



## Efeito da aplicação de esgoto doméstico primário na produção de milho no assentamento Milagres (Apodi-RN)

doi: 10.4136/ambi-agua.1417

Received: 05 Jun. 2014; Accepted: 03 Sep. 2014

Zailton Vagner Barreto da Costa; Marcelo Tavares Gurgel\* ; Lucas Ramos Costa; Sandra Maria Campos Alves; Miguel Ferreira Neto; Rafael Oliveira Batista

Universidade Federal Rural do Semi Árido (UFERSA), Mossoró, RN, Brasil

\*Autor correspondente: e-mail: marcelo@ufersa.edu.br,  
zailtonvagner@hotmail.com, lucas\_ramosjp@hotmail.com,  
sandraalves@ufersa.edu.br, miguel@ufersa.edu.br,  
rafaelbatista@ufersa.edu.br

### RESUMO

A aplicação de esgoto doméstico tratado é uma forma efetiva de controle da poluição ambiental, sendo uma alternativa viável para aumentar a disponibilidade hídrica nas regiões áridas e semiáridas. O presente estudo objetivou analisar a produção de milho (*Zea mays* L) fertirrigado com esgoto doméstico primário do Assentamento Rural Milagres em Apodi-RN. No período experimental as características avaliadas na cultura do milho foram: altura de planta (AP), diâmetro do caule (DC), número de folhas (NF), peso médio de espiga com e sem palha (PMECP), (PMESP), peso úmido e seco de grãos (PUG), (PSG). Os resultados do estudo indicaram que a fertirrigação com esgoto doméstico primário proporcionou maiores valores de altura de planta (AP), diâmetro do caule (DC), número de folhas (NF), peso de espiga com palha (PMECP), peso de espiga sem palha (PMESP), peso úmido dos grãos (PUG), peso seco dos grãos (PSG) e produtividade de grãos em relação às mesmas características obtidas com água do poço artesiano. O uso de esgoto doméstico consiste em uma fonte de nutriente para produção agrícola.

**Palavras-chave:** agricultura familiar, reúso, *Zea mays* L.

### Effect of primary sewage application on corn production at the settlement of Milagres (Apodi-RN)

### ABSTRACT

The application of treated domestic wastewater is an effective way to control environmental pollution, and is a viable option for increasing water availability in arid and semiarid regions. This study analyzed the production of maize (*Zea mays* L) fertilized with primary sewage at the rural settlement of Milagres in Apodi-RN. The study evaluated the following characteristics of maize: plant height, stem diameter, number of leaves, average ear weight with and without straw, wet and dry grain weight. The study found that fertigation with primary sewage resulted in higher values of plant height (PH), stem diameter, number of leaves, husked ear weight, ear weight without straw, wet weight of grains, dry weight of

grains and grain yield compared to the same characteristics when artesian well water was used. Domestic sewage provides a source of nutrients for agricultural production.

**Keywords:** family agriculture, reuse, *Zea mays* L.

## 1. INTRODUÇÃO

Na região semiárida do Brasil, a utilização de esgoto doméstico tratado, minimiza a poluição dos mananciais hídricos, possibilita a economia com gastos com fertilizantes, adiciona matéria orgânica ao solo e podendo-se ser uma fonte alternativa de água e nutrientes principalmente o nitrogênio, com possibilidades de assegurar e incrementar a produção agrícola durante as estiagens prolongadas; em especial ao nível da agricultura familiar, contribuindo para a fixação do homem no campo (Sousa e Leite, 2008).

Os maiores benefícios dessa forma de reuso são associados aos aspectos econômicos, ambientais e de saúde pública. Nas duas últimas décadas, o uso de esgotos domésticos tratados na irrigação de culturas aumentou significativamente, devido à escassez de água para irrigação, custo elevado de fertilizantes, aperfeiçoamento das técnicas de tratamento e uso agrícola, custo elevado das técnicas de tratamento para lançamento em corpo hídrico, aceitação sócio-cultural da prática do reuso agrícola e o reconhecimento pelos órgãos gestores de recursos (Hespanhol, 2008; Sousa e Leite, 2008).

O tratamento e a utilização de esgotos domésticos são apontados como fonte alternativa de água e fertilizante para a agricultura; porém, devido as suas limitações químicas, físicas e biológicas, devem ser avaliadas e manejadas adequadamente com o desenvolvimento de técnicas que viabilizem seu uso, tendo em vista a segurança ambiental, a garantia da qualidade de vida e a geração do desenvolvimento socioeconômico rural. Além disso, o tratamento de esgotos domésticos reduz as enfermidades no meio rural e a poluição dos corpos hídricos (Hespanhol, 2008).

Os efeitos da aplicação de água residuária nas propriedades químicas do solo, só são pronunciados após longo período de aplicação, pelos atributos que definem sua composição física e química, pelas condições de clima e pelo tipo de solo. Ayers e Westcot (1999) relatam que a limitação principal do uso de águas residuárias na agricultura é a sua composição química (totais de sais dissolvidos, presença de íons tóxicos e concentração relativa de sódio) e a tolerância das culturas a este tipo de efluente.

Vários estudos comprovaram a importância da irrigação com efluentes de esgoto para suprir, em parte, as quantidades dos elementos, principalmente nitrogênio, fósforo e potássio, requeridos pelas culturas, chegando a aumentar a produtividade agrícola (Hespanhol, 2008; Kouraa et al., 2002; Meli et al., 2002).

Para a agricultura familiar o cultivo agrícola com o milho apresenta grande importância na alimentação humana e animal onde sua utilização pura ou como ingrediente de outros produtos, é uma importante fonte energética. A cultura do milho (*Zea mays* L.) apresenta grande importância econômica e social no Brasil, segundo dados da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2011). Essa cultura é considerada uma das principais espécies de cereais utilizadas no mundo. Anualmente são cultivados cerca de 140 milhões de hectares, os quais contribuem para a produção de, aproximadamente, 668 milhões de toneladas de grãos (Instituto FNP, 2006).

Segundo Pizarro (1990), os sais solúveis contidos nas águas de irrigação podem, em certas condições climáticas, salinizar o solo e modificar a composição iônica no complexo sortivo, alterando as características físicas e químicas do solo, como o regime de umidade, aeração, nutrientes, desenvolvimento vegetativo e produtividade.

O milho é o mais tradicional cereal produzido no Brasil, e tem passado por notáveis transformações. A melhoria de tecnologia tem resultado em aumentos consideráveis em

produtividade de grãos. A adubação é o principal fator que mais contribui para o aumento da produtividade do milho, podendo também influenciar na qualidade dos grãos (Ferreira, 2000). O nitrogênio é o nutriente mais exigido pela cultura do milho e que apresenta maior resposta em termos de produtividade (Peixoto et al., 2003).

O grande desafio deste estudo é desenvolver tecnologias para minimizar a escassez de água, potencializando o uso de águas de qualidade superior para o consumo humano e a utilização dos esgotos tratados na produção de culturas agrícolas. A possibilidade de reuso de água libera água doce para o consumo humano, além de possibilitar a solução de culturas agrícolas apropriadas para produção de alimentos vegetais, necessários à população e alimentação animal, gerando proteínas destinadas ao consumo humano.

Levando-se em consideração outros aspectos, objetivou-se neste trabalho, analisar o efeito do esgoto doméstico tratado na produção do milho cultivado no Assentamento Milagres Apodi-RN.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. Área de estudo

O estudo foi desenvolvido no projeto de Assentamento Rural Milagres em Apodi-RN, situado a 100 km de Mossoró-RN, cujas coordenadas geográficas centrais são 5°35'17" S e 37°54'07" W, altitude de 153 m ao nível do mar, coordenado pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA). O assentamento possui 28 residências e dispõe de rede coletora e interceptora de esgoto, além de uma estação para tratamento preliminar e primário do esgoto doméstico bruto.

De acordo com a classificação de Köppen, o clima predominante na região é do tipo BSw'h', caracterizado por ser muito quente e semiárido, com a estação chuvosa se atrasando para o outono.

O experimento foi realizado no período de agosto a dezembro de 2011, as sementes utilizadas foram da variedade cruzeta precoce (*Zea mays* L.) desenvolvido pela Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte (EMPARN) para atender as exigências de lavouras de sequeiros, apresentando potencial produtivo de 6.000 kg/ha e ciclo de 65 dias da germinação à colheita, para o mercado de milho verde e 100 dias à colheita na forma de grãos secos, desta forma trazendo benefícios diretos aos produtores rurais, como precocidade e qualidade, que diminui os custos de produção e a garantia de um bom produto no mercado.

### 2.2. Metodologia

O experimento foi instalado em campo, onde a área total cercada possuía as seguintes medidas 27 x 50 m, os blocos 25 x 2,5 m, as parcelas 5 x 2,5 m. O tratamento da água envolve um reator anaeróbio do tipo decanto digestor com tanque séptico e filtros anaeróbios de fluxo descendente, uma cisterna para armazenamento do esgoto tratado com capacidade para 10 m<sup>3</sup>.

O espaçamento foi o de 1,0 m x 0,30 m colocando-o quatro sementes por cova, após 10 dias da emergência das plântulas foi realizado o desbaste, deixando duas plantas por cova, foram realizadas capinas manuais para que o experimento ficasse ausente de plantas que competidoras. Antes de realizar a semeadura, foi efetuada uma irrigação, para elevar a umidade do solo à de capacidade de campo.

A escolha do milho utilizado no estudo se deu devido à exploração da cultura em praticamente todos os assentamentos e municípios da região nordeste do Brasil, em que predomina o sistema de cultivo de sequeiro. A maior parte da produção é feita em pequenas propriedades, por agricultores que, em geral, utilizam cultivares pouco produtivas e práticas culturais inadequadas, obtendo deste modo, rendimentos baixos.

A geração diária de esgoto bruto foi em torno de 25 m<sup>3</sup>, onde o mesmo era tratado e disponibilizado como água e nutrientes para o cultivo agrícola do milho cruzeta. Para armazenamento da água do poço artesiano foi construído uma cisterna com capacidade para 10 m<sup>3</sup>.

Foi instalado um sistema automatizado acoplado a dois conjuntos moto - bomba de 1,5 CV para irrigação do experimento. O método de irrigação utilizado foi por gotejamento utilizando-se linhas laterais de polietileno com 16 mm dotados de emissores com vazão nominal 1,6 Lh<sup>-1</sup> e espaçados a cada 0,30 m. A área recebeu irrigações diárias para assegurar ao solo condições favoráveis a uma boa germinação das sementes. As necessidades hídricas do milho foram estimadas com base no balanço de água no solo e na evapotranspiração da cultura pela metodologia FAO (Allen et al., 2006).

Para caracterização do esgoto doméstico primário e da água do poço artesiano foram coletadas amostras que foram preservadas em caixa isotérmica com gelo á temperatura de 4°C. Em seguida as amostras foram encaminhadas para ao Laboratório de Análise de Solo Água e Planta (LASAP), Laboratório de Inspeção de produtos de origem animal, ambos da UFERSA e o Laboratório de Diagnóstico Físico-Químico da UERN para obtenção das características físico-químicas e microbiológicas, conforme a Tabela 1.

**Tabela 1.** Características físico-químicas e biológicas do esgoto doméstico primário e da água do poço artesiano.

Esgoto primário	Concentração	Água do poço	Concentração
CE (dSm <sup>-1</sup> )	1,2	CE (dSm <sup>-1</sup> )	0,10
pH	7,3	pH	7,0
SS (mgL <sup>-1</sup> )	44	SS (mgL <sup>-1</sup> )	0
SD (mgL <sup>-1</sup> )	350	SD (mgL <sup>-1</sup> )	50
Fe (mgL <sup>-1</sup> )	0,60	Fe (mgL <sup>-1</sup> )	0,40
Mn (mgL <sup>-1</sup> )	0,20	Mn (mgL <sup>-1</sup> )	0,07
Ca <sup>2+</sup> (mmolcL <sup>-1</sup> )	0,80	Ca <sup>2+</sup>	0,30
Mg <sup>2+</sup> (mmolcL <sup>-1</sup> )	0,70	Mg <sup>2+</sup>	0,50
Cu (mgL <sup>-1</sup> )	0,06	Cu (mgL <sup>-1</sup> )	-
Zn (mgL <sup>-1</sup> )	0,09	Zn (mgL <sup>-1</sup> )	-
DQO (mgL <sup>-1</sup> )	60,00	DQO (mgL <sup>-1</sup> )	-
DBO (mgL <sup>-1</sup> )	19,40	DBO (mgL <sup>-1</sup> )	-
N total (mgL <sup>-1</sup> )	72,00	N total (mgL <sup>-1</sup> )	0
P total (mgL <sup>-1</sup> )	7,5	P total (mgL <sup>-1</sup> )	-
N-NO <sub>3</sub> (mgL <sup>-1</sup> )	0,10	N-NO <sub>3</sub> (mgL <sup>-1</sup> )	0
Cl <sup>-</sup> (mmolcL <sup>-1</sup> )	2,40	Cl <sup>-</sup> (mmolc	-
Coliformes termotolerantes (NMP 100mL <sup>-1</sup> )	8,6x10 <sup>4</sup>	Coliformes termotolerantes (NMP 100mL <sup>-1</sup> )	0

Para caracterização inicial do solo foram coletadas amostras compostas nas profundidades de 0 a 0,20 m; 0,20 a 0,40 m e 0,40 a 0,60 m, colocadas em sacos plásticos e

encaminhadas para ao Laboratório de análise de solos, seguindo as recomendações da Embrapa (1997). Na Tabela 2 constam as características químicas do solo antes da aplicação do esgoto doméstico. O solo da área foi classificado como Argissolo de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa, 2006).

**Tabela 2.** Características químicas do Argissolo antes da aplicação do esgoto tratado.

Características químicas	Profundidade (m)		
	0,0 a 0,20	0,20 a 0,40	0,40 a 0,60
pH em H <sub>2</sub> O	6,7	7,2	6,5
P (mg/dm <sup>3</sup> )	7,7	1,4	0,7
K (mg/dm <sup>3</sup> )	138	106	134
Ca (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	2,1	1,8	3,5
Mg (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	0,6	0,6	1,3
SB (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	3,05	2,67	5,14
CTC(t)	3,05	2,67	5,14
CTC(T)	4,04	3,17	6,63
V (%)	75	84	78
MO (Da/kg)	1,8	1,2	1,1
Zn (mg/dm <sup>3</sup> )	3,1	0,5	0,4
Fe (mg/dm <sup>3</sup> )	9,0	9,4	22,9
Mn (mg/dm <sup>3</sup> )	159,2	71,8	19,7
Cu (mg/dm <sup>3</sup> )	0,7	0,9	0,5
B (mg/dm <sup>3</sup> )	0,3	0,2	0,3

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com cinco tratamentos e cinco repetições, totalizando 25 parcelas, cada parcela possuía 80 plantas sendo 52 como bordaduras e 28 úteis. Foram adotados cinco tratamentos (T1=100%; T2=75%; T3=50%; T4=25 %, de água residuária e T5=100 % de água de abastecimento proveniente de um poço artesiano).

Os intervalos de coletas de dados adotados foi a cada 20 dias, após a semeadura. Foram analisadas variáveis de crescimento e produção do milho de acordo com Benincasa (1988), para determinação da altura da planta utilizou-se trena métrica com 3 m de comprimento; para se medir o diâmetro do caule foi utilizado paquímetro digital de 1500 mm; o número folhas foi a média de cinco plantas por parcelas; para o peso da espiga com e sem palha e peso úmido e seco de 400 grãos para determinação das respectivas variáveis, foi utilizada uma balança Shimadzu BL3200h, graduação máxima 3.200 g e mínima 0.5 g, produtividade de grãos médias de 5 espigas por parcelas.

Os dados foram tabulados e submetidos à análise de variância utilizando-se o teste “F” a 5 % de probabilidade. Em seguida, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5 %. Os modelos de regressão foram escolhidos com base na significância do coeficiente de regressão utilizando-se o teste “t” com nível de 5% de probabilidade, no valor do coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>). Nas análises estatísticas foi utilizado o programa computacional SISVAR 5.0 (Ferreira, 2000).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 3 encontra-se o resumo das análises de variância e médias da variável altura de planta (AP), de acordo com aplicação das proporções de esgoto doméstico tratado, dos 20 aos 60 dias após a semeadura (DAS). Observou-se efeito significativo dos tratamentos na variável altura de planta (AP) considerando as etapas de desenvolvimento da cultura (20, 40 e 60 DAS). Não houve diferença estatística entre os tratamentos T1, T2, T3 e T4 aos 20 e 40 DAS, porém, estes diferiram estatisticamente do tratamento T5, em análise visual a Figura 1 constata-se os resultados pronunciados anteriormente. Aos 60 DAS, o tratamento T1 diferiu estatisticamente dos demais tratamentos á 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey. O tratamento T1 proporcionou o maior crescimento das plantas, em função provavelmente do maior aporte de nutrientes encontrados em esgoto doméstico, em particular o nitrogênio.

**Tabela 3.** Resumo da análise de variância e médias da altura de plantas (AP) de milho (*Zea mays*), variedade cruzeta (dias após a semeadura DAS).

Fonte variação	GL	Quadrado médio		
		AP 20 DAS	AP 40 DAS	AP 60 DAS
Tratamentos	4	220,19**	4246,72**	20103,62**
Blocos	4	6,98	39,13	192,23
Erro	16	11,72	73,40	220,03
Cv (%)		14,61	11,68	9,42
DMS		6,63	16,60	28,75

Tratamentos	Médias (cm)		
T1(100% água residuária)	29,20 A	97,93 A	223,60 A
T2(75% água residuária)	24,86 A	83,80 A	176,73 B
T3(50% água residuária)	24,94 A	72,80 A	153,53 B
T4(25% água residuária)	26,24 A	88,46 A	179,66 B
T5(0% água residuária)	12,00 B	23,80 B	53,40 C

**Nota:**\* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. \*\* significativo a 1 % de probabilidade pelo teste F. Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si a 5% pelo teste Tukey. CV- coeficiente de variação.

Os valores de altura de planta em função das proporções de esgoto doméstico tratado e água do poço artesianos aos 20, 40 e 60 dias após a semeadura, verificando-se neste último período que a planta atingiu o estágio de inflorescência masculina, como apresentado na tabela 3. Comportamento da altura de planta nos dias 20 (A), 40 (B) e 60 (C) dias após a semeadura (DAS) em função das proporções de água residuária.

Nota-se na Tabela 3 quando aplicados T1 (100% de água residuária) a planta obteve crescimento médio na ordem de 223,6 cm (60 DAS), valor superior aos demais tratamentos, principalmente, em relação a aplicação de T5 (água de poço artesianos) que obteve crescimento médio de 53,4 cm (60 DAS), resultado que foi evidente pela exigência da cultura em nutrientes, principalmente nitrogênio, fósforo e potássio. Costa et al. (2009) constataram efeito isolado tanto do bio-sólido quanto da água de irrigação, ao longo do ciclo da cultura. Estudos realizados por Vieira José et al. (2009) revelaram que o efeito da aplicação de efluente de abatedouro bovino tratado em lagoas de estabilização no solo e no desenvolvimento do milho resultaram em valores médios na altura de planta de 129,1 a 148,1 cm, não corroborando com esse trabalho quando aplicado proporções de esgoto doméstico tratado, em que se obteve valores médios de 153,53 a 223,6 cm de altura de planta.



**Figura 1.** Análise visual da altura do milho fertilizado com esgoto (T1) e irrigado com água do poço artesiano (T5).

Segundo Lousane et al. (2008), diferentes tipos de água residuária utilizados na fertirrigação de plantas ornamentais, não apresentaram diferença estatística na variável altura de planta, resultado este que não se assemelha com os encontrados por Azevedo e Oliveira (2005) que obtiveram aumento na produção de pepino, da ordem de 40,7 %, utilizando águas residuárias; da mesma forma, trabalhos realizados por Mota et al. (1997) mostraram que as culturas de sorgo, algodão e forrageiras fertirrigadas com esgoto tratado, apresentaram produção superior em relação às culturas que receberam água limpa. Resultados satisfatórios e semelhantes ao do presente trabalho foram encontrados por Nascimento (2003) e Ferreira (2003).

Segundo Pons (1980) quando não existe nitrogênio suficiente para a realização da síntese protéica e da clorofila, as plantas permanecem raquíticas e se tomam rapidamente cloróticas, em consequência, a planta sofre inibição de sua capacidade de assimilação e formação de glicídios (carboidratos); tais sintomas foram semelhantes às plantas submetidas ao tratamento T5 (0 % esgoto doméstico primário) deste experimento. Duarte (2007) obteve aumento da altura das plantas de pimentão, quando fertirrigadas com esgoto doméstico tratado, resultado este que corrobora com o presente trabalho.

De acordo com os resultados da Tabela 4 e as variáveis diâmetro do caule e número de folhas, constata-se no tratamento T5 menor efeito das proporções de esgoto doméstico em relação aos demais, de modo que os tratamentos T1 (100 % de água residuária) até o T4 (25 % de água residuária) se comportaram de maneira semelhantes não diferindo entre si, a 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey. Tais resultados demonstram o que já foi mencionado por diversos autores a respeito dessas águas, que são bastante ricas em nutrientes e, conseqüentemente, com maiores valores (Bouwer, 1992; Fasciolo et al., 2002; Xavier, 2007).

Diante dos resultados expostos na Tabela 4 verifica-se, para o diâmetro do caule (DC) do milho que os efeitos dos tratamentos foram distintos e se acentuaram ao longo do ciclo, em que o diâmetro de caule foi influenciado pela proporção de água residuária (T1 a T4) em relação a T5 cuja grande diferença pode ser atribuída ao aporte de nutrientes da água residuária. Segundo Guimarães et al. (2009), o diâmetro do caule é uma característica importante, uma vez que, quanto maior o seu valor, maior o vigor, a robustez e a resistência

da planta. Resultados semelhantes foram encontrados por Fidelis Filho et al. (2005) que observaram maiores valores de diâmetro caulinar das plantas de algodão BRS Verde fertirrigadas com efluente decantado comparado com água de poço.

**Tabela 4.** Resumo das análises de variância e médias do diâmetro do caule (DC) e número de folhas (NF) de plantas de milho (*Zea mays* L.), variedade cruzeta.

Fonte variação	GL	Quadrado médio			
		DC 20	DC 40	DC 60	NF
Tratamentos	4	84,68 **	249,45**	224,79 **	13,75**
Blocos	4	17,97	2,151	5,22	0,30
Erro	16	3,82	3,36	8,57	0,58
Cv (%)		15,11	7,69	10,90	4,78
DMS		3,78	3,55	5,67	6,35

Tratamentos	Médias (cm)			
T1(100% água residuária)	14,65 A	27,33 A	29,90 A	16,80 A
T2(75% água residuária)	14,89 A	27,17 A	31,12 A	16,86 A
T3(50% água residuária)	13,81 A	25,14 A	26,66 A	16,53 A
T4(25% água residuária)	15,63 A	28,16 A	31,32 A	16,86 A
T5(0% água residuária)	5,66 B	11,35 B	15,35 B	13,07 B

**Nota:**\* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F;\*\* significativo a 1% de probabilidade pelo teste F. Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si a 5% pelo teste Tukey; CV- coeficiente de variação.

Em seus trabalhos Xavier (2007) notou diferenças significativas no diâmetro das plantas da mamoneira da cultivar BRS Nordestina fertirrigadas com águas residuárias de três indústrias de Campina Grande, PB, em que as diferenças foram atribuídas ao aporte de nutrientes das águas residuárias e este não corrobora resultados de Sampaio et al. (2011).

Para Mota et al. (2011), o efeito de água residuária em mudas de melancia foi significativo para o número de folhas. Resultados de Cruz et al. (2008) assemelham aos encontrados por Alves et al. (2009) e corroboram os resultados do presente trabalho em que os tratamentos com água residuária foram superiores ao T5 (água de poço artesiano).

Segundo Malavolta e Dantas (1987), quando existe pouco nitrogênio no solo, as plantas se tornam raquíticas e suas folhas serão verde azulada, pequenas e finas; os caules ficam finos e fracos, estes sintomas foram observados nas plantas do tratamento T5.

Diante dos modelos matemáticos propostos pelo programa computacional, SIVAR (Ferreira, 2000), o modelo quadrático foi o que melhor se ajustou, obtendo dose máxima na ordem de 68,9% para um número na ordem de 17,3 folhas por plantas. Vieira et al. (2009) analisando o efeito da aplicação de efluente de abatedouro bovino tratado em lagoas de estabilização no solo e no desenvolvimento do milho, encontrou resposta significativa para variável número de folhas na ordem de 14 folhas por plantas, não corroborando com o encontrado nesse trabalho, onde o valor médio obtido foi de 17 folhas por plantas.

De acordo com Tavares et al. (2005), os efeitos do esgoto doméstico secundário e da adubação orgânica na produção de alface, não apresentou diferenças significativas para variável número de folhas, já para Baumgartner et al. (2005), a irrigação com águas

residuárias propiciou diferenças significativas para o número de folhas da cultura da alface (*Lactuca sativa* L.), resultado esse que corrobora com os encontrados nesse trabalho.

Diante das médias expostas na Tabela 5, para as variáveis: peso de espiga com e sem palha (PMECP e PMESP), o tratamento T5 teve efeito inferior em relação os demais; já as variáveis peso úmido (PUG) e seco (PSG) de grãos, os tratamentos se comportaram de forma semelhantes entre si não havendo diferença estatística.

**Tabela 5.** Resumo das análises de variância e médias para variáveis de produção, peso médio de espiga com (PMECP) e sem palha (PMESP), peso úmido (PUG) e seco (PSG) de grãos.

Fonte de variação	GL	Quadrado médio			
		PMECP	PMESP	PUG	PSG
Tratamentos	4	15272,12**	15079,74**	66,70	200,36
Blocos	4	1619,21	1522,53	148,80	144,66
Erro	16	1088,86	899,84	108,37	70,03
Cv (%)		12,52	12,86	6,68	6,43
MDS		63,95	58,14	20,17	16,22

Tratamentos	Médias (g)			
T1 (100% água residuária)	287,40 A	261,24A	161,0 A	135,6 A
T2 (75% água residuária)	275,36 A	243,56A	154,2 A	132,8 A
T3 (50% água residuária)	306,24 A	275,6 A	156,4 A	131,4 A
T4 (25% água residuária)	282,04 A	248,72A	156,4 A	131,6 A
T5 (0% água residuária)	166,88 B	137,64B	151,0 A	119,2 A

**Nota:**\* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F;\*\* significativo a 1% de probabilidade pelo teste F; Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si em níveis de 5% pelo teste Tukey, CV.Coefficiente de Variação.

Diante dos resultados apresentados na Tabela 5 notam-se efeitos significativos entre as proporções de água residuária em relação à água de poço artesiano (T5), onde o tratamento (T3) foi o que proporcionou maior peso médio de espiga com e sem palha (PMECP e PMESP), obtendo-se média de 4,654 kg por 12,5 m<sup>2</sup> equivalente à (37,23 t ha<sup>-1</sup>), porém diferindo a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey, apenas do tratamento T5 diante das respectivas variáveis analisadas. (Azevedo et al., 2007) observaram que, com o uso da água residuária tratada na fertirrigação, foi possível obter produtividade satisfatória para o milho forrageiro, chegando-se a 117,318 kg por 40 m<sup>2</sup> (29,33 t ha<sup>-1</sup>) porém a produtividade foi menor que a encontrada nesse trabalho. Ainda este mesmo autor constatou que o maior peso de espiga foi influenciado pela aplicação de água residuária.

Nos estudos de Freitas et al. (2004) foi constatado que o uso da água da suinocultura aumentou significativamente os valores de produtividade e peso de espiga bem como variáveis. Silva et al. (2005) relataram que a absorção de nitrogênio ocorre em todo seu ciclo vegetativo do milho, mesmo que na fase inicial, as exigências nutricionais sejam menores, o nitrogênio induz o crescimento mais rápido e conseqüentemente o aumento na produção de grãos. Resultados este corroboram com os encontrados no presente trabalho. Vasquez-Montiel et al. (1996) citam resultados de pesquisa realizada com milho submetido a irrigação com água residuária e de abastecimento e observaram que a fertirrigação com o esgoto tratado

aumentou a absorção de nitrogênio e fósforo pelas plantas de milho e, conseqüentemente, a produtividade delas.

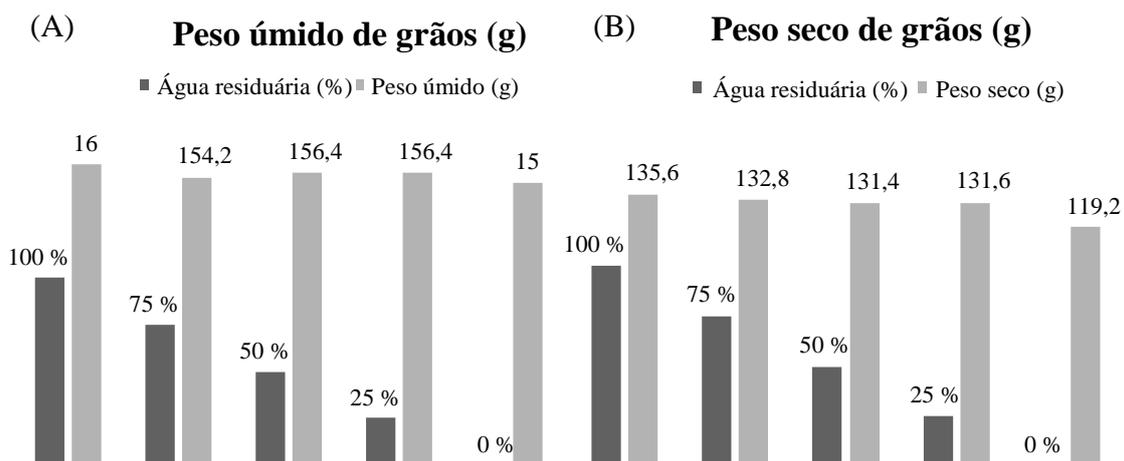
Os resultados expostos na Figura 2 mostram que a proporção de 100% de água residuária induziu o peso úmido e seco (PUG e PSG) à valores superiores em relação aos demais tratamentos, embora não diferindo estatisticamente entre si. Em seus estudos, Cavallet et al. (2006) utilizaram doses de 160 e 320 t ha<sup>-1</sup> de águas residuárias proveniente da indústria de enzimas e calcário NPK sobre a produção de grãos de milho encontrou efeitos semelhantes entre duas doses de águas residuárias em relação ao calcário NPK; enquanto Souza et al. (2010) estudaram a produtividade da mamona, observaram que os tratamentos influenciaram significativamente a produtividade da mamoneira quando fertirrigado com água residuária, resultado esse corrobora com o presente trabalho.

É importante ressaltar que a utilização do grão úmido para nutrição animal tem algumas vantagens agrônômicas, como significativa redução das perdas no campo, liberação antecipada da área, redução dos custos com o processo de secagem.

As pesquisas relacionadas com umidade de grãos de milho tem demonstrado que existe diminuição no consumo de alimentos e ganhos equivalentes na utilização do milho úmido em relação ao milho seco, com conseqüente melhora da eficiência alimentar. Embora exista alguma variação, principalmente em função do teor de umidade do grão e do nível de inclusão na dieta, um efeito de cerca de 10% na eficiência de ganho tem sido observado de acordo com Stock et al. (1990).

Entretanto os resultados experimentais têm sido variáveis, principalmente em decorrência do teor de umidade do grão, do processamento antes e após o armazenamento, do método de armazenamento e do nível de inclusão na dieta dos animais. Tonroy et al. (1974) verificaram diminuição no consumo de alimentos e ganhos equivalentes na utilização do milho úmido em relação ao milho seco, com melhoras de 9 a 25% na eficiência alimentar, e sugeriram a ocorrência de uma melhora na digestibilidade dos nutrientes.

Os resultados encontrados neste estudo corroboram com a literatura, confirmando os benefícios do reuso de água residuária na irrigação de milho, reduzindo desta forma os impactos ambientais causados por este tipo de efluente doméstico.

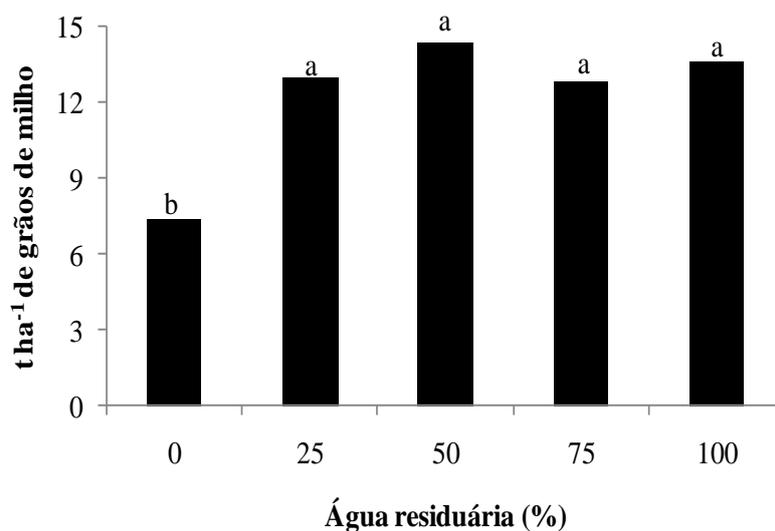


**Figura 2.** (A) Peso úmido, (B) Peso seco de 400 grãos de milho em função da aplicação das proporções de esgoto doméstico tratado e água de poço artesiano.

Nota-se na Figura 3 quando aplicados T3 (50% de água residuária), a produtividade de grãos de milho obteve média na ordem de 14,4 t ha<sup>-1</sup>, valor superior aos demais tratamentos, principalmente, em relação à aplicação de T5 (100% de água de poço artesiano) que obteve uma produtividade de 7,4 t ha<sup>-1</sup>, resultado que foi evidente, por essas águas possuírem grandes

quantidades de nutrientes. De acordo com Lucas Filho et al. (2001), os fatores de produção do milho foram positivos e significativos quando submetidos à fertirrigação com água residuária, resultados esses que se assemelham aos obtidos neste trabalho.

Cavallet et al. (2006) observaram produção de grãos de milho superior em todos os tratamentos utilizados em relação a testemunha corroborando Azevedo et al. (2007) que observaram que a irrigação apenas com água residuária promoveu um incremento na produtividade do milho forrageiro híbrido AG 1051 em relação à produção alcançada quando se utilizou somente a água de abastecimento, corroborando o presente trabalho.



**Figura 3.** Produtividade de grãos de milho por hectare (t ha<sup>-1</sup>) em função da aplicação das proporções de esgoto doméstico tratado e água de poço artesianos. Barras seguidas da mesma letra não diferem entre si (Tukey 5%).

## 4. CONCLUSÕES

A fertirrigação com esgoto doméstico proporcionou maiores valores de altura de planta, diâmetro do caule, e número de folhas.

Apesar do esgoto doméstico tratado ser uma alternativa viável na irrigação do milho, é necessário realizar o acompanhamento das possíveis alterações nos atributos físicos, químicos e microbiológicos do solo em questão ao longo de sucessivos cultivos.

O uso de esgoto doméstico primário na cultura do milho pode ser considerado como fonte alternativa de fertilizantes para produção de alimento em assentamento rural.

O esgoto doméstico tratado é uma alternativa viável na irrigação do milho contribuindo deste modo para redução do uso de água de boa qualidade na agricultura.

## 5. AGRADECIMENTOS

Ao Banco do Nordeste do Brasil (BNB) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro.

## 6. REFERÊNCIAS

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, J. **Evapotranspiration del cultivo: guías para La determinación de los requerimientos de agua de los cultivos**. Roma: FAO, 2006. 298 p.

- ALVES, W. W. A. et al. Área foliar do algodoeiro irrigado com água residuária adubado com nitrogênio e fósforo. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Mossoró, v. 4, n. 1, p. 41- 46, 2009.
- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. A **qualidade da água na agricultura**. 2. ed. Campina Grande: UFPB, 1999. 153p.
- AZEVEDO, M. R. Q.; KÖNIG, A.; BELTRÃO, N. E. M.; AZEVEDO, C. A. V.; TAVARES, T. L.; SOARES, F. A. L. Efeito da irrigação com água residuária tratada sobre a produção de milho forrageiro. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 2, n. 1, p. 63-68, 2007.
- AZEVEDO, L. P.; OLIVEIRA, E. L. Efeitos da aplicação de efluente de tratamento de esgoto na fertilidade do solo e produtividade de pepino sob irrigação subsuperficial. **Engenharia Agrícola**, v. 25, n. 1, p. 253-263, 2005. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-69162005000100028>
- BAUMGARTNER, D.; SAMPAIO, S. C.; SILVA, T. R.; TEO, C. R. P. A.; GOMES, B. M. Alface irrigada com águas residuárias de atividades agroindustriais. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, Maringá, v. 27, n. 4, p. 697-705, 2005.
- BOUWER, H. Agricultural and municipal use of wastewater. **Water Science Technology**, Oxford, v. 26, n. 7-8, p. 1583-91, 1992. <http://handle.nal.usda.gov/10113/50335>
- BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas**. Jaboticabal: FUNEP, 1988. 42p.
- CAVALLET, L. E.; LUCCHESI, L. A. C.; MORAES, A.; SCHIMIDT, E.; PERONDI, M. A.; FONSECA, R. A. Melhoria da fertilidade do solo decorrentes da adição de água residuária da indústria de enzimas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 10, n. 3, p. 724-729, 2006. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662006000300027>
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Acompanhamento de safra brasileira: grãos, sétimo levantamento, Safra 2010/2011**. – Brasília: Conab, abril 2011. Disponível em:  
<[http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/estudo\\_safra.pdf](http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/estudo_safra.pdf)>. Acesso em: 23 jan. 2012.
- COSTA, F. X.; LIMA, V. L. A.; BELTRÃO, N. E. M.; AZEVEDO, C. A. V.; SOARES, F. A. L.; ALVA, I. D. M. Efeitos residuais da aplicação de biossólidos e da irrigação com água residuária no crescimento do milho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, n. 6, p. 687-693, 2009. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662009000600004>
- CRUZ, M. C. M. et al. Utilização de água residuária de suinocultura na produção de mudas de maracujazeiro azedo cv redondo amarelo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 30, n. 4, p. 1107-1112, 2008. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-29452008000400043>
- DUARTE, A. S. **Reuso de água residuária tratada na irrigação da cultura do pimentão (*Capsicum annuum* L.)**. Piracicaba: ESALQ/USP, 2007. 187p.

- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos; Brasília: Sistema de Produção de Informação, 2006. 306p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro; Embrapa Solos, 1997. 212p.
- FASCIOLO, G. E.; MECA, M. I.; GABRIEL, E.; MORÁBITO, J. Effects on crops of irrigation with treated municipal wastewaters. **Water Science and Technology**, Oxford, v. 45, n. 1, p. 133-8, 2002.
- FERREIRA, O. E. **Efeitos da aplicação de água residuária doméstica tratada e adubação nitrogenada na cultura do algodão herbáceo e no meio edáfico**. 2003. 78f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2003.
- FERREIRA, P. V. **Estatística experimental aplicada à agronomia**. 3. ed. Maceió: UFAL, 2000. 604 p.
- FIDELIS FILHO, J.; NÓBREGA, J. Q.; SOUSA, J. T. DE; DANTAS, J. P. Comparação dos efeitos de água residuária e de poço no crescimento e desenvolvimento do algodoeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, (Suplemento), p. 328-332, 2005.
- FREITAS, W. S.; OLIVEIRA, R. A.; PINTO, F. A.; CECON, P. R.; GALVÃO, J. C. C. Efeito da aplicação de águas residuárias de suinocultura sobre a produção do milho para silagem. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 8, n. 1, p. 120-125, 2004. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662004000100018>
- GUIMARÃES, A. S.; MACEDO, B. N. E.; COSTA, S. G. Fontes e doses crescentes de adubos orgânicos e mineral no crescimento inicial de pinhão manso. **Mens agitat**, Boa Vista, v. 04, n. 1, p. 17-22, 2009.
- HESPAHOL, I. Potencial de reúso de água no Brasil - agricultura, indústria, municípios, recarga de aquíferos. In: MANCUSO, C. S. A.; SANTOS, H. F. (Eds.). **Reúso de água**. Barueri: Manole, 2008. p.37-95.
- INSTITUTO FNP. **Agrianual**: anuário da agricultura brasileira – 2006. São Paulo, 2006. 504p.
- KOURAA, A.; FETHI, F.; LAHLOU, A.; Ouazzani I N. Reuse of urban wastewater by combined stabilization pond system in Benslimane (Marocco). **Urban Water**, v. 4, p. 373-378, 2002. [http://dx.doi.org/10.1016/S1462-0758\(01\)00067-X](http://dx.doi.org/10.1016/S1462-0758(01)00067-X)
- LOUSANE, L.; FADIGAS, F. S.; PEREIRA, F. A.; GLOAGUEN, T. V.; COSTA, J. A. Desenvolvimento de *Heliconia psittacorum* e *Gladiolus hortulanus* irrigados com águas residuárias tratadas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 12, n. 6, p. 606–613, 2008. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662008000600006>

- LUCAS FILHO, M.; PEREIRA, M. G.; LIMA, A. SILVA, M.; D. A.; FONSECA, F.C. E. Avaliação preliminar do potencial de reuso de águas residuárias tratadas em culturas de milho (*Zea mays*) In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 21., 2001, João Pessoa. **Anais...** Paraíba: Universidade Federal de Campina Grande; Sociedade Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2001. CD Rom.
- MALAVOLTA, E.; DANTAS, J. P. Nutrição e adubação do milho. In: PATERNIANI, E.; VIEGAS, G.P. (Eds.). **Melhoramento e produção do milho**. 2. ed. Campinas: Fundação Cargill, 1987. v. 2. p. 541.
- MELI, S.; PORTO, M.; BELLIGNO, A.; BUFO, S. A.; MAZZATURA, A.; SCOPA, A. Influence of irrigation with lagooned urban wastewater on chemical and microbiological soil parameters in a citrus orchard under Mediterranean condition. **The Science of the Total Environment**, v. 285, p. 69-77, 2002. [http://dx.doi.org/10.1016/S0048-9697\(01\)00896-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0048-9697(01)00896-8)
- MOTA, A. F.; ALMEIDA, J. P. N.; SANTOS, J. S.; AZEVEDO, J.; GURGEL, M. T. Desenvolvimento inicial de mudas de melancia ‘CRIMSON SWEET’ irrigadas com águas residuárias. **Revista Verde**, Mossoró, v. 6, n. 2, p. 98 – 104, 2011.
- MOTA, S.; BEZERRA, F. C.; TOMÉ, L. M. Avaliação do desempenho de culturas irrigadas com esgotos tratados. CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 19., 1997, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 1997. p. 20-26.
- NASCIMENTO, M. B. H. do. **Modificações no ambiente edáfico, na água e na mamoneira, submetidas ao uso de biossólidos e água residuária**. 2003. 78f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba, 2003.
- PEIXOTO, C. M.; HENTSCHKE, C.; AGUIRRE, A. Manejo do nitrogênio, caderno técnico. **Revista Cultivar**, Pelotas, n. 54, p. 10, 2003.
- PIZARRO, F. **Riegos localizados de alta frecuencia: Goteo, microaspersion, exudacion**. 2. ed. Madrid: Mundi-Prensa, 1990. 461p
- PONS, A. L. Instituto de Pesquisa Agropecuária. **IP AGRO**, n. 23, p. 51, 1980.
- SAMPAIO, P. R. F.; ALMEIDA, J. P. N.; MOTA, A. F.; COSTA, L. R.; GURGEL, M. T. Utilização de águas residuárias na germinação e desenvolvimento inicial de mudas de meloeiro amarelo ouro. **Revista Verde**, Mossoró, v. 6, n. 1, p. 179 – 187, 2011.
- SILVA, E. C.; FERREIRA, S. M.; SILVA, G. P.; ASSIS, R. L.; GUIMARÃES, G. L. Épocas e formas de aplicação de nitrogênio no milho sob plantio direto em solo do cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, p. 725-733, 2005. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832005000500008>
- SOUZA, N. C.; MOTA, S. B.; BEZERRA, F. M. L.; AQUINO, B. F.; SANTOS, A. B. Produtividade da mamona irrigada com esgoto doméstico tratado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 5, p. 478–484, 2010. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662010000500004>
- SOUSA, J. T.; LEITE, V. D. **Tratamento e utilização de esgotos domésticos na agricultura**. 2. ed. Campina Grande: UEPB, 2008. 135p.

- STOCK, R. A.; SINDT, M. H.; CLEALE, R. M. et al. High-moisture corn utilization in finishing cattle. **Journal of Animal Science**, v. 69, n. 4, p. 1645-1656, 1990.
- TAVARES, T. de L.; KÖNIG, A.; CEBALLOS, B. S. O. de; AZEVEDO, M. R. de Q. A. Efeitos da adubação do solo e da irrigação sobre os componentes de produção da alface. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, Suplemento, p. 231-5, 2005.
- TONROY, B. R.; PERRY, T. W.; BEESON, W. M. Dry, ensiled high-moisture, ensiled reconstituted high-moisture and volatile fatty acid treated high moisture corn for growing-finishing beef cattle. **Journal of Animal Science**, v. 39, n. 5, p. 931-936, 1974.
- VASQUEZ-MONTIEL, O.; HORAN, N. J.; MARA, D. D. Management of domestic wastewater for reuse in irrigation. **Water Science and Technology**, v. 33, n. 10-11, p. 355-362, 1996. [http://dx.doi.org/10.1016/0273-1223\(96\)00438-6](http://dx.doi.org/10.1016/0273-1223(96)00438-6)
- VIEIRA JOSÉ, J.; RIBAS, M. M. F.; FREITAS, P. S. L.; FRANCISCONI JUNIOR, J. P. Efeito da aplicação de efluente de abatedouro bovino tratado em lagoas de estabilização no solo e no desenvolvimento do milho. **Pesquisa Aplicada e Agrotecnologia**, v. 2, n. 1, p. 52-59, 2009.
- XAVIER, J. F. **Águas residuárias provenientes de indústrias e seus efeitos no crescimento e desenvolvimento da mamoneira BRS Nordeste**. 2007. 101f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2007.