

**WALDIRENE BEZERRA BARCOS MORRILL**

**DESENVOLVIMENTO DO MILHETO FORRAGEIRO E SORGO SUDÃO  
CULTIVADOS EM UM SOLO EM FUNÇÃO DA APLICAÇÃO DE SORO DE LEITE**

**Recife  
2010**

**Waldirene Bezerra Barcos Morrill**

Zootecnista

**DESENVOLVIMENTO DO MILHETO FORRAGEIRO E SORGO SUDÃO  
CULTIVADOS EM UM SOLO EM FUNÇÃO DA APLICAÇÃO DE SORO DE LEITE**

**Orientador:**

Prof. Dr. **Mario Monteiro Rolim**

**Co-orientador:**

Prof. Dr. **Egídio Bezerra Neto**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal Rural de Pernambuco, para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola.

**Recife  
2010**

Ficha catalográfica

M874d Morrill, Waldirene Bezerra Barcos

Desenvolvimento do milho forrageiro e sorgo sudão  
cultivados em solo em função da aplicação de soro de leite /

Waldirene Bezerra Barcos Morrill. – 2010.

55 f. : il.

Orientador: Mário Monteiro Rolim

Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) –  
Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento  
de Tecnologia Rural, Recife, 2010.

Referências.

1. Água residuária 2. Sorgo 3. Milheto 4. Forrageira

I. Rolim, Mário Monteiro, orientador II. Título

CDD 633.2

## **AGRADECIMENTOS**

A Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Ensino Superior - CAPES pela concessão da bolsa de estudos.

Ao Prof. Dr. Mario Monteiro Rolim pelo acolhimento que tive ao ingressar no Programa de Pós-Graduação dando-me a força necessária para suportar as dificuldades que encontrei durante o período do mestrado, pelo incentivo, orientação, amizade, disponibilidade, supervisão e sugestões.

Ao Prof. Dr. Egídio Bezerra Neto pela sua valiosa colaboração, confiança, orientação e disponibilidade.

A Dra. Ralini Mélo pela sua amizade, colaboração, disponibilidade e sugestões.

Aos amigos, Adriana, Bianca, Gledson, Leila e Marcela, pela ajuda, carinho e apoio durante o meu experimento. Vocês fazem parte das melhores coisas que me aconteceram nesta vida, serei muito grata a Deus por ter conhecido vocês e mais ainda, por sermos amigos.

A todos os professores do Programa de Pós Graduação que participaram dessa nova etapa de formação.

A todos que de alguma forma contribuíram para a realização dessa dissertação e que, portanto, fazem parte desta conquista, o meu agradecimento, respeito e gratidão.

*“Ser um empreendedor,*

*É executar os sonhos, mesmo  
que haja riscos.*

*É enfrentar os problemas,  
mesmo não tendo forças.*

*É caminhar por lugares  
desconhecidos, mesmo sem  
bússola.*

*É tomar atitudes que ninguém  
tomou.*

*É ter a consciência de que quem  
vence sem obstáculos triunfa  
sem glória.*

*É não esperar uma herança,  
mas construir uma história”.*

*(Augusto Cury)*

A meus pais Arnaldo Bezerra Barcos (*in memorium*)  
e Florentina Bezerra Barcos, pelo amor que a mim  
dedicaram, pela confiança que em mim depositaram.  
Aos meus irmãos Bone, Pedro, João e Rose que sempre  
me apoiaram.

## **OFEREÇO**

Ao meu esposo Brian Morrill, pelo amor, compreensão e  
apoio em todos os momentos que precisei.

**DEDICO**

## ÍNDICES

Capitulo I.....	11
Introdução geral.....	12
Literatura citada.....	15
Capitulo II.....	17
Desenvolvimento e produção de milho forrageiro e sorgo sudão adubado com soro de leite. .....	17
Resumo.....	18
Abstract.....	18
Introdução.....	19
Material e métodos.....	21
Resultados e discussão.....	23
Conclusões.....	30
Literatura citada.....	31
Capitulo III.....	34
Alterações químicas do solo e crescimento do milho e sorgo em decorrência da aplicação de soro de leite.....	34
Resumo.....	35
Abstract.....	35
Introdução.....	36
Material e métodos.....	38
Resultados e discussão.....	40
Conclusões.....	51
Literatura citada.....	51
Considerações finais.....	54
Considerações finais.....	55

## ÍNDICES DE FIGURAS

### Capítulo II

<b>Figura 1.</b> Altura de milho (A) e sorgo (B) cultivado em função da aplicação de doses de soro de leite.....	24
<b>Figura 2.</b> MSPA de milho (A) e sorgo (B) cultivado em função da aplicação de doses de soro de leite.....	25
<b>Figura 3.</b> Teores de P de milho (A) e sorgo (B) cultivado em função da aplicação de doses de soro de leite .....	26
<b>Figura 4.</b> Teores de Na de milho (A) e sorgo (B) cultivado em função da aplicação de doses de soro de leite .....	27
<b>Figura 5.</b> Teores de K de milho (A) e sorgo (B) cultivado em função da aplicação de doses de soro de leite .....	28
<b>Figura 6.</b> Teores de Ca de milho (A) e sorgo (B) cultivado em função da aplicação de doses de soro de leite .....	29
<b>Figura 7.</b> Teores de Mg de milho (A) e sorgo (B) cultivado em função da aplicação de doses de soro de leite .....	30

### Capítulo III

<b>Figura 1.</b> MFPA de milho (A) e sorgo (B) cultivado em função da aplicação de doses de soro de leite.....	41
<b>Figura 2.</b> Teores de P no solo cultivado com milho (A) e sorgo (B) cultivado em função da aplicação de doses de soro de leite .....	42
<b>Figura 3.</b> Teores de Na no solo cultivado com milho (A) e sorgo (B) cultivado em função da aplicação de doses de soro de leite .....	43
<b>Figura 4.</b> Teores de K no solo cultivado com milho (A) e sorgo (B) cultivado em função da aplicação de doses de soro de leite .....	44
<b>Figura 5.</b> Teores de Ca no solo cultivado com milho (A) e sorgo (B) cultivado em função da aplicação de doses de soro de leite .....	45
<b>Figura 6.</b> Teores de Mg no solo cultivado com milho (A) e sorgo (B) cultivado em função da aplicação de doses de soro de leite .....	47
<b>Figura 7.</b> Matéria orgânica no solo cultivado com milho (A) e sorgo (B) cultivado em função da aplicação de doses de soro de leite .....	48
<b>Figura 8.</b> pH no solo cultivado com milho (A) e sorgo (B) cultivado em função da aplicação de doses de soro de leite .....	49
<b>Figura 9.</b> CE <sub>es</sub> no solo cultivado com milho (A) e sorgo (B) cultivado em função da aplicação de doses de soro de leite .....	50



## RESUMO GERAL

O soro do leite é um subproduto da produção de queijo, que representa 85-95% do volume do leite e retém 55% dos nutrientes. Por ser rico em minerais pode ser utilizado no solo como fonte de nutrientes para plantas e para a microbiota do solo. Diante disso, o objetivo deste estudo foi avaliar os atributos químicos do solo sob cultivo de milho e de sorgo sudão, bem como, o desenvolvimento e teores de macronutrientes presentes no milho e sorgo sudão em resposta a aplicação de doses de soro de leite no solo. O experimento foi conduzido com solo em vasos com capacidade de 8 dm<sup>3</sup> em ambiente protegido. As doses foram equivalentes a: 0, 167, 333, 667 e 1000 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de soro de leite, as quais foram determinadas com base no K presente no soro. Constituiu-se de um fatorial com duas espécies forrageiras, dois manejos de aplicação: dose total e dose parcelada (20 dias após a emergência das plantas) com quatro repetições, totalizando 80 unidades experimentais, 40 para o milho e 40 para o sorgo. Após 42 dias realizou-se a colheita das plantas, determinou-se a altura e massa fresca. Após secagem do material em estufa até atingir peso constante determinou-se a massa seca. Foi realizada trituração da massa seca para o preparo de extratos específicos para as determinações analíticas dos nutrientes, N, P, Na, K, Ca e Mg. Para o solo, foram coletadas amostras nos vasos e realizadas as análises de P disponível, Ca, Mg, K, Na trocáveis, matéria orgânica, CE<sub>es</sub> e pH no extrato da pasta de saturada. Os resultados mostraram que para produção de massa fresca e seca, para o manejo de aplicação total, a partir da dose equivalente a 667 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de soro de leite ocorreu diminuição na produção em ambas as culturas, enquanto que para aplicação parcelada a redução ocorreu a partir da dose 167 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>. Já para o solo, observou-se que com o aumento das doses, houve incrementos em todos os íons analisados, bem como na CE<sub>es</sub> e pH, sendo a dose parcelada a que mais contribuiu.

**Palavras chave:** água residuária, milho, sorgo forrageiro, laticínio

## ABSTRACT

Whey is a byproduct of cheese production, and it accounts for 85-95% of the volume of the milk used and retains 55% of the nutrients. Being rich in minerals it can be used in the soil as a source of nutrients for plants and soil microbiota. The objective of this study was to evaluate the chemical characteristics of the soil under cultivation with millet and sudan sorghum, as well as the development and content of macronutrients present in millet and sudan sorghum in response to fertilization of the soil using whey. The experiment was conducted in pots with a capacity of 8 dm<sup>3</sup> in a protected environment. The doses were equivalent to 0, 167, 333, 667 and 1000 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> of whey, determined by the amount of K present in the whey. A factorial was established based on two forage species, two different applications: single dose and dual doses (20 days after emergence of the plants) with four replications, totaling 80 experimental units: 40 of the millet and 40 of the sorghum. The plants were harvested after 42 days. The fresh weight, dry weight and height of the plants were determined. The dry mass was ground to prepare extracts for specific analytical determinations of the following nutrients: N, P, Na, K, Ca and Mg. Soil samples were collected from the vases and the available P, Ca, Mg, K, exchangeable. Na organic matter and also CE<sub>es</sub> and pH in the saturated extract paste were analyzed. There was a decrease in the production of ADM in both cultures with the single dose application starting from the 667 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> dose in both the millet and the sorghum. For the doses equivalent to 667 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, the single application promoted a higher accumulation of fresh weight for both crops. However, with the dual application the effect occurred at a dose equivalent to 333 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>. With the increase in doses, there were increases in all of the ions analyzed, as well as CE<sub>es</sub> and pH. The dual doses contributed the most to both cultures.

**Keywords:** wastewater, millet, sorghum, dairy.

## **CAPITULO I**

### **INTRODUÇÃO GERAL**

## INTRODUÇÃO GERAL

O crescimento mundial da população demanda um grande aumento na produção de alimentos, que é acompanhada da geração de vultuosas quantidades de resíduos agroindustriais, muitos dos quais apresentam elevado potencial poluidor e cuja destinação precisa ser feita de forma racional para diminuir os impactos negativos ao meio ambiente. Nos laticínios, a produção de manteigas e principalmente de queijos, dá origem ao soro de leite, que é majoritariamente constituído por água (93%), mas apresenta também cerca de 5,0% de lactose, 0,9% de proteína, 0,3% de gordura, 0,2% de ácido láctico e 0,7% de minerais (Bem-Hassan & Ghaly, 1994; Pereira et al., 2003).

Para estimar a quantidade de soro gerada na indústria de laticínios, pode-se adotar a proporção de 9 kg do subproduto para cada kg de queijo produzido (Robbins et al., 1996). No período de 1984/85, a Nova Zelândia produziu cerca de 2,5 bilhões de litros de soro (Radford et al., 1986) e em 1993, os EUA produziram 38 bilhões de litros (Robbins et al., 1996).

Os dados sobre disponibilidade do soro de queijo coalho no Brasil são altamente imprecisos, mas boa parte do queijo é produzido por pequenas empresas, que para evitarem os custos com o tratamento deste efluente e sem fiscalização efetiva das autoridades optam pela utilização parcial deste subproduto na alimentação animal, descartando o excedente diretamente nos rios. O soro também é usado na alimentação humana integrando alimentos lácteos como a ricota, bebidas lácteas (principalmente achocolatados) e biscoitos, porém, estimativas indicam que cerca de um terço do soro gerado é desperdiçado e representa uma fonte poluente dos mananciais de água (Antunes, 2003).

O crescimento das indústrias lácticas que tem como ênfase a produção de queijos cresce continuamente no território brasileiro. Em 2005 apresentou uma produção de 808 mil toneladas ABIQ (2005), o que representa 33,7% de todo leite produzido ao ano, gerando cerca de 7,2 milhões de litros de soro. Estima-se que este valor representa apenas 60% do total do mercado brasileiro, em decorrência da grande quantidade de queijos que ainda é produzida sem o conhecimento das autoridades sanitárias brasileiras.

O estado de Pernambuco é o segundo maior produtor de leite da Região Nordeste produzindo cerca de 630,3 milhões litros por ano. No entanto a produção excede essa estimativa tendo em vista que são muitos os pequenos produtores que não são registrados (De Paula, 2009).

O soro de leite é um líquido obtido durante a fabricação principalmente de queijos, mediante coagulação do leite e separação da coalhada. É utilizado pelas indústrias alimentícias, farmacêuticas e agroindústrias, em alimentos para consumo humano e animal, adubação do solo no cultivo de pastagens. Constituído de benéficos atributos físico-químicos, apresenta mais que 50% dos nutrientes contidos no leite com altas concentrações de lactose, proteínas de grande valor biológico, vitaminas e nutrientes minerais. No entanto é considerado um resíduo das indústrias lácticas quando destituído no meio ambiente, sem tratamento adequado.

O soro de leite pode ser incorporado ao solo na condição de adubo orgânico para o cultivo de plantas forrageiras, uma vez que contêm consideráveis quantidades de nitrogênio, potássio, fósforo, cálcio, matéria orgânica e micronutriente que podem ser utilizados pelas plantas.

Por ser rico em matéria orgânica, quando disposto no solo de maneira racional produz inúmeros benefícios, tanto para o solo quanto para as plantas que nele forem cultivadas. Alguns autores apontam os benefícios da matéria orgânica como agente cimentante, pois afeta diretamente as características biológicas do solo, atuando como fonte de carbono, energia e nutrientes para as plantas e microorganismos.

A adição de matéria orgânica ao solo promove uma melhoria nas características físicas do solo principalmente na agregação das partículas. Agindo diretamente sobre as partículas, a matéria orgânica age indiretamente sobre outras características físicas tais como, porosidade e aeração, capacidade de retenção e infiltração de água (Santos, 2008).

Por causa do preço elevado dos adubos minerais, estudos sobre fontes alternativas de nutrientes são de grande importância. Assim, na indústria de laticínios, o soro é o principal subproduto e, segundo Morris et al. (1985), contém  $1,5 \text{ g L}^{-1}$  de N;  $0,9 \text{ g L}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  e  $1,9 \text{ g L}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ . Essas concentrações são parecidas com as observadas por Modler (1987), que foram de 1,3, 1,1 e  $1,9 \text{ g L}^{-1}$  de N;  $\text{P}_2\text{O}_5$  e  $\text{K}_2\text{O}$ , respectivamente.

Como resultado de sua composição, a demanda bioquímica de oxigênio (DBO) do soro é elevada, e o seu descarte em cursos de água pode causar sérios danos ambientais.

O uso de forragem cultivada visa reduzir o efeito sazonal na produtividade e na qualidade das pastagens, aumentando a eficiência e a sustentabilidade produtiva e econômica da atividade pecuária. A entressafra da produção de forragem na região Nordeste provocada por suas peculiaridades climáticas, constitui para os produtores, um período do ano cheio de dificuldades para que se possa fornecer ao seu rebanho uma alimentação equilibrada do ponto de vista nutricional.

As gramíneas tropicais constituem a base alimentar dos nossos rebanhos e, dentre elas, o sorgo sudão (*Shorghum bicolor* var. *sudanense* L.) e o milheto forrageiro (*Pennisetum glaucum* L.) vêm se destacando por apresentarem maior flexibilidade de épocas de plantio, alto potencial produtivo, podendo constituir alternativas de forragem para intensificar a produção animal, em virtude de sua capacidade produtiva sob condições de baixa precipitação pluvial, caracterizando-as como plantas de crescimento rápido, produção de forragem de ótima qualidade, facilidade de produzir sementes e boa habilidade de rebrote após o pastejo ou corte.

O sorgo, originário do centro da África e parte da Ásia, tem se tornado uma alternativa para alimentação animal, especialmente em regiões de baixa disponibilidade de água, por apresentar sementes ricas em proteínas, vitaminas, hidrato de carbono e sais minerais, além de produzir plantas com elevado volume de massa verde e que apresentam tolerância à seca e a alta temperatura (Carvalho et al., 2000). De acordo com Magalhães et al. (2003), o sorgo é uma espécie do tipo C4, de dia curto e com altas taxas fotossintéticas. A grande maioria dos materiais genéticos de sorgo requer temperaturas superiores a 21°C para um bom crescimento e desenvolvimento.

O sorgo forrageiro pode se constituir em uma cultura de grande expressão para a produção animal, pelo elevado potencial produtivo, boa adequação a mecanização, reconhecida qualificação como fonte de energia para alimentação animal e grande versatilidade, podendo ser utilizado como silagem ou como corte e ainda como pastejo direto pelos animais (Montagner et al. 2005).

A planta de sorgo é adaptada ao processo de ensilagem devido às suas características fenotípicas que facilitam o plantio e colheita, sendo amplamente utilizada na alimentação de animais. Esta espécie mostrou-se viável, principalmente, em regiões onde o cultivo e o potencial produtivo da cultura do milho sofrem limitações pluviométricas (Dalla Chiesa et al. 2008).

A cultura do milho forrageiro e do sorgo sudão possuem aptidões expressivas para produção de forragem, que podem ser oferecidas aos animais na forma de feno, silagem ou pastejo.

Diante do exposto, o objetivo deste estudo foi avaliar os atributos químicos do solo sob cultivo de milho e de sorgo sudão, bem como, o desenvolvimento e teores de macronutrientes presentes no milho e sorgo sudão em resposta a aplicação de doses de soro de leite no solo

## LITERATURA CITADA

- Antunes, A.E.C.; Motta; M.P.; Antunes, A.J. Perfil de textura e capacidade de retenção de água de géis ácidos de concentrado protéico de soro de leite. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*: v.33 (supl), p.183-89, 2003.
- Associação Brasileira das Indústrias de Queijo - ABIQ. Benefícios nutricionais dos queijos. 2005.
- Bem-Hassan, R.M., Glaly, A.E., Continuous propagation of *Kluyveromyces fragilis* in cheese whey for pollution potential reduction. *Appl. Biochem. Biotechnol.* N.47, p.89-105, 1994.
- Dalla Chiesa et al. Aspectos agrônômicos de híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) no desempenho e economicidade de novilhos confinados. *Acta Sci. Anim. Sci. Maringá*, v. 30, n. 1, p. 67-73, 2008.
- Carvalho, L.Z.; Filho, S.M.; Rossetti, A.G.; Teófilo, Condicionamento osmótico em sementes de sorgo. *Revista Brasileira de Sementes*, v. 22, n 1, p.185-192, 2000.
- De Paula, L. Soro de leite em substituição á solução nutritiva no cultivo da forragem de milho (*Zea mays* L.) hidropônico. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola. Recife: UFRPE, 2009. 48p.) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2009.
- Magalhães, P.C.; Durães, F.O.M.; Rodrigues, J.A.S. *Ecofisiologia da Produção de Sorgo*. Sete Lagoas: EMBRAPA Milho e Sorgo, 2003. p. 4. (Comunicado Técnico, 86).
- Modler, H. W. The use of whey as animal feed and fertilizer. *Bulletin of the International Dairy Federation*, Brussels, n. 212, p. 111-124, 1987.

- Montagner D. B. et al. Características agronômicas e bromatológicas de cultivares avaliados no ensaio sul-rio-grandense de sorgo forrageiro. R. bras. Agrociência, Pelotas, v. 11, n. 4, p. 447-452, 2005.
- Morris, S.; Nixon, J.; Kilgon, R. Whey: feed or fertilizer. In: RUAKURA FARMERS' CONFERENCE, 37., 1985, Hamilton. Proceedings... Hamilton: New Zealand Ministry of Agriculture and Fisheries, p. 113-116, 1985.
- Parkin, M. F.; Marshall, K. R. Spray irrigation disposal of dairy factory effluent: a review of current practice in New Zealand. New Zealand Journal of Dairy Science and Technology, Palmerston North, v. 11, p. 196-205, 1976.
- Pereira, Karen Signori, et al. Produção de picolés com soro doce obtido na fabricação de queijo tipo minas frescal. Indústria de Laticínios, n. 47, p 79-81, 2003.
- Radford, J. B.; Galpin, D. B.; Parkin, M. F. Utilization of whey as a fertilizer replacement for dairy pasture. New Zealand. Journal of Dairy Science and Technology, Palmerston North, v. 21, p. 65-72, 1986.
- Robbins, C. W.; Hansen, C. L.; Roginske, M. F.; Sorensen, D. L. Extractable potassium and soluble calcium, magnesium and potassium in two whey-treated calcareous soils. Journal of Environmental Quality, Madison, v. 25, p. 791-795, 1996.
- Santos, Gabriel de A. et al. Fundamentos da matéria orgânica do solo. Porto Alegre Ed. Metrópole, p.12-13, 2008.



## **CAPÍTULO II**

### **DESENVOLVIMENTO E PRODUÇÃO DE MILHETO FORRAGEIRO E SORGO SUDÃO ADUBADO COM SORO DE LEITE**

## **DESENVOLVIMENTO E PRODUÇÃO DE MILHETO FORRAGEIRO E SORGO SUDÃO ADUBADO COM SORO DE LEITE**

**RESUMO:** Este estudo teve por objetivo a avaliação do desenvolvimento e teores de macronutrientes presentes no milheto e sorgo sudão em resposta a aplicação de doses de soro de leite no solo. O experimento foi conduzido com solo em vasos com capacidade de 8 dm<sup>3</sup> em ambiente protegido. Constou de um arranjo fatorial (2×2×5) entre duas espécies forrageiras, duas maneiras de aplicação e cinco tratamentos conduzidos com quatro repetições, totalizando 80 unidades experimentais. As doses foram equivalentes a: 0, 167, 333, 667 e 1000 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de soro de leite e foram determinadas com base no K presente no soro. O soro foi aplicado em dose total e dose parcelada (20 dias após a emergência das plantas). Após 42 dias realizou-se a colheita e determinou-se altura e massa seca da parte aérea (MSPA). Foi realizada trituração da massa seca para o preparo de extratos específicos para as determinações analíticas dos nutrientes, P, Na, K, Ca e Mg. Os resultados mostraram que para produção de massa fresca e seca, para o manejo de aplicação total, a partir da dose equivalente a 667 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de soro de leite ocorreu diminuição na produção em ambas as culturas, enquanto que para aplicação parcelada a redução ocorreu a partir da dose 167 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>

**Palavras chave:** água residuária, milheto, sorgo forrageiro

## **DEVELOPMENT AND PRODUCTIVITY OF MILLET AND SUDAN SORGHUM FORAGE FERTILIZED WITH WHEY**

**ABSTRACT:** The objective of this study was to evaluate the development, productivity and levels of macronutrients present in millet and sudan grass in response to fertilization of the soil with whey. The experiment was conducted in a greenhouse using pots with a capacity of 8 dm<sup>3</sup>. A factorial (2 × 2 × 5) based on two grass species, two ways of applying the whey and five treatments with four replications, totaling 80 experimental units was established. The doses were equivalent to 0, 167, 333, 667 and 1000 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> of whey and were determined on the basis of the amount of K<sup>+</sup> in the whey. The whey was

applied in a single dose and dual doses (20 days after emergence of the plants). The plants were harvested after 42 days and the dry weight and shoot height were determined. The dry mass was ground to prepare extracts for specific analytical determinations of the following nutrients: P, Na, K, Ca and Mg. There was a decrease in the production of ADM in both cultures starting at the 667m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> dose of whey with the single dose application, whereas the reduction in dry plant matter yield with dual applications was observed as early as the 167m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup> dose in both the millet and sorghum.

**Keywords:** wastewater, millet, sudan grass

## INTRODUÇÃO

O soro de leite é um subproduto resultante da fabricação de queijos, cuja composição química do extrato seco é aproximadamente 7 %, onde 4,5 % correspondem à lactose, 0,9 % às proteínas solúveis e 0,6 % aos sais minerais, quantidades estas dependentes dos procedimentos utilizados no processo de fabricação de queijo (Giroto *et al.*, 2001). Durante muito tempo, o soro foi considerado um resíduo de baixo ou nenhum valor comercial usado na alimentação de animais ou descartado em efluentes sem qualquer tratamento (Almeida *et al.*, 2001; Walzen *et al.*, 2002; Barbosa *et al.*, 2010).

No Brasil, a produção de bebidas lácteas é uma das principais opções de aproveitamento do soro do leite (Capitani *et al.*, 2005). Apesar de nos últimos anos, a legislação que trata da qualidade do efluente da indústria de laticínios tornou-se mais rigorosa com relação ao destino do soro de queijo, na tentativa de preservar o meio ambiente; porém 50% do soro de queijo produzido no Brasil ainda é descartado na natureza como resíduo (Silveira, 2004).

O estudo da utilização de resíduos agroindustriais no solo visando à produção de forragens tem mostrado bons resultados quanto à produtividade. Gheri (2003) ao analisar os teores nutricionais do soro de leite ácido utilizado em sua pesquisa detectou os níveis de alguns nutrientes essenciais contidos no soro ácido (N, 700; Ca, 900; Mg, 100; K, 1520; P, 500; C, 28000; S, 50, todos em mg L<sup>-1</sup>).

Por sua vez, as pastagens representam a fonte de alimento muito importante para criação de ruminantes. Desta forma, a suplementação volumosa tem se baseado na utilização de recursos forrageiros adaptados à seca. No caso de Pernambuco, a situação torna-se ainda mais drástica, tendo em vista que 83% do Estado encontram-se classificado como semi-árido. Neste contexto, o milheto forrageiro (*Pennisetum glaucum* L.) e sorgo sudão (*Shorghum bicolor* var. *sudanense* L.) vêm se destacando por apresentarem maior flexibilidade de épocas de plantio, alto potencial produtivo, podendo constituir alternativas de forragem para intensificar a produção animal, principalmente em épocas de escassez de alimento (Simili et al., 2008).

Segundo Guimarães et al. (2005), o milheto apresenta grande potencial forrageiro, pelo seu alto valor nutritivo e sua grande versatilidade de utilização. Sendo uma cultura de fácil instalação que requer poucos insumos, pois a planta tem um sistema radicular profundo e vigoroso, o que a torna eficiente no uso de água e nutrientes (Payne, 2000). Sendo ainda, um cereal de grande importância mundial, considerado uma excelente alternativa para a produção de grãos e forragem (Café et al., 2002).

Ainda, de acordo com, o milheto forrageiro apresenta acentuada produção de forragem, que pode chegar a 20 t ha<sup>-1</sup> de massa seca ao longo do seu ciclo de crescimento. É uma planta que se adapta a solos de baixa fertilidade, resistente à seca e calor excessivo, possuindo crescimento rápido e sistema radicular profundo. Apresenta bom desenvolvimento em solos ácidos e com baixo teor de matéria orgânica sendo promissor para muitos solos brasileiros (Castro, 2002; Ingrid & Moojen, 2002).

Por outro lado, o sorgo é uma gramínea rústica de rápido crescimento e bastante utilizada sob diversas formas em todo o mundo. De acordo com Reis (1999) apresenta grande potencial de produção de forragem na região Nordeste, por sua capacidade de adaptação, tolerância a temperaturas elevadas e também por possuir características de xerofilia. Para Oliveira et al. (2002), esse diferencial é importante em sistemas de produção em regiões sujeitas a secas e que não disponham de irrigação. Em termos de produtividade média de sorgo no Brasil ainda é considerada baixa, girando em torno de 2.276 kg ha<sup>-1</sup> de grãos. Sendo as precipitações irregulares, a fertilidade do solo e as baixas aplicações de fertilizantes os principais fatores responsáveis pela baixa produtividade nas áreas destinadas à produção dessas plantas (Aguilar et al., 2007).

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o desenvolvimento, produtividade e teores de macronutrientes presentes no milho forrageiro (*Pennisetum glaucum* L.) e sorgo sudão (*Shorghum bicolor* var. sudanense L.) em resposta a aplicação de doses de soro de leite no solo.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em ambiente protegido com duração de 42 dias, no Departamento de Tecnologia Rural da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), no período de outubro a novembro de 2009.

O soro de leite utilizado foi do tipo doce resultante da fabricação de queijo de coalho, fornecido pela Fazenda Roçadinho, localizada no município de Capoeiras, PE. A determinação química do soro (Tabela 1) foi realizada no Laboratório de Análises Agrícolas (LAGRI). Para análise foi fornecida uma alíquota de 50 mL de soro de leite obtida após filtragem em papel filtro quantitativo, seguida por uma centrifugação a 14.000 rpm durante 15 minutos.

**Tabela 1.** Composição química do soro de leite

Característica	Valores
Nitrogênio (mg L <sup>-1</sup> )	860
Fósforo (mg L <sup>-1</sup> )	300
Potássio (mg L <sup>-1</sup> )	1500
Sódio (mg L <sup>-1</sup> )	370
Cálcio (mg L <sup>-1</sup> )	220
Magnésio (mg L <sup>-1</sup> )	180
Condutividade elétrica (dS m <sup>-1</sup> )	5,5
pH	4,1
RAS* (mmol L <sup>-1</sup> ) <sup>1/2</sup>	4,48

\* Foi obtida utilizando a fórmula:  $RAS = Na / [(Ca + Mg) / 2]^{1/2}$

O solo utilizado foi proveniente da fazenda Roçadinho, classificado como Neossolo Regolítico distrófico e coletado na camada de 0 a 20 cm. Para realização das análises física e de fertilidade do solo, foram coletas cinco amostras simples por meio de gradagem, misturadas formando uma amostra composta que foi seca ao ar e passada em peneira de malha 2 mm. A caracterização química e física do solo (Tabela 2) foi realizada nos Laboratórios de Fertilidade do Solo e Física do Solo, ambas pertencentes à UFRPE seguindo os métodos descritos pela Embrapa (1999).

Como culturas utilizou-se o milho forrageiro (*Pennisetum glaucum* L.), cultivar Bulk 1 e sorgo sudão (*Shorghum bicolor* var. sudanense L.). As sementes de ambas as culturas foram fornecidas pelo Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA).

Foram conduzidos dois ensaios simultaneamente, o delineamento foi inteiramente ao acaso com arranjo fatorial 2×5×4, onde foram analisados dois manejos (dose total e parcelada), cinco níveis de soro (0, 167, 333, 667, 1000 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, respectivamente) com quatro repetição totalizando 80 unidades experimentais. As doses de soro foram determinadas com base na quantidade de K presente no soro e levou em consideração a análise química do solo. Foram 80 vasos com capacidade para 8 dm<sup>3</sup>, os quais foram perfurados e colocados um dreno na parte inferior; antes de receber o solo, foi colocado brita e manta geotêxtil no fundo do vaso. A massa de solo colocada em cada vaso foi determinada com base na densidade do solo e no volume do vaso, totalizando uma massa por vaso de 10,5 kg. Após a colocação do solo nos vasos, fez-se a saturação ascendente com água. Os vasos foram distribuídos em uma bancada onde permaneceram durante a condução do experimento.

**Tabela 2.** Característica física e química do solo utilizado

Característica	Neossolo Regolítico distrófico
Areia (g kg <sup>-1</sup> )	697
Silte (g kg <sup>-1</sup> )	147
Argila (g kg <sup>-1</sup> )	157
Densidade do solo (kg dm <sup>-3</sup> )	1,32
pH em água	5,84
Potássio (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	0,18
Sódio (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	0,04
Cálcio (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	0,75
Magnésio (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	0,40
Fósforo (mg kg <sup>-1</sup> )	0,80
Matéria orgânica (g kg <sup>-1</sup> )	3,58

A aplicação de soro de leite, para ambas as culturas, foi realizada em dois manejos: dose total aplicada 10 dias antes da semeadura, período necessário para que ocorresse a estabilização da matéria orgânica no solo; e dose parcelada, 50% da dose total antes da semeadura e os 50% restante 20 dias após a emergência das plantas.

A semeadura para as duas culturas foi realizada colocando-se dez sementes por vaso, bem distribuídas, a aproximadamente um centímetro de profundidade. Após a emergência das plantas iniciou-se a rega de forma manual e em dias alternados, sendo fornecida a mesma quantidade de água para todos os tratamentos (800 mL), sendo o

lixiviado aproveitado e completado o seu volume até atingir os 800 mL. O desbaste ocorreu cinco dias após a germinação, deixando-se apenas duas plantas com maior vigor por vaso.

Ao final do experimento, foi determinada a altura da planta, medida do colo ao ápice sobre o último perfilho estendido com auxílio de uma trena. Após o procedimento, fez-se a colheita das plantas através de um corte raso, separando-se a parte aérea das raízes ao nível do solo. A massa fresca da parte aérea (MFPA) foi obtida logo após o corte, quando todo o material foi colocado em sacos de papel e pesado. Em seguida, o material foi encaminhado para estufa de circulação forçada de ar para secagem a 65°C até atingir peso constante, quando foi novamente pesado para obtenção da massa seca da parte aérea (MSPA).

Para determinar as concentrações dos nutrientes presentes na parte aérea das duas culturas, fez-se a trituração da matéria seca em moinho tipo Wiley, seguindo-se o preparo dos extratos específicos para as determinações analíticas dos nutrientes, conforme a metodologia descrita por Bezerra Neto (2004). As determinações de P, K, Na, Ca e Mg, foram realizadas no extrato nitro-perclórico, sendo o P quantificado colorimetricamente pelo método do molibdo-vanadato; o N total foi determinado após digestão sulfúrica, por destilação em aparelho Kjeldahl e quantificação por titulação; K e Na por fotometria de chama; Mg e Ca por absorção atômica (Emprapa, 1999).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, pelo teste F, conforme o delineamento inteiramente ao acaso, e, para obtenção dos modelos foi utilizado análise de regressão (Pimentel Gomes, 2000).

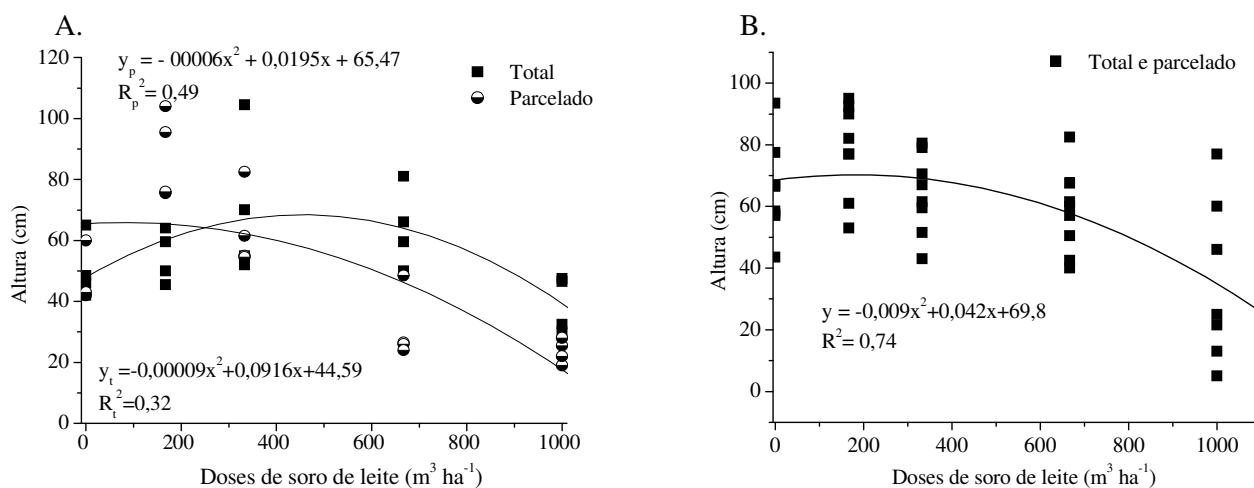
## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A aplicação do soro de leite no solo apresentou efeito significativo ( $P \leq 0,05$ ) sobre a altura do milho para dose e interação. No entanto, o manejo analisado individualmente não foi significativa. O modelo que melhor descreveu este resultado foi o quadrático. De acordo com as equações de regressão (Figuras 1), no manejo de aplicação total, a dose equivalente a 333 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> proporcionou a altura máxima registrada, em comparação com a

testemunha; e para a aplicação parcelada esse mesmo comportamento foi registrado para a dose equivalente a  $167 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ .

Em relação ao sorgo, também houve efeito significativo ( $P \leq 0,05$ ) para a dose e interação. Observa-se que a aplicação de soro até a dose equivalente  $167 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  promoveu um leve aumento na altura das plantas quando comparados a testemunha.

Nota-se que as doses superiores a  $333 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  na aplicação total para o milho e  $167 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  de forma parcelada tanto para o milho quanto para o sorgo causaram diminuição na altura, este fato se deve provavelmente, ao aumento de sais no solo, uma vez que apresentou uma  $CE_{es}$  elevada. De modo geral, o comportamento em relação à altura para o milho e o sorgo foram contrários aos valores encontrados por Gheri et al. (2003) quando trabalhou com soro de leite ácido na produção de *Panicum maximum* Jacq. cv. Tanzânia que observou aumento na altura das plantas com a aplicação das maiores doses.



**Figura 1.** Altura de milho (A) e sorgo (B) cultivado em função da aplicação de doses crescentes de soro de leite, nos manejos de fertilização dose total e parcelada

A análise de variância aplicada à MSPA apresentou efeito significativo ( $P \leq 0,05$ ) para a dose, manejo bem como para sua interação para ambas as culturas. A produção de MSPA promovida pela adição de doses crescentes de soro de leite foi descrita pelo modelo quadrático (Figura 2).

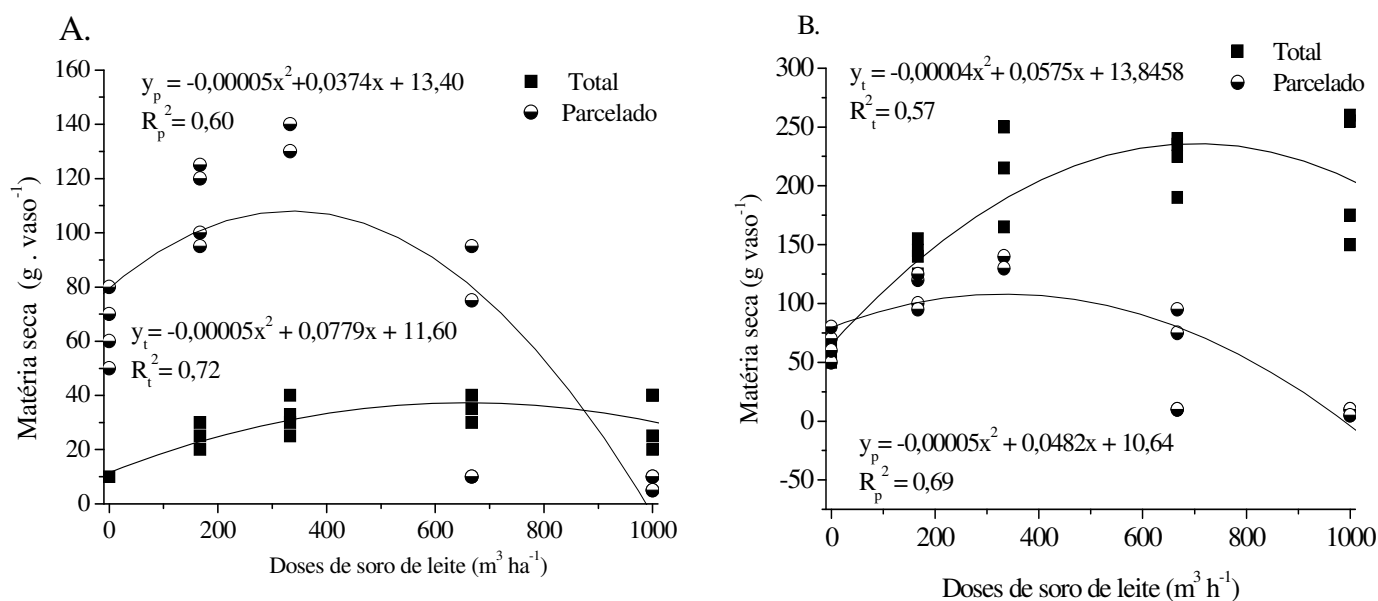
Para cultura do milho, na aplicação total, a dose equivalente a  $667 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  de soro proporcionou maior rendimento acumulado de MSPA o que correspondeu a cerca de 220% em relação à testemunha; enquanto para a aplicação parcelada a dose equivalente a  $333 \text{ m}^3$



ha<sup>-1</sup> de soro apresentou um aumento de aproximadamente 50% em relação à testemunha. A partir das doses (equivalente a 667 e 333 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>) observou-se uma redução no rendimento de MSPA em ambos os manejos, o que pode ser devido a um desequilíbrio nutricional, uma vez que o soro de leite era a única fonte de nutrientes utilizada.

Matos et al. (2003), ao estudar a aplicação de água residuária da lavagem e despulpa dos frutos do cafeeiro no cultivo de forrageiras, assim como o soro, o resíduo é rico em potássio, verificaram que as mesmas apresentaram rendimento de matéria seca de milho muito próximo aos obtidos com a aplicação de água de boa qualidade complementada com adubação convencional.

Na cultura do sorgo observou-se comportamento semelhante ao do milho. De modo geral, as maiores doses de soro (667 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, aplicação parcelada e 1000 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, ambos os manejos de aplicação) comprometeram o desenvolvimento das duas culturas, chegando a ser fatal para maioria delas. Este resultado provavelmente foi devido à toxidez, o que corrobora com a recomendação feita por Modler (1987), que não se deve aplicar mais do que 625 a 950 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>.



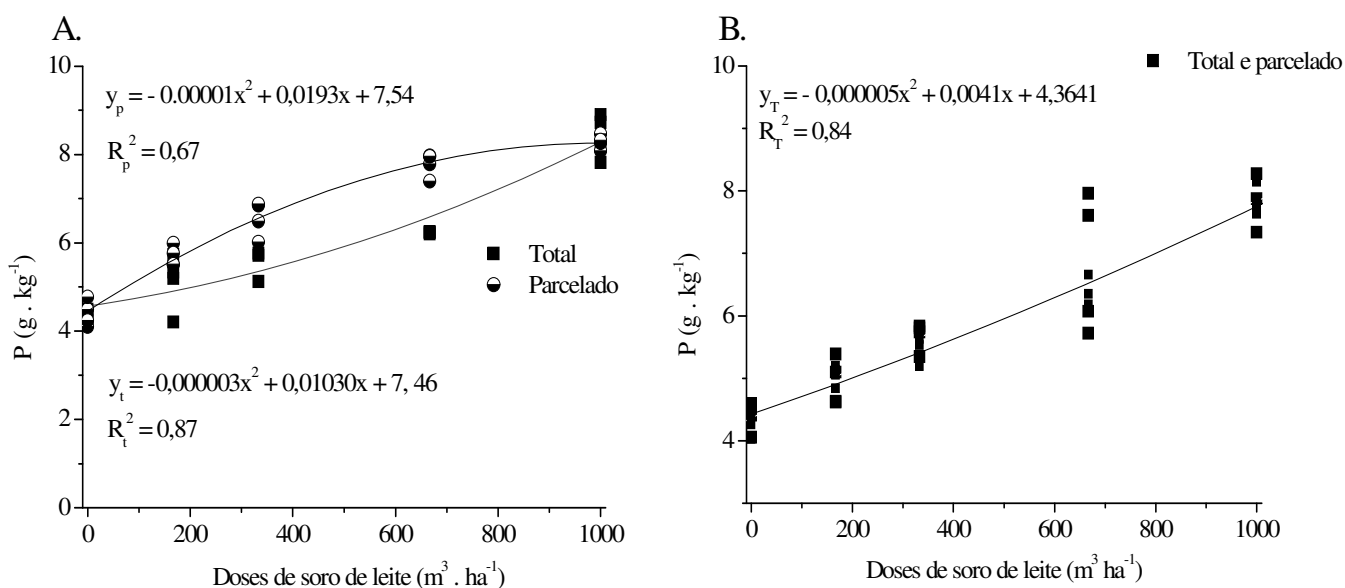
**Figura 2.** MSPA de milho (A) e sorgo (B) cultivado em função da aplicação de doses de soro de leite, nos manejos de fertilização dose total e parcelada

O acúmulo de P na planta, promovido pela adição do soro de leite ao solo foi descrita pelo modelo quadrático (Figuras 3). Houve interação significativa ( $P \leq 0,05$ ) entre

as doses e os manejos adotados para a aplicação do soro de leite, no entanto avaliando-se as variáveis individualmente apenas a dose de aplicação foi significativa para ambas as culturas. Para a cultura do milho verifica-se que com aplicação da dose total, as plantas continuaram a acumular P até a dose máxima estudada (equivalente a 1000 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de soro), enquanto que na aplicação parcelada, o efeito cessou a partir da dose equivalente a 667 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>. Comportamento semelhante foi observado para cultura do sorgo.

Os valores de fósforo encontrados foram superiores aos considerados adequados para cultura do milho (2,5 a 3,5) e do sorgo (4,0 a 8,0), IPA (2008).

A análise dos teores de Na para o milho, observou-se que houve significância (P≤0,05) tanto para interação entre doses e manejos de aplicação quanto para as variáveis analisadas separadamente. Para o sorgo, observou-se comportamento semelhante. O aumento nos teores de sódio promovidos pela adição de doses de soro de leite foi descrito pelo modelo quadrático (Figuras 4). De acordo com as equações de regressão, o maior acúmulo de Na nas culturas estudadas ocorreu na dose equivalente a 1000 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de soro, para ambos os manejos.

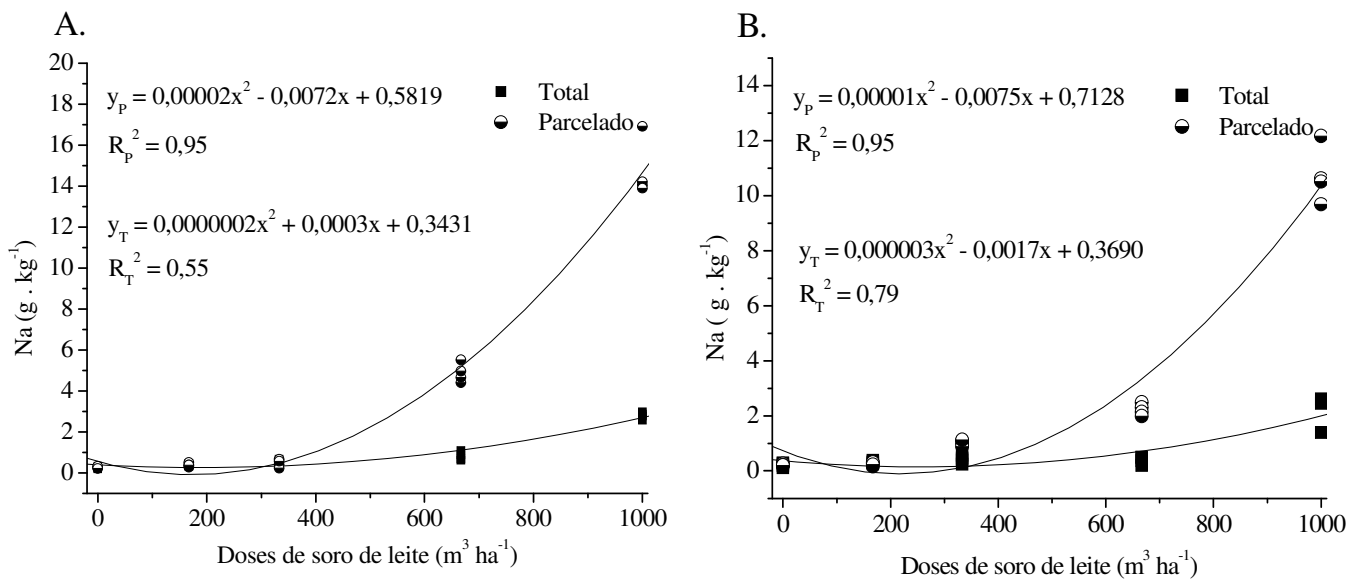


**Figura 3.** Teores de P do milho (A) e sorgo (B) cultivado em função da aplicação de doses de soro de leite, nos manejos de fertilização dose única e parcelada

Ao fazer uma comparação entre os manejos de aplicação do soro, nota-se que na aplicação parcelada a partir da dose equivalente a 667 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> ocorreu um

comprometimento no desenvolvimento das plantas para as duas culturas avaliadas. Este fato foi devido ao acúmulo de sais no solo, principalmente Na, uma vez que o íon foi encontrado em altas concentrações na parte aérea das plantas. Segundo Blumwald (2000), quando o Na esta em altas concentrações no solo é considerado potencialmente tóxico para as plantas; enquanto Munns (2002), relata que o Na normalmente restringem o crescimento tanto da parte aérea como do sistema radicular das plantas, em decorrência de efeitos osmóticos, que podem acarretar déficit hídrico, e efeitos específicos de íons, que resultam em toxidez ou desordens nutricionais.

Com relação ao teor K no milho, não houve efeito significativo ( $P \geq 0,05$ ) para dose, manejo e interação. No entanto, para cultura do sorgo, verificou-se efeito significativo ( $P \leq 0,05$ ) para dose, manejo de aplicação e interação. O modelo utilizado para descrever o comportamento foi o quadrático (Figura 5).



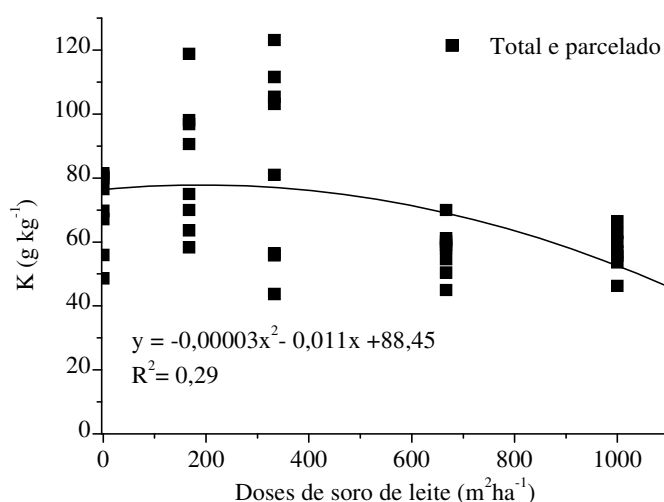
**Figura 4.** Teores de sódio do milho (A) e sorgo (B) cultivado em função da aplicação de doses de soro de leite, nos manejos de fertilização dose única e parcelada

Na Figura 6, verifica-se que a partir das maiores doses de soro (667 e 1000 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>), houve redução no acúmulo de K, isto se deve ao fato de já haver uma grande quantidade do íon na planta, uma vez que os teores de K encontrados ficaram acima do considerado adequado a cultura do sorgo que varia de 25,0 a 30,0 g kg<sup>-1</sup>, IPA (2008). Provavelmente,

deve ter ocorrido em decorrência da grande quantidade do íon contido no soro utilizado. Os resultados obtidos foram contrários aos observados por, Jones et al. (1993), Pivello (2001) quando trabalharam com aplicação de soro de leite no solo e Mélo (2005), Saraiva (2007) quando aplicaram a manipueira no solo que observaram aumento de potássio, tanto no solo como na planta com o aumento das doses aplicadas.

Ao relacionar o acúmulo de K com o Na observado, nota-se que apesar da planta ter acumulado muito Na, não foi evidenciado uma redução no teor de K que pudesse ser considerada em decorrência do Na, uma vez que estudos têm indicado o efeito competitivo entre Na e K, assim como a seletividade pelo íon e sua relação com a sensibilidade das plantas à salinidade. Azevedo Neto & Tabosa (2000), que relataram que o aumento na concentração de sódio do meio externo ocasiona a diminuição dos teores de potássio nos tecidos das plantas de milho.

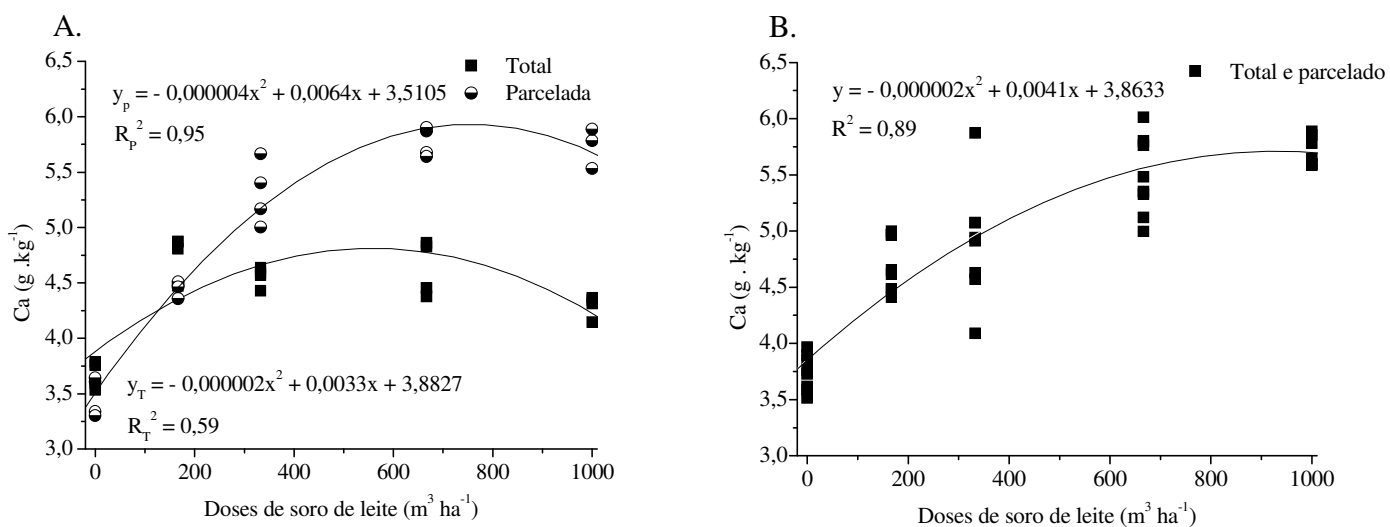
Para o Ca na cultura do milho, observou-se efeito significativo ( $P \leq 0,05$ ) para a dose e o manejo de aplicação, bem como para sua interação. Enquanto que, para o sorgo apenas as doses foram significativas. O acúmulo de cálcio na parte aérea das plantas foi descrito pelo modelo quadrático (Figura 6), o qual mostrou que no milho para ambos os manejos a dose que mais acumulou Ca foi equivalente a  $667 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  de soro, sendo observada uma redução a partir desta dose.



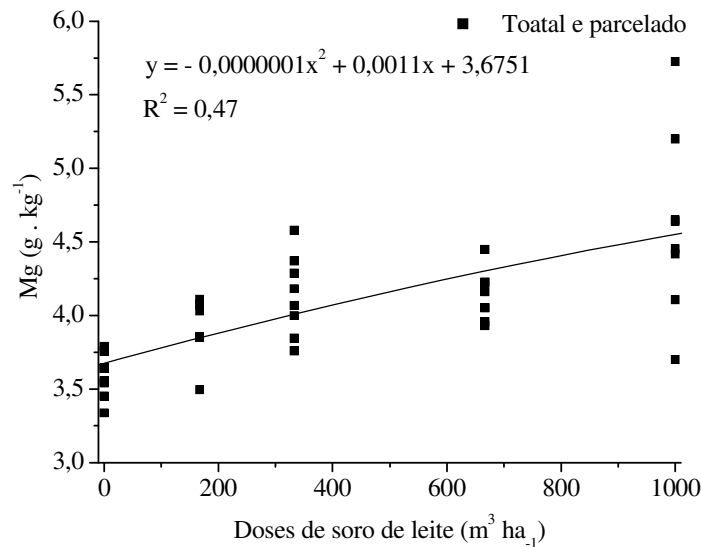
**Figura 5.** Teores de K do sorgo cultivado em função da aplicação de doses de soro de leite, no manejo de fertilização dose única

No sorgo houve aumento no teor de cálcio até a dose 667 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de soro tornando-se estável até a maior dose analisada, 1000 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de soro. Comparando-se os teores de Ca encontrados para cultura do milho, com os considerados adequados (2,5 a 4,0 g kg<sup>-1</sup>) para gramíneas semelhantes, como por exemplo, o milho, verifica-se que os valores ficaram acima. Para o sorgo, os valores encontrados ficaram dentro da margem recomendada (4,0 a 6,0 g Kg<sup>-1</sup>), de acordo com recomendações do IPA (2008).

Apesar de estudos têm demonstrado que a salinidade diminui os teores de cálcio na parte aérea das plantas de milho (Azevedo Neto & Tabosa, 2000); ainda, em estudo semelhante, estes autores reportaram que o aumento no teor de sódio do meio externo ocasiona a diminuição dos teores de cálcio nos tecidos das plantas de milho, pois segundo alguns autores o sódio desloca o cálcio do plasmalema das células radiculares, o que resulta em uma perda da integridade da membrana e do fluxo citossólico de solutos orgânicos e inorgânicos. Este comportamento não foi observado neste trabalho, uma vez que, os teores encontrados não ficaram abaixo dos valores adequados.



**Figura 6.** Teores de Ca do milho (A) e sorgo (B) cultivado em função da aplicação de doses de soro de leite, nos manejos de fertilização dose total (A e B) parcelada



**Figura 7.** Teores de magnésio do milho cultivado em função da aplicação de doses de soro de leite, nos manejos de fertilização dose total e parcelada

Nos teores de Mg observados, nota-se que houve efeito significativo ( $P \geq 0,05$ ) apenas para as doses aplicadas a cultura do milho. O sorgo não apresentou efeito significativo ( $P \leq 0,05$ ). De acordo com a equação de regressão (Figura 7), ocorreu acúmulo de Mg até a maior dose de soro aplicada (equivalente a  $1000 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ). Sabe-se que a taxa de absorção do Mg pode ser muito afetada por outros cátions, como o K e Ca (Vitti et al., 2006), porém, este efeito não foi observado, uma vez que os valores registrados ficaram dentro dos recomendados como adequados ( $2,5$  a  $4,0 \text{ g k}^{-1}$ , IPA, 2008).

## CONCLUSÕES

1. A utilização de soro de leite no solo na dose equivalente a  $667 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  no manejo de aplicação parcelado aumentou a produção de MSPA em cerca de 220% em relação à testemunha para ambas as culturas.
2. Dentre os macronutrientes o fósforo atingiu teores acima dos recomendados tanto para o milho quanto para o sorgo.
3. Os maiores acúmulos de sódio ocorreram na com aplicação da dose equivalente a  $1000 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  em ambos os manejos de aplicação.

4. O manejo de aplicação do soro (dose parcelada), a partir da dose equivalente a 667 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> ocorreu um comprometimento no desenvolvimento das plantas para as duas culturas avaliadas.

### LITERATURA CITADA

- Aguiar L. M. S.; Moraes, A. V. C.; Guimarães, D. P. Cultivo do sorgo. Embrapa Milho e Sorgo. Sistemas de Produção, 2. Versão Eletrônica - 3ª edição. 2007. Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/sorgo/clima.htm>. em: 20 jan. 2008.
- Almeida, K.E.; Bonassi, I.A.; Roça, R.O. Características físico e químicas de bebidas lácteas. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v 21, p.187-192. 2001.
- Azevedo Neto, A.D.; Tabosa, J.N. Estresse salino em plântulas de milho: Parte II distribuição dos macronutrientes catiônicos e suas relações com o sódio. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.4, n.2, p.165-171, 2000.
- Barbosa, A. S.; Araújo, A. S.; Florêncio, I. M.; Bezerra, R. R. A.; Florentino, E. R. Estudo cinético da fermentação do soro de queijo de coalho para produção de aguardente. *Revista Verde*, v.5, n.3, p. 237-254, 2010.
- Bezerra Neto, E.; Barreto, L. P. Métodos de Análises Químicas em Plantas. Recife: UFRPE, 148p, 2004.
- Blumwald, E. Sodium transport and salt tolerance in plants. *Current Opinion in Cell Biology*, v.12, p.431-434, 2000.
- Café, M.B.; Stringhini, J.H.; França, A.F.S. Utilização do milheto na alimentação animal. In: Simpósio sobre ingredientes na alimentação animal, 2. Uberlândia: Colégio Brasileiro de Nutrição Animal, n.2, p.5-38, 2002.
- Capitani, C. D.; Pacheco, M. T. B.; Gumerato, H. F.; Vitali, A. Recuperação de proteínas do soro de leite por meio de coacervação com polissacarídeo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.40, n.11, p.1123-1128, 2005.
- Castro, C.C.R. Relações planta-animal em pastagem de milheto (*Pennisetum americanum* (L.) Leeke.) manejada em diferentes alturas com ovinos. 2002. 185f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.

- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. Brasília: EMBRAPA, 370p, 1999.
- Gheri, E. O.; Ferreira, M. E.; Cruz, M. C. P. Resposta do capim-tanzânia à aplicação de soro ácido de leite. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.38, n.6, p. 753-760, 2003.
- Giroto, J. M.; Pawlowsky, U. O soro de leite e as alternativas para o seu beneficiamento. Brasil Alimentos, n.1, p. 43-44, 2001.
- Guimarães, R.I.; Gonçalves, L.C.; Rodrigues, J.A.S. Matéria seca, proteína bruta, nitrogênio amoniacal e pH das silagens de três genótipos de milheto (*Pennisetum glaucum* (L). R. Br.) em diferentes períodos de fermentação. Revista Brasileira de Milho e Sorgo, v.4, n.2, p. 251-258, 2005.
- Ingrid, H.; Moojen, E.L. Potencial produtivo, alterações da estrutura e qualidade da pastagem de milheto submetida a diferentes níveis de nitrogênio. Revista Brasileira de Zootecnia, v.31, n.2, p.875-882, 2002
- Jones, S. B.; Robbins, C.W.; Hansen, C.L., Sodic soil reclamation using cottage cheese (acid) whey. Arid soil Res. and Reclamation, n.7, p.51-61, 1993.
- Matos, A. T.; Pinto, A. B.; Pereira, O. G.; Soares, A. A.; Lo Monaco, P. A. Produtividade de forragens utilizadas em rampas de tratamento de águas residuárias da lavagem e despolpa dos frutos do cafeeiro. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola, v.7, n 1, p.154 – 158, 2003.
- Mélo, R. F.; Ferreira, P. A.; Ruiz, H. A.; Matos, A. T.; Oliveira, L. B. Alterações físicas e químicas em três solos tratados com água residuária de mandioca. In: Irriga, Botucatu, v.10: p.383-392, 2005.
- Modler, H. W. The use of whey as animal feed and fertilizer. Bulletin of the International Dairy Federation, Brussels, n.212, p. 111-124, 1987.
- Munns, R. Comparative physiology of salt and water stress. Plant, Cell and Environment, v.25, p.239-250, 2002.
- Oliveira, J. S.; Ferreira, R. P.; Cruz, C. D.; Pereira, A. V.; Botrel, M. A.; von Pinho, R. G.; Rodrigues, J. A. S.; Lopes, F. C. F.; Miranda, J. E. C. Adaptabilidade e estabilidade em cultivares de sorgo. Revista Brasileira de Zootecnia, Viçosa, MG, v.31, n.2, p. 883-889, 2002.
- Payne, W.A. Optimizing crop water use in sparse stands of pearl millet. Agronomy Journal, v.92, p.808-814, 2000.



- Pimentel Gomes, F.; Garcia, C. H. Curso de estatística experimental. 14 ed. Piracicaba: ESALQ, 477p, 2000.
- Pivello, M. A. Efeito da aplicação de soro ácido de leite nas transformações do nitrogênio e na fertilidade de solos. 2001. 44f. Monografia (Graduação em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2001.
- Reis, G. L. Sistema de gestão ambiental em laticínios. Revista Cândido Tostes. n. 308, mai/jun., 54:35-47, 1999.
- Saraiva, F. Z.; Sampaio, S. C.; Silvestre, M. G.; queiro, M. M. F.; Nobrega, L. H. P.; Gomes, B. M. Uso de manipueira no desenvolvimento vegetativo do milho em ambiente protegido. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.11, p.30-36, 2007.
- Simili, F. F.; REIS, R. A.; Furlan, B. N.; PAZ, C. C. P.; Lima, M. L. P.; Bellingieri, P. A. Resposta do híbrido de sorgo-sudão à adubação nitrogenada e potássica: composição química e digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica. Ciência Agrotécnica. Lavras, v. 32, n. 2, p. 474-480, 2008.
- Silveira, W. B. Produção de etanol em permeado de queijo: efeito da concentração de substrato e do nível de oxigênio. Dissertação de Mestrado, UFV, 2004.
- Vitti, G. C.; Lima, E.; Cicarone, F. XII - Cálcio, Magnésio e Enxofre. In.: Nutrição Mineral de Plantas. SBCS: Viçosa. 432p. 2006.
- Walzem, R. L.; Dillard, C. J.; German, J. B. Whey components: millennia of evolution create functionalities for mammalian nutrition: what we know and what we may be overlooking, Crit. Rev. Food Sci. Nutr., v. 42, p. 353 - 375, 2002.

### **CAPÍTULO III**

#### **ALTERAÇÕES QUÍMICAS DO SOLO E CRESCIMENTO DO MILHETO E SORGO EM DECORRÊNCIA DA APLICAÇÃO DE SORO DE LEITE**

## **ALTERAÇÕES QUÍMICAS DO SOLO E CRESCIMENTO DO MILHETO E SORGO EM DECORRÊNCIA DA APLICAÇÃO DE SORO DE LEITE**

**RESUMO:** Objetivou-se avaliar os atributos químicos do solo sob cultivo de milho e de sorgo-sudão em resposta a aplicação de doses de soro de leite. O experimento foi conduzido com solo em vasos com capacidade de 8 dm<sup>3</sup> em ambiente protegido. As doses foram equivalentes a: 0, 167, 333, 667 e 1000 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de soro de leite, determinadas com base no K presente no soro constituindo-se um fatorial com duas espécies forrageiras, dois manejos de aplicação: dose total e dose parcelada (20 dias após a emergência das plantas) com quatro repetições, totalizando 80 unidades experimentais, 40 para o milho e 40 para o sorgo. Após 42 dias realizou-se a colheita e determinou-se a massa fresca da parte aérea. Amostras de solo foram coletadas nos vasos e realizadas as análises de P disponível, Ca, Mg, K, Na trocáveis, matéria orgânica e também CE<sub>es</sub> e pH no extrato da pasta de saturada. As doses equivalentes a 667 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> na aplicação total, promoveram maior acúmulo de massa fresca para ambas as culturas. No entanto, na aplicação parcelada o efeito ocorreu na dose equivalente 333 m<sup>3</sup> há<sup>-1</sup>. Com o aumento das doses, houve incrementos em todos os íons analisados, bem como na CE<sub>es</sub> e pH, sendo a dose parcelada a que mais contribuiu, para ambas as culturas.

**Palavras-chave:** água residuária, milho, sorgo forrageiro, atributos do solo

## **CHEMICAL ALTERATIONS OF THE SOIL AND THE GROWTH OF MILLET AND SUDAN SORGHUM AS A RESULT OF THE APPLICATION OF WHEY**

**ABSTRACT:** The aim of this study was to evaluate the chemical attributes of soil under millet and sudan sorghum cultivation in response to application of doses of whey. The experiment was conducted in a greenhouse with soil in vases with a capacity of 8 dm<sup>3</sup>. The doses were equivalent to: 0, 167, 333, 667 and 1000 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> of whey, based on the K present in the whey. A factorial was established based on two species of forage, two ways of application: single dose and dual dose (20 days after the emergence of the plants) with four repetitions, totaling 80 experimental units: 40 for the millet and 40 for the sorghum. The crop was harvested after 42 days. The aerial fresh mass and height were determined. Soil samples were collected from

the vases at the 0-20 cm layer and analysis of available P, Ca, Mg, K, exchangeable Na, organic matter was performed. The CEEs and pH of the saturated paste extract were determined. The doses equivalent to 667 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> in a single application promoted the most fresh mass in both cultures. However, in the dual application the effect happened with the equivalent dose to 333 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>. With the increase of the doses, there were increments in all of the analyzed ions, as well as in CEEs and pH, with the dual doses contributing more to both cultures.

**Keywords:** sudan grass, fertilizer, wastewater

## INTRODUÇÃO

O soro de leite é um subproduto resultante da fabricação de queijos. A produção mundial em 2007 alcançou 14.187 milhares de toneladas, considerando que um kg de queijo produzido gera 9 kg de soro (Kosikowski, 1979), estima-se que o volume mundial de soro de leite produzido foi equivalente a 127.683 milhares de toneladas. A composição química do extrato seco do soro de leite é aproximadamente 7%, onde 4,5% correspondem à lactose, 0,9% às proteínas solúveis e 0,6% aos sais minerais, quantidades dependentes dos procedimentos utilizados no processo de fabricação de queijo (Giroto et al., 2001).

Durante muito tempo, o soro foi considerado um resíduo de baixo ou nenhum valor comercial usado na alimentação de animais ou descartado em efluentes sem qualquer tratamento. Atualmente é utilizado pelas indústrias alimentícias, farmacêuticas e agroindústrias, em alimentos para consumo humano (Prudêncio & Benedet, 2001) e animal (Santos et al., 2006; Martins et al., 2008), e, adubação do solo no cultivo gramíneas para pastagens.

Como alternativa surge à possibilidade de incorporação do soro ao solo na condição de adubo orgânico para o cultivo de plantas forrageiras, uma vez que contêm consideráveis quantidades de nitrogênio, potássio, fósforo, cálcio, matéria orgânica e micronutriente que podem ser utilizados pelas plantas. A sua aplicação no solo como fertilizante deve ser realizada de forma a oferecer o mínimo ou nenhum dano ao meio ambiente. Pois a aplicação em grandes quantidades pode causar problemas de poluição do lençol freático (Ghaly & Mahamoud, 2007).

Por outro lado, a produção de forrageiras é um fator primordial para produção de ruminantes e dentre as plantas que apresentam bom potencial forrageiro destacam-se o

milheto (*Pennisetum americanum* (L.) Leeke) e híbrido de sorgo-sudão (*Sorghum bicolor* L.) Moench x *Sorghum sudanense* (Piper) Stapf por apresentarem maior flexibilidade de épocas de plantio, alto potencial produtivo, podendo constituir alternativas de forragem para intensificar a produção animal, principalmente em épocas de escassez de alimento (Simili et al., 2008). Algumas vezes o milheto é superior ao milho quanto a produção de matéria verde, confirmando sua potencialidade forrageira para as regiões secas (Silva et al., 2000).

Assim Gheri et al (2003), utilizou doses de soro de leite definidas com base na concentração de K, adicionadas ao Argissolo coletado de 0-20, 20-40 e 40-60 cm, doses de 0, 75, 150, 225 e 300 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, em três aplicações: antes da semeadura, após o primeiro e o segundo corte, para avaliar a produção de matéria seca e a quantidade de nutrientes no capim tanzânia. Os autores concluíram que a aplicação de soro de leite aumentou a produção de matéria seca do capim-tanzânia; a máxima produção foi obtida com a aplicação de 390 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de soro; aumento da quantidade de nutrientes absorvida pelo capim-tanzânia, particularmente de K, P e Ca; e que a aplicação de até 500 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de soro de leite no solo não proporciona concentrações tóxicas do teor de nitrato no solo em quantidade que cause contaminação do meio ambiente.

Jones et al. (1993) por sua vez, avaliaram em casa de vegetação, o efeito de doses equivalentes a 0, 250, 500 e 1.000 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de soro na produção de grãos e de matéria seca (grãos mais parte aérea) de cevada e observaram que as maiores produções, de ambos, foram obtidas com a dose equivalente a 500 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de soro.

Algumas vezes tanto o milheto como o sorgo são utilizados como alternativa para a recuperação da fertilidade do solo, especialmente do nutriente fósforo, que tem custo bastante elevado; principalmente pelo o potencial de produtividade de fitomassa das foragens (Pott, 2007).

Assim, objetivou-se com este trabalho avaliar as alterações químicas do solo sob cultivo de gramíneas forrageiras (milheto forrageiro e sorgo sudão) em resposta a aplicação de doses crescente de soro de leite.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em ambiente protegido pertencente a Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), localizada na cidade de Recife, PE, no período de 10 de outubro a 21 de novembro de 2009.

O soro de leite utilizado foi do tipo doce resultante da fabricação de queijo de coalho, cuja análise química foi realizada no Laboratório de Análises Agrícolas (LAGRI). Para análise foi fornecida uma alíquota de 50 mL de soro de leite obtida após filtragem em papel filtro quantitativo, seguida por uma centrifugação a 14.000 rpm durante 15 minutos (Tabela 1).

Para o experimento foi utilizado um solo classificado como Neossolo Regolítico distrófico, cuja caracterização física e química foi realizada nos Laboratório de Fertilidade do Solo e Física do Solo, ambas pertencentes à UFRPE, antes e após os tratamentos seguindo os métodos descritos pela EMBRAPA (1997).

O soro de leite e o solo foram fornecidos pela Fazenda Roçadinho localizada no município de Capoeiras, PE.

O solo utilizado no experimento foi coletado na camada de 0 a 20 cm. Foram retiradas amostras de solo após a coleta que foi seca ao ar, posteriormente, passadas em peneiras de malha de 2 mm. As análises físicas incluíram: determinação de granulometria (método da pipeta), densidades do solo (método da proveta). As análises químicas incluíram as determinações de: pH em água; Ca e Mg (extraídos com KCl 1 mol L<sup>-1</sup> e determinados por espectrofotometria de absorção atômica), Na e K (extraídos com solução de Mehlich-1 e determinados por espectrofotometria de chama); P disponível (extraído com solução de Mehlich-1 e determinado por colorimetria); matéria orgânica. A condutividade elétrica (CE<sub>es</sub>) foi determinada em pasta saturada e o pH em uma suspensão, relação solo: água de 1:2,5, conforme indicado por EMBRAPA (1999) (Tabela 2).

Foram utilizadas duas culturas: milheto forrageiro (*Pennisetum glaucum* L.), cultivar Bulk 1 e sorgo sudão (*Shorghum bicolor* var. Sudanense L.). As sementes foram fornecidas pelo Instituto de Pesquisa Agrônômico de Pernambuco (IPA).

O experimento foi conduzido com solo em vasos com capacidade de 8 dm<sup>3</sup> em ambiente protegido. Constou de um fatorial (2×2×5) entre duas espécies forrageiras, duas maneiras de aplicação e cinco tratamentos com quatro repetições, totalizando 80 unidades

experimentais. As doses foram equivalentes a: 0, 167, 333, 667 e 1000 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de soro de leite e foram determinadas com base no K presente no soro e levou em consideração a análise de fertilidade do solo.

**Tabela 1.** Composição química do soro de leite proveniente da fazenda Roçadinho, município de Capoeiras, PE

Característica	Valores
Nitrogênio (mg L <sup>-1</sup> )	860
Fósforo (mg L <sup>-1</sup> )	300
Potássio (mg L <sup>-1</sup> )	1500
Sódio (mg L <sup>-1</sup> )	370
Cálcio (mg L <sup>-1</sup> )	220
Magnésio (mg L <sup>-1</sup> )	180
Condutividade elétrica (dS m <sup>-1</sup> )	5,5
pH	4,1
RAS* (m mol L <sup>-1</sup> ) <sup>1/2</sup>	4,48

\* Foi obtida utilizando a formula:  $RAS = Na/[(Ca + Mg)/2]^{1/2}$

**Tabela 2.** Características físicas e químicas das amostras de solo utilizadas no experimento

Característica	Neossolo Regolítico distrófico
Areia (g kg <sup>-1</sup> )	697
Silte (g kg <sup>-1</sup> )	147
Argila (g kg <sup>-1</sup> )	157
Densidade aparente do solo (kg dm <sup>-3</sup> )	1,32
CE <sub>es</sub> (dS m <sup>-1</sup> )	0,60
pH em água	5,84
Potássio (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	0,18
Sódio (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	0,04
Cálcio (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	0,75
Magnésio (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	0,40
Fósforo (mg dm <sup>3</sup> )	0,80
Matéria orgânica (g kg <sup>-1</sup> )	3,58

Os vasos foram perfurados e colocados um dreno na parte inferior, antes de receber o solo, foi colocado brita e bidim (manta geotêxtil) no fundo do vaso a fim de evitar perda de solo devido à drenagem da água da rega. A massa total de solo colocada em cada vaso foi determinada com base na densidade aparente e o volume do vaso e correspondendo a 10,5 kg de solo. Após a colocação do solo nos vasos, fez-se a saturação com água por fluxo ascendente. Os vasos foram distribuídos em uma bancada de metal, onde permaneceram durante a condução do experimento.

A aplicação de soro de leite, para ambas as culturas, foi realizada em dois manejos:  
a) dose total aplicada 20 dias antes da semeadura, período para que ocorresse a

estabilização da matéria orgânica no solo; e b) parcelada, 50% da dose total antes da semeadura e 50% restante, após a emergência das plantas (21 dias).

A semeadura para as duas culturas foi realizada colocando-se dez sementes por vaso, bem distribuídas, a 1 cm de profundidade. Após a emergência das plantas iniciou-se a rega de forma manual e em dias alternados, sendo fornecida a mesma quantidade de água para todos os tratamentos, 800 mL, onde o lixiviado era aproveitado e completado o seu volume até atingir os 800 mL. O desbaste ocorreu cinco dias após a germinação, se eliminado as plantas menores e mais fracas, deixando-se apenas duas plantas por vaso, visando-se resultados mais homogêneos entre as parcelas.

Ao final do experimento (42 dias), foi realizada a colheita das plantas através de um corte raso, separando-se a parte aérea das raízes ao nível do solo. Logo após o corte, foi realizada a pesagem das plantas para determinação da massa fresca da parte aérea (MFPA). Após este procedimento todo o material foi colocado em sacos de papel e encaminhado para estufa de circulação forçada de ar para secagem a 65°C até atingir peso constante, quando foi novamente pesado para obtenção da matéria seca da parte aérea.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, pelo teste F, e regressão para determinação dos modelos matemáticos utilizados (Pimentel Gomes, 2000). As análises estatísticas foram conduzidas no software SAS.

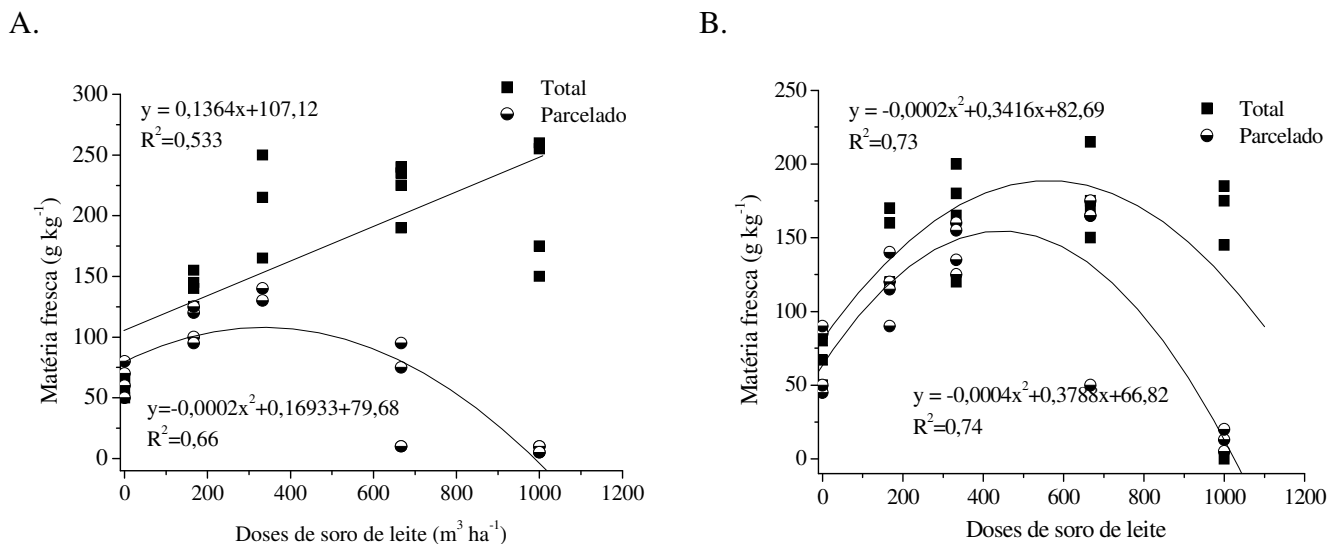
## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Considerando o modelo descrito na Figura 1, o maior acúmulo de MFPA para o milho e o sorgo no manejo de aplicação total ocorreu com dose equivalente a 667 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> o que correspondeu a cerca de 220% em relação à testemunha. Enquanto para o manejo de aplicação parcelado foi à dose 333 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, representado um aumento de aproximadamente 50% em relação à testemunha. A produtividade foi maior para o manejo de aplicação total provavelmente porque houve tempo suficiente para metabolização da matéria orgânica presente no solo.

Os teores de P presentes nos solos após cultivo de milho e sorgo, mostraram efeito significativo (P<0,05) apenas para a variável dose aplicada. Observou-se que a adição de solo ao solo aumentou os teores de P de 33,53 mg dm<sup>3</sup> (testemunha) para 340, 86



mg dm<sup>3</sup> (dose equivalente a 1000 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>), para os solos cultivados com milho; e de 32,24 mg dm<sup>3</sup> (testemunha) para 485,69 mg dm<sup>3</sup> (dose equivalente a 1000 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>) para o sorgo (Figura 2).



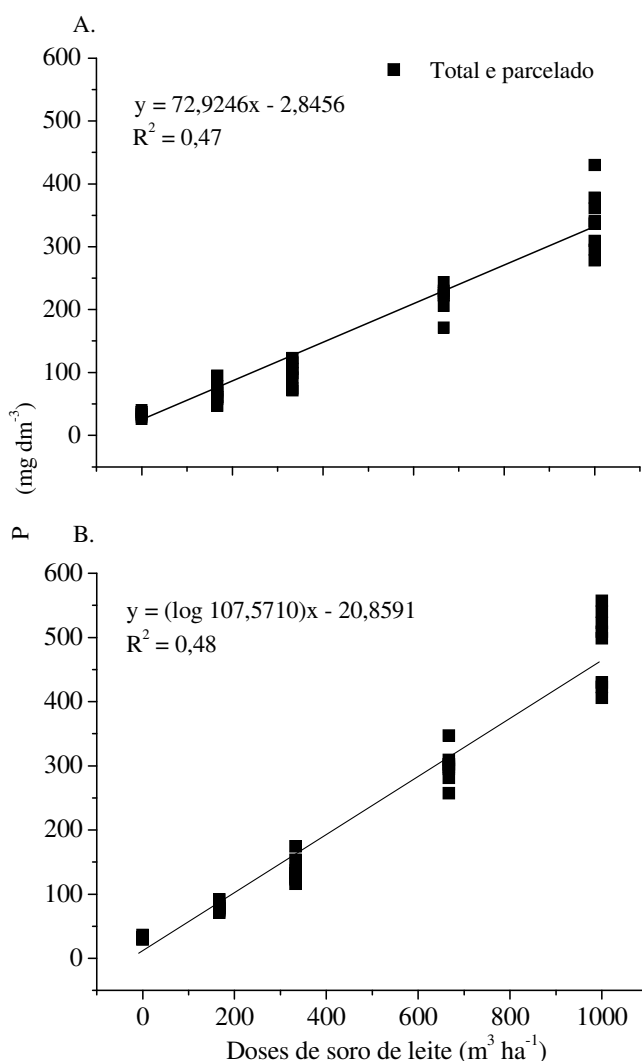
**Figura 1.** MFPA do milho (A) e do sorgo (B) cultivados em função da aplicação de doses crescentes de soro de leite nos manejos de fertilização total e parcelada

Percebe-se claramente que o incremento no teor de P foi proporcional ao acréscimo no volume das doses de soro aplicadas no solo. Este comportamento também foi observado por Berwanger (2008) e Coavila et al. (2010) que verificaram aumento nos índices de fósforo no solo, em função do aumento de aplicação de doses de água residuária da suinocultura.

Para os teores de Na no solo após cultivo de milho, a análise de variância indicou aumentos significativos ( $P \leq 0,05$ ) para manejo, doses aplicadas e sua interação. Apresentou comportamento linear dos teores de Na em função das doses aplicadas para o manejo total e parcelado (Figura 3A). Quando comparados os valores de Na obtidos para a testemunha e a maior dose de soro, nota-se que ocorreu incremento de 2,55 cmol<sub>c</sub> dm<sup>3</sup> para aplicação total e 14,5 cmol<sub>c</sub> dm<sup>3</sup> para a aplicação parcelada.

No caso do solo cultivado com sorgo a análise de variância indicou aumentos significativos ( $P \leq 0,05$ ) dos teores de Na para manejo e dose aplicada, mas não para sua interação. O comportamento dos teores de Na observados também foi linear (Figura 3B), e

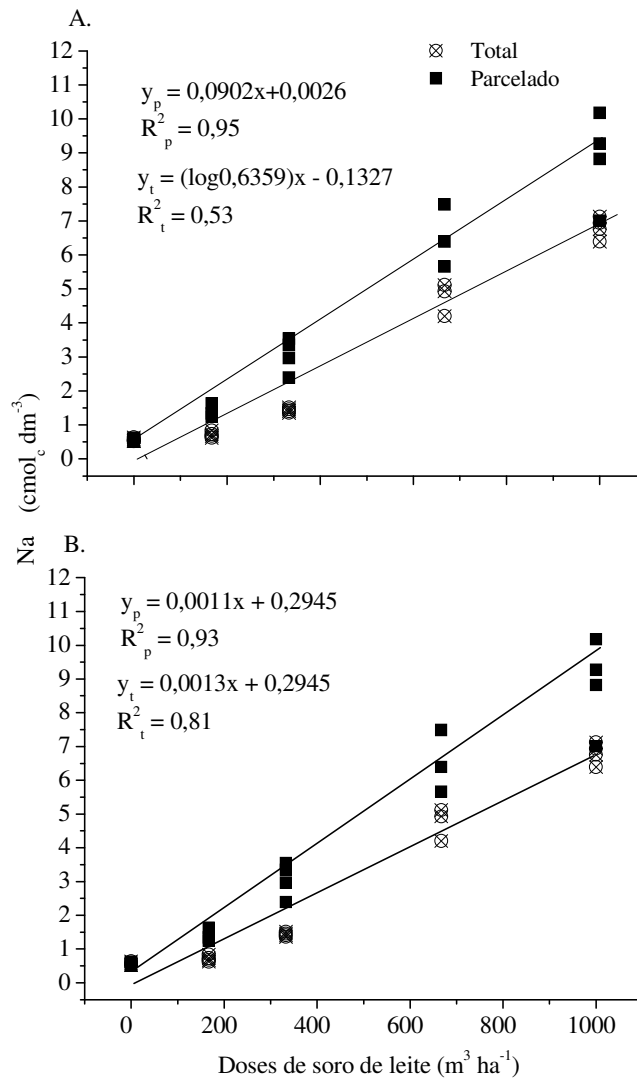
mostrou incremento de Na em relação à testemunha de 1,94 e 10,54  $\text{cmol}_c \text{dm}^3$  para aplicação total e parcelada, respectivamente.



**Figura 2.** Teores de P no solo cultivado com milheto (A) e sorgo (B) em função da aplicação de doses crescentes de soro de leite, nos manejos de fertilização dose total e parcelada

Em ambos os casos, a aplicação parcelada promoveu um acúmulo de Na no solo superior a  $4 \text{ cmol}_c \text{dm}^3$ , o que pode ter contribuído para a salinização do solo e portanto, diminuído o crescimento das culturas. Segundo Freire & Freire (2007) o Na é um cátion que promove a expansão da dupla camada difusa e, conseqüentemente, acarreta a dispersão dos colóides do solo, seguida de sua movimentação ao longo do perfil do solo. Uma vez dispersos e em movimento, os colóides podem obstruir os poros, o que interfere sobre as

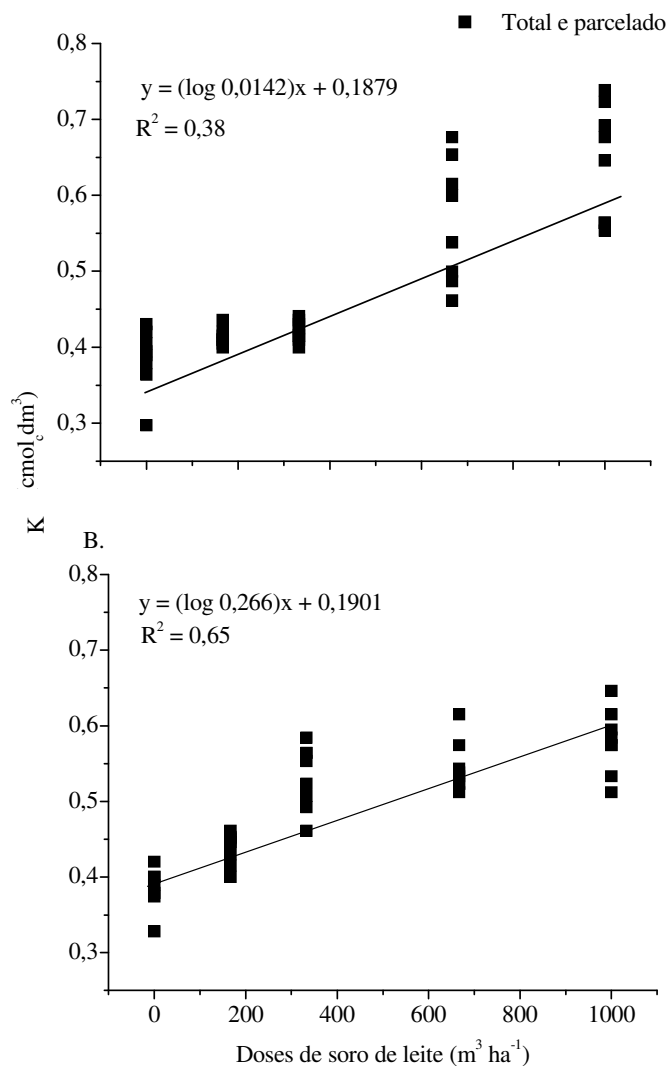
propriedades físicas (condutividade hidráulica, infiltração e aeração) e, desta forma, sobre a capacidade produtiva dos solos.



**Figura 3.** Teores de Na no solo cultivado com milheto (A) e sorgo (B) em função da aplicação de doses crescentes de soro de leite, nos manejos de fertilização dose total e parcelada

A análise de variância mostrou efeito significativo ( $P \leq 0,05$ ) para os teores de K no solo apenas para as doses aplicadas. Nota-se que os teores aumentaram simultaneamente ao acréscimo das doses de soro, ocorrendo acúmulo máximo com a aplicação da dose equivalente a 1000 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> (Figura 4).

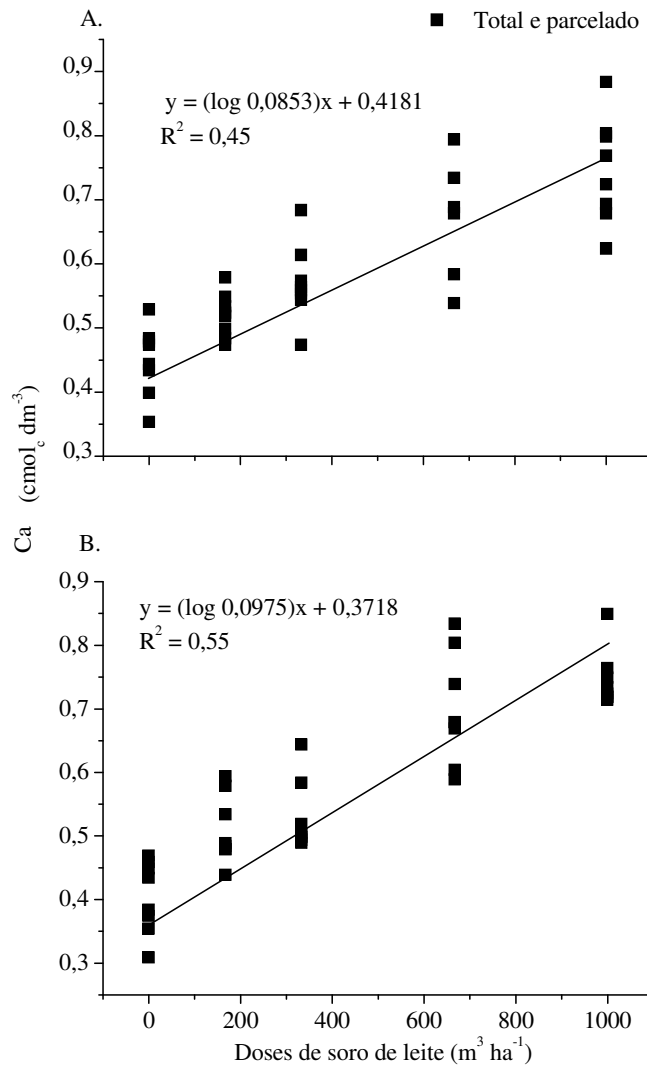
Relacionando os teores de Na e K encontrados, o íon Na atingiu valores mais elevados, mostrando menor energia de adsorção em relação ao potássio (Figuras 3A e B). Os resultados obtidos com K foram semelhantes aos observados por Pivello (2001) com soro de leite ácido, e Mélo (2005), com manipueira.



**Figura 4.** Teores de K em solo cultivado com milheto (A) e sorgo (B) em função da aplicação de doses crescentes de soro de leite, nos manejos de fertilização dose total e parcelada

Os resultados ressaltam que a aplicação do soro de leite em função da recomendação potássica, promove a elevação da concentração do potássio próximo da zona de aproveitamento pelas raízes, visto que o processo predominante de transporte de absorção do K em forrageiras é a difusão.

Os teores de Ca no solo cultivado com milho bem como para o sorgo, apresentaram significância ( $P < 0,05$ ) apenas para as doses aplicadas, o mesmo não ocorrendo para o manejo bem como suas interações, havendo um comportamento linear do incremento das doses com os teores de Ca no solo para ambas as culturas.



**Figura 5.** Teores de Ca em solo cultivado com milho (A) e sorgo (B) em função da aplicação de doses crescentes de soro de leite, nos manejos de fertilização dose total e parcelada

À medida que crescem as doses de soro de leite há um aumento nos teores dos cátions  $Ca^{2+}$  (Figura 5). Este fato se deve provavelmente ao elevado teor de potássio introduzido pela adição de soro de leite, pois neste caso o potássio atuaria deslocando para

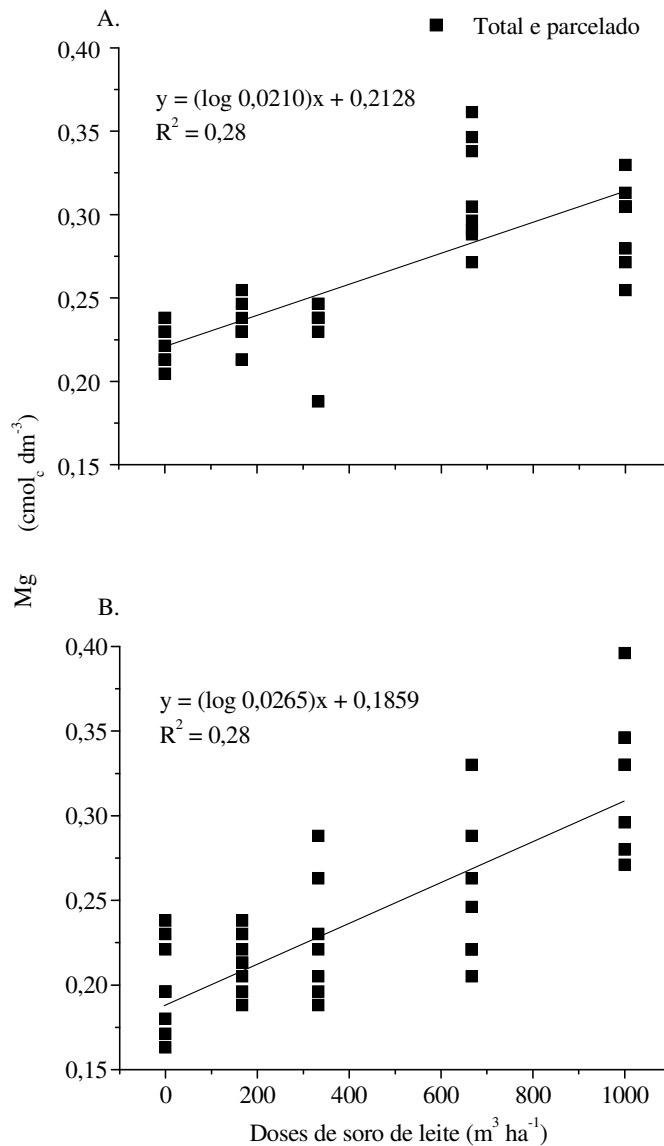
a solução do solo parte dos íons cálcio adsorvido nas micelas do solo, tornando-os mais suscetíveis à lixiviação. Os teores de Ca observados neste estudo foram menores do que os encontrados por Gheri et al. (2003), quando estudou a aplicação de soro ácido de leite no solo sob cultivo do capim-tanzânia.

Tanto os teores de Mg do solo cultivado com milho bem como com sorgo, a análise de variância apresentou diferença significativa apenas para as doses aplicadas não diferindo para o manejo assim como as suas interações, apresentando um comportamento linear (Figura 6A e B).

Com a aplicação de soro no solo não foi observado redução no teor de Mg. Tal fato pode ser devido à intensa liberação deste íon com a mineralização da matéria orgânica retida nessa faixa do solo com o passar do tempo, e à alta concentração de potássio, conhecido competidor com o Mg na absorção pelas plantas, causando baixa absorção desse nutriente e conseqüente acúmulo no solo. Mônaco et al. (2007), ao avaliarem os efeitos da fertirrigação do cafeeiro com diferentes doses de água residuária da lavagem e descascamento de seus frutos (ARC), observaram o mesmo comportamento, visto que a água residuária é muito rica em K.

Tanto para o solo cultivado com milho, como para o cultivado com sorgo, a análise variância mostrou efeito significativo ( $P < 0,05$ ) para o teor de matéria orgânica (MO) no solo, em resposta às doses de soro, tipo de manejo e interação (Figura 7). Para ambos os manejos de aplicação do soro, o teor de matéria orgânica cresceu simultaneamente com o aumento da dose, atingindo valores médios de 21,55 e 21,18 g kg<sup>-1</sup> para o solo cultivado com milho e 17,28 e 22,8 g kg<sup>-1</sup> para o sorgo.

Resultados semelhantes, decorrentes da aplicação de água residuária são citados por Brito et al. (2007), quando adicionaram vinhaça aos solos. Isso seria justificado considerando que, no soro de leite, os sólidos solúveis totais podem ser considerados, quase exclusivamente, compostos por material orgânico. Essa proporção de material orgânico solúvel sugeriria a presença de matéria orgânica mais lábil e, em conseqüência, mais susceptível de mineralização durante a incubação e conseqüentemente maior teor de matéria orgânica no solo.

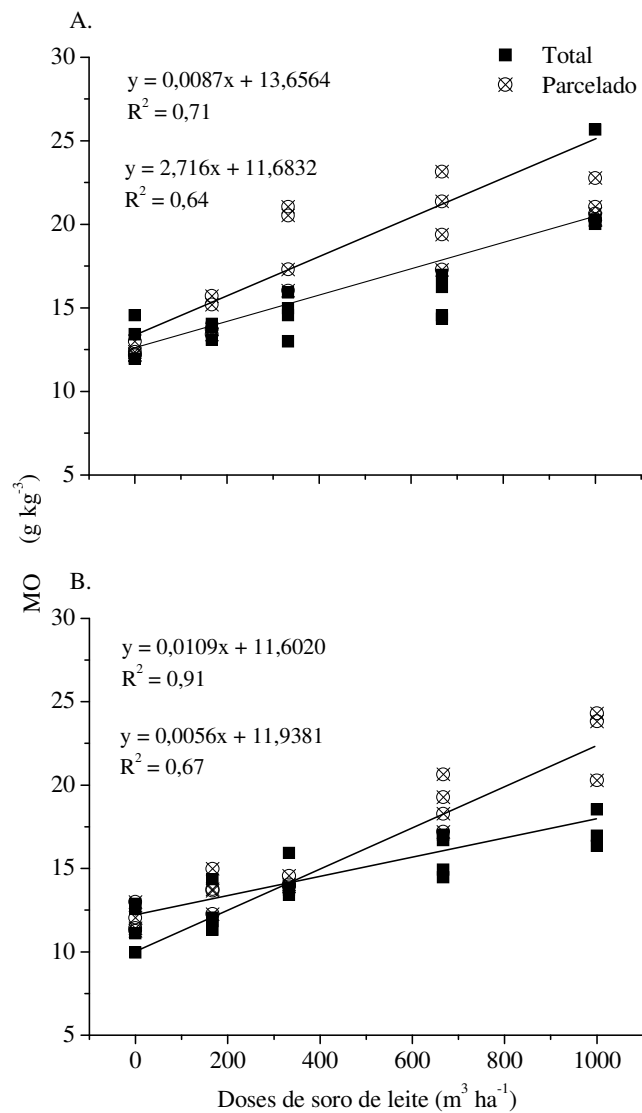


**Figura 6.** Teores de Mg em solo cultivado com milheto (A) e sorgo (B) em função da aplicação de doses crescentes de soro de leite, nos manejos de fertilização dose total e parcelada

Para o pH do solo cultivado com ambas as culturas não houve interação significativa ( $P > 0,05$ ) entre a dose e o manejo de fertilização, quando essas variáveis foram analisadas separadamente, apenas as doses apresentaram significância estatística ( $P < 0,05$ ).

Foi observado elevação do pH do solo em resposta à incorporação do soro de leite (Figura 8). O soro de leite apresentou pH de 4,1 (Tabela 1) enquanto o solo o seu valor inicial foi 5,84 (Tabela 2), contudo os valores determinados na finalização do experimento,

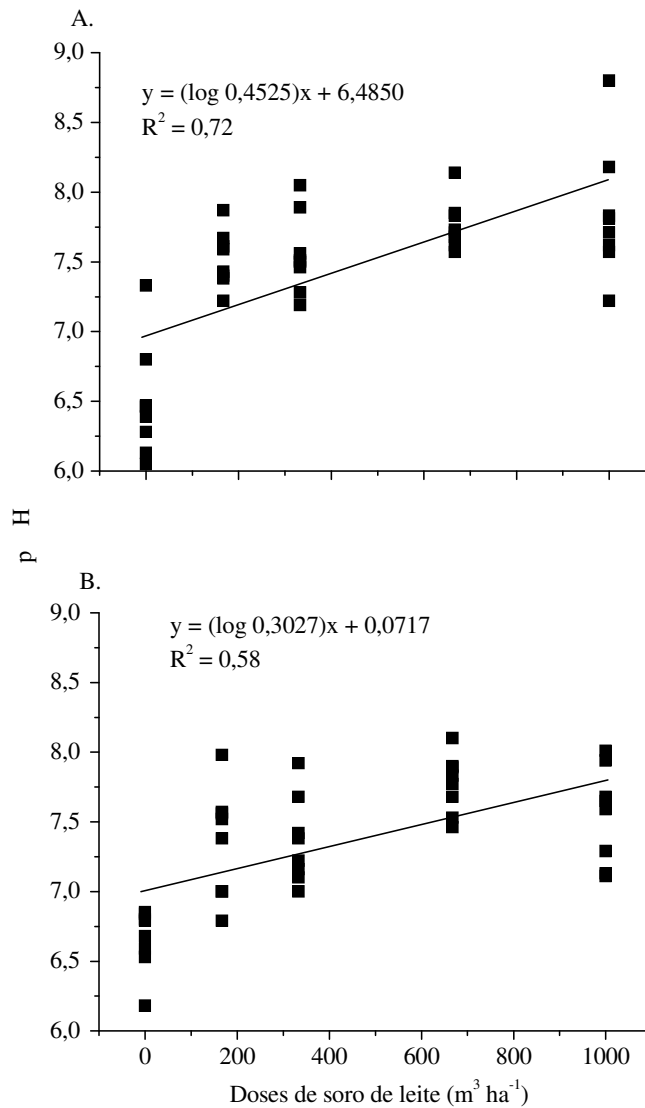
foram superiores aqueles iniciais; esta elevação pode ter sido atingida em consequência da mineralização da matéria orgânica e da liberação dos cátions dos metais alcalinos e alcalino-terrosos associados aos ácidos orgânicos. Resultados semelhantes foram encontrados por Mélo (2005) que trabalhou com diferentes doses de manureira aplicada nos solos Neossolo Quartzarênico órtico, Latossolo Amarelo distrófico e Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.



**Figura 7.** Matéria orgânica em solo cultivado com milho (A) e sorgo (B) em função da aplicação de doses crescentes de soro de leite, nos manejos de fertilização dose total e parcelada



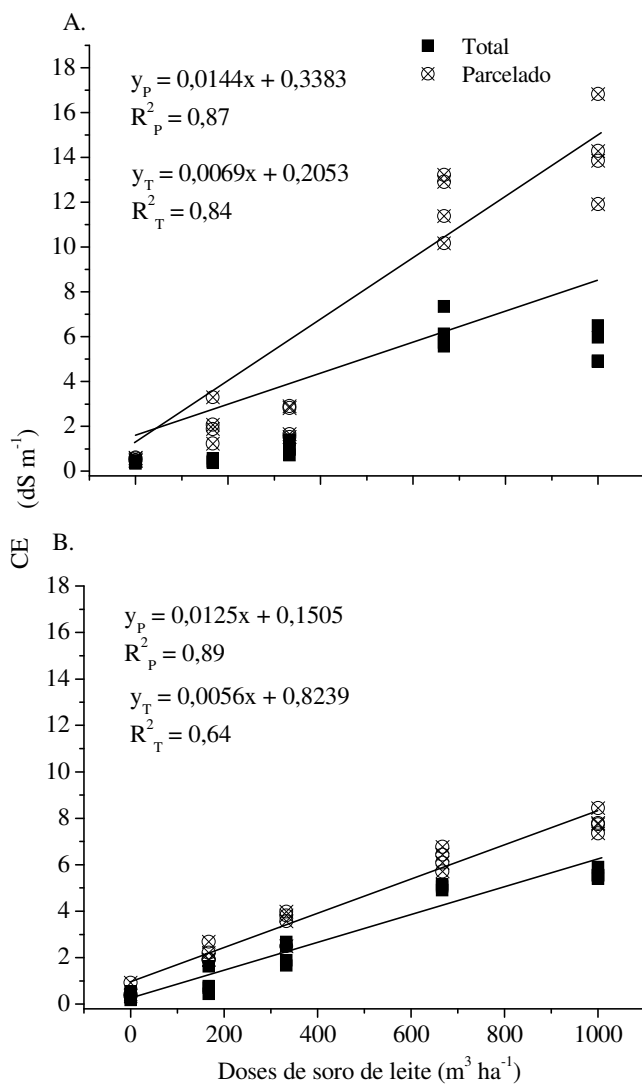
Para a condutividade elétrica do extrato de saturação ( $CE_{es}$ ) houve interação significativa ( $P \leq 0,05$ ) entre a dose e o manejo de fertilização, bem como foi significativo o efeito das variáveis analisadas isoladamente. O modelo adotado para representar estes dados foi o linear (Figuras 9A e B).



**Figura 8.** pH do solo cultivado com milho (A) e sorgo (B) em função da aplicação de doses crescentes de soro de leite, nos manejos de fertilização dose total e parcelada

Com relação ao solo cultivado com o milho, a utilização de soro como fertilizante orgânico elevou a  $CE_{es}$  média do solo. Após a aplicação do soro avaliando-se a maior dose

aplicada (equivalente a  $1000 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ), verificou-se que a  $CE_{es}$  aumentou de cerca de  $0,410 \text{ dS m}^{-1}$  (testemunha) para  $6,388$  e  $13,433 \text{ dS m}^{-1}$  (dose total e parcelada) respectivamente para o solo cultivado com milho. Para o solo cultivado com sorgo em relação à testemunha foi  $5,493$  e  $12,988 \text{ dS m}^{-1}$  (dose total e parcelada) respectivamente.



**Figura 9.** Condutividade elétrica do extrato de saturação ( $CE_{es}$ ) em solo cultivado com milho (A) e sorgo (B) em função da aplicação de doses crescentes de soro de leite, nos manejos de fertilização dose total e parcelada

Essa elevação da salinidade do solo pode estar associada ao aumento dos constituintes iônicos principalmente cálcio, magnésio, potássio, sódio. Vale ressaltar que o

soro apresentou CE de 5,5 dS m<sup>-1</sup>(Tabela 1), assim aumenta-se as precauções na utilização deste resíduo no solo, pois, segundo Santos (2004), sais dissolvidos em água residuária interagem com o solo por meio de troca iônica, dispersão e floculação de argilas, e quando presentes no solo ou na água, podem reduzir a disponibilidade de água para as culturas, afetando o seu rendimento.

## CONCLUSÕES

1. A utilização de soro de leite no solo na dose equivalente a 667 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> no manejo de aplicação parcelado aumentou a produção de MSPA em cerca de 220% em relação à testemunha para ambas as culturas;
2. O soro promoveu incremento nos teores de todos os nutrientes avaliados no experimento;
3. As doses de soro causaram elevação da matéria orgânica, do pH e CE<sub>es</sub> do solo.

## LITERATURA CITADA

- Ayers, R.S.; Westcot, D.W.A. A. A qualidade da água na agricultura. Campina Grande: UFPB. 1991. 218p. Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 29.
- Brito, F.L.; Rolim, M.M.; Silva, J.A.A.; Pedrosa, E.M.R. Qualidade do percolado de solos que receberam vinhaça em diferentes doses e tempo de incubação. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.11, n.3, p.318–323, 2007.
- Berwanger, A.L.; Ceretta, C. A.; Santos, D. R. Alterações no teor de fósforo no solo com aplicação de dejetos líquidos de suínos. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.32, p.2525-2532, 2008.
- Caovilla, F.A.; Sampaio S.C.; Smanhotto, A.; Nóbrega, L. H. P.; Queiroz, M. M. F.; Gomes, B.M. A. C. Características químicas de solo cultivado com soja e irrigado com

- água residuária da suinocultura. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.14, n.7, p.692–697, 2010.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. *Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes*. Brasília: EMBRAPA, 1999. 370p.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. *Manual de análises de solo*. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1997. 212p.
- Freire, M. B. G. S.; Freire, J. F., Fertilidade do solo e seu manejo em solos afetados por sais. In: Novais, R. F.; Alvarez V., V. H.; Barros, N. F.; Fontes, R. L. F.; Cantarutti, R. B.; Neves, J. C. L. *Fertilidade do Solo*. Viçosa: SBCS, 2007. p.929-951.
- Ghaly, A. E.; Rushton, D. G. Mahmud, N. S. Potential air and groundwater pollution from continuous high land application of cheese whey. *American Journal of Applied Sciences* v.4, n.9, p. 619-627, 2007.
- Gheri, E. O.; Ferreira, M. E.; Cruz, M. C. P. Resposta do capim-tanzânia à aplicação de soro ácido de leite. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.38, n. 6, p. 753-760, 2003.
- Giroto, J. M.; Pawlowsky, U. O soro de leite e as alternativas para o seu beneficiamento. *Brasil Alimentos*, n. 1, p. 43-44, 2001.
- Jones, S. B.; Robbins, C. W.; Hansen, C. L. Sodic soil reclamation using cottage cheese (acid) whey. *Arid Soil Research and Rehabilitation*, London, v. 7, p. 51- 61, 1993.
- Kosikowski, F. U. Whey utilization and whey products. *Journal of Dairy Science*, v. 62, p. 49-60, 1979.
- Martins, T. D. D.; Pimenta Filho, E. C.; Costa, R. G.; Souza, J. H. M. Soro de queijo líquido na alimentação de suínos em crescimento. *Revista Ciência Agronômica*, v.39, n.02, p. 301-307, 2008.
- Mélo, R. F.; Ferreira, P. A.; Ruiz, H. A.; Matos, A. T.; Oliveira, L. B. Alterações físicas e químicas em três solos tratados com água residuária de mandioca. In: *Irriga, Botucatu*, v. 10: p. 383-392, 2005
- Mônaco, P. A. V.; Matos, A. T.; Martinez, H. E. T.; Ferreira, P. A.; Ramos, M. M. Avaliação do estado nutricional do cafeeiro após fertirrigação com águas residuárias da lavagem e descascamento de seus frutos. *Engenharia na Agricultura*, v.15, n.4, p.392-394, 2007.

- Pimentel Gomes, F.; Garcia, C. H. Curso de estatística experimental. 14 ed. Piracicaba: ESALQ, 2000. 477 p.
- Pivello, M. A. Efeito da aplicação de soro ácido de leite nas transformações do nitrogênio e na fertilidade de solos. 2001. 44 f. Monografia (Graduação em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2001.
- Pott, C.A.; Müller, M.M.L.; Bertelli, P.B. Adubação verde como alternativa agroecológica para recuperação da fertilidade do solo. *Ambiência Guarapuava*, v.3, n.1 p. 51-63. 2007.
- Prudêncio, E. S.; Benedet, H, D. Avaliação do uso do soro de queijo para obtenção do extrato protéico de soja. *Alimentos Nutrição*, v.12, p.27-32, 2001.
- Santos, E. M.; Zanine, A. M.; Ferreira, D. J.; Oliveira, J. S., Odilon G. S P. A.; Carvalho, J. C. Efeito da adição do soro de queijo sobre a composição bromatológica, fermentação, perdas e recuperação de matéria seca em silagem de capim-elefante. *Ciência Animal Brasileira*, v.7, n.3, p. 235-239, 2006.
- Santos, A.P.R. Efeito da Irrigação com efluente de esgoto tratado, rico em sódio, em propriedades químicas e físicas de um Argissolo Vermelho distrófico cultivado com capim tifton – 85. 2004. 79p. Dissertação (Mestrado) Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.
- Saraiva, F. Z; Sampaio, S. C.; Silvestre, M. G.; queiro, M. M. F.; Nobrega, L. H. P.; Gomes, B. M. Uso de manipueira no desenvolvimento vegetativo do milho em ambiente protegido. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.11, p.30-36, 2007.
- Simili, F. F.; Reis, R. A.; Furlan B. N., Paz; C. C. P.; ima, M. L. P.; Bellingieri, P. A. Resposta do híbrido de sorgo-sudão à adubação nitrogenada e potássica: composição química e digestibilidade in vitro da matéria orgânica. *Ciência Agrotécnica*. v.32, n. 2, p. 474-480, 2008.
- Silva. F.N.; Braga, A.P.; Vasconcelos, S.H.L. Milheto (*Pennisetum americanum*, L.) uma Alternativa Forrageira para a Alimentação Animal no Município de Mossoró. *Revista Científica de Produção Animal*, 2000, v.2, n.1, p. 41-46.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

1. A utilização de soro de leite no solo na dose equivalente a  $667 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  no manejo de aplicação parcelado aumentou a produção de MFPA e MSPA em cerca de 220% em relação à testemunha para ambas as culturas.
2. Dentre os macronutrientes o fósforo atingiu teores acima dos recomendados tanto para o milho quanto para o sorgo.
3. Os maiores acúmulos de sódio ocorreram com aplicação da dose equivalente a  $1000 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  em ambos os manejos de aplicação.
4. O manejo de aplicação do soro (dose parcelada), a partir da dose equivalente a  $667 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  causou comprometimento no desenvolvimento das plantas para as duas culturas avaliadas.
5. O soro promoveu incremento nos teores de todos os nutrientes avaliados no experimento;
6. . As doses de soro causaram elevação da matéria orgânica, do pH e CEes do solo.