



Produtividade de milho (*Pennisetum americanum* L) fertirrigado com efluentes domésticos em solos do semiárido paraibano⁽¹⁾

Aldrin Martin Perez Marin⁽²⁾; Cassiana Felipe de Souza⁽³⁾; Jhony Vendruscolo⁽⁴⁾; Maria Aparecida da Silva Barbosa⁽⁵⁾; Ewerton Gonçalves de Abrantes⁽⁶⁾.

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos do INSA e CNPq;

⁽²⁾ Professor e pesquisador; Universidade Federal da Paraíba e Instituto Nacional do Semiárido; Campina Grande, PB; aldrin.perez@insa.gov.br;

⁽³⁾ Doutoranda em Fitotecnia; Universidade Federal do Semiárido; Mossoró, RN; cassianafelipe@gmail.com;

⁽⁴⁾ Doutorando em Ciência do Solo; Universidade Federal da Paraíba; Areia, PB; jhoven2@hotmail.com;

⁽⁵⁾ Mestranda em Ciência do Solo; Universidade Federal da Paraíba; Areia, PB; cydasilva84@gmail.com;

⁽⁶⁾ Doutorando em Ciência do Solo; Universidade Federal da Paraíba; Areia, PB; ewertonagroti@hotmail.com.

RESUMO: Os efluentes domésticos são fontes de água e nutrientes, apresentando potencial para elevar a produtividade de culturas no semiárido. Objetivou-se avaliar a produtividade de milho irrigado com efluentes domésticos em três tipos de solos do semiárido paraibano. O trabalho foi realizado em casa de vegetação, no INSA, com delineamento inteiramente casualizado e arranjo fatorial (3 x 6), sendo três tipos de solos (Planossolo, Luvisolo Crômico e Neossolo Litólico) e seis tratamentos (irrigação com água de abastecimento (AA); irrigação com água de abastecimento mais fertilização mineral (AA+NPK); irrigação com efluente doméstico (ED); irrigação composta por urina humana e efluente doméstico, nas concentrações de 1,5; 3,0 e 4,5% de urina humana em efluente doméstico. As variáveis avaliadas foram: matéria seca da parte aérea (MSPA), somando-se os valores obtidos em cinco cortes (36, 46, 56, 66 e 105 dias após a semeadura), matéria seca das raízes (MSR) e produção total de grãos (PTG), aos 105 dias após a semeadura. A aplicação de AA+NPK reduziu a produção de MSPA no Neossolo, contudo, a PTG foi maior quando submetido ao tratamento EDUH_{1,5%}. O aumento das concentrações de urina humana em efluente doméstico elevou a MSPA e a PTG em todos os solos. Conclui-se que a utilização de efluentes doméstico com adição de urina humana aumenta a produtividade de milho, comparável a adubação sintética.

Termos de indexação: produção, água de reuso, adubação.

INTRODUÇÃO

Nas regiões semiáridas, as baixas disponibilidades de água e nutrientes são fatores limitante ao desenvolvimento agrícola (Hespanhol, 2002; Menezes et al., 2005). Neste contexto, verifica-se o potencial dos efluentes domésticos na agricultura, por ser fonte de água (Bertoncini, 2008), e de nutrientes (Souza et al., 2005), podendo reduzir em até 50% o uso de fertilizantes químicos (Caovilla et al., 2005).

Os efluentes domésticos (ED) são caracterizados por águas residuárias compostas de urina humana (UH) e outras substâncias (Archela et al., 2003). A UH representa em torno de 80%, 55% e 60% do nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) contido no efluente doméstico, respectivamente (Jönson et al., 2000), sendo portanto, fonte alternativa de NPK na agricultura.

Diante do exposto, objetivou-se avaliar o efeito da fertirrigação com efluentes domésticos na produtividade de milho em solos do semiárido paraibano.

MATERIAL E MÉTODOS

Esta pesquisa foi desenvolvida nos meses de maio a agosto de 2013, em ambiente protegido, na Estação Experimental Rafael Fernandes, pertencente ao Instituto Nacional do Semiárido (INSA), Campina Grande-PB. A região, com clima semiárido quente e seco (BSh) (Köppen & Geiger, 1936), apresenta estação chuvosa de março a julho, com precipitação de 347,2 mm no referido ano (dados coletados).

Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado com esquema fatorial (3 x 6), sendo três tipos de solos (Planossolo, Luvisolo Crômico e Neossolo Litólico), e seis tratamentos de adubação (irrigação com água de abastecimento (AA) (Testemunha 1); irrigação com água de abastecimento mais fertilização mineral no solo à base de NPK (AA+NPK) (Testemunha 2); irrigação composta por urina humana e efluente doméstico, nas concentrações de 1,5%, 3,0% e 4,5% de urina humana em efluente doméstico (EDUH_{1,5%}, EDUH_{3,0%} e EDUH_{4,5%}, respectivamente), com quatro repetições. Cada unidade experimental foi constituída por um vaso plástico de 60 L. Foram preenchidos 72 vasos, em cada um, utilizou-se uma camada de 4,5 kg de brita, sobposto a 56 kg de solo.

Os solos foram coletados em áreas com processo de desertificação, na camada de 0-20 cm, sendo analisadas antes do plantio e após a colheita (105 dias). Os atributos avaliados foram pH em água (1:2,5), fósforo (P), potássio (K⁺), cálcio (Ca²⁺), magnésio (Mg²⁺) e condutividade elétrica (CE),



segundo o método da EMBRAPA (1997), carbono orgânico total (COT) (Walkley & Black, 1934), nitrogênio total (N) (Bremner, 1960) e porcentagem de sódio trocável (PST) (**Tabela 1**).

A adubação mineral com NPK foi realizada com base nos valores médios da análise de solo (**Tabela 2**), seguindo-se as recomendações de Pereira Filho et al (2003) (**Tabela 2**). A adubação nitrogenada foi parcelada em duas aplicações, sendo realizada um mês antes da semeadura e aos 27 dias após a semeadura (DAS).

Tabela 2. Doses de adubação mineral contendo NPK, para o tratamento AA+NPK.

Solo	Dose (g vaso ⁻¹)		
	SFS	KCl	Ureia
Planossolo	4,38	1,94	4,44
Luvissolo Crômico	8,77	1,94	4,44
Neossolo Litólico	8,67	1,87	4,37

SFS: Superfosfato simples, KCl: Cloreto de potássio.

As diluições de urina humana (UH) no efluente doméstico (ED) foram preparadas e armazenadas em tonéis plásticos com capacidade de 100 L, mantidos sempre fechados.

Os solos foram irrigados com AA por um período de 20 DAS, mantendo-se a capacidade de campo, posteriormente ocorreu o início dos tratamentos. A lâmina de irrigação, baseada em uma estimativa da evapotranspiração de referência (Hargreaves & Samani, 1985), foi aplicada em um turno de rega de dois dias.

Após a aplicação dos tratamentos foi semeado o milho. Aos 16 DAS realizou-se o desbaste das plantas, deixando as cinco plantas mais vigorosas em cada vaso.

As variáveis avaliadas foram: matéria seca da parte aérea (MSPA), somando-se os valores obtidos em cinco cortes (36, 46, 56, 66 e 105 DAS), matéria seca das raízes (MSR) e produção total de grãos (PTG), quando 80% das inflorescências apresentavam grãos no ponto de colheita (105 DAS).

Os dados da produção foram submetidos à análise de variância, e posteriormente análise de regressão para as concentrações de urina humana no efluente doméstico, realizando-se teste Tukey para as médias em cada classe de solo, e teste de Dunnett entre os tratamentos AA e AA+NPK e os demais, ambos testes sendo realizados a 5% de significância.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao avaliar o efeito dos tratamentos dentro de cada solo, observou-se diferença significativa para MSPA e PTG (**Tabela 3**). Para a MSPA, verificou-se que o ED proporcionou menores valores em comparação ao tratamento AA+NPK, independente do tipo de solo, e em comparação ao AA no Luvissolo Crômico e Neossolo Litólico. Com relação a esta variável,

também verificou-se redução após aplicação de EDUH_{1,5%} em comparação à AA+NPK no Luvissolo Crômico.

Com relação à PTG, observou-se que no Planossolo, os tratamentos ED, EDUH_{1,5%} e EDUH_{3,0%} foram superiores às testemunhas. Dessa forma, observou-se semelhança das testemunhas com o tratamento EDUH_{4,5%}, provavelmente devido uma redução ocorrida por fitotoxicidez, ocasionado pelo aumento da salinidade do solo, devido aos altos teores de Na⁺ e PST (**Tabela 1**) como mencionado na literatura (Munns, 2002; Farias et al., 2009).

O uso de urina humana, como observado neste trabalho, pode elevar os níveis de salinidade, e que tal efeito é melhor evidenciado em solos rasos, como os Neossolos Litólicos, que como observado, elevou-se os níveis de PST além do que observado nos outros solos.

No Luvissolo, observou-se que apenas o tratamento EDUH_{1,5%} teve diferença quando comparado às testemunhas, obtendo valor inferior à ambas. No Neossolo, os tratamentos ED e EDUH_{3,0%} seguiram a sequência AA > ED/EDUH_{3,0%} > AA+NPK; o tratamento EDUH_{1,5%} proporcionou menores valores que às testemunhas, enquanto que o valor obtido com tratamento EDUH_{4,5%} foi superior ao constatado no tratamento AA+NPK.

Ao avaliar o efeito de cada tratamento nos solos, verificou-se diferença significativa para MSPA e PTG (**Tabela 3**). Os maiores valores de MSPA foram observados no Luvissolo quando comparado ao Neossolo, em quase todos os tratamentos, exceto para AA e ED, e nas áreas com os tratamentos AA+NPK e EDUH_{3,0%}, quando comparado ao Planossolo. Também constatou-se que os valores de MSPA foram maiores nas áreas com os tratamentos AA+NPK e EDUH_{4,5%} em Planossolo, em comparação com o Neossolo.

Para o PTG, observou-se os maiores valores no Neossolo, em praticamente todas as áreas (exceto para o EDUH_{1,5%}), quando comparado ao Planossolo, e na áreas com AA, ED e EDUH_{4,5%}, quando comparado ao Luvissolo. A PTG também foi maior nas áreas com AA, AA+NPK, EDUH_{3,0%} e EDUH_{4,5%}, e menor na área com EDUH_{1,5%}, do Luvissolo em relação ao Planossolo (**Tabela 3**).

Como observado na **tabela 1**, o Luvissolo apresentava maior fertilidade inicial, o que pode ter inibido o efeito dos tratamentos quando comparado, por exemplo ao Neossolo, que em alguns tratamentos (ED e EDUH_{4,5%}) proporcionou maior PTG que o Luvissolo, o que pode ser explicado pela rápida disponibilização dos nutrientes oriundos do ED e UH.

Ao avaliar o efeito das concentrações de UH em cada solo, verificou-se que a MSPA aumentou linearmente no Luvissolo e Neossolo, com maior coeficiente angular no Luvissolo, não tendo ajuste para esta variável no Planossolo. Para a MSR não houve ajuste para as equações, independente do solo.



No Planossolo e Neossolo, a PTG obteve ajuste quadrático, sendo que no Planossolo, a PTG máxima foi estimada na concentração de 1,72%, enquanto no Neossolo, a PTG aumentou com tendência quadrática em função das concentrações de urina humana diluída em efluente doméstico.

De forma geral, o aumento da produção de MSPA e PTG reflete o uso da UH e do ED como fertilizantes alternativos, com ótimas características químico-físicas, o que favorece o seu aproveitamento. Esses resultados corroboram com Germer et al. (2011), que observaram resposta positiva da aplicação de urina humana, comparado à utilização de fertilizantes sintéticos em sorgo.

CONCLUSÃO

A utilização de efluentes domésticos com a adição da urina humana, proporcionou uma maior produção ou comparável aos demais tratamentos.

Os efluentes domésticos e a urina humana podem ser utilizadas como fertilizantes.

Os Neossolos Litólicos proporcionaram maior produção de grãos, contudo são mais sensíveis a utilização de efluentes domésticos, assim tem-se necessidade de maior rigor no seu manejo.

REFERÊNCIAS

ARCHELA, E.; CARRARO, A.; FERNANDES, F. et al. Considerações sobre a geração de efluentes líquidos em centros urbanos. *Geografia*, 12:517-525.

BERTONCINI, E. I. Tratamento de efluentes e reuso da água no meio agrícola. *Revista Tecnologia & Inovação Agropecuária*, 1:152-169, 2008.

BREMNER, J. M. Determination of nitrogen in soil by the kjeldahl method. *Journal of Agricultural Science*, 55:11-33, 1960.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (RJ). Manual de métodos de análise de solo. 2ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPQ, 1997. 212p.

FARIAS, S. G. G.; SANTOS, D. R.; FREIRE, A. L. O. et al. Estresse salino no crescimento inicial e nutrição mineral de gliricídia (*Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Steud) em solução nutritiva. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 33:1499-1505, 2009.

GERMER, J.; ADDAI, S. & SAUERBORN, J. Response of grain sorghum to fertilisation with human urine. *Field Crops Research*, 122:234-241, 2011.

HARGREAVES, G. H. & SAMANI, Z. A. Reference crop evapotranspiration from temperature. *Applied Engineering Agriculture*, 1:96-99, 1985.

HESPANHOL, I. Potencial de Reuso de Água no Brasil Agricultura, Indústria, Municípios, Recarga de Aquíferos. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 7:75-95, 2002.

JÖNSSON, H.; VINNERAS, B.; HÖGLUND, C. et al. Källsorterad humanurin i kretslopp. Stockholm: VA - Forsk Rapport, 2000. 62p.

KÖPPEN, G. W & GEIGER, M. R. *Handbuch der Klimatologie*. Berlin, 1936. 44p.

MENEZES, R. S. C.; GARRIDO, M. S & MARIN, A. M. P. Fertilidade dos solos no semi-árido. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 30., 2005, Recife. Anais... Recife: UFRPE, 2005. CD Rom.

MUNNS, R. Comparative physiology of salt and water stress. *Plant, Cell and Environment*, 25:239-250, 2002.

PEREIRA FILHO, I. A.; FERREIRA, A. S.; COELHO, A. M. et al. Manejo da Cultura do Milheto. Sete Lagoas: EMBRAPA, 2003. 65p. (Circular Técnica 29)

SOUSA, J. T.; VAN HAANDEL, A. C.; CAVALCANTI, P. F. F. et al. Tratamento de esgoto para uso na agricultura do semi-árido nordestino. *Engenharia Sanitária e ambiental*, 10:260-265, 2005.

WALKLEY, A. & BLACK, I. A. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science*, 37:29-38, 1934.

Tabela 4 - Equações da análise de regressão para a produção de matéria seca da parte aérea (MSPA) e da raiz (MSR), e produção total de grãos (PTG) de plantas de milheto, submetidas à adubação com diluições de urina humana em efluente doméstico, em três solos do semiárido paraibano.

	Planossolo	Luvissolo Crômico	Neossolo Litólico
MSPA (g vaso ⁻¹)	$\hat{Y} = 62,225 + 13,581^{**}x$ $R^2 = 0,9574$	$\hat{Y} = 42,593 + 57,743^{**}x - 7,0186^{**}x^2$ $R^2 = 0,9647$	$\hat{Y} = 23,71 + 44,311^{**}x - 7,0736^{**}x^2$ $R^2 = 0,7014$
MSR (g vaso ⁻¹)	$\hat{y} = 6,10$	$\hat{y} = 4,59$	$\hat{y} = 4,42$
PTG (g vaso ⁻¹)	$\hat{y} = 13,37 + 5,63^{**}x - 1,63^{**}x^2$ $R^2 = 0,89$	$\hat{y} = 13,8$	$\hat{y} = 20,21 - 0,24^{**}x + 2,92^{**}x^2$ $R^2 = 0,89$

Ns: Não Significativo, * e ** significativo a 1% e 5%, respectivamente.



Tabela 1 - Valores dos atributos químicos dos solos, no início (I) e ao final (F) do período experimental.

Solo	Atributo	Tratamento											
		AA		AA+NPK		ED		EDUH _{1,5%}		EDUH _{3,0%}		EDUH _{4,5%}	
		I	F	I	F	I	F	I	F	I	F	I	F
Planossolo	pH em H ₂ O (1:2,5)	5,43	6,16	5,38	6,06	5,43	6,30	5,43	5,19	5,43	5,14	5,39	5,79
	N (%)	0,04	0,06	0,04	0,06	0,04	0,06	0,05	0,07	0,06	0,06	0,04	0,07
	PST (%)	1,80	10,9	1,80	9,48	1,89	12,0	1,99	24,3	1,8	26,0	1,93	28,6
	P (mg dm ⁻³)	4,37	5,27	4,37	6,91	4,37	5,60	4,38	6,69	4,38	6,73	4,36	7,13
	K ⁺ (mg dm ⁻³)	107	88	120	94	107	118	107	200	114	278	109	317
	Ca ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	4,84	4,17	4,58	4,08	4,84	4,14	4,57	4,10	4,33	4,24	4,30	3,59
	Mg ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	3,15	2,62	3,14	2,94	2,55	2,74	2,88	2,13	3,46	1,87	3,27	2,68
	COT (dag kg ⁻¹)	0,51	0,64	0,39	0,65	0,50	0,69	0,60	0,72	0,65	0,63	0,41	0,76
	CE (dS m ⁻¹)	0,13	0,54	0,13	0,32	0,12	0,48	0,12	1,04	0,13	1,36	0,11	1,57
Luvissolo Crômico	pH em H ₂ O (1:2,5)	8,13	8,03	8,23	8,25	8,21	8,25	8,23	7,98	8,21	7,73	8,23	7,61
	N (%)	0,10	0,12	0,13	0,14	0,10	0,13	0,11	0,12	0,10	0,11	0,12	0,11
	PST (%)	0,80	9,50	0,82	8,76	0,78	10,4	0,76	12,5	0,78	16,29	0,89	18,0
	P (mg dm ⁻³)	5,28	1,83	5,30	2,99	5,55	1,66	5,00	4,26	5,00	4,99	5,25	5,91
	K ⁺ (mg dm ⁻³)	108	91	117	95	111	112	112	192	121	312	104	399
	Ca ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	32,40	29,4	30,6	30,3	32,4	28,4	33,8	31,0	31,7	33,8	30,7	35,5
	Mg ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	2,07	1,61	4,02	1,68	2,27	2,79	1,64	0,53	2,46	0,83	1,93	1,39
	COT (dag kg ⁻¹)	1,04	1,22	1,38	1,45	1,03	1,33	1,18	1,24	1,11	1,08	1,20	1,14
	CE (dS m ⁻¹)	0,12	1,08	0,11	0,69	0,12	0,96	0,11	1,69	0,12	3,79	0,12	5,34
Neossolo Litólico	pH em H ₂ O (1:2,5)	6,62	7,61	6,31	6,91	6,47	7,61	6,51	6,86	6,48	6,33	6,47	6,54
	N (%)	0,03	0,02	0,04	0,06	0,05	0,02	0,06	0,06	0,03	0,05	0,03	0,03
	PST (%)	0,94	28,9	0,88	16,9	1,01	40,1	1,08	30,2	1,13	41,52	1,30	39,8
	P (mg dm ⁻³)	1,42	1,76	1,44	6,76	1,45	1,76	1,44	6,21	1,45	7,26	1,45	8,02
	K ⁺ (mg dm ⁻³)	71	69	69	50	69	84	69	110	69	240	69	215
	Ca ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	2,92	2,35	2,88	2,35	2,25	2,25	1,85	2,05	2,00	2,42	1,76	1,96
	Mg ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,78	2,28	1,50	1,77	1,15	1,58	1,28	1,33	0,95	2,23	1,09	1,96
	COT (dag kg ⁻¹)	0,38	0,10	0,39	0,06	0,53	0,10	0,41	0,14	0,30	0,20	0,35	0,18
	CE (dS m ⁻¹)	0,06	0,88	0,08	0,49	0,05	0,53	0,04	0,78	0,06	2,02	0,07	1,50

AA - água de abastecimento; AA+NPK - água de abastecimento mais fertilização mineral no solo à base de NPK; ED - efluente doméstico; EDUH_{1,5%} - 1,5% de urina humana e 98,5% de efluente doméstico; EDUH_{3,0%} - 3,0% de urina humana e 97% de efluente doméstico; EDUH_{4,5%} - 4,5% de urina humana e 95,5% de efluente doméstico.

Tabela 3. Valores médios de matéria seca da parte aérea (MSPA) e da raiz (MSR), e peso total de grãos (PTG) de milho fertilizado com efluentes domésticos em solos da região semiárida paraibana.

Classe de Solo	Tratamento	MSPA			MSR			PTG		
		g vaso ⁻¹								
Planossolo	AA	93,71	a		5,28	a		7,29	c	
	AA+NPK	119,38	b		6,76	a		7,86	b	
	ED	62,66	a β		6,87	a		12,64	b α β	
	EDUH _{1,5%}	78,11	ab		3,79	a		20,33	a α β	
	EDUH _{3,0%}	110,65	b		10,08	a		13,36	b α β	
	EDUH _{4,5%}	119,72	a		3,66	a		6,33	c	
Luvissolo Crômico	AA	123,17	a		4,79	a		18,23	b	
	AA+NPK	169,69	a		5,68	a		15,53	a	
	ED	46,58	a α β		2,27	a		15,24	b	
	EDUH _{1,5%}	101,45	a β		3,92	a		7,65	b α β	
	EDUH _{3,0%}	164,62	a		7,09	a		19,24	a	
	EDUH _{4,5%}	156,32	a		5,09	a		13,10	b	
Neossolo Litólico	AA	89,39	a		3,20	a		33,17	a β	
	AA+NPK	76,68	c		3,51	a		14,11	a α	
	ED	31,38	a α β		2,06	a		21,51	a α β	
	EDUH _{1,5%}	51,25	b		4,40	a		7,51	b α β	
	EDUH _{3,0%}	116,00	b		7,14	a		19,68	a α β	
	EDUH _{4,5%}	72,20	b		4,06	a		31,97	a β	

Letras minúsculas comparam o efeito dos solos dentro de cada tratamento e não diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Valores seguidos de α e β indicam diferenças dos tratamentos dentro de cada solo com a testemunha 1 (AA) e 2 (AA + NPK) respectivamente, pelo teste de Dunnett, a 5% de probabilidade.