extração de sais de solos irrigados com efluentes salinos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, supl., p. 300-304, 2005.

BREMNER, J. M.; MULVANEY, C. S. Nitrogen-total. In: PAGE, A. L.; MILLER, R. H.; KEENEY, D. R. (Ed.). **Methods of soil analysis, Part 2 - Chemical and microbiological properties**. 2. ed. Madison: Soil Science Society of America, 1982. p. 595-624. (Agronomy, 9).

CASTRO FILHO, C.; MUZILLI, O.; PODANOSCHI, A. L. Estabilidade dos agregados e sua relação com o teor de carbono orgânico num Latossolo Roxo distrófico, em função de sistema de plantio, rotações de culturas e métodos de preparo das amostras. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 22, n. 3, p. 527-538, 1998.

GREENBERG, A. E.; CLESCERI, L. S.; EATON, A. D. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 18. ed. New York: American Public Health Association, 1992.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro, 1997. 212 p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa - SPI, 1999. 412 p.

GUCKER, A.; ROGER, P.; JAQUIN, F. Contribution à l'utilisation des techniques radioisotopiques pour l'étude de la matière organique du sol. **Bulletin ENSA**, Nancy, v. 10, p. 69-100, 1968.

HERNANDEZ-APAOLAZA, L.; GASCÓ, J. M.; GUERRERO, F. Initial organic matter transformation of soil amended with composted sewage sludge. **Biology and Fertility of Soils**, New York, v. 32, p. 421-426, 2000.

KIEHL, E. J. **Manual de edafologia**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1979. 264 p.

MALAVOLTA, E. **Manual de química agrícola: adubos e adubação**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 1981. 594 p.

McCAULEY, A.; JONES, C.; JACOBSEN, J. Commercial fertilizers and soil amendments. In: NUTRIENT management module no.10. Billings: Montana State University, 2003. 20 p. (MSU Extension Service, 4449-10).

NELSON, D. W.; SOMMERS, L. E. Total carbon, organic carbon, and organic matter. In: PAGE, A. L.; MILLER, R. H.; KEENEY, D. R. (Ed.). **Methods of soil analysis, Part 2 - Chemical and microbiological properties**. 2. ed. Madison: ASA: SSSA, 1982. p. 539-579. (Agronomy Series, 9).

OLSEN, S. R.; SOMMERS, L. E. Phosphorus. In: PAGE, A. L.; MILLER, R. H.; KEENEY, D. R. (Ed.). **Methods of soil analysis, Part 2 - Chemical and microbiological properties**. 2. ed. Madison: ASA: SSSA, 1982. p. 403-430. (Agronomy Series, 9)

PAWLOWSKY, U. **Proteína a partir de desperdícios**. Curitiba: Administração de Recursos Hídricos, 1976. 39 p. Trabalho apresentado no 15º. Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária, Buenos Aires, 1976.

POLO, A.; ALMENDROS, G.; DORADO, E. Dispositivo de incubación para el estudio de la mineralización de la materia orgánica del suelo. **Anales de Edafología y Agrobiología**, Madrid, v. 42, p. 1335-1340, 1983.

PORTO, E. R.; AMORIM, M. C. de; SILVA JUNIOR, L.G. de A. Uso do rejeito da dessalinização de água salobra para irrigação da erva-sal (*Atriplex nummularia*). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 5, n. 1, p. 111-114, 2001.

SCHNITZER, M. Extraction, fractionation and characterization of soil organic matter. In: PAGE, A. L.; MILLER, R. H.; KEENEY, D.R. (Ed.). **Methods of soil analysis, Part 2 - Chemical and microbiological properties**. 2. ed. Madison: ASA: SSSA, 1982. p. 539-579. (Agronomy Series, 9).

SOARES, T. M.; SILVA, I. J. O. da; DUARTE, S. N.; SILVA, E. F. de F. Destinação de águas residuárias provenientes do processo de dessalinização por osmose reversa. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 10, p. 730-737, 2006.

Embrapa

Meio Ambiente

Ministério da Agricultura,
Pecuária e Abastecimento

