

ALTERAÇÕES QUÍMICAS DE SOLO CULTIVADO COM GRAMA BERMUDA E IRRIGADO COM URINA HUMANA

O. S. N. Santos¹; M. B. Teixeira²; H. R. Ghiey³; V. P. da S. Paz³; L. M. Queiroz⁴;
A. Kiperstok⁴

RESUMO: O objetivo deste estudo foi avaliar as alterações químicas de solo cultivado com grama bermuda, em função de doses de urina humana associadas a fertilizantes químicos (P, K). O experimento foi conduzido em casa de vegetação na área experimental do NEAS/UFRB, com delineamento experimental inteiramente casualizado, com seis tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos consistiram em cinco doses de urina (5, 10, 15, 20 e 25 ml de urina.L⁻¹) e testemunha (solo sem adubação). Cada parcela constituiu-se de um recipiente de polietileno com capacidade de 100L e área de 0,41m². Foram analisados os seguintes parâmetros: pH, condutividade elétrica, fósforo, potássio e sódio. A fertilização com urina humana promoveu diminuição do pH do solo nas camadas de 0-20 e 20-40cm e também propiciou o aumento da condutividade elétrica do solo com os maiores valores observados na dose de 25 ml L⁻¹. As doses de urina humana não apresentaram efeito significativo para as concentrações de potássio no solo, entretanto, propiciou aumento das concentrações P e Na. Os resultados permitiram verificar que o uso de urina humana promove o aumento de nutrientes no solo, entretanto, com o risco de tornar o solo salino.

PALAVRAS-CHAVE: Reuso de água, salinidade do solo, *Cynodon dactylon*

CHEMICAL CHANGES IN SOIL CULTIVATED WITH BERMUDA GRASS AND IRRIGATED WITH HUMAN URINE

ABSTRACT: The objective of this study was to evaluate the soil chemical changes planted with Bermuda grass, due to doses of human urine associated with chemical fertilizers (P, K). The experiment was conducted in a greenhouse in the experimental area of NEAS/UFRB with completely randomized design with six treatments and four replications. The treatments consisted of five urine doses (5, 10, 15, 20 and 25 ml of urine L⁻¹) and control (soil without

¹ Profª Doutora, IFBA, Seabra-BA. Email: olivianepomuceno@gmail.com

² Prof. IFAP, Porto Grande-AP. Email: marcelobtea@gmail.com

³ Prof. Doutor, Núcleo de Engenharia de Água e Solo, UFRB, Cruz das Almas-BA. Email: hans@pq.cnpq.br; vpspaz@gmail.com

⁴ Prof. Doutor, Deptº de Engenharia Ambiental, UFBA, Salvador-BA. Email: lmqueiroz@ufba.br; asherkiperstok@gmail.com

fertilization). Each plot consisted of a polyethylene container with a capacity of 100L and 0,41m² area. The following parameters were analyzed: pH, electrical conductivity, phosphorus, potassium and sodium. Fertilization with human urine promoted decrease soil pH at 0-20 and 20-40cm and also led to the increase in the electrical conductivity of the soil with the highest values observed at a dose of 25 ml L⁻¹. Doses of human urine showed no significant effect on the potassium concentrations in the soil, however, led to increased concentrations P and Na. The results showed that the use of human urine promotes an increase in nutrients in the soil, however, with the risk of making the saline soil.

KEYWORDS: Reuse water, soil salinity, *Cynodon dactylon*

INTRODUÇÃO

A elevada demanda por alimentos exige uma agricultura de alto desempenho e, portanto, um solo com condições ótimas de cultivo. Nesse contexto, a aplicação de fertilizantes químicos tornou-se indispensável para fornecer nutrientes em quantidades ideais ao desenvolvimento vegetal (Franco & Neto, 2007).

O nitrogênio (N) é o nutriente exigido em maiores quantidades pelas culturas (Epstein & Bloom, 2006; Malavolta, 2006), refletindo diretamente no consumo mundial de fertilizantes nitrogenados. Atualmente, para atender aos padrões de produtividade exigidos pelos sistemas agrícolas, o nitrogênio vem sendo transformado em nitrogênio reativo, nas formas de nitrato de amônio, ureia, nitrato de cálcio, bicarbonato de amônio e diversas variedades de NPK (Erisman, 2007). Porém, estudos mostram que essa transformação vem sendo realizada a uma taxa muito elevada, nas quais os processos naturais de desnitrificação não conseguem regular o fluxo, provocando um acúmulo nos reservatórios ambientais (Rockström et al., 2009).

Contrapondo o modelo tradicional de agricultura, a aplicação de técnicas de reúso de água e ciclo de nutrientes empregadas nos sistemas de saneamento ecológico (Ecosan) é uma abordagem que promove uma nova filosofia de lidar com o que é considerado resíduo. Sistemas Ecosan possibilitam a recuperação de nutrientes, por exemplo, da urina de humanos, para o benefício da agricultura, ajudando assim a preservar a fertilidade do solo, garantir a segurança alimentar para as gerações futuras, além de minimizar a poluição da água e proporcionar a recuperação de bioenergia (Werner et al., 2003).

Estudos comprovam os benefícios da urina humana na produção vegetal (Ganrot, 2005; Karak & Bhattacharyya, 2011; Lienert & Larsen, 2010). Porém, apesar dos inúmeros trabalhos desenvolvidos em outros países (Karak & Bhattacharyya, 2011), no Brasil, são poucos os estudos relacionados à sua utilização como fertilizante agrícola (Pessoa, 2013), o que a torna ainda mais atrativa. Além da alta concentração de nitrogênio, ela apresenta em sua constituição outros elementos necessários ao desenvolvimento vegetal, como fósforo (P) e potássio (K) (Jonsson et al., 2004).

O uso da urina humana como fertilizante poderá apontar a viabilidade de sua aplicação na água de irrigação, possibilitando o fracionamento da adubação, com conseqüente maior aproveitamento pela cultura.

Diante desse contexto, este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da aplicação de doses de urina humana no acúmulo de nutrientes no solo, cultivado com grama bermuda.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, na área experimental do Núcleo de Engenharia de Água e Solo da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (NEAS/UFRB), localizado no município de Cruz das Almas-BA. O clima da região é classificado como úmido a subúmido, com umidade relativa e temperatura média anual de 80% e 24°C, respectivamente, e pluviosidade média anual de 1.143 mm (D'Angiolella et al., 1998).

Foi utilizado delineamento inteiramente casualizado com seis tratamentos, que consistiram em cinco doses de urina humana (5, 10, 15, 20 e 25 ml/L) e testemunha (solo sem adubação e recebendo lâmina equivalente a 100% da ECA com água pluvial). Utilizou-se um reservatório por parcela com quatro repetições, totalizando 24 parcelas experimentais.

O solo utilizado foi coletado na camada 0-20 cm, no campus da UFRB e classificado por Carvalho et al. (2002), como Latossolo Amarelo coeso A moderado, de baixa fertilidade e apresentando horizontes subsuperficiais coesos. De acordo com os resultados da análise, o solo possuía a seguinte composição química: pH (CaCl₂) de 6,2; 13 g.dm⁻³ de M.O.; <2 mg.dm⁻³ de P (resina); <3 de S-SO₄⁻² (mg.dm⁻³); 1,9; 18,4; 10; <1; 28; 30 e 58,0 mmolc.dm⁻³ de Na, K, Ca, Mg, Al, H⁺Al e saturação por bases (SB), respectivamente. A composição granulométrica do solo foi de 800, 13 e 187 g kg⁻¹ de areia, silte e argila, respectivamente.

Utilizou-se 1g/parcela de sementes de grama bermudas (*Cynodon dactylon*), segundo recomendação do fabricante. O plantio foi realizado em reservatórios plásticos construídos com fibra de vidro reforçada, com capacidade de 100 L.

A urina humana utilizada no experimento foi coletada nos sanitários masculinos da residência estudantil da UFRB. Amostras foram coletadas a cada irrigação e armazenadas sob refrigeração para composição de amostra composta mensal, obtida através de média ponderada, tomando como base o total de água de irrigação aplicado no dia de cada coleta.

A adubação foi realizada com base na recomendação de Godoy & Bôas (2003) e constou da aplicação de 120, 150 e 150 Kg.ha⁻¹ de nitrogênio, fósforo e potássio, respectivamente, com a utilização dos fertilizantes: nitrato de cálcio, superfosfato simples e cloreto de potássio. A adubação de N foi fracionada aos 30, 60 e 90 dias, e a de K, aplicada no plantio e a segunda fração aos 60 dias. Para a adubação de fósforo e potássio, levou-se em consideração a concentração de nutrientes da urina humana. Para tanto, procedeu-se à análise de cinco amostras da urina para determinação da sua composição química média (Tabela 01). Por meio dos valores obtidos, estimou-se o aporte de nutrientes ao longo do ciclo, com base em valores estimados de evaporação. A adubação química foi realizada tomando como base o valor obtido pela diferença entre os teores de nutrientes fornecidos pela urina e a recomendação para a cultura.

Antes do plantio o solo foi elevado à capacidade de campo e estabeleceu-se o turno de rega de dois dias. O manejo da irrigação foi realizado por meio dos valores de evaporação do Tanque Classe A, instalado dentro da casa de vegetação, aplicando-se 100% da lâmina evaporada. A irrigação foi realizada de forma manual, com o uso de regador e a distância entre as parcelas experimentais foi igual a 50 cm.

Ao final do experimento, foram coletadas amostras de solo nas camadas de 0- 20 e 20-40 cm para determinação do pH, condutividade elétrica (suspensão 1:2,5), P, K e Na. As análises foram realizadas no Laboratório de Solos da ESALQ/USP. A análise do sódio foi realizada de acordo com EMBRAPA (1999) e as demais análises de acordo com Raij e colaboradores (2001). Os resultados foram submetidos à análise estatística, utilizando-se o software "R".

RESULTADOS E DISCUSSÃO

1.1. pH

Os resultados da análise de variância do pH do solo mostram que houve efeito significativo ($p < 0,01$), tanto para os tratamentos, como para as camadas e para a interação ($p < 0,01$) entre os tratamentos e as camadas (Tabela 02).

A fertilização com urina humana promoveu diminuição do pH do solo nas camadas de 0-20 e 20-40cm. Os valores mais baixos de pH (4,07), de acordo com a equação ajustada, foram observados na camada de 0-20 cm, na dose de 25 mL L⁻¹. Apenas a dose de 5 mL L⁻¹ apresentou valores de pH semelhantes à testemunha (5,1). A comparação entre camadas permite avaliar que os valores de pH foram menores na camada superior do solo, fato que não ocorreu na testemunha, que apresentou o mesmo valor de pH, 5,1, nas duas camadas (Figura 01).

A extração de nutrientes pela cultura pode ter ocasionado o aumento da acidez do solo, pois esta aumenta quando há diminuição de cátions básicos – cálcio, magnésio, potássio e sódio – no complexo de troca catiônica, substituindo-os por alumínio trocável e hidrogênio não dissociado. A acidez também pode aumentar pela adição de fertilizantes nitrogenados, que acentuam o processo de acidificação, através do processo de nitrificação (RAIJ, 2011), fato que pode ter contribuído para a diminuição do pH do solo dos tratamentos que receberam urina humana, em função da alta concentração de nitrogênio na mesma.

Sene (2013) avaliou o uso de diferentes diluições de urina, equivalente a 140, 280 e 420 kg N ha⁻¹, em três cultivos consecutivos de couve e obteve decréscimos nos valores de pH, a partir do segundo cultivo, em todos os tratamentos com urina, resultados semelhantes aos observados por Mnkeni, Kutu e Muchaonyerwa (2008), que avaliaram doses de urina no cultivo de tomate.

1.2. Condutividade elétrica (CE)

Neste experimento, verificou-se efeito significativo ($p < 0,01$) dos tratamentos sobre a CE no solo, medida em suspensão de solo em água, na proporção de 1:2,5. Houve também efeito significativo ($p < 0,01$) para as camadas e interação ($p < 0,05$) significativa entre os tratamentos e as camadas (Tabela 02).

A condutividade elétrica apresentou comportamento quadrático e os maiores valores de CE foram observados na camada 2 (20-40 cm). A dose de 25 mL L⁻¹ apresentou a maior CE, ajustada pela equação em 1,107 dS m⁻¹ (Figura 02), valor 538,78% superior ao que o solo apresentava antes do cultivo. Estes valores indicam a possibilidade de salinização do solo na aplicação de doses mais elevadas de urina.

Assim como os resultados obtidos neste experimento, Sene (2013) também verificou aumento da condutividade elétrica do solo em função do aumento de doses de urina aplicadas no solo para o cultivo de couve. Mnkeni, Kutu e Muchaonyerwa (2008) realizaram estudo para avaliar o efeito de doses de urina humana (equivalente a 0-400 kg N ha⁻¹) no

cultivo de tomate e verificaram aumento da salinidade do solo, com o aumento das doses de urina testadas.

De acordo com Cockerham (2008), a maioria dos gramados tem um bom crescimento com condutividade elétrica do extrato de saturação do solo abaixo de 2 dS m^{-1} ; valores maiores que 4 dS m^{-1} podem dificultar o desenvolvimento de muitos tipos de grama.

Verificou-se que, mesmo para as doses mais altas de urina humana aplicadas, os valores de condutividade elétrica do solo apresentaram-se abaixo de 2 dS m^{-1} . O aumento da salinidade, a partir da dose de 15 mL L^{-1} , pode ser atribuído, exclusivamente, ao fornecimento de urina, uma vez que essas doses não receberam doses adicionais de K.

1.3. Fósforo e potássio

Houve efeito significativo ($p < 0,01$) dos tratamentos sobre as concentrações de P no solo, bem como entre camada; houve também interação ($p < 0,01$) significativa entre tratamento e período (Tabela 01). O fósforo apresenta baixa mobilidade no solo (BARKER; PILBEAM, 2015), fato que explica as maiores concentrações na camada de 0-20 cm (Figura 03). Na Figura 03 verifica-se que o modelo de grau dois para a camada 1, embora significativo, não representa o comportamento dos dados.

A maior concentração foi observada na dose de 5 mL L^{-1} ($63,67 \text{ mg dm}^{-3}$) e as menores, na testemunha ($4,50 \text{ mg dm}^{-3}$), o que pode ter ocorrido em função da aplicação das doses complementares de P, realizadas no plantio, uma vez que a dose de 5 mL L^{-1} também proporcionou as maiores concentrações de P nas folhas de grama bermuda, aos 120 DAP.

Para as concentrações de potássio, não houve efeito significativo ($p > 0,05$) para os tratamentos e camadas avaliadas (Tabela 02).

1.4. Sódio

Para as concentrações de sódio, no solo, houve efeito significativo dos tratamentos e camadas, com as maiores concentrações observadas na camada do solo de 20-40 cm (Figura 04). A alta concentração de Na presente na urina pode configurar um fator limitante para sua utilização, uma vez que de acordo com Korndörfer (2006) o excesso de sais de sódio pode afetar as propriedades físicas e químicas do solo, que quando submetidos à irrigação com águas salinas podem se tornar improdutivos devido ao excesso de sais, pois ocorre aumento da espessura da dupla camada iônica difusa, proporcionando a expansão das argilas e consequentemente, redução da porosidade e a permeabilidade do solo. Adicionalmente, o excesso de sódio prejudica a absorção de água na zona radicular, pois diminui o potencial osmótico da solução do solo (KORNDÖRFER, 2006; FOTH, 1990).

Mnkeni; Austin; Kutu (2005) observaram aumento da salinidade do solo cultivado com alta taxas de urina humana e consequente diminuição do crescimento de espinafre e repolho. Portanto, no manejo da fertilização com urina humana a concentração de sódio deve ser levada em consideração, uma vez que doses excessivas podem causar efeitos negativos no sistema solo-planta.

CONCLUSÕES

A fertilização com urina humana promoveu diminuição do pH do solo nas camadas de 0-20 e 20-40cm. A comparação entre camadas permite avaliar que os valores de pH foram menores na camada superior do solo, para os tratamentos que receberam urina humana.

Durante o período de estabelecimento da grama bermuda, as doses de urina alteraram, significativamente, as características químicas do solo, pH e CE, indicando a possibilidade de salinização do solo na aplicação de doses mais elevadas de urina. Entretanto, verificou-se aumento da concentração de nutrientes como P no solo, podendo a urina ser uma alternativa viável para o aproveitamento dos nutrientes das excretas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

D'ANGIOLELLA, G. L. B.; Castro Neto, M. T.; Coelho, E. F. Tendências climáticas para os Tabuleiros Costeiros da região de Cruz das Almas, BA. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27, Poços de Caldas. Anais... Lavras: SBEA, 1998. v.1, p.43-45.

EASTON, Z.M.; PETROVIC, A.M. Fertilizer source effect on ground and surface water quality in drainage from turfgrass. *Journal of Environmental Quality*, v.33, p.645–655, 2004.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A.J. *Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas*. Londrina: Editora Planta, 2006. 403p.

ERISMAN, J.W.; BLEEKER, A.; GALLOWAY, J.; SUTTON, M.S. Reduced nitrogen in ecology and the environment. *Environmental Pollution*, n. 150; 140 -149, 2007. Disponível em: <http://consensus.fsu.edu/fertilizer-task-force/pdfs/Erisman_Article.pdf>. Acesso em: 12 nov. 2014.

FRANCO, J. A. M.; NETO, A. S. Produção de fertilizantes nitrogenados e suprimento de matéria-prima. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S.; VITTI, G. C. (Org.). Nitrogênio e Enxofre na Agricultura Brasileira. 1. ed. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute (IPNI), 2007. p. 73-107.

GANROT, Z.; DAVE, G.; NILSSON, E. Recovery of N and P from human urine by freezing, struvite precipitation and adsorption to zeolite and active carbon. *Bioresource Technology*, v. 98, n. 16, p. 3112-3121, 2007. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17321132>>. Acesso em 5 abr. 2016.

GODOY, L.J.G.; VILLAS BÔAS, R.L. Nutrição e adubação para gramados. In: SIMPÓSIO SOBRE GRAMADOS, 1, 2003, Botucatu. Anais... Botucatu: Departamento de Recursos Naturais, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista (UNESP), 2003.

JONSSON H.; STINZING A.R.; VINNERAS, B.; SALOMON, E. Guidelines on the Use of Urine and Faeces in Crop Production. *EcoSanRes Publication Series Report 2004-2*. Stockholm Environment Institute: Sweden, 2004. 43p.

KARAK, T.; BHATTACHARYYA, P. Human urine as a source of alternative natural fertilizer in agriculture: A flight of fancy or an achievable reality. *Resources, Conservation and Recycling*, v. 55, n. 4, p. 400-408, 2011.

LIENERT, J.; LARSEN, T. A. High Acceptance of Urine Source Separation in Seven European Countries: A Review. *Environmental Science & Technology*, v. 44, n. 2, p. 556-566, 2010.

MALAVOLTA, E; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997. 319p.

MALAVOLTA, E. Manual de nutrição mineral de plantas. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 638p

PESSOA, B. M. Utilização da urina humana como biofertilizante para produção de alimentos e energia: caracterização, uso na agricultura e recuperação de nutrientes. Fortaleza, 2013. 270p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Centro de Tecnologia, UFC.

ROCKSTRÖM, J.; STEFFEN, W.; NOONE, K.; PERSSON, Å.; CHAPIN, F. S. III; LAMBIN, E. F.; LENTON, T. M.; SCHEFFER, M.; FOLKE, C.; SCHELLNHUBER, H. J.;

NYKVIST, B.; DE WIT, C. A.; HUGHES, T.; VAN DER LEEUW, S.; RODHE, H.; SÖRLIN, S.; SNYDER, P.K.; COSTANZA, R.; SVEDIN, U.; FALKENMARK, M.; KARLBERG, L.; CORELL, R. W.; FABRY, V. J.; HANSEN, J.; WALKER, B.; LIVERMAN, D.; RICHARDSON, K.; CRUTZEN, P.; FOLEY, J. Planetary boundaries: exploring the safe operating space for humanity. *Ecology and Society*, v. 14, n. 2, 2009.

WERNER, C.; FALL, P. A.; SCHLICK, J.; MANG, H.-P. Reasons for and principles of ecological sanitation. In: 2ND INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ECOLOGICAL SANITATION, 2, 2003, Cidade. Anais eletrônico... Cidade: Instituição, 2003. Disponível em: <<http://www2.gtz.de/Dokumente/oe44/ecosan/en-ecosan-reasons-and-principles-2004.pdf>>.

Acesso em: 13 out. 2016.

Tabela 01. Características da urina humana e água utilizada na irrigação.

Determinações	Unidade	Água	Urina
pH	-	8,40	8,70
Condutividade elétrica (CE)	dS m ⁻¹	0,78	2,435
N-total	mg L ⁻¹	nd	6937,50
P-total	mg L ⁻¹	nd	923,33
K / K ₂ O	mg L ⁻¹	7,03	1483,75
Ca ⁺²	mg L ⁻¹	5,21	65,00
Mg ⁺²	mg L ⁻¹	8,50	10,00
S	mg L ⁻¹	nd	1655,00
Na	mg L ⁻¹	106,90	2937,50
Cl ⁻	mg L ⁻¹	0	4093,75

nd – não determinado.

Tabela 02. Resumo da análise de variância das concentrações de pH, CE, P, K e Na em solo irrigado com doses de urina humana e médias dos tratamentos nas camadas avaliadas.

Fonte de variação	G.L.	Quadrado médio				
		pH	CE	P	K	Na
Tratamento (T)	5	0,49**	389747,2**	1016,03**	0,33 ^{NS}	32,69**
Erro (a)	18	0,021	18836,95	33,34	0,17	4,64
Camada (C)	1	1,40**	1045474,00**	19750,56**	0,11 ^{NS}	92,96**
Interação TxC	5	0,17**	79928,98*	909,47**	0,14 ^{NS}	10,14 ^{NS}
Resíduo	18	0,030	19216,66	31,71	0,20	4,28
Média		4,84	512,86	28,32	0,60	5,88
Desvio		0,34	294,59	25,49	0,44	3,15
CV (%)		3,61	27,03	19,88	74,38	35,18

*Significância (p<0,05) pelo teste F; ** Significância (p<0,01) pelo teste F;

NS - não significativo.

Figura 01. pH do solo irrigado com doses de urina humana, nas camadas de 0-20 e 20-40 cm de profundidade.

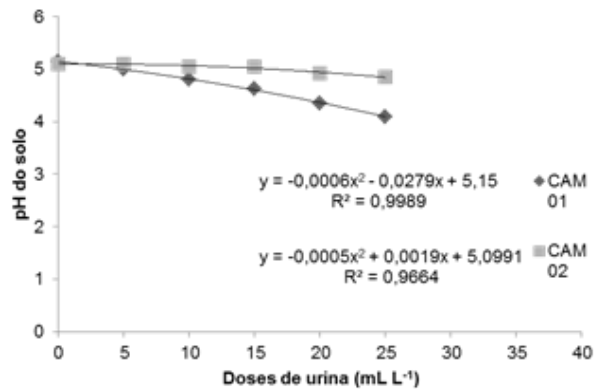


Figura 02. Condutividade elétrica (CE) do solo irrigado com doses de urina humana, nas camadas de 0-20 e 20-40 cm de profundidade.

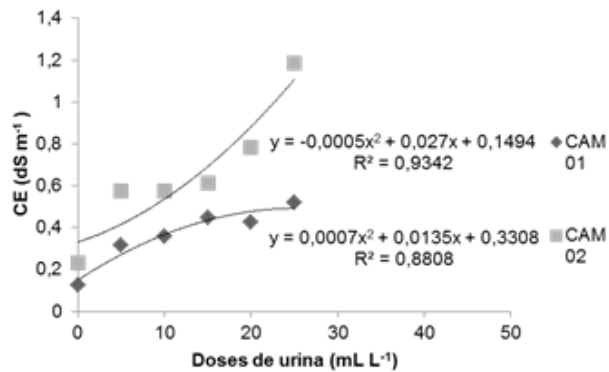


Figura 03. Fósforo (P) do solo irrigado com doses de urina humana, nas camadas de 0-20 e 20-40 cm de profundidade.

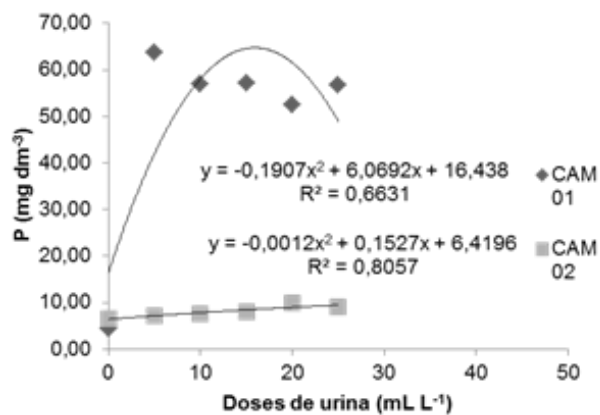


Figura 04. Sódio (Na) do solo irrigado com doses de urina humana, nas camadas de 0-20 e 20-40 cm de profundidade.