

## CRESCIMENTO, PRODUÇÃO E ALTERAÇÕES QUÍMICAS DO SOLO EM ALGODÃO IRRIGADO COM ÁGUA DE ESGOTOS SANITÁRIOS TRATADOS<sup>1</sup>

JOSEILTON DOS SANTOS NASCIMENTO<sup>2\*</sup>, JOSÉ FIDELES FILHO<sup>3</sup>

**RESUMO** – A escassez dos recursos hídricos vem se tornando um fator agravante na irrigação de culturas agrícolas. Com isso, a utilização de água residuária tratada surge como uma alternativa viável para suprir essa demanda. Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da utilização de águas residuárias nas variáveis de crescimento e de produção do algodoeiro. A pesquisa foi realizada na Estação Experimental de Tratamentos Biológicos de Esgotos Sanitários – EXTRABES, no município de Campina Grande (PB), em delineamento inteiramente casualizado com cinco tratamentos e quatro repetições, onde o tratamento 1 (T1) – irrigação com água de abastecimento proveniente da Cagepa, o tratamento 2 (T2) – irrigação com o efluente proveniente do reator UASB, o tratamento 3(T3) – irrigação com efluente proveniente do filtro em série, o tratamento 4 (T4) – irrigação com o efluente proveniente do filtro anaeróbio e o tratamento 5 (T5) – irrigação com o efluente proveniente da lagoa de macrófitos. O teor de sódio incrementado no solo no final do experimento foi 812,9% proporcionado pela irrigação com água residuária proveniente do reator UASB. A aplicação de água residuária via irrigação na cultura do algodão proveniente do reator UASB e filtro em série aumentaram as concentrações de fósforo, potássio e matéria orgânica na camada superficial do solo.

**Palavras-chave:** Água residuária. Fertirrigação. *Gossypium hisurtam*. L.. reator UASB.

### GROWTH, PRODUCTION AND CHANGES IN CHEMICAL OF SOIL IN COTTON IRRIGATED WITH WATER OF TREATIES SANITARY SEWAGE

**ABSTRACT**– The scarcity of the water resources has been becoming an aggravating factor in irrigation of agricultural crops, with that the utilization of treated wastewater arises as a viable alternative to meeting that demand. In this context, the present study aimed to evaluate the effect of the use of wastewater, on growth variables and yield of cotton plants. The research was conducted at Experimental Station of Biological Treatments Sanitary Sewage – EXTRABES, in the city of Campina Grande – PB, in completely randomized design with five treatments and four repetitions. When the treatment 1 (T1) – consisted of irrigation with water refueling coming from CAGEPA; the treatment 2 (T2) – irrigation with effluent coming from the UASB reactor; the treatment 3 (T3) – irrigated with effluent coming from the series of filter; the treatment 4 (T4) – irrigated with effluent coming from the anaerobic filter; the treatment 5 (T5) – irrigated with effluent coming from the ponds of macrophytes. The incremented sodium content in soil at the end of the experiment was 812.9% afforded by irrigation with wastewater coming from the UASB reactor. The application of wastewater through irrigation in cotton culture coming from the UASB reactor and filter in series have increased the concentrations of phosphorus, potash and organic matter in surface soil layer.

**Keywords:** Wastewater. fertirrigation. *Gossypiumhisurtam*.L.. reactor UASB.

\*Autor para correspondência

<sup>1</sup>Recebido para publicação em 08/05/2014; aceito em 11/02/2015.

Trabalho extraído da Dissertação de Mestrado do primeiro autor apresentada a coordenação de pós-graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental da Universidade Estadual da Paraíba.

<sup>2</sup>Centro de Ciência e Tecnologia, UEPB, caixa postal 351, 58109-753, Campina Grande PB, joseiltonagro@yahoo.com.br.

<sup>3</sup>UEPB/EMEPA, Av. das Baraúnas 351, Bodocongó, CEP 581090-753, Campina Grande, PB. Fone: (83) 3315-3338, fidelesfilho@uol.com.br.

## INTRODUÇÃO

A busca por alternativas racionais que viabilizem o uso de águas residuárias se faz cada dia mais necessário, tanto do ponto de vista ambiental quanto do ponto de vista econômico, sobretudo em regiões áridas e semiáridas onde os recursos hídricos são bastante escassos, a exemplo do Nordeste brasileiro, frequentemente assolado por longos períodos de estiagens e secas quase periódicas (BEZERRA e FIDELIS FILHO, 2009).

A escassez dos recursos hídricos tem se tornado cada vez mais agravante, tanto na quantidade quanto na qualidade. Em contrapartida, os efluentes domésticos e agroindustriais apresentam aumento crescente e, desta forma, podem ser vistos como alternativa de uso potencial na agricultura, ao liberar água de melhor qualidade para fins mais nobres, como o consumo humano e/ou dessedentação de animais, como preconiza a Política Nacional dos Recursos Hídricos (LUBELLO et al., 2004; SOUZA et al., 2010; RIBEIRO et al., 2012).

A reutilização da água doméstica tem sido maciça e hoje Israel reutiliza 75% dos efluentes gerados, contra 14% na Espanha, 9% na Austrália, 8% na Itália, 5% na Grécia e menos de 1% na Europa (JUANICÓ, 2007). Portanto, a prática do reuso de águas domésticas tratadas tem papel fundamental no planejamento e na gestão sustentável dos recursos hídricos, podendo ser potencialmente utilizada em regiões áridas e semiáridas, como no Nordeste brasileiro (RIBEIRO et al.; 2012).

Quando aplicado no solo, o esgoto bruto ou tratado sofre autodepuração, através de processos físicos, químicos e biológicos que reduzem sua carga poluidora (GLOAGUEN et al., 2007), podem apresentar diversos efeitos negativos. Na ausência de lixiviação e na presença de evapotranspiração excessiva, a irrigação promove o acúmulo de sais na zona radicular (BERNSTEIN, 1974), o que pode comprometer o desenvolvimento das plantas. A situação se agrava na medida em que o solo seca, pois as plantas passam a sofrer tanto pelo estresse do potencial matricial quanto pelo estresse do potencial osmótico do solo (GLOAGUEN, 2006; RHOADES et al., 2000). Além disso, a água residuária possui, em geral, altos valores de Razão de Adsorção de Sódio (RAS), elevando a Percentagem de Sódio Trocável (PST) dos solos irrigados, o que pode provocar redução da condutividade hidráulica e drenagem (GONÇALVES et al., 2007).

Alves et al. (2005), estudando os componentes da produção do algodoeiro colorido irrigado com águas residuárias, verificaram que a água proveniente de esgotos domésticos tratados proporcionou um aumento no número de botões florais e no número de frutos por plantas em relação a água de abastecimento.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da utilização de águas residuárias

nas variáveis de crescimento e de produção do algodoeiro herbáceo (*Gossypium hirsutum* L) cultivar BRS TOPÁZIO, utilizando como parâmetros as medidas da evolução temporal ao longo do ciclo vegetativo da cultura e analisar as características das águas e do solo utilizadas no experimento.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no período de setembro de 2012 a fevereiro de 2013 em condições de campo, na Estação Experimental de Tratamentos Biológicos de Esgotos Sanitários – EXTRABES, no município de Campina Grande, Estado da Paraíba, vinculado à Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), com coordenadas geográficas 07°15'18" de latitude sul e 35°52'28" de longitude oeste, a 550m acima do nível do mar, localizado na Microrregião do Agreste Central do Planalto da Borborema.

O clima da região onde se realizou o experimento, de acordo com a classificação climática de Köppen, é do tipo "CSa", o qual representa um clima mesotérmico, subúmido, com verão quente e seco (4 a 5 meses) e chuvas de outono e inverno. O período chuvoso é de março a junho e o mais seco é de outubro a dezembro.

A cultura utilizada na pesquisa foi o algodão herbáceo (*Gossypium hirsutum*), cultivar BRS Topázio, fornecida pela Embrapa Algodão. O experimento foi realizado no delineamento inteiramente casualizado com cinco tratamentos e quatro repetições, em um total de 20 unidades experimentais, representada por vasos de polietileno com capacidade de 30 litros, contendo solo arenoso empregados no experimento (Tabela 1 e 2) sobre uma camada de 3 cm de brita em sua base para facilitar a drenagem do excesso de água e evitar a perda de solo pelas aberturas existentes em cada vaso. Em seguida, fora realizado uma adubação orgânica com húmus (esterco de minhoca), onde esse adubo foi misturado ao solo antes de ser colocado nos vasos. Foram realizadas capinas manuais para manter as plantas sempre livres de ervas daninhas, evitando a concorrência por nutrientes e luz, principalmente na fase inicial da cultura do algodão, e também para facilitar a realização dos tratamentos e condução do experimento. A irrigação foi realizada de forma manual pela manhã, através de um regador de 5 L e com o auxílio de um Becker de 1.000 ml. Os tratamentos utilizados foram caracterizados conforme descrição a seguir: tratamento 1 (T1) – irrigação com água de abastecimento proveniente da CAGEPA; tratamento 2 (T2) – irrigação com o efluente proveniente do reator UASB; tratamento 3 (T3) – irrigação com efluente proveniente do filtro em série; tratamento 4 (T4) – irrigação com o efluente proveniente do filtro anaeróbio; e tratamento 5 (T5) – irrigação com o efluente proveniente da lagoa de macrófitos.

O solo utilizado foi coletado da camada su-

perifical (0 – 20 cm) na Estação Experimental de Lagoa Seca, pertencente à Empresa Estadual de Pesquisa Agropecuária da Paraíba (EMEPA - PB), no município de Lagoa Seca (PB).

As análises físicas e químicas foram realiza-

das no Laboratório de Química e Fertilidade do Solo, no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), *Campus II – Areia (PB)*, resultando nos dados constantes nas Tabelas 1 e 2.

**Tabela 1.** Características químicas do solo coletado a 20 cm de profundidade.

pH	P	K <sup>+</sup>	Na	H <sup>+</sup> + Al <sup>3+</sup>	Al <sup>3+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	CTC	SB	M. O.
1:2,5	mg/dm <sup>3</sup>		-----cmolc/dm <sup>3</sup> -----							g/dm <sup>3</sup>
6,39	87,00	105,60	0,31	0,00	0,00	1,50	1,50	4,17	3,18	5,34

Na Tabela 1 são observados os baixos valores de nutrientes presentes nesse solo, apresentando também uma pequena concentração de sódio, com a ausência de alumínio (Al<sup>3+</sup>) trocável e pH próximo da neutralidade, caracterizando um solo ideal para o desenvolvimento da maioria das culturas agrícolas.

Verifica-se também baixos teores de matéria orgânica de 5,34g/kg<sup>-1</sup>.

Na tabela 2 está apresentado a análise química do solo antes da implantação da cultura do algodão. Observa-se que o Neossolo é de textura arenosa.

**Tabela 2.** Características físicas do solo coletado a 20 cm de profundidade.

Granulometria g. kg <sup>-1</sup>			Classificação Textural	Densidade aparente	Densidade real	Porosidade
Areia	Silte	Argila		-----g.cm <sup>-3</sup> -----		%
834	111	55	Arenoso	1,59	2,65	40

As variáveis analisadas foram: área foliar; diâmetro de caule; altura de planta; número de folhas; produção do algodão em caroço e em pluma; número de frutos e capulhos; peso de sementes; e matéria seca da parte aérea. O diâmetro caulinar foi realizado através do paquímetro digital, a 4 cm do colo da planta.

Foi utilizada uma régua linear para fazer as medições de comprimento das folhas do algodoeiro de cada tratamento, medindo-se a parte do limbo principal para determinação da área foliar (AF), a partir da equação 1, proposta por Grimes e Carter (1969) e adaptada por Fideles Filho et al. (2010), para cultura de algodão de ciclo curto.

$$Y=0,7254 X^{2,08922} \quad (1)$$

Em que: Y corresponde à área foliar (AF); e X ao comprimento da nervura principal da folha.

As medições foram realizadas quinzenalmente, iniciando-se 23 dias após a germinação (DAE), e o ciclo total da cultura foi de 120 dias.

Os resultados foram submetidos à análise de variância, através do teste F, e à comparação das médias pelo teste Tukey a 5% de probabilidade, utilizando-se o *software* SAS realizado na Universidade Federal da Paraíba (UFPB), *Campus II – Areia (PB)*.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Características das águas utilizadas no experimento

Na Tabela 3 estão apresentados os resultados dos efluentes utilizados nas irrigações. Observa-se

que o efluente proveniente do reator de manta de lodo (UASB) apresentou na maioria das vezes valores superiores em relação aos demais efluentes. As análises foram realizadas no Laboratório de Análises químicas, físicas e microbiológicas do EXTRABES, Campina Grande (PB).

**Tabela 3.** Características das águas residuárias e de abastecimento utilizada na irrigação.

Parâmetros	AA	UASB	FS	LM	FA
DBO(mg O <sub>2</sub> .L <sup>-1</sup> )	–	125,13	83,75	69,16	104,14
DQO (mg O <sub>2</sub> .L <sup>-1</sup> )	–	314,69	88,27	111,2	100,00
Fósforo Total (mg P.L <sup>-1</sup> )	–	6,52	6,56	5,55	5,90
Ortofosfato (mg P-PO <sub>4</sub> .L <sup>-1</sup> )	–	5,57	5,96	4,37	6,00
Nitrito (mg NO <sub>2</sub> .L <sup>-1</sup> )	–	–	0,28	0,77	–
Nitrato (mg NO <sub>3</sub> .L <sup>-1</sup> )	Ausente	–	48,26	51,12	–
NTK (mg NTK.L <sup>-1</sup> )	–	56,85	1,70	2,27	52,67
N. Amoniacal (mg N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> . L <sup>-1</sup> )	Ausente	52,65	0,99	0,94	48,00
pH	7,3	7,12	5,00	7,86	7,6
Alcalinidade total(mgCaCO <sub>3</sub> .L <sup>-1</sup> )	76,14	413,70	22,91	34,88	344,34

AA – água de abastecimento; UASB – reator de manta de lodo; LM – lagoas macrófitas; FS – filtro em série; e FA – filtro anaeróbio.

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 3, os valores médios de nitrogênio amoniacal foram maiores para o tratamento proveniente do filtro anaeróbico, seguido do reator UASB, com os respectivos valores: 52,65 e 56,89 mg L<sup>-1</sup>. Já os tratamentos provenientes de lagoas de macrófitos e filtro em série apresentaram os menores valores, sendo igual a 0,94 e 0,99 mg L<sup>-1</sup>, respectivamente.

Sousa et al. (2006) utilizaram água de esgotos domésticos tratados proveniente de lagoa de polimento e reator UASB, os quais apresentavam concentração média de nitrogênio amoniacal de 7,5 e 55 mg L<sup>-1</sup>, respectivamente.

Os efluentes de esgoto domésticos tratados aportavam concentrações de N total variando entre 1,70 e 56,85 mg L<sup>-1</sup> (Tabela 4), sendo este nutriente mais requisitado pelas plantas. Entretanto, as maiores concentrações encontradas estavam de acordo com alguns trabalhos, aproximadamente 50 mg L<sup>-1</sup> (MEDEIROS et al., 2007) ou mesmo 60 mg L<sup>-1</sup> (SOUSA et al., 2012).

O elemento mais importante para as plantas é o nitrogênio total, cujo nutriente é essencial e mais exigido quantitativamente pela maioria das plantas, sendo relacionado fisiologicamente ao metabolismo vegetal das plantas, tais como, fotossíntese, respiração, crescimento, produção de folhas, flores e frutos, mesmo que seu teor se expresse em forma de nitrato (N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) e amônio (N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), sendo estas as formas mais facilmente assimiláveis pelas plantas, ou como N-Org. (AYERS e WSETCOT, 1999).

Observa-se na Tabela 3 os valores médios de nitrato no tratamento proveniente do filtro em série e no tratamento de lagoas de macrófitos iguais a 48,26 e 51,12 mg L<sup>-1</sup> ao longo do experimento.

Duarte et al. (2008) encontraram valores médios de nitrato no efluente do filtro lento e nos tratamentos com água residuária tratada com filtração lenta seguida de desinfecção por injeção de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e água residuária tratada com filtração lenta seguida de desinfecção por radiação ultravioleta (UV) iguais a 13,74, 23,24 e 25,32 mg L<sup>-1</sup> ao longo do experimento.

Observa-se ainda na Tabela 3 que o valor máximo de ortofosfato encontrado na água residuária foi de 5,96 mg/L<sup>-1</sup> no efluente de filtro em série (FS), seguido do reator de manta de lodo (UASB), do efluente proveniente do filtro anaeróbico (FA) e do efluente proveniente de lagoas de macrófitos (LM), apresentando concentrações médias de ortofosfato iguais a 4,37, 5,51 e 5,57 mg L<sup>-1</sup>. Semelhante aos valores encontrados por Alves et al. (2005), reutilizando efluente tratado por lagoas de estabilização para irrigação do algodão, quantificaram neste efluente um valor médio de ortofosfato igual a 4,18 mg L<sup>-1</sup>.

Encontrou-se na água residuária valores de fósforo total variando de 5,5 a 6,68 mg L<sup>-1</sup>

(Tabela 3), corroborando com Sousa et al. (2012), utilizando água residuária tratada proveniente do reator UASB na cultura do pinhão manso, que foi em torno de 6,7 mg L<sup>-1</sup>.

Também na Tabela 3 são encontrados os valores médios de DBO (demanda bioquímica do oxigênio) dos efluentes utilizados nos tratamentos. Verifica-se os maiores valores no efluente proveniente de reator UASB, seguido do efluente proveniente do filtro anaeróbico, com valores iguais a 104,12 e 125,13 mg O<sub>2</sub>.L<sup>-1</sup>, e os menores valores encontrados nos efluentes provenientes de filtro em série e lagoa de macrófitos com os respectivos valores: 69,16 e 83,75 mg O<sub>2</sub> L<sup>-1</sup>. Essa carga orgânica presente nas águas residuárias age como condicionadora, melhorando as características do solo (química, física e biológica), que proporcionou bom desenvolvimento da cultura do algodão. Já os valores de DQO (demanda química do oxigênio) encontrados nos efluentes para irrigação nos tratamentos lagoas de macrófitos, filtro em série e reator UASB obtiveram os valores iguais a 88,27, 111,12 e 314,69 mg O<sub>2</sub> L<sup>-1</sup>, respectivamente. Corroborando com Simões et al. (2013), utilizando água residuária de esgoto doméstico tratado para a cultura da mamoneira, continha os seguintes valores de DBO e DQO, com os respectivos valores 155 e 269 mg O<sub>2</sub> L<sup>-1</sup>, semelhante aos valores encontrados no reator UASB, que obteve os maiores valores.

Ainda na Tabela 3, observa-se que o pH máximo encontrado na água de irrigação foi de 7,8 no efluente proveniente de lagoas macrófitos, sendo considerado alcalino. Segundo Metacalf e Eddy (1991), o pH é um índice que caracteriza o grau de acidez ou alcalinidade de um ambiente. Ayers e Westcot (1999) recomendam que o valor do pH ideal para água de irrigação deve estar entre 6,5 e 8,4. Em todos os tratamentos, exceto o proveniente do filtro em série, os valores de pH apresentaram-se dentro da faixa considerada ideal pelos autores, não proporcionando efeitos negativos quanto à prática de irrigação, uma vez que águas com pH inadequado podem provocar desequilíbrios de nutrição ou conter íons tóxicos (AIRES e WESTCOT, 1991).

### Características do solo no Final do Experimento

Para uma melhor compreensão dos resultados das aplicações de águas residuárias na cultura do algodoeiro, fez-se análise das características químicas e físicas do solo utilizado pela cultura no final do experimento (Tabela 4), onde estão apresentados os valores das características químicas do solo para diferentes tipos de águas residuárias e de abastecimento.

**Tabela 4.** Características químicas do solo coletado a 20 cm de profundidade.

Efluente	pH	P	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	H <sup>+</sup> Al <sup>3+</sup>	Al <sup>3+</sup>	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	CTC	M.O	PST
		mg/dm <sup>3</sup>		-----cmolc/dm <sup>3</sup> -----						g/kg	%
<b>AB</b>	6,6	38,3	72,0	0,65	0,17	0,00	1,50	4,55	7,05	3,61	9,22
<b>USAB</b>	6,3	112,0	148,0	2,52	0,00	0,00	2,60	4,65	10,15	4,12	24,83
<b>FA</b>	6,1	38,8	100,0	1,73	0,50	0,00	1,80	1,30	5,59	4,12	30,95
<b>LM</b>	5,7	78,1	145,0	2,23	0,50	0,00	2,20	1,55	6,85	4,75	30,55
<b>FS</b>	5,7	95,2	119,0	1,94	0,33	0,00	2,50	1,35	6,42	10,96	30,22

UASB – reator de manta de lodo; LM – lagoas macrófitas; FS– filtro em serie; FA– filtro anaeróbio; e AB– água de abastecimento.

Todos os atributos químicos foram alterados, exceto o Al<sup>3+</sup>, sendo possível identificar variações representativas de alguns atributos químicos do solo, tais como sódio, potássio, fósforo e matéria orgânica.

O excesso de sódio em solos provoca condições físicas adversas para o crescimento e, principalmente, para o desenvolvimento do sistema radicular. Geralmente os solos sódicos, os quais apresentam alto teor de sódio, provocam a redução da mineralização do nitrogênio, afetando diretamente o crescimento das plantas (DIAS e BLANCO, 2010).

Observa-se durante todo o período experimental que não houve problemas causados pelo efeito direto do teor de sódio no solo, pois não foram observados problemas de toxidez nas plantas, atribuindo-se a cultura do algodão por ser considerada tolerante. Segundo Ayers e Westcot (1999), que classificou o algodão como tolerante à porcentagem do sódio trocável (PST > 40), em todos os tratamentos estudados os valores percentuais ficou abaixo do percentual relatado pelo autor.

Verifica-se ainda na Tabela 4 que os valores da PST variaram de 9,22 a 30,95% nos tratamentos irrigados com água de abastecimento e efluente proveniente do filtro anaeróbio, respectivamente, observando-se altos valores do PST (percentual de sódio trocável) em todos os tratamentos irrigados com água residuária, mesmo que esses altos valores não tenham influenciado o desenvolvimento da cultura do algodão.

As plantas podem ser afetadas direta e indiretamente pela sodicidade. Diretamente, quando o sódio em alta concentração na água de irrigação se torna elemento tóxico para a planta, e indiretamente quando o excesso de sódio trocável no solo provoca condições físicas desfavoráveis para o crescimento das plantas, principalmente no desenvolvimento do sistema radicular (CERQUEIRA et al., 2008; OLIVEIRA et al., 2013).

De acordo com os dados apresentados na Tabela 4, os teores de fósforo no solo aumentaram apenas para os tratamentos irrigados com efluente proveniente do reator UASB e filtro em série, variando de 87,0 cmolc dm<sup>-3</sup> (antes do experimento) a 112,0 cmolc dm<sup>-3</sup> (no final do experimento). Este fato se deve provavelmente aos teores de fósforo presentes nas águas residuária, pois o menor valor foi encontrado no tratamento irrigado com água de abasteci-

mento, decrescendo de 55 % de 87,0cmolc/dm<sup>-3</sup> (antes do experimento) para 38,36 cmolc dm<sup>-3</sup> (no final do experimento).

Lucena et al. (2006) concluíram que o uso de efluente de esgoto tratado, quando comparado com o uso da água de abastecimento, melhorou as propriedades químicas do solo, no que diz respeito ao aumento dos teores de fósforo. No entanto, Rodrigues et al. (2009), em experimento utilizando água residuária de origem doméstica, verificaram que a concentração inicial de fósforo no solo se encontrava em 122,60 mg kg<sup>-1</sup>, constatando ao final do experimento menor concentração, cerca de 109 mg kg<sup>-1</sup>.

Os teores de potássio no solo ao final da etapa experimental foram crescentes para a maioria dos tratamentos (Tabela 4), influenciado provavelmente pelo teor de potássio na água de irrigação. No entanto, o tratamento irrigado com água de abastecimento foi o que apresentou o maior decréscimo na concentração de potássio ao final da etapa experimental.

Os teores Ca<sup>+2</sup>, Mg<sup>+2</sup> e da CTC no final do experimento apresentaram valores crescentes de suas concentrações no solo na maioria dos tratamentos. Entretanto, no caso do Ca<sup>+2</sup>, percebeu-se que os valores permaneceram constantes desde o início do experimento para o tratamento irrigado com água de abastecimento e os teores de Mg<sup>+2</sup>, observando-se uma pequena diminuição no solo ao final da etapa experimental para os tratamentos irrigados com efluente proveniente do filtro em série e filtro anaeróbio.

Barreto et al. (2013) observaram que após aplicação da água residuária no solo os teores de fósforo, cálcio e potássio aumentaram significativamente em comparação com a aplicação da água de abastecimento.

O pH mostrou-se praticamente inalterado, apresentando uma pequena redução em todos os tratamentos analisados, onde esses menores valores foram encontrados nos tratamentos irrigados com água residuária proveniente do filtro em série e lagoa de macrófitas, com os valores variando de 6,4 cmolc dm<sup>-3</sup>, antes do experimento, a 5,7 cmolc dm<sup>-3</sup>, no final do experimento (Tabela 4). Contrariando esses resultados, Rodrigues et al. (2009), utilizando água residuária de origem doméstica, verificaram uma elevação considerável do pH, aumentando de 6,33, no início do experimento, para 7,8 no final do experimento (aumento de 1,5 unidade).

O teor de matéria orgânica diminuiu em todos os tratamentos, exceto naquele irrigado com efluente proveniente do filtro em série, onde os valores variaram de 5,34g dm<sup>-3</sup> (antes do experimento) a 10,96 g dm<sup>-3</sup> (no final do experimento), com aumento em torno de 50% por ser resultante da aplicação da água residuária.

O aumento dos teores de matéria orgânica nos solos é resultante da aplicação da água residuária. Por outro lado, a verificação da diminuição de seu percentual pode estar relacionada à rápida mineralização em função da ação microbiana transformando o nitrogênio orgânico em nitrogênio assimilável

(amônia ou nitrato) pela planta (DUARTE et al., 2008).

#### Variáveis de crescimento

Na Tabela 5, observa-se o resumo da análise de variância para as variáveis de crescimento da área foliar, diâmetro caulinar, altura de plantas e número de folhas, onde se verifica que houve efeito significativo nos tratamentos, onde se analisou a área foliar e o número de folhas e que não houve efeito significativo nas variáveis do diâmetro caulinar e altura de plantas.

**Tabela 5.** Análise de variância da Área Foliar (AF), Diâmetro caulinar (DC), Número de folhas (NF) e Altura de plantas (AP) em função dos diferentes tipos de água residuária de efluente de esgoto doméstico tratado.

Fonte de variação	GL	QM			
		AF	DC	NF	AP
Tratamento	4	367884,51*	0,21 <sup>ns</sup>	76,48*	104,16 <sup>ns</sup>
Resíduo A	12	72218,11	0,68	20,27	59,887
DAS	7	12159054,84**	48,32**	1951,41**	3041,08**
Trat*DAS	28	56202,60 <sup>ns</sup>	0,07 <sup>ns</sup>	5,12 <sup>ns</sup>	3,419 <sup>ns</sup>
Resíduo B	108	70766,63	0,17	9,15	6,875
CV 1 (%)		24,12	16,62	24,78	21,84
CV 2 (%)		23,88	8,30	16,65	7,40
Media Geral		1114,19	4,96	18,17	35,43

\*\* e \* significativo a 0,01 e 0,05 de probabilidade, respectivamente, pelo teste F. ns não significativo a 0,05 de Probabilidade.

Na Tabela 6 estão apresentados os valores médios das variáveis de crescimento, onde verifica-se que os tratamentos irrigados com água residuária tratada (UASB e Lagoas de Macrófitas) se diferenciaram estatisticamente pelo teste Tukey a 5% de probabilidade dos demais tratamentos nas variáveis da área foliar e número de folhas, alcançando valores superiores nas demais variáveis, proporcionado pelas altas concentrações de matéria orgânica e nutrientes presentes nesses efluentes.

Na Tabela 6 estão apresentados os valores médios das variáveis de crescimento, onde verifica-se que os tratamentos irrigados com água residuária tratada (UASB e Lagoas de Macrófitas) se diferenciaram estatisticamente pelo teste Tukey a 5% de probabilidade dos demais tratamentos nas variáveis da área foliar e número de folhas, alcançando valores superiores nas demais variáveis, proporcionado pelas altas concentrações de matéria orgânica e nutrientes presentes nesses efluentes.

**Tabela 6.** Valores médios obtidos para a área foliar – AF (cm<sup>2</sup>) e numero de folhas – NF em plantas de algodão cultivar BRS Topázio em função dos diferentes tipos de água residuária tratada.

Tratamento	AF	NF
Água de abastecimento	941,25 a	29.64a
UASB	1170,19 b	40.24ab
Filtro intermitente	1092,12 ab	32.96ab
Filtro Anaeróbio	1105,16 ab	37.28ab
Lagoas de Macrófitas	1226,56 b	35.57b

Medias seguidas da mesma letra dentro da mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

#### Área Foliar

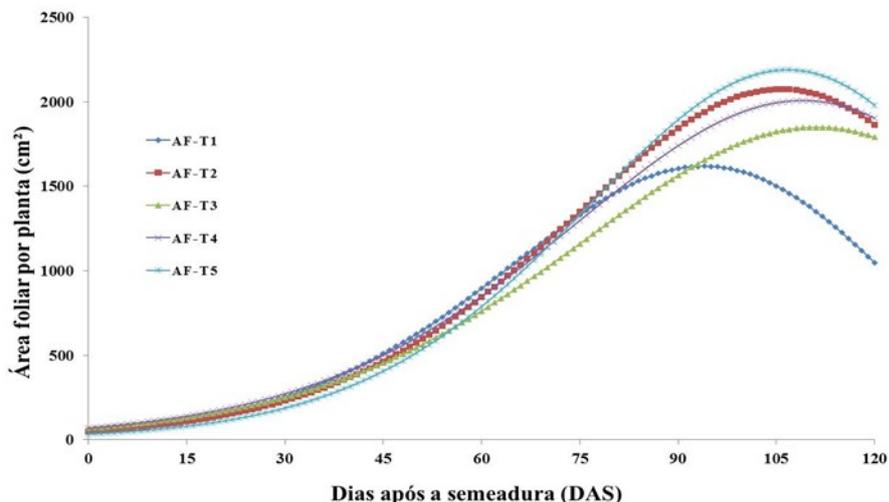
A maior área foliar foi observada no tratamento irrigado com efluente proveniente de lagoas de macrófitas, alcançando um valor médio de 1226,56cm<sup>2</sup>, seguido do tratamento irrigado com efluente proveniente do reator UASB, com o valor médio de 1170,19cm<sup>2</sup>, onde diferiram estatisticamente para os demais. Já o tratamento irrigado com água de abastecimento foi o que obteve os menores valores de área foliar, com 941,25cm<sup>2</sup>.

A variação da área foliar (AF) em relação aos dias após a semeadura (DAS) para os tratamentos irrigados com água de abastecimento (T1), efluente

UASB (T2), efluente proveniente de filtro em série (T3), efluente proveniente de filtro anaeróbio (T4) e efluente proveniente de lagoas de macrófitas (T5) está apresentado na Figura 1, onde se observa que o período com maior taxa de crescimento se deu dos 30 aos 75 DAS, correspondendo às fases II (desenvolvimento vegetativo) e III (floração e frutificação). A partir dos 75 DAS os tratamentos T2 e T5 contribuíram para o desenvolvimento da massa foliar, resultando na ocorrência de maior área foliar e ultrapassando os demais tratamentos devido aos nutrientes, tais como fósforo, nitrogênio e potássio, provenientes das águas residuárias. Corroborando com Santos et al.(2006), utilizando a fertirrigação na

cultura do quiabo, também obtiveram os melhores resultados da área foliar no tratamento irrigado com

gua residuária tratada proveniente do efluente UASB.



**Figura 1.** Área foliar em função dos dias após a semeadura da cultura de algodão irrigado com diferentes tipos de água residuária e abastecimento.

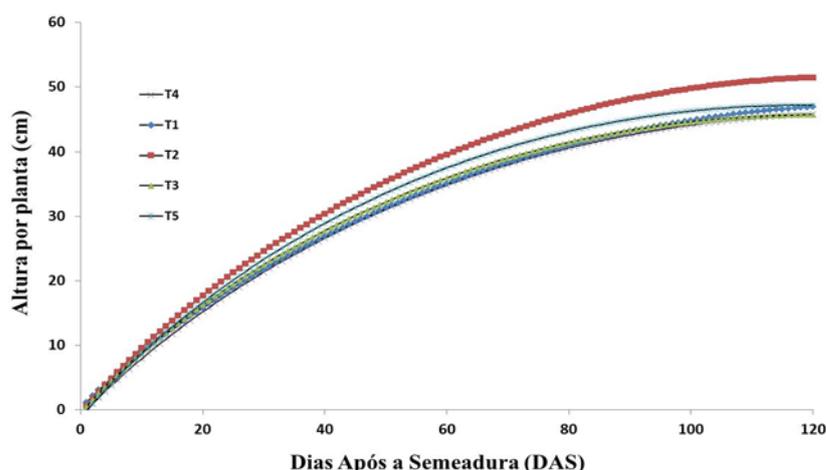
O ajuste dos pontos da área foliar (AF), para os tratamentos, foi realizado através de equações exponenciais e estas ajustadas para a AF, como apresentado na Figura 1.

$$\begin{aligned} \text{AFT}_1 &= \text{Exp}(3,9617 + 0,0549\text{DAS} - 2,0743 \times 10^{-6}\text{DAS}^2) & R^2 &= 0,89 & (2) \\ \text{AFT}_2 &= \text{Exp}(3,8967 + 0,0531\text{DAS} - 1,5819 \times 10^{-6}\text{DAS}^2) & R^2 &= 0,99 & (3) \\ \text{AFT}_3 &= \text{Exp}(4,2248 + 0,0445\text{DAS} - 1,2023 \times 10^{-6}\text{DAS}^2) & R^2 &= 0,98 & (4) \\ \text{AFT}_4 &= \text{Exp}(4,2623 + 0,0460\text{DAS} - 1,2917 \times 10^{-6}\text{DAS}^2) & R^2 &= 0,98 & (5) \\ \text{AFT}_5 &= \text{Exp}(3,5326 + 0,0584\text{DAS} - 1,7115 \times 10^{-6}\text{DAS}^2) & R^2 &= 0,99 & (6) \end{aligned}$$

Onde: AFT é a área foliar nos respectivos tratamentos; e DAS os dias após a semeadura.

### Altura da planta

A maior altura da planta foi observada no



**Figura 2.** Altura de plantas em função dos dias após a semeadura da cultura de algodão irrigado com diferentes tipos de água residuária e abastecimento.

tratamento irrigado com reator UASB, alcançando altura média de 38,44 cm e tratamento com Filtro Anaeróbio, com valores menores estatisticamente de 33,97 cm, não havendo diferença.

A altura de plantas (ALT) em relação aos dias após a semeadura (DAS) para os tratamentos irrigados com água de abastecimento (T1), efluente UASB (T2), efluente proveniente de filtro em série (T3), efluente proveniente de filtro anaeróbio (T4) e efluente proveniente de lagoas de macrófitos (T5) está apresentado na Figura 2, onde se observa que o período com maior taxa de crescimento se deu dos 10 aos 75 DAS, correspondendo às fases I (desenvolvimento inicial), II (desenvolvimento vegetativo) e III (floração e frutificação).

De acordo com Simões et al. (2013), a utilização do esgoto doméstico tratado sem diluição estimula a atividade microbiana em Latossolos.

O ajuste dos pontos da altura de plantas (ALT) para os tratamentos foi realizado através de equações exponenciais e estas ajustadas para a ALT, como apresentado na Figura 2.

$$\begin{aligned} \text{ALT}_1 &= \text{Exp}(1,1785 + 1,0249\text{DAS} - 0,0586\text{DAS}^{1,5}) & R^2 &= 0,97 & (7) \\ \text{ALT}_2 &= \text{Exp}(0,6043 + 1,2142\text{DAS} - 0,0720\text{DAS}^{1,5}) & R^2 &= 0,97 & (8) \\ \text{ALT}_3 &= \text{Exp}(0,5129 + 1,1242\text{DAS} - 0,0682\text{DAS}^{1,5}) & R^2 &= 0,97 & (9) \\ \text{ALT}_4 &= \text{Exp}(-0,0943 + 1,0836\text{DAS} - 0,0640\text{DAS}^{1,5}) & R^2 &= 0,97 & (10) \\ \text{ALT}_5 &= \text{Exp}(0,1856 + 1,2107\text{DAS} - 0,0744\text{DAS}^{1,5}) & R^2 &= 0,98 & (11) \end{aligned}$$

Onde: ALT é a altura das plantas nos respectivos tratamentos; e DAS os dias após a semeadura.

### Componentes da produção

No que se refere aos componentes da produção para os diferentes tipos de água para irrigação não foram observados efeitos significativos para os tratamentos testados ( $p < 0,01$ ), exceto para a variável de peso de sementes (PSEM), os quais foram constatados efeitos significativos a 5% de probabilidade (Tabela 7).

**Tabela 7.** Análise de variância do número de capulhos - NCAP, Peso da pluma - PLUMA ( $\text{g planta}^{-1}$ ), peso das sementes - PSEM ( $\text{g planta}^{-1}$ ), produtividade - PRODUT ( $\text{g planta}^{-1}$ ) e massa seca da parte aérea - MSPA ( $\text{g planta}^{-1}$ ) em função dos diferentes tipos de água residuária de efluente de esgoto doméstico.

FV	GL	QM				
		NCAP	PLUMA	PRODUT	PSEM	MSPA
Tratamento	4	1,17 <sup>ns</sup>	9,68 <sup>ns</sup>	65,75 <sup>ns</sup>	25,25*	17,68 <sup>ns</sup>
Resíduo	15	0,76	5,78	23,94	7,73	16,17
CV(%)		11,99	15,18	13,93	14,41	13,81
Media Geral		7,30	15,83	35,14	19,30	29,11

\*\* e \* significativo a 0,01 e 0,05 de probabilidade, respectivamente, pelo teste F. <sup>ns</sup> não significativo a 0,05 de probabilidade.

Na Tabela 8 estão apresentados os valores médios das variáveis de produção, onde observa-se que na variável peso de sementes foi a única que diferiu estatisticamente pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. No tratamento irrigado com efluente

UASB o mesmo diferenciou dos demais tratamentos alcançando os maiores valores, sendo esta diferença maior para o tratamento irrigado com água de abastecimento.

**Tabela 8.** Valores médios obtidos para o número de capulhos - NCAP, Peso da pluma - PLUMA ( $\text{g planta}^{-1}$ ), peso das sementes - PSEM ( $\text{g planta}^{-1}$ ), produtividade - PRODUT ( $\text{g planta}^{-1}$ ) e massa seca da parte aérea - MSPA ( $\text{g planta}^{-1}$ ) em função dos diferentes tipos de água residuária de efluente de esgoto doméstico.

Tratamento	NCAP	PLUMA	PRODUT	PSEM	MSPA
Água de abastecimento	6,50 a	13,71 a	29,64 a	15,94 b	26,50 a
UASB	8,00 a	17,68 a	40,24 a	22,56 a	30,36 a
Filtro intermitente	7,25 a	14,88 a	32,96 a	18,08 ab	27,31 a
Filtro Anaeróbio	7,50 a	16,63 a	37,28 a	20,65 ab	31,42 a
Lagoas de Macrófitos	7,25 a	16,28 a	35,57 a	19,29 ab	29,97 a

Em cada coluna médias seguidas de mesma letra não diferem entre si a nível de 5% de probabilidade do teste de Turkey.

### Produtividade do Algodão em Carço

A variação da produtividade do algodoeiro está relacionada aos tratamentos T1 a T5, apresentada na Tabela 8. Observa-se que a produtividade foi maior nos tratamentos que utilizaram água residuária tratada, destacando-se o Tratamento T2 (UASB), com uma produtividade média de 40,24 g/planta, enquanto que o tratamento T1 (irrigado com água de abastecimento) foi de 29,64 g/planta, apresentando os menores valores, onde não se verificou diferenças significativas entre os tratamentos analisados.

A maior produtividade obtida pelos tratamentos irrigados com efluente de esgoto está de acordo com os resultados observados por Deon et al. (2010), que utilizando esgoto tratado na produção de cana-de-açúcar verificaram ganhos de produtividade, evidenciando que a utilização de esgotos tratados em

irrigação proporciona benefícios para as culturas.

### CONCLUSÕES

A aplicação de água residuária via irrigação na cultura do algodão proveniente do reator UASB e filtro em série aumentaram as concentrações de fósforo, potássio e matéria orgânica na camada superficial do solo, favorecendo o crescimento das plantas.

A irrigação com o efluente proveniente do reator UASB proporcionou maior produtividade do algodão em carço, em relação aos demais tratamentos, evidenciando o seu uso na agricultura.

E a água residuária tratada utilizada neste estudo pode ser empregada na irrigação da cultura do algodão, uma vez que a mesma incrementou um

aporte parcial de nutrientes às plantas, contribuindo para o controle da poluição ambiental.

## REFERÊNCIAS

ALVES, W. W. A. et al. Componentes da produção do algodão de fibra marrom irrigado com água residual tratada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, p. 207-211, 2005.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. 2.ed. Campina Grande: UFPB, 1991. 153 p.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D.W. **A qualidade da água na agricultura**. 2. ed. Campina Grande: UFPB. 1999. 153 p. (Estudos da FAO Irrigação e Drenagem, 29).

BARRETO, A. N. et al. Changes in chemical attributes of a Fluvent cultivated with castor bean and irrigated with wastewater. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 5, p. 480-486, 2013.

BERNSTEIN, I. Crops growth and salinity. In: Schilfgarde, I. 5. ed. **Drainage for agriculture**. Madison: American Society of Agronomy, 1974. p.39-99.

BEZERRA, B. G.; FIDELES FILHO, J. Análise de crescimento da cultura do algodoeiro irrigada com águas residuárias. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 40, n. 3, p. 339-345, 2009.

CERQUEIRA, L. L. et al. Desenvolvimento de *Heliconia psittacorum* e *Gladío lushortulanus* irrigados com águas residuárias tratadas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.12, n. 6, p. 606-613, 2008.

DEON, M. D. et al. Produtividade e qualidade da cana-de-açúcar irrigada com efluente de estação de tratamento de esgoto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 10, p. 1149-1156, 2010.

DIAS, N. da S.; BLANCO, F. F. **Manejo da salinidade na agricultura**: Estudos básicos e aplicados. Fortaleza: Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em salinidade, 2010. p.132-144.

DUARTE, S. A. et al. Efeitos da aplicação de efluente tratado no solo: pH, matéria orgânica, fósforo e potássio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v. 12, n. 3, p. 302-310, 2008.

FIDELES FILHO, J.; BELTRÃO, N. E. de. M.; PE-

REIRA, A. S. Desenvolvimento de uma régua para medidas de área foliar do algodoeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 7, p. 736-741, 2010.

GLOAGUEN, T. V. **Transferências de espécies químicas através de um solo cultivado com milho e girassol irrigado com efluente de esgoto doméstico**. 2006. 113 p. Tese de Doutorado – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

GLOAGUEN, T. V. et al. Soil solution chemistry of a Brazilian Oxisol irrigated with treated sewage effluent. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 88, n. 1-3, p. 119-131, 2007.

GONÇALVES, R. A. B. et al. Hydraulic conductivity of a soil irrigated with treated sewage effluent. **Geoderma**, Amsterdam, v. 139, n. 1-2, p. 241-248, 2007.

GRIMES, D. W.; CARTER, L. M. A linear rule for direct nondestructive leaf área measurements. **Agronomy Journal**, v. 3, n. 61, p. 477-479, 1969.

JUANICÓ, M. Reutilización de águas residuales. Qué se puede aprender de la experiencia israelí. **Revista Tecnologia Del Água**, n. 285, p.58-67, 2007.

LUBELLO, C. et al. Municipal-treated wastewater reuse for plant nurseries irrigation. **Water Research**, Amsterdam, v. 38, n. 12, p. 2939-2947, 2004.

LUCENA, A. M. A. et al. Análise de um efluente de esgoto tratado e seu efeito em propriedades químicas de um neossolo quartzarênico. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 19, n. 4, p. 409-414, 2006.

MEDEIROS, S. S. et al. Uso de água residuária de origem urbana no cultivo de gérbas: efeito nos componentes de produção. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n. 2, p. 569-578, 2007.

METCALF; EDDY. **Wastewater engineering: treatment, disposal and reuse**. 3 ed. Metcalf & Eddy, Inc., 1991. 1334 p.

OLIVEIRA, P. de C. P. et al. Produção de moranga irrigada com esgoto doméstico tratado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 8, p. 861-867, 2013.

RIBEIRO, M. C. de. F. et al. Crescimento e produtividade da mamoneira irrigada com diferentes diluições de esgoto doméstico tratado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 6, p. 639-646, 2012.

RODRIGUES, L. N. et al. Aplicação de água residuária de esgoto doméstico e seus impactos sobre a

fertilidade do solo. **Revista de biologia e ciências da terra**, Campina Grande, v. 9, n. 2, p. 55-67, 2009.

RHOADES, J. D.; KANDIAH, A.; MASHALI, A. M. **Uso de águas salinas para produção agrícola**. Campina Grande: UFPB, 2000. 117p. (Estudos FAO Irrigação e Drenagem)

SANTOS, K. D. et al. Utilização de esgoto tratado na fertirrigação agrícola. **Revista de biologia e ciências da terra**, Campina Grande, n.1, 2006. (Suplemento especial)

SIMÕES, K. da S. et al. Água residuária de esgoto doméstico tratado na atividade microbiana do solo e crescimento da mamoneira. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 5, p. 518–523, 2013.

SOUSA, J. T. et al. Reuso de água residuária na produção de pimentão (*Capsicum annuum* L.). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 10, n. 1, p. 89–796, 2006.

SOUSA, A. E. C. et al. Biometria e desenvolvimento do Pinhão-Manso irrigado com diferentes lâminas de água residuária e adubação fosfatada. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 22, n. 1, p. 119–127, 2012.

SOUZA, R. M. et al. Utilização de água residuária e de adubação orgânica no cultivo do girassol. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 23, n. 2, p. 125-133, 2010.