

EFLUENTES DOMÉSTICOS PARA A RECUPERAÇÃO DE SOLOS DEGRADADOS VISANDO A PRODUÇÃO DE MILHETO

CASSIANA FELIPE SOUZA¹
ALDRIN MARTIN PEREZ-MARIN²
JOSÉ AMILTON SANTOS JUNIOR³
THIAGO COSTA FERREIRA⁴

¹ Universidade Federal da Paraíba, Departamento de Solos

² Pesquisador titular do Instituto Nacional do Semiárido

³ Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Engenharia Agrícola

⁴ Pesquisador PCI – Instituto Nacional do Semiárido

Autor para correspondência: aldrin.perez@insa.gov.br

Resumo: Objetivou-se avaliar a produtividade do milho irrigado com efluente doméstico em três tipos de solos. Estes ensaios foram conduzidos em ambiente protegido, na Estação Experimental do Instituto Nacional do Semiárido (INSA), no município de Campina Grande, PB. Usou-se um esquema fatorial (3 x 6), com quatro repetições, sendo os fatores: F1 - três tipos de solos coletados em áreas degradadas (Planossolo, Luvissoilo crômico e Neossolo litólico) e F2 - seis tratamentos [Controle; ED + NPK; E 0,0% - irrigação com efluente doméstico (ED), sem urina humana (UH); EDUH 1,5% - ED (98,5 %) + UR (1,5%); EDUH 3,0% - ED (98,5 %) + UR (1,5%) e EDUH 4,5% - ED (98,5 %) + UR (1,5%)]. Foram avaliados os componentes de crescimento e de produção do milho. Houveram efeitos significativos entre os tratamentos para as variáveis analisadas, quando comparados às testemunhas (AB e/ou AB+NPK) em relação aos demais tratamentos e solos trabalhados. Efluentes domésticos e urina podem ser utilizados na agricultura, em áreas semiáridas para a recuperação do solo e produção de biomassa em plantações de milho.

Palavras-chave: Recuperação de solo, Semiárido, *Pennisetum americanum*.

DOMESTIC EFFLUENTS FOR A RECOVERY OF DEGRADED SOILS AIMING MILLET PRODUCTION

Abstract: The objective of this study was to evaluate millet productivity by irrigating with effluent from three soil types. These groups were conducted in a protected environment at the Experimental Station of the National Institute of Semiarid (INSA), in the city of Campina Grande, PB. A factorial scheme (3 x 6) was used, with four repetitions, being the factors: F1 - three types of soils released in degraded areas and F2 - six treatments (Control; ED + NPK; E 0.0% - irrigation with domestic effluent (ED), without human urine (HU); EDUH 1,5% - ED (98,5%) + RH (1,5%); EDUH 3,0% - ED (98,5%) + UR (1.5%) and EDUH 4.5% - ED (98.5%) + RH (1.5%)]. The millet growth and yield components were reviewed. , when

compared the controls (AB and / or AB + NPK) in relation to the other treatments and worked soils Domestic and domestic effluents can be used in agriculture, in semiarid areas for soil recovery and biomass production in millet plantations.

Keywords: Soil reclamation, Semiarid, *Pennisetum americanum*.

INTRODUÇÃO

O milheto é uma gramínea anual de origem Africana de duplo propósito, tanto para produção de grãos e como de forragem, pelo excelente valor nutritivo, boa palatabilidade e digestibilidade (LIMA et al., 2015; PEREIRA FILHO et al., 2019). Além da rusticidade, apresenta ampla adaptabilidade aos ambientes semiáridos, sendo considerada uma das espécies de maior eficiência na utilização de água, chegando a utilizar 70% da água consumida pelo milho para produzir a mesma quantidade de matéria seca. Quando o número diário de horas luz é inferior a 12 horas, os materiais florescem em menos de 52 dias. Nessas condições a duração total do ciclo da planta é de aproximadamente 80 dias (LIMA et al., 2015; PEREIRA FILHO et al., 2019).

No Semiárido Brasileiro (SAB) em razão da elevada quantidade de energia radiante e temperatura, uniformemente distribuídas ao longo do ano, podem tornar o milheto mais precoce quando destinado à colheita para forragem. Entretanto, a precipitação pluviométrica na região é muito variável e mal distribuída, ocorrendo déficit hídrico na maior parte dos meses do ano (LIMA et al., 2015) e, ao mesmo tempo a reserva e disponibilidade de nutrientes dos solos apresentam-se numa faixa bastante larga, e de forma geral com uma baixa disponibilidade, especialmente N, P e K (MENEZES, GARRIDO e PEREZ-MARIN, 2005; MEDEIROS et al., 2014). Assim estes dois aspectos constituindo-se nos principais fatores que limitam a produtividade dessa cultura, uma vez que o aproveitamento da energia radiante durante

a fotossíntese depende da oferta e do status hídrico e nutricional da planta e do solo.

Nesse contexto, toda técnica de manejo que levar ao aumento da oferta de água e nutrientes no solo poderá ter reflexo na produtividade da cultura do milheto. Nesse sentido o uso de efluente doméstico é uma alternativa, cada vez mais crescente na agricultura, e um dos principais fatores que justifica a sua utilização é a possibilidade de aumentar a oferta de água e de reduzir em até 50% o uso de fertilizantes químicos (VELOSO et al., 2004). Assim no SAB o uso de efluente doméstico poderia ser uma alternativa viável econômica e ambiental capaz de aumentar a oferta de forragem dos rebanhos da região nos períodos de estiagem. Na região, o consumo per capita de água é de 102,00 L dia⁻¹, que estão sendo despejados nos rios como águas residuárias, nos 1.135 municípios que compõem a região, afetando os mananciais superficiais, especialmente pelo esgoto doméstico. Isto representa mais 100, 50 e 200 Mg de N, P e K ano⁻¹ por pessoa que poderiam estar sendo reutilizados (MEDEIROS et al., 2014). Entretanto na região ainda há poucos dados sobre o potencial desta alternativa, seja como fonte de água ou nutrientes. Dentre os constituintes do efluente doméstico está a urina humana, recomendada para ser utilizada na agricultura por vários autores (SHRESTHAA et al., 2013; SENE et al., 2019).

Sendo assim, o presente estudo teve como objetivo avaliar a produtividade do milheto irrigado com efluente doméstico e urina humana em três tipos de solos

característicos do semiárido brasileiro, coletados em áreas degradadas.

MATERIAL E MÉTODOS

A presente pesquisa foi desenvolvida no ano de 2013 (maio a agosto), em ambiente protegido, na Estação Experimental do Instituto Nacional do Semiárido (INSA), Unidade de Pesquisa do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI). Localizado no município de Campina Grande (7°16'55" S e 35°57'88" O).

O ensaio foi realizado em DIC, com o uso de arranjo fatorial (3 x 6), sendo três tipos de solos e seis tratamentos de fertirrigações, com quatro repetições cada

tratamento. Os solos trabalhados (Planossolo - Junco do Seridó/PB, Luvissole crômico - Cabaceiras/PB e Neossolo litólico - Juazeirinho/PB), estes foram análises no Laboratório de Irrigação e Salinidade (LIS/UFCG), seguindo os métodos recomendados pela Embrapa (1997) (Tabela 1), de acordo com esta análise procedeu-se uma adubação de fundação seguindo-se as recomendações da Circular Embrapa 23 (PEREIRA FILHO et al., 2003) (Tabela 2).

Tabela 1. Atributos químicos, físicos e de salinidade iniciais dos solos utilizados na pesquisa.

Atributos físicos	Planossolo	Luvissole Crômico	Neossolo Litólico
Areia (%)	84,13	57,81	86,20
Silte (%)	10,07	32,33	11,03
Argila (%)	5,80	9,86	2,77
Densidade do solo (g cm ⁻³)	1,33	1,33	1,35
Densidade das partículas (g cm ⁻³)	2,72	2,68	2,73
Porosidade (%)	51,13	50,29	50,44
Umidade do solo			
CC - 0,33 atm	10,07	32,33	11,03
PMP - 15,0 atm	5,80	9,86	2,77
Atributos químicos			
pH (H ₂ O)	5,36	8,07	6,50
CE (dS/m)	0,10	0,11	0,05
Ca ²⁺ (meq/100g)	2,55	21,90	1,32
Mg ²⁺ (meq/100g)	3,15	5,29	2,13
K ⁺ (meq/100g)	0,23	0,23	0,16
Na ⁺ (meq/100g)	0,14	0,20	0,05
Al ³⁺ (meq/100g)	0,00	0,00	0,00
H ⁺ (meq/100g)	1,09	0,00	0,30
CO (%)	0,77	1,38	0,31
MO (%)	1,33	2,38	0,38
N (%)	0,07	0,13	0,03
P ⁵⁺ (mg/100g)	2,79	1,89	1,09
SB (meq/100g)	6,07	27,62	3,66
CTC (meq/100g)	7,16	27,62	3,96
V (%)	84,77	100	92,42

pH (H ₂ O)	5,36	8,07	6,50
CE (dS/m) ¹	0,10	0,11	0,05
Atributos de salinidade			
pH _{es} ¹	5,23	6,45	7,79
CE (dS/m) ²	0,47	0,26	0,25
Cl (meq/l)	1,75	0,75	1,00
CO ₃ ²⁻ (meq/l)	0,00	0,00	0,00
SO ₄ ²⁻ (meq/l)	Ausente	Ausente	Ausente
Ca ²⁺ (meq/l)	1,75	0,62	1,00
Mg ²⁺ (meq/l)	4,62	5,38	4,25
K ⁺ (meq/l)	0,88	0,10	0,35
Na ⁺ (meq/l)	1,91	0,90	0,99
RAS (%)	1,09	0,52	0,61
% de saturação	24,33	34,00	20,00
Salinidade	Não Salino	Não Salino	Não Salino
Classe do solo	Normal	Normal	Normal

¹ suspensão solo-água; ² extrato de saturação

Tabela 2. Quantidade de nutrientes fornecidas pelas adubações aos solos estudados.

TRATAMENTOS	Quantidade fornecida (g vaso ⁻¹)		
	N	P	K
EDHU _{0,0%}	0,64	0,24	1,09
EDHU _{1,5%}	3,30	0,36	1,59
EDHU _{3,0%}	3,36	0,34	5,30
EDHU _{4,5%}	6,77	0,44	2,81
ED + NPK (Planossolo)	2,00	0,35	0,80
ED + NPK (Luvissolo crômico)	2,00	0,69	0,80
ED + NPK (Neossolo lítólico)	1,96	0,68	0,77

Para o segundo fator, os tratamentos com os efluentes foram: 1) AB: água de abastecimento público (AB); 2) AB+NPK: adubação mineral em água de abastecimento público; 3) EFUH_{0,0%}: efluente doméstico, sem urina humana; 4) EDUH_{1,5%}: efluente doméstico mais 1,5% de urina humana; 5) EDUH_{3,0%}: Efluente doméstico mais 3,0% de urina humana e 6) EDUH_{4,5%}: efluente doméstico mais 4,0% ou 4,5% de urina humana]. Estes efluentes foram preparados com a seguinte metodologia:

1. Efluente doméstico: O efluente doméstico (ED) foi coletado na estação de tratamento de água da sede administrativa do INSA, a qual foi dimensionada de acordo

com o Manual de Saneamento (2006). Este ficou armazenado em uma caixa d'água de polietileno com capacidade de 1000 L, de forma a ser utilizado durante todo o período experimental.

2. Urina humana (UH) foi oriunda dos funcionários da Estação Experimental do INSA, todos do sexo masculino, na faixa etária de 18 a 50 anos e sua coleta deu-se em garrafas PETs, as quais ficaram estocadas durante três meses, conforme recomendação de Höglund (2001). Após o período de estocagem, a totalidade da UH foi posta em um tonel de plástico de 160 L, hermeticamente fechado para evitar o contato com a luz, a precipitação de sais exalação do odor.

3. Diluições de urina humana em efluente domésticos: As diluições de UH no ED foram preparadas e armazenadas em vasos com capacidade de 100 L, mantidos sempre fechados e quando necessário eram realizadas novas diluições.

4. Água de abastecimento: A água de abastecimento (AB) foi oriunda da Companhia de Água e Esgotos da Paraíba (CAGEPA). Esta ficou armazenada em uma

caixa d'água de polietileno com capacidade de 1000 L, sendo utilizada durante todo o período experimental.

Amostras da AB, ED, da UH e suas diluições foram coletadas e analisadas quanto as suas propriedades físico-químicas e microbiológicas no Laboratório de Referência em Dessalinização (LABDES/UFCG – Campina Grande/PB) (Tabela 3).

Tabela 3. Altura da planta (AP), comprimento da raiz (CR), diâmetro do colmo (DC), número de perfilhos (NP), número de folhas (NF) e área foliar total (AFT) de plantas de milho sob diferentes adubações.

Classe de Solo	Local de Coleta	Tratamento	AP	CR	DC	NP	NF	AFT
			-----cm-----		mm			cm ²
Planossolo	Junco do Seridó	AB sem NPK	144,00 a	21,17 a	6,71 a	3,50 a	13,25 a	980,76 a
		AB+NPK	171,38 a	20,38 a	8,18 a	2,75 a	10,25 a	752,50 a
		EDUH _{0,0%}	154,88 a	18,75 a	8,55 a	2,00 a	8,25 a	281,03 a
		EDUH _{1,5%}	181,63 a	23,00 ab	6,79 a	1,67 a	12,67 a	929,70 a
		EDUH _{3,0%}	183,25 a	21,75 ab	10,56 a	4,00 a	11,00 a	991,88 a
		EDUH _{4,5%}	151,63 a	19,75 a	7,89 a	3,00 ab	20,75 a	1802,68 a
Luvissolo	Cabaceiras	AB sem NPK	184,63 a	24,00 a	9,08 a	4,25 a	15,75 a	1167,63 a
		AB+NPK	163,25 a	24,88 a	8,41 a	5,00 a	12,50 a	1664,20 a
		EDUH _{0,0%}	141,88 a	23,00 a	6,41 a	1,75 a	7,50 a	381,95 a
		EDUH _{1,5%}	194,13 a	31,50 a	8,91 a	2,75 a	10,25 a	716,53 a
		EDUH _{3,0%}	155,00 a	29,63 a	9,94 a	3,75 a	19,25 a	1366,63 a
		EDUH _{4,5%}	175,00 a	25,50 a	8,59 a	5,00 a	22,75 a	2034,85 a
Neossolo	Juazeirinho	AB sem NPK	137,50 a	21,45 a	6,92 a	4,00 a	15,67 a	766,43 a
		AB+NPK	144,38 a	17,75 a	8,30 a	2,00 a	10,50 a	717,10 a
		EDUH _{0,0%}	136,68 a	15,50 a	7,74 a	0,50 a	4,50 a	276,35 a
		EDUH _{1,5%}	142,38 a	20,50 b	7,53 a	2,00 a	10,00 a	683,60 a
		EDUH _{3,0%}	155,38 a	19,38 b	8,34 a	3,50 a	18,25 a	1430,23 a

EDUH_{4,5%} 144,63 a 18,25 a 8,33 a $0,50 \beta$ 8,75 b 505,33 b
b

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 β e α indicam diferenças dos tratamentos dentro de cada solo com a testemunha 1 (AB sem NPK) e 2 (AB + NPK) respectivamente, pelo teste de Dunnett, a 5% de probabilidade.

Antes da semeadura, todos os solos foram colocados em capacidade de campo e assim conservados até os 20 dias após a semeadura (DAS), sendo aplicado neste período água de abastecimento na irrigação das plantas. A irrigação foi realizada manualmente. O cálculo da lâmina de irrigação baseou-se na evapotranspiração de referência, estimada seguindo metodologia proposta por Hargreaves e Samani (1985), em um turno de rega de dois dias. Esta metodologia para a estimativa da E_{To} diária (mm d^{-1}), com o uso da seguinte equação: $E_{To} = 0,0023 T_{med} + 17,8 (T_{máx} - T_{mín}) / 0,5 R_a$; onde: E_{To} – evapotranspiração da cultura de referência calculada de acordo com a metodologia de Hargreaves (mm dia^{-1}); T_{med} – temperatura média diária, em °C; $T_{máx}$ – temperatura máxima diária, em °C; $T_{mín}$ – temperatura mínima diária, em °C; R_a – radiação extraterrestre, em mm/dia , obtida por meio do site da INMET.

Após a aplicação dos tratamentos foi semeado o milheto [*Pennisetum americanum* (L.) Leake], cultivar EMBRAPA BRS-1501, com percentagem média de germinação de 80% (BRASIL, 2009). Para avaliar a resposta da cultura do milheto aos diferentes tratamentos aplicados aos solos foram analisadas as seguintes características biométricas: altura da planta (AP), comprimento da raiz (CR), diâmetro do colmo (DC), número de perfilhos (NP); número de folhas (NF) e área foliar total (AFT) da planta, tais variáveis foram medidas de acordo com Melo e colaboradores (2015). Os dados da AP, CR e DC foram obtidos aos 105 DAS, na ocasião da colheita dos grãos, e os dados do NP, NF e AFT foram coletados aos 66

DAS, visto que esta fase correspondeu ao pico de maior produção de biomassa da cultura. As variáveis da produção de biomassa foram determinadas ao final do ciclo aos 105 DAS, sendo avaliadas a fitomassa seca da parte aérea (FSPA), fitomassa seca da raiz (FSR), a produção de grãos viáveis e o peso de 100 grãos viáveis. A AFT foi obtida pelo somatório de todas as áreas foliares individuais, calculadas pela equação de Guimarães et al. (2002) para a cultura do milho, $AF = C * L * 0,75$ ($R^2 = 0,9677$), onde: C = comprimento maior da folha e L = largura maior da folha.

As plantas após serem avaliadas e coletadas foram pesadas e separadas em lâminas foliares, colmos, pecíolos, inflorescência e raiz. Esses materiais foram pesados e acondicionados em sacos de papel, para posterior secagem em estufas de circulação forçada de ar, a 65°C, por 72 horas a fim de obter os pesos secos, que somados representaram as produções totais de matéria seca. As inflorescências colhidas no momento da última avaliação foram secas ao ar livre para determinação da produção de grãos. As raízes foram lavadas em água corrente para retirada do excesso do solo, pesadas e conduzidas à estufa com circulação forçada de ar a fim de se determinar a massa da matéria seca do sistema radicular.

Os dados biométricos e de produção foram submetidos à análise de variância e regressão, segundo o esquema fatorial 3 x 6, correspondendo aos três solos e aos seis tratamentos de adubação. Como os dados obtidos fazem parte de uma análise qualiquantitativa, foi realizada a comparação das médias de cada adubação

em cada classe de solo pelo teste de Tukey, e a comparação da testemunha 1 (AB = irrigação com água de abastecimento sem fertilização mineral no solo à base de NPK) e da testemunha 2 (AB+NPK= irrigação com água de abastecimento mais

fertilização mineral no solo à base de NPK) com as médias das demais adubações pelo teste de Dunnett. O efeito das percentagens de urina humana diluídas em efluente doméstico foi avaliado por meio de análise de regressão.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Das seis variáveis de crescimento analisadas, apenas três (NP, NF e ATF) apresentaram efeitos significativos quando comparados às testemunhas (AB sem NPK e/ou AB+NPK) em relação aos tratamentos de adubação com urina humana diluída em efluente doméstico, seja em uma ou em mais das diluições utilizadas e em um dos três tipos de solos utilizados (Tabela 3). Desta forma, o número de perfilhos (NP) nos tratamentos EDUH0,0% e EDUH4,5% aplicados no Neossolo foram sete vezes menores do que o testemunha 1 (AB sem NPK), porém similares à testemunha 2 (AB+NPK); o número de folhas (NF), que foi 21 vezes maior no tratamento EDUH4,5% em relação a testemunha 2 quando aplicado no Planossolo e a AFT foi cerca de 1000 vezes menor no tratamento EDUH0,0% do que a testemunha 2 quando aplicado no Luvissole. De maneira geral observou-se que a emissão de NP e NF foi contínua e intensa, tanto nas fases vegetativas como reprodutivas, conforme relatado por outros autores (QUEIROZ et al., 2012; SANTOS et al., 2011). Esta observação é relevante quando se objetiva a produção de forragem. Possivelmente esse resultado deva-se as maiores intensidades de luz e temperatura existentes na área experimental, favorecem o perfilhamento e formação de folha, uma vez que a luz e temperatura influenciam nas taxas de fotossínteses e de respiração, sendo altas em

T° maiores que 25°C (SANTOS et al., 2011).

Quando se comparou os efeitos de cada tratamento entre os solos, observou-se que quatro (CR, NP, NF e AFT) das seis variáveis, apresentaram efeitos significativos em pelo menos um dos solos estudados (Tabela 4). O Luvissole e o Planossolo tiveram respostas similares entre os tratamentos, porém diferente ao Neossolo. Observou-se que o CR no Luvissole e no Planossolo foi superior a 10% nos tratamentos EDUH1,5% e EDUH3,0% em relação ao Neossolo. Já o número de perfilhos, número de folhas e área foliar total foram 9, 1, 6 e 3 vezes superior no tratamento EDUH4,5%, respectivamente, quando aplicados nos Luvissole e Planossolo, em relação ao Neossolo. Possivelmente, esse resultado, deva-se a uma melhor estrutura do Luvissole e Planossolo, favorecendo um melhor desenvolvimento do sistema radicular das plantas de milho. Realmente, quando existem algum impedimento mecânico, ou seja, na presença de camadas com estado de compactação, superior à capacidade de penetração das raízes, alguns estudos mostram que o diâmetro radicular aumenta e o seu estado de comprimento diminui (FOLONI et al., 2006). Entretanto neste estudo não foi estada essas hipóteses.

Tabela 4. Análise de regressão para as variáveis de crescimento altura da planta (AP), comprimento da raiz (CR), diâmetro do colmo (DC), número de perfilhos (NP), número de folhas (NF) e área foliar total (AFT) de plantas de milheto, submetidas à adubação com diluições de urina humana em efluente doméstico, em três solos do semiárido paraibano (Planossolo, Luvissole crômico e Neossolo Litólico).

	PLANOSSOLO	LUVISSOLO CRÔMICO	NEOSSOLO LITÓLICO
AP (cm)	$\bar{Y} = 167,84$	$\bar{Y} = 166,75$	$\bar{Y} = 144,76$
CR (cm)	$\bar{Y} = 20,8$	$\hat{Y} = 23,406 + 6,6875x - 1,4028x^2$ $R^2 = 0,9262$	$\bar{Y} = 18,4$
DC (mm)	$\bar{Y} = 8,45$	$\bar{Y} = 8,46$	$\bar{Y} = 7,99$
NP	$\bar{Y} = 2,73$	$\hat{Y} = 0,625 + 1,075^{**}x$ $R^2 = 0,9968$	$\hat{Y} = 0,275 + 2,35x - 0,5x^2$ $R^2 = 0,8364$
NF	$\hat{Y} = 7,7917 + 2,3889^{**}x$ $R^2 = 0,7411$	$\hat{Y} = 6,725 + 3,65^{**}x$ $R^2 = 0,9551$	$\hat{Y} = 3,475 + 8,9x - 1,6667^{**}x^2$ $R^2 = 0,7884$
AFT (cm²)	$\hat{Y} = 307,25 + 308,48^{**}x$ $R^2 = 0,9179$	$\bar{Y} = 283,67 + 373,92^{**}x$ $R^2 = 0,9799$	$\hat{Y} = 175,81 + 761,64x - 148,02x^2$ $R^2 = 0,7299$

*e **, significativo a 1 e 5%, respectivamente.

Em relação às diluições de urina humana (0,0; 1,5; 3,0 e 4,5%) em efluente doméstico, vê-se conforme estudos de regressão que não houve efeito significativo para AP e DC, nos três solos analisados e para CR no Planossolo e Neossolo (Tabela 4). No Luvissole, houve efeito quadrático das diluições de urina no efluente doméstico sobre CR. Quanto as variáveis NP, NF e AFT houve efeito linear crescente no Luvissole e Planossolo, exceto no Neossolo onde o modelo quadrático foi o que melhor se ajustou para as mesmas variáveis (Tabela 4). Em sínteses podemos destacar que as variáveis de crescimento avaliadas responderam de forma diferenciada em relação aos tratamentos e aos tipos de solos.

Em relação aso variáveis de produção, observou-se que a fitomassa seca da parte aérea (FSPA), obtida aos 105 DAS, das plantas cultivadas no Planossolo e no Neossolo não se diferenciou das

testemunhas sem e com adubação mineral (AB sem NPK e AB+NPK), em relação aos demais tratamentos da urina humana diluída em efluente doméstico (Tabela 5). No Luvissole, a FSPA da testemunha 2 (AB+NPK) foi significativamente maior que a testemunha 1 (AB sem NPK) e que as percentagens de EDUH0,0% e EDUH1,5%, em 105, 448 e 115%, respectivamente. Logo os tratamentos EDUH3,0% e EDUH4,5% não se diferenciaram das testemunhas 1 e 2 neste solo, especificamente.

A fitomassa seca da raiz (FSR), obtida aos 105 DAS, não se diferenciou das testemunhas AB sem NPK e AB+NPK e nem entre os solos utilizados. Por outra parte, a produção total de grãos (PTG) teve comportamento diferente entre os tratamentos e os solos estudados. Assim, no Planossolo a PTG, nas adubações EDUH0,0%, EDUH1,5% e EDUH3,0% superaram a produção total de grãos (PTG)

das testemunhas 1, em 73, 178 e 70% e, na testemunha 2 em 60%, 158 e 84%, respectivamente. No Luvissole, a PTG, em todos os tratamentos, com exceção da adubação EDUH1,5%, apresentaram resultados similares às testemunhas 1 e 2.

No Neossolo, todos os tratamentos diferiram das testemunhas, inclusive as próprias testemunhas diferiram entre si.

O peso de 100 grãos viáveis (P100GV) é considerado o parâmetro mais adequado para estimar a qualidade dos grãos produzidos (MESQUITA et al.,

1998). Assim, observou-se que no Planossolo, o P100GV quando adubado com EDUH0,0% foi inferior às testemunhas 1 e 2, em 26 e 40%, respectivamente. Neste solo, o melhor tratamento com urina humana diluída em efluente doméstico foi obtida na adubação EDUH3,0%. Para os demais o P100GV foi igual às testemunhas 1 e 2. No Luvissole e no Neossolo, o P100GV, os tratamentos não se diferenciaram das testemunhas 1 e 2 (Tabela 5).

Tabela 5. Fitomassa seca da parte aérea (FSPA), fitomassa seca da raiz (FSR), produção total de grãos (PTG) e peso de 100 grãos viáveis de plantas de milho sob diferentes adubações.

Classe Solo	de Local Coleta	de Tratamento	FSPA	FSRaiz	PTG	P100G
			(105 DAS)	(105 DAS)		
-----g planta ⁻¹ -----						
Planossolo	Junco Seridó	AB sem NPK	48,89a	5,28 a	7,29 c	0,82 a
		AB+NPK	91,17 ab	6,76 a	7,86 b	0,91 a
		EDUH _{0,0%}	55,75 a	6,87 a	12,64 β α b	0,65 β α b
		EDUH _{1,5%}	51,48 a	3,79 a	20,33 β α a	0,86 a
		EDUH _{3,0%}	76,55 a	10,08 a	13,36 β α b	1,00 β ab
		EDUH _{4,5%}	68,03 a	3,66 a	6,33 c	0,79 b
Luvissole	Cabaceiras	AB sem NPK	57,80 α a	4,79 a	18,23 b	0,95 a
		AB+NPK	118,91 β a	5,68 a	15,53 a	0,99 a
		EDUH _{0,0%}	21,61 α a	2,27 a	15,24 b	1,19 a
		EDUH _{1,5%}	55,37 α a	3,92 a	7,65 β α b	0,88 a
		EDUH _{3,0%}	93,15 a	7,09 a	19,24 a	1,12 a
		EDUH _{4,5%}	87,69 a	5,09 a	13,10 b	1,03 a
Neossolo	Juazeirinho	AB sem NPK	52,28 a	3,20 a	33,17 α a	1,01 a
		AB+NPK	53,90 b	3,51 a	14,11 β a	0,92 a
		EDUH _{0,0%}	23,03 a	2,06 a	21,51 β α a	0,80 b
		EDUH _{1,5%}	26,57 a	4,40 a	7,51 β α b	0,96 a

EDUH _{3,0%}	72,19 a	7,14 a	19,68 β α a	0,86 b
EDUH _{4,5%}	48,09 a	4,06 a	31,97 α a	1,06 a

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 β e α indicam diferenças dos tratamentos dentro de cada solo com a testemunha 1 (AB sem NPK) e 2 (AB + NPK) respectivamente, pelo teste de Dunnett, a 5% de probabilidade.

Comparando a FSPA entre os solos em função dos tratamentos, verificou-se que apenas a testemunha com adubação mineral (AB+NPK) apresentou diferenças, proporcionando a maior produção de FSPA no Luvissole, porém não diferindo significativamente do Planossolo e este não diferindo do Neossolo. Para FSR, não houve diferenças das adubações entre os solos. Em relação à PTG, os solos responderam de forma diferenciada aos tratamentos de adubação. Na testemunha 1 (AB sem NPK) e nas adubações de EDUH_{0,0%} e EDUH_{4,5%} a maior produção de grãos foi obtida no Neossolo. Já na testemunha 2 (AB+NPK) e na adubação EDUH_{3,0%} as maiores produções de grãos foram obtidas no Luvissole e no Neossolo, diferenciando-se do Planossolo, porém com 1,5% de urina humana (UH) a maior produção de grãos foi verificada no Planossolo (Tabela 4).

Assim, como a PTG, o P100GV, apresentou comportamentos distintos entre os solos. Observa-se na tabela 5, que na adubação com EDUH_{0,0%}, o P100GV seguiu a seguinte sequência: Luvissole > Planossolo = Neossolo, na adubação EDUH_{3,0%} Luvissole = Planossolo > Neossolo e, na adubação EDUH_{4,5%} Luvissole = Neossolo > Planossolo.

A resposta do milho em função das diluições de urina humana no efluente doméstico, a análise de regressão teve efeito linear para FSPA, tanto no Luvissole, quanto no Neossolo, não havendo efeito significativo no Planossolo. Por outra parte a PTG a resposta do milho as diluições de urina humana no efluente doméstico foi

quadrática Planossolo e Neossolo, enquanto que o P100GV, foi quadrática e linear em ambos os solos, respectivamente. No Luvissole não houve efeito significativos das diluições de urina no efluente doméstico sobre estas variáveis (Tabela 5).

Dessa forma, entende-se que os solos adubados com urina humana produziram grãos de qualidade similar aos produzidos com água de abastecimento com ou sem adubação química. Portanto, o uso da urina humana pode ser considerado uma alternativa como fonte de água e nutrientes; todavia, destaca-se o fato de que os solos utilizados, mesmo sem ser adubados proporcionaram bom desenvolvimento da cultura, fato este relacionado à fertilidade inicial apresentada pelos solos (SENE et al., 2019).

Os resultados sugerem que os solos responderam de forma diferenciada aos tratamentos avaliados. Por outra parte, o uso de efluente doméstico nos solos estudados para produção de massa seca de milho forneceu baixa quantidade de N, P e K, porém quando acrescentado à urina humana, seu uso tornou-se mais eficiente, refletindo-se nas variáveis de crescimento e produção analisada. Segundo Upreti et al (2011) a eficácia da urina aumenta em associação com P e K de adubo químico.

Neste contexto, ao combinar urina, mais adubação mineral, é possível que os tratamentos testados, apresentassem melhor desempenho. Todavia, SHRESTHA et al. (2013) em Kathmandu, Nepal/Ásia, concluíram que a urina humana quando combinada com um composto orgânico proporciona melhor crescimento e

produção na cultura do pimentão, do que quando utilizada isoladamente ou quando aplicado outras fontes de fertilizantes.

Assim, verifica-se diversas estratégias de manejo na utilização desta fonte de nutrientes e de água.

CONCLUSÕES

A utilização urina humana diluída no efluente doméstico possibilitou obter variáveis de crescimento e de produção maior ou igual aos tratamentos de irrigação com água de abastecimento sem fertilização mineral no solo à base de NPK e de irrigação com água de abastecimento mais fertilização mineral no solo à base de NPK. As variáveis biométricas e de produção analisadas nos três solos estudados foram melhores no Luvissolo e Planossolo.

Efluentes domésticos e urina podem ser utilizados na agricultura, em áreas semiáridas para a recuperação do solo e produção de biomassa em plantações de milho. Porém maiores pesquisas, levando em consideração os fatores apresentados nesta investigação, podem ser realizadas para melhor esclarecer a sustentabilidade destas práticas nas condições trabalhadas.

REFERÊNCIAS

BRASIL. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regras para análise de sementes.** Secretaria de Defesa Agropecuária. – Brasília: Mapa/ACS. 2009. 399 p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (RJ). **Manual de métodos de análise de solo.** (2ª ed.), Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS.1997.

FOLONI, J.S.S.; LIMA, S.L.; BÜLL, L.T.; Crescimento aéreo e radicular da soja e de plantas de cobertura em camadas compactadas de solo. **R. Bras. Ci. Solo.** 30: 49-57. 2006.

GUIMARÃES, D. P.; SANS, L.M. A; MORAES, A.V.C. **Estimativa da área foliar de cultivares de milho.** Anais. XXIV Congresso Nacional de Milho e Sorgo. Florianópolis – SC. 2002.

HARGREAVES, G.H.; SAMANI, Z.A., Reference crop evapotranspiration from temperature. **Transaction of ASAE.** 1. 2: p.96-99. 1985.

HÖGLUND, C. **Evaluation of microbial health risks associated with the reuse of source-separated human urine.** Tese de Doutorado. Swedish Institute for Infectious Disease Control (SMI), Department of Water and Environmental Microbiology, Stockholm. 2001.

LIMA, G.S., NOBRE, R.G., GHEYI, H.R., SOARES, L.A.A., SILVA, A.O. Produção da mamoneira cultivada com água salinas e doses de nitrogênio. **Revista Ciência Agronômica,** 46: 1-10. 2015.

MEDEIROS, S. S. M.; REIS, C. F.; SALCEDO, I. H.; PEREZ-MARIN, A. M.; SANTOS dos, D. B.; BATISTA, R. O.; JUNIOR SANTOS, J. A. M. **Abastecimento de água: Panorama para o Semiárido Brasileiro**. Campina Grande, INSA. 2014. 93p.

MELO, N.C.; FERNANDES, A.R.; GALVAO, J.R.. Crescimento e eficiência nutricional do nitrogênio em cultivares de milheto forrageiro na amazônia. **Revista Caatinga**. 28: 68-78. 2015.

MENEZES, R. S. C.; GARRIDO, M. S.; PÉREZ-MARIN, A. M. Fertilidade dos Solos no Semi-Árido. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 30, 2005. **Anais do Evento**, Recife, 250-262. 2005.

MESQUITA, E.E.; PINTO, J.C.; MORAIS, A.R. Doses de Nitrogênio e Métodos de Semeadura no Rendimento de Sementes de Milheto (*Pennisetum americanum* (L.) Leeke). **Revista Brasileira de Zootecnia**. 27: 255-261. 1998.

PEREIRA FILHO, I. A.; FERREIRA, A. S.; COELHO, A. M.; CASELA, C. R.; KARAM, D.; RODRIGUES, J. A. S.; CRUZ, J. C.; WAQUIL, J. M. **Manejo da Cultura do Milheto: Circular Técnica 29**. Brasília, Embrapa. 2003.

QUEIROZ, D. S.; SANTANA, S. S.; MURÇA, T. B.; SILVA, E. A.; VIANA, M. C. M.; RUAS, J. R. M. Cultivares e épocas de semeadura de milheto para produção de forragem. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**,13: 318-329. 2012.

SANTOS, M.E. R.; FONSECA DA, D. M. R.; PIMENTEL, M, SILVA, G.P.; GOMES, V.M.; SILVA DA,S.P. Número e peso de perfilhos no pasto de capim-braquiária sob lotação contínua. **Acta Scientia**. 33: 131-136. 2011.

SENE M.; HIJIKATA N.; USHIJIMA K.; FUNAMIZU, N. Application of Human Urine in Agriculture. In: **Resource-Oriented Agro-sanitation Systems**. Tokyo, JAN, Springer. 213-242. 2019.

SHRESTHAA, D.; SRIVASTAVAA, A.; SHAKYAA, S.M.; KHADKAB, J.; ACHARYA, B.S. Use of compost supplemented human urine in sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) production. **Scientia Horticulturae**. 153: 8–12. 2013.

UPRETI, H.K.; SHRESTHA, P.; PAUDEL, P. **Effect of human urine as fertilizer on crop production**. Agronomy Society of Nepal (ASoN). 2011. 314p.

VELOSO, M. E. C.; DUARTE, S. N.; SILVA, I. J. O. Potencial de uso de águas residuárias na agricultura como suprimento hídrico e nutricional. **Engenharia Rural**. 15: 79-86. 2004.