



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
AMBIENTAL**

**HELTON PABLO MOURA SANTOS**

**ALGODÃO HERBÁCEO COLORIDO IRRIGADO COM ESGOTO SANITÁRIO  
TRATADO E COM ÁGUA DE POÇO SUBMETIDO À ADUBAÇÃO  
NITROGENADA**

**CAMPINA GRANDE- PB  
2015**

**HELTON PABLO MOURA SANTOS**

**ALGODÃO HERBÁCEO COLORIDO IRRIGADO COM ESGOTO SANITÁRIO  
TRATADO E COM ÁGUA DE POÇO SUBMETIDO À ADUBAÇÃO  
NITROGENADA**

Dissertação apresentada ao Mestrado de Ciência e Tecnologia Ambiental da Universidade Estadual da Paraíba, em cumprimento às exigências para obtenção do título de Mestre.

**ORIENTADOR:** Prof. Dr. José Fideles Filho

**CAMPINA GRANDE- PB  
2015**

É expressamente proibida a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano da dissertação.

S237a Santos, Helton Pablo Moura.

Algodão herbáceo colorido irrigado com esgoto sanitário tratado e com água de poço submetido à adubação nitrogenada [manuscrito] / Helton Pablo Moura Santos. - 2015.  
52 p. : il. color.

Digitado.

Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 2015.

"Orientação: Prof. Dr. José Fideles Filho, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental".

1. Sustentabilidade. 2. Reuso de água. 3. Semiárido. 4. *Gossypium hirsutum* L. I. Título.

21. ed. CDD 633.51

**HELTON PABLO MOURA SANTOS**

**ALGODÃO HERBÁCEO COLORIDO IRRIGADO COM ESGOTO SANITÁRIO  
TRATADO E COM ÁGUA DE POÇO SUBMETIDO À ADUBAÇÃO  
NITROGENADA**

Dissertação apresentada ao Mestrado de Ciência e  
Tecnologia Ambiental da Universidade Estadual da  
Paraíba, em cumprimento às exigências para obtenção  
do título de Mestre.

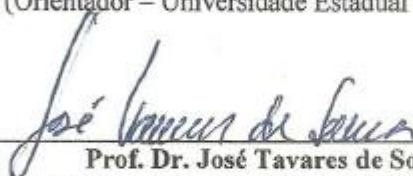
**DISSERTAÇÃO APROVADA EM 26 DE FEVEREIRO DE 2015**

**BANCA EXAMINADORA**



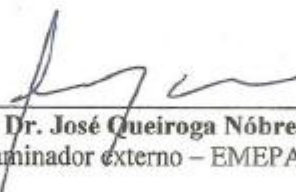
---

**Prof. Dr. José Fideles Filho**  
(Orientador – Universidade Estadual da Paraíba)



---

**Prof. Dr. José Tavares de Sousa**  
(Examinador interno – Universidade Estadual da Paraíba)



---

**Prof. Dr. José Queiroga Nóbrega**  
(Examinador externo – EMEPA)

**CAMPINA GRANDE- PB  
2015**

Ao meu Deus que tudo pode e a Virgem Maria  
Senhora Aparecida, DEDICO.

## **AGRADECIMENTO**

A meus pais e irmãos, cujo apoio e cuidados por mim são perenes.

A meus amigos que nas intempéries da vida, ao meu lado estão trazendo alegria.

A Universidade Estadual da Paraíba, que sendo uma egrégia instituição acadêmica, prepara homens e mulheres para a ascensão em suas vidas.

Aos meus professores e colegas, cooperadores diretos no meu desenvolvimento intelectual.

Ao meu orientador José Fideles Filho, dedicado ao ofício a si outorgado em me preparar acompanhando-me para tão importante trabalho.

Ao professor Dr. José Queiroga Nóbrega, conselheiro e autor de grande contribuição no projeto que ora defendo.

Ao coordenador do curso professor Dr. José Tavares de Sousa pelo seu dedicado trabalho à frente de tão importante projeto.

Aos gestores das escolas Mestre Vitalino e Monsenhor José Borges que conduzem as entidades estudantis que são os lugares pioneiros de meu ofício como professor.

A todos que contribuíram de forma direta ou indireta na minha formação.

“Só trazia a coragem e a cara [...] Eu penei, mas aqui cheguei!”

(Luiz Gonzaga)

## RESUMO

A escassez de água é uma realidade em diversas regiões do mundo e a demanda de água pela agricultura irrigada é bastante significativa, sendo assim, a utilização de água de qualidade inferior é uma alternativa viável para estes fins. Objetivou-se, com o presente estudo, investigar os efeitos causados pela irrigação com dois tipos de água e adubação nitrogenada, no crescimento, desenvolvimento e produção do algodão herbáceo (*Gossipium hirsutum* L), cultivar BRS TOPÁZIO. O experimento foi conduzido em campo no período de 25 de março de 2014 a 15 de agosto de 2014 na Estação Experimental de Tratamentos Biológicos de Esgotos - EXTRABES, bairro do Tambor, no município de Campina Grande, estado da Paraíba. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado e com arranjo fatorial 2x4, com três repetições, totalizando 24 unidades, sendo os fatores constituídos de quatro doses de nitrogênio (0, 20, 40 e 60 kg. ha<sup>-1</sup>) e dois tipos de água (esgoto sanitário tratado em um reator UASBH e água de poço artesiano). Nas plantas que receberam o tratamento com esgoto sanitário tratado, dado a sua riqueza em nutrientes, observou-se então o aumento no diâmetro caulinar e altura dos indivíduos, maior área foliar e maior produção, quando comparadas com as irrigadas com água de poço. A dose de nitrogênio de 40 kg. ha<sup>-1</sup> associada à água de esgoto sanitário tratado apresentou o maior índice de produção.

**PALAVRAS-CHAVE:** sustentabilidade, reuso de água, semiárido, *Gossipium hirsutum* L.



## ABSTRACT

Water scarcity is a reality in many parts of the world and the demand for water for irrigated agriculture is quite significant, so the use of lower quality water is a viable alternative for these purposes. The objective of the present study to investigate the effects caused by irrigation with two types of water and nitrogen fertilization on growth, development and production of upland cotton (*Gossipium hirsutum* L), BRS TOPÁZIO. The experiment was conducted in the field in the period from March 25, 2014 to August 15, 2014 at Estação Experimental de Tratamentos Biológicos de Esgotos - EXTRABES, neighborhood of Tambor, in Campina Grande city, Paraíba. The experimental design was completely randomized and factorial 2x4, with three repetitions, totaling 24 units, the factors made up of four nitrogen rates (0, 20, 40 and 60 kg. Ha<sup>-1</sup>) and two types of water (sewage sanitary treated in a UASBH reactor and artesian wellwater). In plants that received the treatment with treated sewage, given its nutrient richness, then the observed increase in stem diameter and height of the subjects, larger leaf area and higher yield, as compared with the irrigated with wellwater. The 40 kg. ha<sup>-1</sup> nitrogen dose associated with treated sewage water had the highest production rate.

**KEYWORDS:** sustainability, water reuse, semiarid, *Gossipium hirsutum* L.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1.** Esquema representativo das parcelas onde foi conduzido o experimento ..... 31.
- Figura 2.** Área foliar em função dos dias após a emergência da cultura de algodão irrigado com esgoto sanitário tratado e adubado com nitrogênio ..... 38.
- Figura 3.** Diâmetro caulinar em função dos dias após a emergência da cultura de algodão irrigado com esgoto sanitário tratado e adubado com nitrogênio. .... 41.
- Figura 4.** Altura da planta em função dos dias após a emergência da cultura de algodão irrigado com esgoto sanitário tratado e adubado com nitrogênio. .... 44.

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Dados meteorológicos do município de Campina Grande referente ao período da pesquisa.....	29
<b>Tabela 2.</b> Características químicas do solo, coletado a 20 cm de profundidade.....	29
<b>Tabela 3.</b> Características físicas do solo, coletado a 20 cm de profundidade.....	30
<b>Tabela 4.</b> Características da água utilizada para irrigação.....	33
<b>Tabela 5.</b> Análise de variância e médias para a AF (área foliar) do algodão irrigado com esgoto sanitário tratado sob adubação nitrogenada.....	37
<b>Tabela 6.</b> Análise de variância e médias para a DC (diâmetro caulinar) do algodão irrigado com esgoto sanitário tratado sob adubação nitrogenada.....	40
<b>Tabela 7.</b> Análise de variância e médias para a AP (altura da planta) do algodão irrigado com esgoto sanitário tratado sob adubação nitrogenada.....	43
<b>Tabela 8.</b> Análise de variância e médias para a produção do algodão irrigado com esgoto sanitário tratado sob adubação nitrogenada.....	45

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AF	Área foliar
AP	Altura da planta
Ca	Cálcio
CTC	Capacidade de troca de cátions
DAE	Dias após a emergência
DAS	Dias após a semeadura
DBO	Demanda bioquímica de oxigênio
DC	Diâmetro do caule
DQO	Demanda química de oxigênio
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EMEPA	Empresa Estadual de Pesquisa Agropecuária da Paraíba
EST	Esgoto Sanitário Tratado
EXTRABES	Estação Experimental de Tratamento Biológico de Esgotos Sanitários
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
K	Potássio
Mg	Magnésio
M.O.	Matéria orgânica
Na	Sódio
N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Nitrogênio Amoniaco
N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	Nitrogênio como Nitrato
N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Nitrogênio como Nitrito
N-org	Nitrogênio Orgânico
P	Fósforo
pH	Potencial Hidrogeniônico
UASBH	Reator anaeróbico de fluxo ascendente e manta de lodo híbrido (Upflow Anaerobic Sludge Blanket)

## SUMÁRIO

### LISTA DE TABELAS

### LISTA DE FIGURAS

### LISTA DE SIMBOLOS E ABREVIATURAS

### RESUMO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>14</b>
<b>2 OBJETIVOS .....</b>	<b>16</b>
2.1 Objetivo geral.....	16
2.2 Objetivos específicos .....	16
<b>3 REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>17</b>
3.1 A cultura do algodão .....	17
3.2 O tratamento e reúso de esgotos sanitários .....	18
3.3 O tratamento de esgotos sanitários .....	19
3.4 Reúso agrícola de esgotos sanitários tratados e a produção de algodão .....	20
3.5 Qualidade de água para irrigação.....	21
3.6 Cultivar BRS topázio .....	23
3.7 Aspectos relevantes do algodão .....	23
3.8 Morfofisiologia do algodão.....	24
<b>4 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>28</b>
4.1 Localização .....	28
4.2 Caracterizações do Clima.....	28
4.3 Características do solo antes do experimento .....	29
4.4 Cultura.....	30
4.5 Delineamento experimental .....	30
4.6 Irrigação .....	32
4.7 Água para irrigação .....	32
4.8 Adubação .....	34
4.9 Coleta de dados .....	34
4.10 Análise de dados .....	34
<b>5. RESULTADOS .....</b>	<b>36</b>
5.1 Área foliar .....	36
5.2 Diâmetro caulinar .....	39

5.3 Altura de plantas .....	42
5.4 Produção de algodão com semente .....	45
<b>6 CONCLUSÕES.....</b>	<b>47</b>
<b>7 REFERÊNCIAS .....</b>	<b>48</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A cultura agrícola do algodão (*Gossypium hirsutum L.*), uma das mais tradicionais do Brasil, nos últimos anos tem dado sinais de fortes avanços de produtividade. Esse avanço pode ser atribuído a programas melhoramento genético e desenvolvimentos de pesquisas, que visa o aumento na produtividade, melhoria da fibra, produção de sementes e controle de pragas (CARVALHO, 2012).

A sua cadeia produtiva gera riquezas e contribui de forma significativa no PIB nacional e, portanto, se situa entre as culturas anuais mais importantes do Brasil, devido ao seu valor econômico e social (CONAB, 2013).

O cultivo do algodão é uma boa opção para região do Nordeste brasileiro, uma vez que pode contribuir para o seu desenvolvimento econômico, pois se adapta ao clima e as condições locais, dando bons resultados de colheitas. Segundo a Embrapa algodão (2006) o algodão é um produto que tem mercado garantido dentro da própria região Nordeste e não é perecível o que se constitui em uma grande vantagem para o produtor.

Porém a escassez de água e os solos pobres constituem fatores limitantes para a prática agrícola do algodão. Segundo Bezerra & Fideles Filho (2009) uma saída para esta problemática é o reuso das águas dos esgotos sanitários tratados na irrigação desta importante cultura.

Muitas pesquisas vêm sendo desenvolvidas em busca de diferentes alternativas para o tratamento de esgotos sanitários e o seu reúso agrícola.

As maiores vantagens do aproveitamento dos esgotos sanitários tratados para fins agrícolas residem na conservação da água disponível e na possibilidade de reutilização de nutrientes, reduzindo a necessidade de fertilizantes químicos, o que concorre para a preservação do meio ambiente (CERQUEIRA et al., 2008).

De maneira geral, a aplicação dos esgotos tratados no solo promove sua valorização do solo, em função das transformações, quase sempre positivas, de suas propriedades físicas, químicas e biológicas (LIMA, 2011).

Muitos países localizados em regiões de estiagem têm incluído a reutilização da água no planejamento de recursos hídricos, haja vista que a escassez de água de boa qualidade tem limitado o desenvolvimento urbano, industrial e agrícola (CERQUEIRA et al., 2008).

A busca por alternativas racionais que viabilizem o reúso de águas se faz a cada dia mais necessário, tanto do ponto de vista ambiental como do ponto de vista econômico,

sobretudo em regiões como o Nordeste brasileiro, comumente assolado por longos períodos de estiagens e secas quase periódicas.

Uma alternativa para utilização de esgotos sanitários tratados é prática da fertirrigação em culturas cujo produto não se destina para fins comestíveis, como cultivos de oleaginosas para a produção de biodiesel, como é o caso das diversas variedades de algodão desenvolvido pela EMBRAPA (LIMA, 2011).

O algodão colorido da EMBRAPA, cultivar BRS topázio, foi desenvolvido para possuir maior percentagem de fibra e maior rendimento de algodão em caroço por hectare em relação às demais e alta resistência a pragas.

Diante da importância do algodão colorido para a Região Nordeste e das atuais buscas de sistemas agrícolas que sejam produtivos e de baixos custos, o estudo dos efeitos da irrigação com esgoto sanitário tratado no crescimento e produção do algodoeiro, é de suma importância para o desenvolvimento de práticas agrícolas sustentáveis.



## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Geral**

Investigar os efeitos das irrigações com esgoto sanitário tratado em um reator UASBH, com água de poço e adubações nitrogenadas, no crescimento, desenvolvimento e produção do algodão herbáceo (*Gossipium hirsutum* L), cultivar BRS TOPÁZIO.

### **2.2 Específicos**

- i) Avaliar o efeito da aplicação de nitrogênio na forma de sulfato de amônio sobre o crescimento e desenvolvimento da cultura do algodoeiro irrigado com águas de poço e esgoto sanitário tratado;
- ii) Identificar as variáveis que mais contribuíram para o crescimento, desenvolvimento e produtividade do algodoeiro e utilizá-las em um modelo de produtividade, cujas equações matemática se aplique para outras localidades ;
- iii) Avaliar a influência de diferentes concentrações de nitrogênio sobre as características físicas e fisiológicas do algodoeiro, irrigado com esgoto sanitário tratado.

### 3 REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1 A cultura do algodão

A cultura do algodão é uma das mais importantes do mundo, sendo cultivado em mais de 80 países com produção anual de 20 milhões de toneladas de fibra, desempenhando papel importante no cenário econômico e social (DUTRA; MEDEIROS FILHO, 2009).

O algodão então se trata de uma cultura de alta rentabilidade e de imensas possibilidades para o Brasil, tanto para o cultivo de sequeiro como para o irrigado, que poderá avançar paulatinamente e levar o país a ganhar posições entre os maiores produtores de fibras do mundo, hoje representados pela China, Índia, EUA e Paquistão (ABRAPA, 2014).

Relatório Brasil Têxtil 2011 indica que no ano de 2010, o número de empresas em atividade nos segmentos têxteis e confeccionados no país somava 30.901 unidades e empregava, de forma direta, um contingente de 1.669.388 de pessoas. Trata-se do segundo maior empregador da indústria de transformação do país, cujo faturamento no ano em referência foi da ordem de US\$ 60 bilhões (CONAB, 2013).

Em razão de sua grande resistência à seca, o algodoeiro se constitui em uma das poucas opções de cultivo em regiões semi-áridas, podendo fixar o homem ao campo, gerando emprego e renda.

O sistema de cultivo de algodão irrigado aborda os aspectos da cadeia produtiva desta cultura e apresenta alternativas de uso de insumos e de manejos culturais, de solo e de irrigação, para as principais regiões produtoras.

O Nordeste do Brasil detém a segunda maior área plantada por algodão, pouco mais de 30% da área nacional, ou seja, 304.000 hectares. A solução para que o nordeste atinja seu potencial e se torne o maior produtor brasileiro de algodão é, portanto a cotonicultura irrigada, porque, além de garantir a estabilidade da produção, ainda possibilita ganhos excepcionais de produtividade, se comparados com os da agricultura de sequeiro.

Porém a escassez de recursos hídricos na região nordeste torna-se um fato limitante para o cultivo irrigado de algodão. Esta problemática que se agravou nos últimos anos, inclusive não só com relação à quantidade mais também a qualidade da água disponível na região, não sendo mais suficientes para abastecer adequadamente a população (SOUZA et al., 2010).

O reúso dos esgotos sanitários tratados na agricultura pode ser uma alternativa, pela grande quantidade de esgoto sanitário ofertado durante todo o ano que garante a possibilidade de aumento na produtividade das culturas irrigadas (OLIVEIRA, et al., 2012).

A irrigação com esgoto sanitário tratado oferece, portanto a oportunidade para o desenvolvimento econômico, ambiental e social, em regiões de escassez de recursos hídricos (FLORÊNCIO et al., 2006).

### **3.2 O tratamento e o reúso dos esgotos sanitários tratados**

Segundo a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico, de 2008, 44,8% dos municípios brasileiros não possuem rede coletora de esgoto doméstico e apenas 28,5% desses municípios dispõem de sistemas de tratamento de esgoto sanitário (IBGE, 2010).

Para Von Sperling (2011) o lançamento de esgoto sanitário bruto em corpos hídricos altera as características da água, a partir do ponto de lançamento, e compromete sua qualidade para consumo humano, ou mesmo, para uso em atividades agropecuárias.

Dezenas de pesquisas são publicadas todos os anos a cerca do tratamento de esgoto sanitário e seu reúso na agricultura. Para que haja o reúso seguro destas águas provenientes de atividades humanas, faz-se necessário a escolha e controle do tratamento utilizado. Destacam-se, portanto, a utilização de reatores anaeróbios, biodigestores e biofiltros.

O tratamento de esgotos sanitários com reatores e biofiltros configuram-se em uma tecnologia limpa de baixo custo, fácil operação e alta eficiência de remoção de diversos poluentes físico-químicos (WANG et al., 2011).

Não há normatização específica, no Brasil, para os sistemas de reúso da água. O que se tem praticado são a adoção dos padrões internacionais ou mesmo a adoção de orientações técnicas produzidas por instituições privadas (CREA-PR, 2010).

Para uma prática segura de reúso, os padrões a serem estabelecidos devem englobar parâmetros físicos, químicos e microbiológicos. O Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) publicou a Resolução 54, em 2005, que estabelece os critérios gerais para a prática de reúso direto não potável de água e estabeleceu as seguintes modalidades: reúso para fins urbanos, agrícolas, ambientais, industriais e na aquicultura (BRASIL, 2006).

No Brasil o reúso de esgotos sanitários na agricultura é bem recente e concentra-se de forma mais restrita, principalmente com culturas que visam o incentivo de programas governamentais, destinadas para a produção do biodiesel (HOLANDA, 2004).

A reutilização de esgotos tratados tem sua importância através do planejamento e gestão de recursos hídricos principalmente em regiões áridas e semiáridas, a exemplo da maior parte do Nordeste brasileiro, que convive com secas quase periódicas, e podem ser amenizadas através da reutilização destas águas disponíveis durante todo ano (RIBEIRO, et al., 2012).

### **3.3 O tratamento de esgotos sanitários**

O principal objetivo do tratamento biológico de esgoto sanitário é a remoção da matéria orgânica pelas diversas atividades antrópicas.

Dois processos desempenham importante papel na remoção do material carbonáceo: o aeróbio em que os microrganismos utilizam oxigênio como aceptor final de elétrons para realizar a decomposição da matéria orgânica e o anaeróbio no qual o metabolismo promove a digestão dos nutrientes.

A digestão anaeróbia se caracteriza pela redução de 20% da de lodo produzido pelos biodigestores. Isso pode explicar por que os reatores UASB têm sido amplamente aplicados como principal unidade de tratamento biológico dos esgotos sanitários, em muitos países onde o clima é favorável, como o Brasil e outros países da América Latina, África e Ásia (WANG et al., 2011).

Uma desvantagem própria aos processos anaeróbios é a produção de um efluente que contém fração remanescente relativamente elevada de matéria orgânica, expressa como DQO, compostos reduzidos, como os íons amônio e sulfeto, além de fosfatos. Por este motivo, muitos dos sistemas de tratamento que utilizam reatores anaeróbios como unidade principal para a remoção da fração orgânica presente nos esgotos sanitários requerem unidades de pós-tratamento (SOARES, 2014).

A aplicação da tecnologia anaeróbia, apesar das vantagens significativas que apresentam, está condicionada à presença de unidades de pós-tratamento nos sistemas, as quais são responsáveis pela adequação ambiental e estética dos esgotos.

O principal objetivo do pós-tratamento de esgoto sanitário de reatores anaeróbios é o de completar a remoção da matéria orgânica, bem como proporcionar a remoção de

constituintes pouco afetados no tratamento anaeróbio (nutrientes e patógenos) (SOARES, 2014).

Recentemente, vários pesquisadores têm proposto sistemas biológicos combinando com os reatores anaeróbios numa primeira etapa, seguidos de unidades de pós-tratamento, com bons resultados no polimento do esgoto tratado e remoção de patógenos.

Nas pesquisas desenvolvidas pelo Programa de Pesquisas em Saneamento Básico (PROSAB), várias alternativas de pós-tratamento foram estudadas, entre elas, os filtros anaeróbios.

O reator anaeróbio híbrido (UABH) procura combinar as vantagens do reator UASB e do filtro anaeróbio em um único reator e reduzir as desvantagens destes reatores quando utilizados separadamente.

Assim, procura-se uma configuração apropriada para acumular elevadas concentrações de biomassa na parte inferior geralmente granular, onde parte do material carbonáceo é degradado. Assim sendo, acoplado ao UASB vem o filtro anaeróbio que realiza o polimento da DBO particulada no esgoto sanitário, que ocorre pela retenção física nos interstícios do material suporte e sua posterior digestão.

A procura por configuração híbrida busca obter vantagens como a redução de custos, com uma única unidade de tratamento, de menor volume e menor área e além de vantagens operacionais e eficiência considerável (SOARES, 2014).

### **3.4 Reúso agrícola de esgotos sanitários tratados e a produção de algodão**

A utilização dos esgotos sanitários tratados na irrigação garante a possibilidade do aporte e a reciclagem de nutrientes, reduzindo consideravelmente a aplicação de fertilizantes, além da enorme colaboração com o meio ambiente.

Em contrapartida, devem ser tomadas algumas precauções quanto ao manejo, a fim de não causar efeitos nocivos, como a salinização do solo e contaminação das águas subterrâneas, bem como a transmissão de patógenos e parasitas causadores de doenças (WOLFF & BARROSO, 2011).

O reúso planejado de esgotos sanitários tratados na agricultura vem sendo apontado como uma medida para atenuar o problema da escassez hídrica no semi-árido brasileiro, sendo uma opção para os agricultores. Estes esgotos depois de tratados, normalmente apresentam baixa demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e reduzida carga microbiana, além

de conterem vários macros e micro-nutrientes importantes para o desenvolvimento de culturas agrícolas (WOLFF & BARROSO, 2011).

Fideles Filho et al. (2005) utilizando esgoto sanitário tratado no cultivo do algodão colorido, verificaram que dada a sua riqueza de nutrientes, a mesma proporcionou um melhor crescimento e desenvolvimento da cultura.

Alves et al. (2005), realizou experimento com algodão de fibra marrom, constatou que houve aumento no número de botões florais e de frutos nas plantas irrigadas com esgoto tratado, esses valores foram maiores em comparação com a água de abastecimento.

Sousa Neto et al. (2012) verificaram que houve efeito benéfico do acúmulo de nutrientes no solo irrigado com esgoto sanitário tratado.

No entanto, a agricultura irrigada é dependente de um complexo conjunto de fatores, dentre estes se encontra a questão da qualidade e adequação do solo e da água para a produção agrícola.

O reúso incorreto de esgoto tratado na agricultura irrigada pode vir a ocasionar reduções significativas de produtividade. A correção de pH e fertilização do solo inadequados trazem consigo riscos de depreciação dos solos agrícolas, tendo como um dos resultados a salinização e a alcalinização dos mesmos.

### **.3.5 Qualidade de água para irrigação**

A qualidade da água utilizada na agricultura constitui um aspecto muito importante para o bom desempenho da cultura.

A qualidade da água define-se por uma ou mais características físicas, químicas ou biológicas (VARALLO, 2012). As águas destinadas para irrigação devem ser analisadas através de alguns parâmetros fundamentais como: salinidade, sodicidade, toxicidade, concentração de íons e aspectos sanitários.

Dias e Blanco (2010) relatam que em várias áreas agrícolas, a utilização de água de baixa qualidade para irrigação e a aplicação de quantidades excessivas de fertilizantes são as principais causas para aumentar a salinidade do solo.

Varallo (2012) considera que o problema da salinidade do solo é decorrente das altas taxas de evaporação e baixa precipitação pluviométrica, e da presença em excesso de nitrato, potássio, sódio e nitrogênio total. Quando se aplica água salina no solo, sem um manejo adequado que conduza à lixiviação destes sais, podem ocorrer problemas na permeabilidade

do solo, dispersão da fração de argila, o que pode impedir o desenvolvimento radicular da planta.

Os efeitos da salinização sobre as plantas podem ser provocados, pela toxicidade de íons específicos e pela interferência dos sais nos processos fisiológicos dificultando a absorção de água, reduzindo o crescimento e o desenvolvimento das plantas.

A principal consequência prática da salinidade sobre o solo é a perda da fertilidade e a susceptibilidade à erosão, e conseqüentemente, a contaminação do lençol freático. Nas plantas, estes efeitos provocam a perda de produtividade e de qualidade, e em alguns casos podendo ocasionar a perda total da produção (DIAS e BLANCO, 2010).

Santos et al. (2013) descreve que a qualidade do esgoto sanitário tratado a ser utilizada na irrigação, a salinidade do solo e a tolerância dos sais pelas plantas, são fatores determinantes para produtividade das culturas agrícolas.

O sódio em altas concentrações no solo provoca toxidez nas plantas promovendo uma serie de efeitos negativos, como a necrose nas folhas, dano irreversível que provoca a redução da produtividade de culturas agrícolas (CERQUEIRA et al., 2008).

O conteúdo de sódio no solo em concentrações acima do normal pode afetar indiretamente o desenvolvimento das plantas, através do efeito dispersante do sódio nas argilas altera a estrutura do solo, em consequência afeta o desenvolvimento do sistema radicular. Entretanto, esses efeitos negativos se apresentam em grau variável dependendo da cultura (BERNARDO et al., 2008).

Além dos problemas relacionados á salinidade e a sodicidade, outros íons que podem ser tóxicos para algumas culturas, como o boro e os cloretos. Esses íons quando são absorvidos pelas plantas em concentrações elevadas, provocam problemas internos que são bastante prejudiciais às plantas.

A intensidade da toxidade depende da quantidade de íons absorvidos, da tolerância da cultura e do uso de água pela cultura. Nas culturas que são mais sensíveis a baixas concentrações de íons podem ser suficientes para que provoquem danos às mesmas como queimaduras nas bordas das folhas, clorose nas áreas internervurais, e em concentrações elevadas, poderá causar a morte das plantas.

As concentrações de cloretos presentes nas águas de irrigação podem ser absorvidas pelas raízes, movimentados pelo caule e acumulados nas folhas, ou diretamente pelas folhas molhadas durante a irrigação por aspersão, que podem causar queimaduras nas plantas mais sensíveis. Um dos principais danos causado pelos cloretos é o desequilíbrio nutricional, uma vez que esses íons impedem a absorção de elementos essenciais para o desenvolvimento das

plantas, como por exemplo, o nitrato, proporcionando deficiências de nitrogênio (BERNARDO et al., 2008).

### **3.6 A cultivar BRS topázio**

O algodoeiro BRS Topázio, a mais nova cultivar desenvolvida pela EMBRAPA, apresenta altura média de 116 cm. Ela tem a vantagem de possuir alto rendimento de fibra, 43.5% em média, em ensaios conduzidos no Nordeste do Brasil; possui ainda ótimas características de fibra, superando as cultivares de fibra colorida existentes até o momento, como a BRS Safira, e equiparando-se a cultivar BRS Araripe, de fibra branca, além de possuir rendimento de algodão em caroço superior as duas culturas (EMBRAPA ALGODÃO, 2010).

Como a BRS Topázio possui maior percentagem de fibra e maior rendimento de algodão em caroço que as citadas, também possuem maior rendimento de fibra por hectare em relação às demais. Possui produtividade média mediante avaliações de 2.800kg/ha. Recomenda-se o seu cultivo, preferencialmente, na região Nordeste, onde, praticamente, não há ocorrência de enfermidades (EMBRAPA ALGODÃO, 2010).

### **3.7 Aspectos relevantes no cultivo do algodão**

Para que o algodoeiro irrigado produza seu potencial é necessário o controle adequado no manejo da água, dos nutrientes no solo e um clima favorável

A correção do solo e a adubação balanceada são necessárias para permitir que a planta expresse o seu potencial de produção em quantidade e qualidade e tenha boa resistência a pragas e doenças bem como seu ciclo seja normalizado em maturação apropriada (BELTRÃO et al., 2010).

O clima influi na produção do algodoeiro nos aspectos quantitativo e qualitativo e, em condições naturais, as plantas externam seu potencial produtivo quando esses fatores entram em equilíbrio ecológico.

Fatores climáticos como chuva, temperatura, umidade relativa, duração do dia, velocidade do vento e intensidade de luz, interferem na cultura do algodoeiro, cujo plantio deve ser feito no período mais propício, quando os fatores climáticos forem mais favoráveis ao início do cultivo (EMBRAPA ALGODÃO, 2006).

O algodoeiro tem um padrão de absorção em que cerca de 70% dos nutrientes são absorvidos após o aparecimento do primeiro botão floral e cerca de 50% de todos os



nutrientes, no período que vai do florescimento à maturação; isto sugere que a formação do fruto do algodoeiro depende mais da absorção de nutrientes do solo que da sua redistribuição dentro das plantas.

Dada a complexidade morfofisiológica do algodoeiro relatada por Beltrão et al. (2010), é importante desenvolver novas tecnologias de cultivos que possam minimizar os problemas decorrentes dos baixos índices de produtividade.

### **3.8 Morfofisiologia do algodão**

Durante o ciclo de desenvolvimento do algodoeiro herbáceo, há diversos eventos que ocorrem simultaneamente, o crescimento vegetativo, aparecimento de gemas reprodutivas, florescimento, crescimento e maturação de frutos. Estes eventos são importantes para na produção final e devem ocorrer de modo equilibrado (BELTRÃO et al., 2010).

Durante boa parte do ciclo da planta ocorre uma forte competição interna pelos carboidratos da fotossíntese. Assim, se houver crescimento vegetativo exagerado, aumentando o auto-sombreamento causará maior queda de estruturas reprodutivas.

A temperatura influencia o crescimento da planta, tendo sido determinada a exigência em temperatura para cada fase do crescimento do algodoeiro. A velocidade de emergência após a semeadura depende fundamentalmente da temperatura. Em condições normais, ela deve ocorrer entre 5 e 10 dias.

O primeiro evento, assim que a semente é colocada no solo, é o da embebição. A semente em contato com a umidade, sob influência da temperatura, sai do estágio de dormência e dá início a germinação (SINGH et al., 2007).

Em pesquisas desenvolvidas verifica-se que na temperatura em torno de 37,8° C, a semente chegaria a 60% de umidade em aproximadamente 8 horas, enquanto a 15,5° C a mesma umidade somente seria atingida em aproximadamente 28 horas. (SINGH et al., 2007).

Depois ocorre o crescimento do hipocótilo. O crescimento do hipocótilo é também dependente da temperatura, mas sofre influência muito grande da umidade do solo. A emissão da radícula, que por sua vez também é bastante dependente da temperatura que deve variar em torno de 32° C.

O crescimento da parte aérea é relativamente lento, mas há vigoroso crescimento do sistema radicular. O crescimento de plântulas de algodão durante as duas primeiras semanas após a emergência não é muito sensível à mudança na temperatura. Entretanto, a partir da 3ª

semana a planta fica muito sensível a variações de temperatura, com crescimento ótimo em temperaturas diurnas de 30 °C e noturnas de 22 ° C (LOKA e OOSTERHIUS, 2010).

A raiz pivotante penetra o solo rapidamente, podendo atingir profundidade de 25 cm ou mais por ocasião da abertura dos cotilédones. Durante esta fase, a raiz deve crescer de 1,2 a 5 cm por dia, se não houver impedimento.

Quando a parte aérea tiver aproximadamente 35 cm de altura, a raiz deverá estar a 90 cm de profundidade. Numerosas raízes laterais aparecem, formando um tapete que se encontra no meio das linhas, mas são relativamente superficiais. O comprimento total das raízes continua a aumentar até que a planta atinja a sua máxima altura e os frutos comecem a se formar.

A partir deste ponto, o comprimento total do sistema radicular entra em declínio. A relação parte aérea/raiz, que é de 0,35 aos 12 dias após a sementeira, cai para 0,15 aos 80 dias (SILVA et al., 2011).

Nesta fase desenvolvem-se nós e internós, podendo haver início de crescimento de um ou mais ramos vegetativos. O algodoeiro possui dois tipos de ramos: reprodutivos e vegetativos. Em cada nó se desenvolve um ramo reprodutivo. Por outro lado, não é desejável o desenvolvimento de muitos ramos vegetativos.

Nesta fase acentuam-se o crescimento em altura e a acumulação de matéria seca pela planta, que entra na fase linear de crescimento. A duração desta fase é também regulada pela temperatura, durando usualmente de 25 a 35 dias (SILVA et al., 2011).

Em temperaturas médias de 22 a 25 ° C, as plantas iniciam a produção de um novo ramo simpodial (frutífero) na haste principal a cada 3 dias. Por ocasião do aparecimento da primeira flor, as plantas devem ter desenvolvido entre 14 e 16 nós, na haste principal, acima do nócotiledonar (LOKA e OOSTERHIUS, 2010).

Embora haja alguma variação em função da posição na planta, além da temperatura, pode-se estimar que a cada três dias deva aparecer um botão floral em ramos sucessivos, e a cada seis dias deva aparecer um botão floral no mesmo ramo (LOKA e OOSTERHIUS, 2010).

Com relação à exigência em água, nesta fase ela passa de menos de 1 mm por dia para quase 4 mm por dia. A falta de água neste período fará com que a planta fique menor do que deveria, com menos posições para o desenvolvimento de flores e maçãs. Uma seca nesta fase faz com a planta estacione seu crescimento. Se a seca não for muito severa, poderá haver recuperação do crescimento. Nesta fase estão ocorrendo diversos eventos, com grande intensidade, na planta (SOUSA JUNIOR et al., 2009).

A competição entre crescimento vegetativo e reprodutivo se acentua, exigindo maior atenção. As plantas continuam a crescer linearmente. É atingida a altura máxima, assim como a máxima interseção de luz.

A vida média de uma folha é de 65 dias, mas o pico de fotossíntese ocorre aproximadamente 20 dias após a abertura da folha. A máxima fotossíntese da folha ocorre quando o fruto está no início de seu desenvolvimento, o que pode limitar o fluxo de carboidratos para o fruto, principalmente quando existe mais de um fruto por ramo. Isso explica porque sempre os frutos de primeira posição no ramo são mais desenvolvidos que os demais.

A exigência em água passa de 4 mm para 8 mm por dia, acompanhando o desenvolvimento da área foliar. Embora o algodoeiro seja conhecido por ter certa resistência à seca, maior que a dos cereais, por exemplo, isso não significa que não necessite de água. Para a obtenção de altas produtividades é necessária uma quantidade de água da ordem de 700 mm durante o ciclo da cultura (AQUINO et al., 2012).

O problema é que, em boa parte do Brasil onde se cultiva algodão, quanto mais água disponível, mais nuvens e, portanto menos luz disponível. Assim, em algumas regiões, a presença de chuvas fornecendo quantidade adequada de água não permite que a cultura receba a insolação necessária para altas produtividades. Neste caso, a falta de luz é mais limitante que a própria disponibilidade de água (SOUSA JUNIOR et al., 2009).

A queda ou abscisão de botões florais e de maçãs jovens é um fenômeno natural no algodão, que é acentuado pela ocorrência de condições adversas como tempo nublado, temperaturas muito altas ou baixas, deficiência de nutrientes e crescimento vegetativo muito intenso. A queda de até 60% das estruturas é considerada normal.

A abertura do primeiro capulho, algumas maçãs já estão em fase de maturação. Portanto, na segunda metade desta fase, a ocorrência de qualquer estresse que diminua a fotossíntese, como temperaturas muito altas ou baixas, muitos dias nublados, seca, etc., além do prejuízo pela queda de estruturas, causará um prejuízo em função da ocorrência de maior porcentagem de fibras imaturas (AQUINO et al., 2012).

A fase final da cultura começa com a abertura do primeiro capulho e termina com a aplicação de desfolhantes e/ou maturadores. Neste caso, essa fase dura de 4 a 6 semanas, dependendo da produtividade, do suprimento de água e de nutrientes, assim como da temperatura. A maturação das maçãs depende fundamentalmente da temperatura, a maior taxa de crescimento, ou seja, a temperatura em que as maçãs atingem a maturidade em menor tempo, encontra-se entre 21 e 26 °C (SOUSA JUNIOR et al., 2009).

A ocorrência de um estresse nesta fase causará prejuízo na qualidade da fibra e não tanto na produtividade, a não ser que ocorra excesso de chuvas. Assim, baixas temperaturas poderão resultar em muitas fibras imaturas.

Neste ponto do desenvolvimento da cultura a exigência em água cai rapidamente. Na abertura dos capulhos seria desejável que não chovesse, para preservação da qualidade das fibras. O excesso de água nesta fase resultará em grandes prejuízos, principalmente se a cultura estiver muito enfolhada, pois o microclima muito úmido favorecerá o apodrecimento de capulhos e de maçãs da parte inferior da planta (AQUINO et al., 2012).

## **4 MATERIAL E MÉTODOS**

### **4.1 Localização**

A instalação e operacionalização do projeto ocorreram no período de 25 de março de 2014 a 15 de agosto de 2014 na Estação Experimental de Tratamentos Biológicos de Esgotos - EXTRABES, bairro do Tambor, no município de Campina Grande, estado da Paraíba.

A cidade de Campina Grande/PB é considerada uma das maiores e mais importantes do interior do Nordeste. Localiza-se a 7° 13'11'' de latitude sul e a 35° 52'31'' de latitude oeste. O município conta com uma área de cerca de 620 km<sup>2</sup> (com área urbana de aproximadamente 96 km<sup>2</sup>). Possui um relevo forte e ondulado com curvas de nível variando entre 325m e 670m acima do nível médio do mar e situa-se na região oriental do Planalto da Borborema.

### **4.2 Caracterizações do Clima**

De acordo com a classificação de Köppen, o tipo de clima encontrado em Campina Grande, PB é do tipo “CSa”, que representa um clima mesotérmico, subúmido, com verão quente e seco (4 a 5 meses) e chuvas de outono e inverno.

O período seco começa em setembro e prolonga-se até fevereiro, sendo mais acentuado no trimestre da primavera, salientando-se o mês de novembro como o mais seco. Já a estação chuvosa começa em março/abril e encerra em agosto. As temperaturas do ar variam entre a máxima anual de 28,6 °C e a mínima 19,5 °C e a umidade relativa é bastante uniforme em toda a região, com médias em torno de 80% (INMET, 2014).

A região de Campina Grande apresenta evaporação anual em torno de 1417,4 mm, condição própria das zonas semiáridas de latitudes tropicais, precipitação média anual de 802,7 mm e insolação mensal média de 222,4 horas (INMET, 2014).

Os dados meteorológicos referentes ao período de cultivo estão apresentados na Tabela 1. A temperatura média variou de 21,5 a 25,1°C, precipitação pluvial de 30,1 a 139,5 mm e evapotranspiração de 78,8 a 116,2 mm durante todo o período do experimento (Tabela 1).

**Tabela 1.** Dados meteorológicos do município de Campina Grande referente ao período de março a agosto de 2014.

Mês/Ano	Temperatura Media (°C)	Precipitação (mm)	Evapotranspiração (ET <sub>o</sub> , mm mês <sup>-1</sup> )	Insolação (h)
03/2014	24,5	43,5	114,8	247,0
04/2014	25,1	30,1	116,2	243,0
05/2014	23,4	139,5	98,7	209,9
06/2014	22,2	102,4	82,6	174,0
07/2014	21,5	130,2	78,8	156,0
08/2014	21,7	86,7	81,7	215,0

Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), 2014.

### 4.3 Características do solo antes do experimento

Coletado da camada superficial (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 realizadas no Laboratório de Irrigação e Salinidade do Centro de Tecnologia e Recursos Hídricos da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG).

Na Tabela 2, está apresentada a análise química do solo antes da implantação da cultura do algodão apresentando baixos valores de nutrientes presente, apresentando também uma pequena concentração de sódio, com a ausência de alumínio (Al<sup>3+</sup>) trocável e o pH próximo da neutralidade caracterizam um solo ideal para o desenvolvimento da maioria das culturas agrícolas. Verifica-se também baixos teores de matéria orgânica na ordem 0,66%.

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

pH	P	K <sup>+</sup>	Na	H <sup>+</sup> +	Al <sup>3+</sup>	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	CTC	N	M. O.
	mg/kg				cmolc/kg				%	%
6,00	31,1	14,1	1,4	13,1	0,00	35,0	6,5	-	0,06	0,66

Fonte: Análise realizada pelo Laboratório de Irrigação e Salinidade do Centro de Tecnologia e Recursos Hídricos da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), 2014.

Observa-se na Tabela 3, que o solo se classifica como Neossolo, apresentando-se textura arenosa e uma porosidade de 43,07%, sendo considerada alta.

**Tabela 3.** Características físicas do solo, coletado a 20 cm de profundidade.

Granulometria			Classificação Textural	Densidade	Densidade	Porosidade
g. kg <sup>-1</sup>				aparente	real	
Areia	Silte	Argila	-----g.cm <sup>-3</sup> -----			%
84,83	11,10	4,07	Areia Franca	1,52	2,67	43,07

Fonte: Análise realizada pelo Laboratório de Irrigação e Salinidade do Centro de Tecnologia e Recursos Hídricos da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), 2014.

#### 4.4 Cultura

A cultura utilizada na pesquisa foi o algodão herbáceo (*Gossipium hirsutum*), cultivar BRS TOPÁZIO, Algodão colorido com fibra marrom, e multicor, com elevada resistência (32 gf/Tex), % de fibra (43%) e elevada fiabilidade.

Segundo a Silva et al. (2011) as fases do ciclo fenológico do algodão herbáceo corresponde a:

FASE 1. Embebição, Germinação, Emergência e Estabelecimento dos cotilédones: 4 a 10 dias; FASE 2. Surge o primeiro botão floral: 30 dias; FASE 3. Aparecimento da primeira flor: 45 dias; FASE 4. Abertura do primeiro capulho: 90 dias; e FASE 5. Primeira e última colheitas: 126 dias.

#### 4.5 Delineamento experimental

O plantio foi realizado em baldes plástico com capacidade de 40 litros de solo. O solo para enchimento dos baldes foi um solo coletado fora da área experimento para não subestimar os resultados dos tratamentos.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 2 x 4, com três repetições, totalizando 24 unidades experimentais.

Os tratamentos foram definidos por dois tipos de água para irrigação (água de poço e água residuária tratada, proveniente de um reator anaeróbio de manta de lodo de fluxo ascendente, com filtro anaeróbio acoplado, denominado (UASB/Híbrido) e quatro doses de nitrogênio, na forma de sulfato de amônia (0, 20, 40 e 60 kg.ha<sup>-1</sup>), parcelada em duas ocasiões: vinte e quarenta dias após a emergência (DAE).

Os tratamentos são descritos:

T1 - Irrigação com água de poço e 0 N.

T2 - Irrigação com esgoto sanitário tratado e 0 N.

T3 - Irrigação com água de poço e 20 kg.ha<sup>-1</sup> N.

T4 - Irrigação com esgoto sanitário tratado e 20 kg.ha<sup>-1</sup> N.

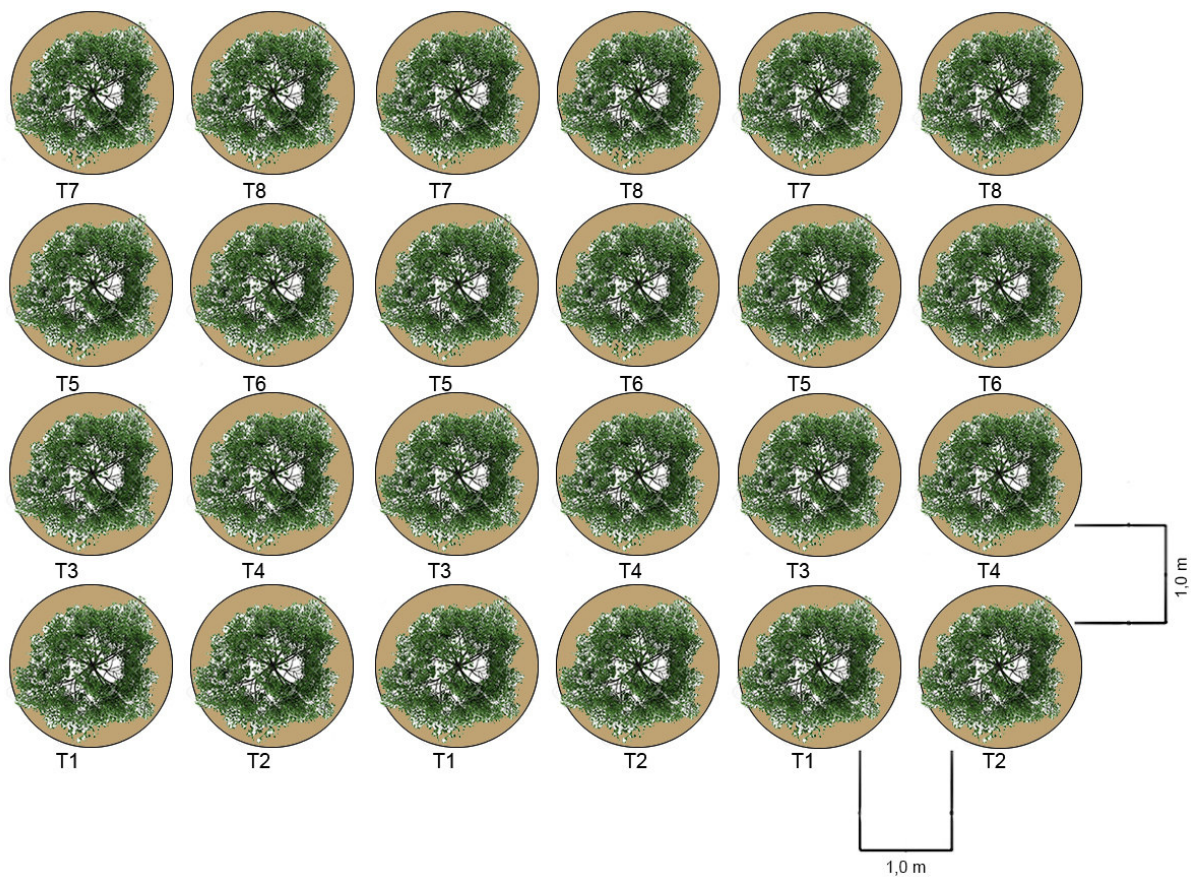
T5 - Irrigação com água de poço e 40 kg.ha<sup>-1</sup> N.

T6 - Irrigação com esgoto sanitário tratado e 40 kg.ha<sup>-1</sup> N.

T7 - Irrigação com água de poço e 60 kg.ha<sup>-1</sup> N.

T8 - Irrigação com esgoto sanitário tratado e 60 kg.ha<sup>-1</sup> N.

**Figura 1.** Esquema representativo das parcelas onde foi conduzido o experimento. A figura não obedece a nenhuma escala de proporcionalidade, tendo, portanto, valor meramente ilustrativo



Legenda: Tratamento 1 – T1 , Tratamento 2 – T2, Tratamento 3-T3 , Tratamento 4 – T4, Tratamento 5 –T5 , Tratamento 6 –T6 , Tratamento 7-T7 , Tratamento 8 - T8 ;



#### 4.6 Irrigação

Para a realização do cálculo das irrigações, foi considerada a disponibilidade total de água no solo (DTA). A DTA indica a quantidade máxima de água que um solo é capaz de reter e, sendo assim, esta variável dependeu não só das propriedades do solo mais também como de sua capacidade de campo, de seu ponto de murcha permanente e da sua densidade aparente, conforme a seguinte equação:

$$DTA = \frac{(C_c - P_m)}{10} * D_a \quad (1)$$

Onde:

DTA – Disponibilidade de água no solo, em  $\text{g.cm}^{-3}$

$C_c$  – Capacidade de campo, em % em peso

$P_m$  – Ponto de murcha permanente, % em peso

$D_a$  – Densidade aparente do solo, em  $\text{g.cm}^{-3}$

Ou: 
$$V = (C_c - P_m) * D_a \quad (2)$$

Em que:

$V = \text{m}^3$  de água disponível por hectare em cada centímetro de profundidade do solo.

#### 4.7 Água para irrigação

Na Tabela 4, estão apresentados os resultados das análises da água e do esgoto tratado utilizado nas irrigações. A água proveniente de um poço artesiano, localizado na zona urbana da cidade de São Sebastião de Lagoa de Roça e o esgoto sanitário tratado em um reator anaeróbio de manta de lodo de fluxo ascendente, com filtro anaeróbio acoplado, denominado

(UASB/Híbrido), localizado na Estação Experimental de Tratamentos Biológicos de Esgotos - EXTRABES, bairro do Tambor, no município de Campina Grande, estado da Paraíba.

As análises foram realizadas no Laboratório de referência em Dessalinização (LABDES) do Centro de Tecnologia e Recursos Hídricos da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) e no Laboratório de Análises químicas, físicas e microbiológicas da Estação Experimental de Tratamentos Biológicos de Esgotos (EXTRABES), Campina Grande, PB.

**Tabela 4.** Características das águas utilizadas para irrigação da cultura.

Parâmetros	AP	EST
Condutividade elétrica (dS.m <sup>-1</sup> )	1,40	1,51
pH	6,3	7,67
DBO (mg O <sub>2</sub> .L <sup>-1</sup> )	11,00	83,00
DQO (mg O <sub>2</sub> .L <sup>-1</sup> )	13,00	119
Fósforo Total (mg P.L <sup>-1</sup> )	0,1	8,65
Ortofosfato (mg P-PO <sub>4</sub> .L <sup>-1</sup> )	0,08	6,84
Nitrito (N-NO <sub>3</sub> .L <sup>-1</sup> )	0,03	0,39
Nitrato (N-NO <sub>2</sub> .L <sup>-1</sup> )	0,22	0,22
N. Amoniacal (N-NH <sub>4</sub> . L <sup>-1</sup> )	0,32	50,00
Alcalinidade total (mg CaCO <sub>3</sub> .L <sup>-1</sup> )	159,6	411,6

Legenda: AP. Água de poço; EST. Esgoto sanitário tratado.

De acordo com os dados apresentados na Tabela 4, as águas utilizadas nas irrigações dos tratamentos foram de um poço artesiano com condutividade elétrica 1,40 dS m<sup>-1</sup> e de esgotos tratados em um reator UASBH com condutividade de 1,51 dS m<sup>-1</sup>.

Estudos revelam que no Nordeste a maior parte das águas disponíveis à irrigação, contém teores elevados de sais, sendo freqüentemente encontradas águas com condutividade elétrica da ordem de 0,2 a 5,0 dS m<sup>-1</sup> (AUDRY E SUASSUNA, 1995 apud LACERDA, 2005, p. 18).

O pH da água do poço e do esgoto sanitário tratado ficou em torno de 6,30 e 7,67 ambos próximo a neutralidade. Segundo Ayers e Westcot (1991 apud FIDELES FILHO et al., 2005), o pH normal das águas de irrigação deve estar entre 6,5 e 8,4.

Os valores de nitrogênio amoniacal variaram consideravelmente entre a água do poço e do esgoto sanitário tratado, com os respectivos valores 0,32 e 50,0 mg.L<sup>-1</sup>.

#### 4.8 Adubação

Foi utilizado como fertilizante o Sulfato de Amônio  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ , o qual contenha 21% de nitrogênio (N) e 23% de enxofre (S), solúvel em água, vendido cristalizado e é pouco hidroscópico.

As adubações ocorreram em quatro doses de nitrogênio, (0, 20, 40 e 60  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ), parcelada em duas ocasiões: vinte e quarenta dias após a emergência (DAE).

#### 4.9 Coleta de dados

Quinzenalmente foram coletados dados, com início em 15 dias após a germinação completa. As variáveis coletadas foram: área foliar, diâmetro do caule, altura da planta e produção.

A área foliar foi determinada a partir dos dados de comprimento e maior largura das folha, foi determinado a área foliar através da equação proposta por Grimes e Carter (1969) e adaptada por Fideles Filho et al (2010) para cultura do algodoeiro de ciclo curto, dada por:

$$Y = 0,7254 * X^{2,08922} \quad (3)$$

Em que:

Y – É a área foliar por folha ( $\text{cm}^2$ )

X – É o comprimento da nervura principal da folha do algodoeiro (cm)

Aos 15 dias após a emergência, foi realizado o desbaste, deixando apenas uma plântula por vaso.

#### 4.10 Análise dos dados

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância, com desdobramento dos efeitos quantitativos em polinômios ortogonais, segundo sua significância.

A escolha da equação de regressão foi feita com base no modelo de maior grau significativo pelo teste F, cujo desvio da regressão tenha sido não significativo, a significância dos termos da equação foi verificada na análise de regressão pelo teste F.

Os resultados foram submetidos à análise de variância, através do teste F, e a comparação das médias pelo teste Tukey a 5% de probabilidade, utilizando-se o software ASSISTAT versão 7.7 beta, desenvolvido pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG).

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 5.1 Área foliar

Os resultados da análise de variância para AF (área foliar) nos diferentes períodos de avaliação da cultura algodoeira estão apresentados na Tabela 5. Ficou constatado pelo teste F que o reuso de esgoto sanitário tratado e as adubações nitrogenadas nos tratamentos influenciaram significante a 1% de probabilidade, o desenvolvimento dessa variável após o 45 DAE.

As plantas cujo fornecimento de nitrogênio foi maior apresentaram maior vigor e capacidade fotossintética, uma vez que a taxa de crescimento de folhas é diretamente influenciada pelo suprimento de nitrogênio, sendo um dos fatores determinantes do acúmulo de fitomassa e área foliar (FERREIRA et al., 2005).

Verifica-se que a maior taxa de crescimento ocorreu aos 75 DAE, esse resultado corrobora o reportado por Beltrão e Azevedo (2008) em que afirmam que a taxa de crescimento do algodoeiro herbáceo é maior até os 60 a 70 DAE, sendo reduzida posteriormente em decorrência do surgimento das estruturas reprodutivas, para onde grande parte dos fotoassimilados passa a ser canalizada devido à alta competitividade com as estruturas vegetativas.

De acordo com os dados apresentados na Tabela 5 para área foliar do algodoeiro, a máxima área encontrada foi de 3267,64 cm<sup>2</sup> e se deu aos 90 DAE, atingida com uma dose 40 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, irrigado com esgoto sanitário tratado.

Os tratamentos irrigados com esgotos sanitários tratados apresentaram valores superiores evidenciando a superioridade no aporte de nutrientes, sobretudo o nitrogênio que possui relação direta com a clorofila por participar da síntese desta molécula (NEVES et al., 2005; PORTO et al., 2011).

Comportamento semelhante foi observado por Bezerra e Fideles Filho (2009), quando aplicaram esgoto sanitário tratado com conteúdo de nitrogênio amoniacal inferior 50 mg N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>. L<sup>-1</sup>, valor apresentado neste trabalho.

Ainda na Tabela 5 é possível observar, que a área foliar das plantas aos 105 dias começou entrar em um estágio de perdas de folhas. Isso se justifica, em função da aproximação do final do ciclo produtivo da cultivar. Observa-se também que as plantas dos tratamentos T6 e T8, apresentam menor taxa de perda de folhas.

**Tabela 5.** Análise de variância e médias para a AF (área foliar) do algodão irrigado com esgoto sanitário tratado sob adubação nitrogenada.

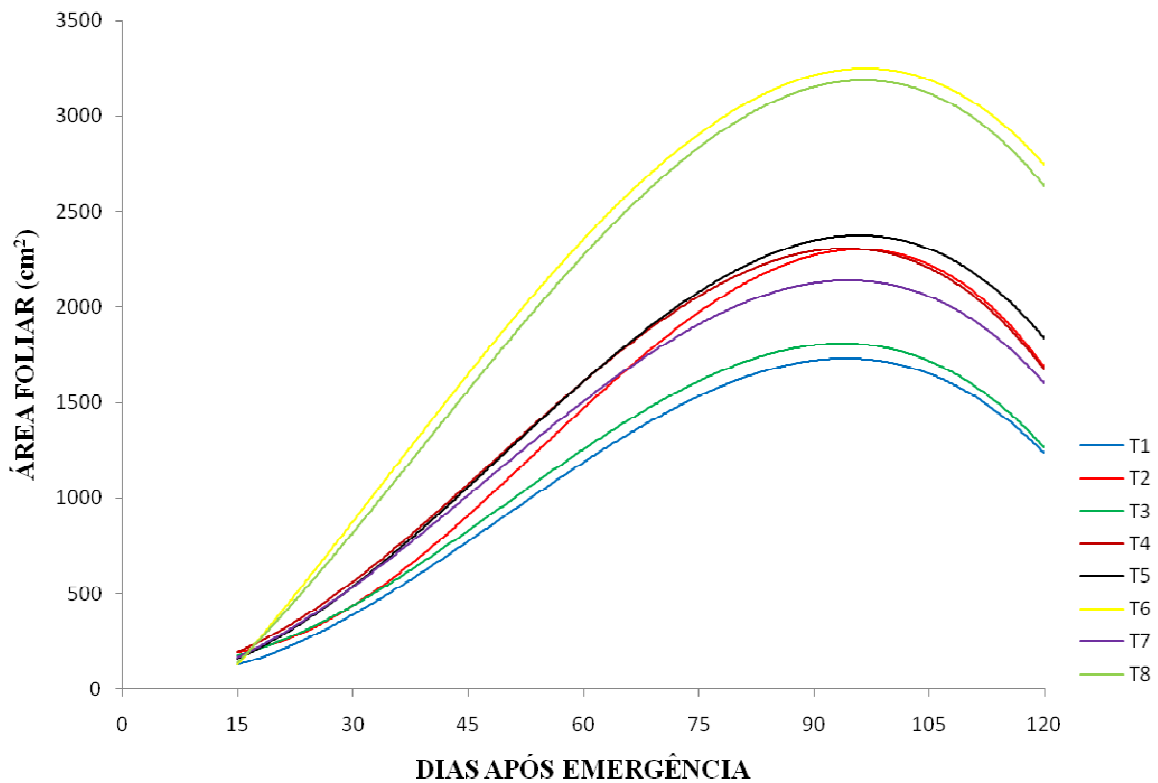
Fonte de variação	GL	Quadrado médio							
		15 DAE	30 DAE	45 DAE	60 DAE	75 DAE	90 DAE	105 DAE	120 DAE
TRAT	7	553,54 <sup>ns</sup>	75919,23 <sup>ns</sup>	403509,87 **	581817,21**	754843,67**	851079,52**	1070892,77**	936551,27**
NITR	3	549,84 <sup>ns</sup>	89619,34 <sup>ns</sup>	547000,23**	569813,12**	782025,48*	909816,30*	1166640,63**	1049973,45**
A	1	92,71 <sup>ns</sup>	245702,09*	828812,35**	1710049,24**	2727603,53**	3025618,93**	3484145,94**	2903106,77**
NxA	3	710,85 <sup>ns</sup>	5624,84 <sup>ns</sup>	118252,02 <sup>ns</sup>	217743,95 <sup>ns</sup>	70075,24 <sup>ns</sup>	67496,27 <sup>ns</sup>	170727,18 <sup>ns</sup>	167610,60 <sup>ns</sup>
Resíduo	16	1378,33	31407,80	32993,43	75424,20	171121,90	198423,89	181687,20	125788,12
Total	23								
<b>Tratamentos</b>									
T1		109,62 a	448,61 a	772,71 c	1045,11 b	1623,78 b	1851,10 b	1485,54 b	1287,92 c
T2		144,50 a	564,05 a	923,07 c	1183,77 b	2159,31 ab	2391,19 ab	2050,60 ab	1731,81 bc
T3		141,25 a	568,29 a	752,86 c	1111,34 b	1749,13 b	1906,66 b	1548,83 b	1318,83 c
T4		127,42 a	781,60 a	926,11 c	1429,73 ab	2237,14 ab	2444,19 ab	1986,63ab	1743,34 bc
T5		123,33 a	656,23 a	1007,40 c	1434,20 ab	2231,65 ab	2464,89 ab	2128,80 ab	1895,57 abc
T6		115,13 a	878,01 a	1762,24 a	2126,76 a	3023,01 a	3267,64 a	3108,97 a	2764,50 a
T7		110,80 a	634,49 a	1142,96 bc	1135,23 b	2057,00 ab	2292,40 ab	1910,69 ab	1631,84 c
T8		113,67 a	893,41 a	1551,18 ab	2121,09 a	2939,07 a	3252,50 a	2975,79 a	2676,89 ab
<b>Água</b>									
AP		121,25 a	576,90 b	918,98 b	1181,47 b	1915,39 b	2128,76 b	1768,47 b	1533,54 b
EST		125,18 a	779,27 a	1290,65 a	1715,33 a	2589,63 a	2838,88 a	2530,50 a	2229,13 a

**Nota:** \* e \*\* significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente, ns = não significativo a 5% de probabilidade, GL = grau de liberdade; TRAT = tratamentos; NITR = nitrogênio; A = água; NxA = interação nitrogênio e água. Média seguida pela mesma letra, minúscula na coluna não diferem, pelo teste de tukey, 5% de probabilidade.

Com relação ao tipo de água usado nos tratamentos os esgotos sanitários tratados promoveram melhores resultados no desenvolvimento da área foliar, se comparados com a água de poço, em todas as fases fenológicas.

Santos et al. (2006), utilizando a fertirrigação na cultura do quiabo, também obteve os melhores resultados da área foliar no tratamento irrigado com esgoto sanitário tratado proveniente do UASB.

Costa et al. (2009) utilizando água de esgoto como forma de irrigação na cultura do milho obteve efeitos satisfatórios na variável de crescimento da área foliar estudada, com valores sempre superiores da irrigação com apenas água de abastecimento, sendo a água de esgotos equiparado algumas vezes com a testemunha, que foi irrigada com adubação química recomendada.



**Figura 2.** Área foliar (AF) em função dos dias após a emergência da cultura de algodão irrigado com esgoto sanitário tratado e adubado com nitrogênio.

O ajuste dos pontos da área foliar (AF), para os tratamentos em função dos DAE, foi realizado através de polinômios, cujos ajustes estão apresentados na Figura 2 e nas respectivas equações.

$$\text{AFT1 } Y = -0,004x^3 + 0,691x^2 - 6,326x + 83,66 \quad R^2 = 0,96 \quad (4)$$

$$\text{AFT2 } Y = -0,007x^3 + 1,154x^2 - 24,63x + 328,4 \quad R^2 = 0,96 \quad (5)$$

$$\text{AFT3 } Y = -0,005x^3 + 0,744x^2 - 8,454x + 156,7 \quad R^2 = 0,95 \quad (6)$$

$$\text{AFT4 } Y = -0,005x^3 + 0,843x^2 - 4,352x + 90,48 \quad R^2 = 0,95 \quad (7)$$

$$\text{AFT5 } Y = -0,005x^3 + 0,831x^2 - 3,437x + 44,62 \quad R^2 = 0,97 \quad (8)$$

$$\text{AFT8 } Y = -0,005x^3 + 0,670x^2 + 23,00x - 335,5 \quad R^2 = 0,99 \quad (9)$$

$$\text{AFT7 } Y = -0,004x^3 + 0,686x^2 + 1,392x + 7,333 \quad R^2 = 0,93 \quad (10)$$

$$\text{AFT6 } Y = -0,004x^3 + 0,376x^2 + 40,09x - 548,6 \quad R^2 = 0,98 \quad (11)$$

Onde AF é a área foliar.

## 5.2 Diâmetro Caulinar

A variável DC (diâmetro do caule) é uma característica importante para análise da cultura, haja vista que quanto maior o seu valor, melhor será a saúde, vigor e a robustez da planta, além de aumentar a resistência ao tombamento e ao ataque de pragas (FIGUEIREDO, et al. 2012).

O tratamento 6 e 8 foram os que apresentaram os melhores resultados e o tratamento T1 o que apresentou o menor valor para diâmetro do caule, haja vista que o Nitrogênio participa na constituição dos aminoácidos livres e protéicos que constituem a estrutura do caule. Observa-se que o tratamento 6 apresentou o maior diâmetro caulinar, de 9,66 mm, aos 120 dias.

Bezerra et al. (2005), analisando variáveis de crescimento do algodoeiro irrigado com esgoto sanitário tratado e aplicação de biossólidos, constataram que os maiores diâmetros de colo, em todas as etapas de avaliação, foram identificados quando foi aplicada a irrigação com esgoto sanitário tratado.

Corroborando com Souza et al. (2005), que a utilização de esgotos domésticos tratados auxiliaram no aumento das variáveis de crescimento. Fideles Filho et al. (2005), observaram valores superiores de diâmetro caulinar das plantas do algodoeiro BRS verde, irrigadas com esgoto sanitário tratado comparado com água de poço.

Na Tabela 6 são apresentados os resultados da análise de variância do DC (diâmetro do caule) nos diferentes períodos de avaliação da cultura algodoeira. Nessa variável ficou constatado pelo teste F que ocorreu resultado significativo a 1% de probabilidade, nas avaliações feitas após os 30 DAE para os fatores água e nitrogênio.



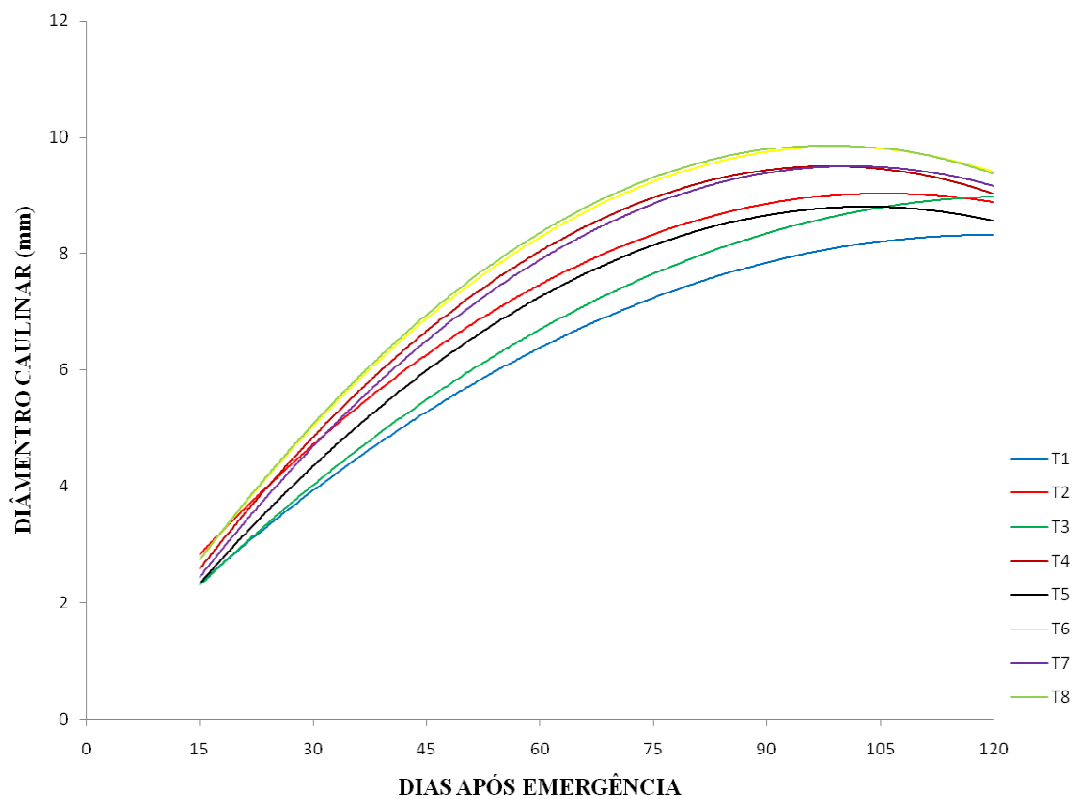
**Tabela 6.** Análise de variância e médias para a DC (diâmetro do caule) do algodão irrigado com esgoto sanitário tratado sob adubação nitrogenada.

Fonte de variação	GL	Quadrado médio							
		15 DAE	30 DAE	45 DAE	60 DAE	75 DAE	90 DAE	105 DAE	120 DAE
TRAT	7	0,02 <sup>ns</sup>	1,03**	1,91**	1,24**	1,81**	1,30**	0,87**	0,83**
NITR	3	0,04 <sup>ns</sup>	0,40 <sup>ns</sup>	0,84**	1,15**	3,07**	1,46**	0,89**	0,75**
A	1	0,02 <sup>ns</sup>	5,22**	9,88**	4,16**	2,80**	4,00**	3,01**	3,22**
NxA	3	0,00 <sup>ns</sup>	0,27 <sup>ns</sup>	0,09 <sup>ns</sup>	0,36**	0,21**	0,23**	0,14*	0,11 <sup>ns</sup>
Resíduo	16	0,06	0,18	0,14	0,013	0,022	0,009	0,041	0,051
Total	23								
<b>Tratamentos</b>									
T1		2,53 a	3,93 c	4,33 c	7,30 c	7,36 d	7,60 e	8,16 c	8,36 c
T2		2,60 a	5,10 abc	5,76 ab	8,40 b	7,86 c	8,70 c	8,80 b	9,13 ab
T3		2,40 a	4,13 bc	4,53 c	7,56 c	8,06 c	8,10 d	8,20 c	9,33 c
T4		2,46 a	5,33 ab	5,73 ab	8,80 a	9,10 a	9,13 b	9,20 ab	9,23 ab
T5		2,60 a	4,40 abc	4,80 bc	8,10 b	8,50 b	8,56 c	8,63 bc	8,70 bc
T6		2,66 a	5,46 a	6,33 a	8,96 a	9,46 a	9,46 a	9,53 a	9,66 a
T7		2,43 a	4,96 abc	5,36 abc	8,80 a	9,13 a	9,16 b	9,20 ab	9,33 ab
T8		2,60 a	5,26 ab	6,33 a	8,93 a	9,36 a	9,40 ab	9,50 a	9,63 a
<b>Água</b>									
AP		2,51 a	4,35 b	4,75 b	7,94 b	8,26 b	8,35 b	8,55 b	8,68 b
EST		2,58 a	5,29 a	6,04 a	8,77 a	8,92 a	9,17 a	9,25 a	9,41 a

\* e \*\* significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente, ns = não significativo a 5% de probabilidade, GL = grau de liberdade; TRAT = tratamentos; NITR = nitrogênio; A = água; NxA = interação nitrogênio e água. Média seguida pela mesma letra, minúscula na coluna não diferem, pelo teste de tukey, 5% de probabilidade.

Como estar apresentado na Tabela 6 o fator água começa influenciar na cultura aos 30 dias após a emergência até o final do ciclo aos 120 dias. A interação entre os esses dois fatores (água e doses de nitrogênio) foi significativa aos 60, 75 e 90 DAE, a 1% de probabilidade.

A taxa de crescimento do diâmetro caulinar (DC) (Tabela 6) foi maior entre 30 DAE e 75 DAE já entre os 75 DAE e 120 DAE essa taxa reduz. O caule do algodoeiro que atingiu maior diâmetro, de 9,66 mm, aos 120 DAE, foi o tratamento T8.



**Figura 3.** Diâmetro caulinar (DC) em função dos dias após a emergência da cultura de algodão irrigado com esgoto sanitário tratado e adubado com nitrogênio.

O ajuste dos pontos de diâmetro caulinar, para os tratamentos, foi realizado através de equações polinomiais como apresentado na Figura 3 e apresentadas nas seguintes formas.

$$\text{DCT1} \quad Y = -0,000x^2 + 0,131x + 0,493 \quad R^2 = 0,94 \quad (12)$$

$$\text{DCT2} \quad Y = -0,000x^2 + 0,159x + 0,600 \quad R^2 = 0,95 \quad (13)$$

$$\text{DCT3} \quad Y = -0,000x^2 + 0,140x + 0,325 \quad R^2 = 0,94 \quad (14)$$

$$\text{DCT4} \quad Y = -0,001x^2 + 0,196x - 0,133 \quad R^2 = 0,95 \quad (15)$$

$$\text{DCT5} \quad Y = -0,000x^2 + 0,170x - 0,023 \quad R^2 = 0,94 \quad (16)$$

$$\text{DCT6} \quad Y = -0,001x^2 + 0,199x - 0,067 \quad R^2 = 0,97 \quad (17)$$

$$\text{DCT7} \quad Y = -0,001x^2 + 0,192x - 0,222 \quad R^2 = 0,94 \quad (18)$$

$$\text{DCT8} \quad Y = -0,001x^2 + 0,2x + 0,019 \quad R^2 = 0,97 \quad (19)$$

Onde DC é o diâmetro caulinar.

### 5.3 Altura da Planta

O resumo da análise de variância dos dados de AP aos 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105 e 120 dias após a emergência, se encontra na Tabela 7. Constatou-se pelo teste F que houve diferença significativa a 1% de probabilidade em todas as etapas do ciclo fenológico.

Para o fator água os tratamentos que receberam esgoto sanitário tratado apresentaram um melhor desempenho com relação à variável altura da planta, após os 45 DAE. Valores estes estão de acordo com Ferreira (2003) estudando níveis crescentes de nitrogênio e águas residuárias e de abastecimento na irrigação do algodão cultivar BRS 187 8H, encontrou alturas médias em 120 dias após germinação (DAE) de 73,28 cm e 69,79 cm para esgoto sanitário tratado e abastecimento respectivamente.

Já para Lacerda (2005) estudando o comportamento do algodoeiro herbáceo frente as irrigações com esgoto sanitário, verificou que não houve influência significativa, para variável em tela, em nenhuma das fases do ciclo.

Nos tratamentos, o nitrogênio influenciou na altura da planta dos 30 DAE aos 120 DAE. A interação entre os dois fatores apresentou diferença significativa a 1% de probabilidade aos 45, 60, 75, 90 e 105 DAE. Nascimento (2014) estudando o crescimento e desenvolvimento do algodoeiro herbáceo cultivar BRS topázio irrigado com esgotos sanitários tratados verificou que a maior altura de planta foi observada no tratamento irrigado com esgoto sanitário tratado no reator UASB.

A quantidade de adubo que apresentou o melhor resultado para a variável altura da planta foi a dosagem de 40 kg de Nitrogênio por hectare, aplicada no tratamento 6. Ainda analisando os tratamentos é possível observar na Tabela 7 que aos 105 DAE, o tratamento 8 apresentou resultado semelhante ao tratamento 6.

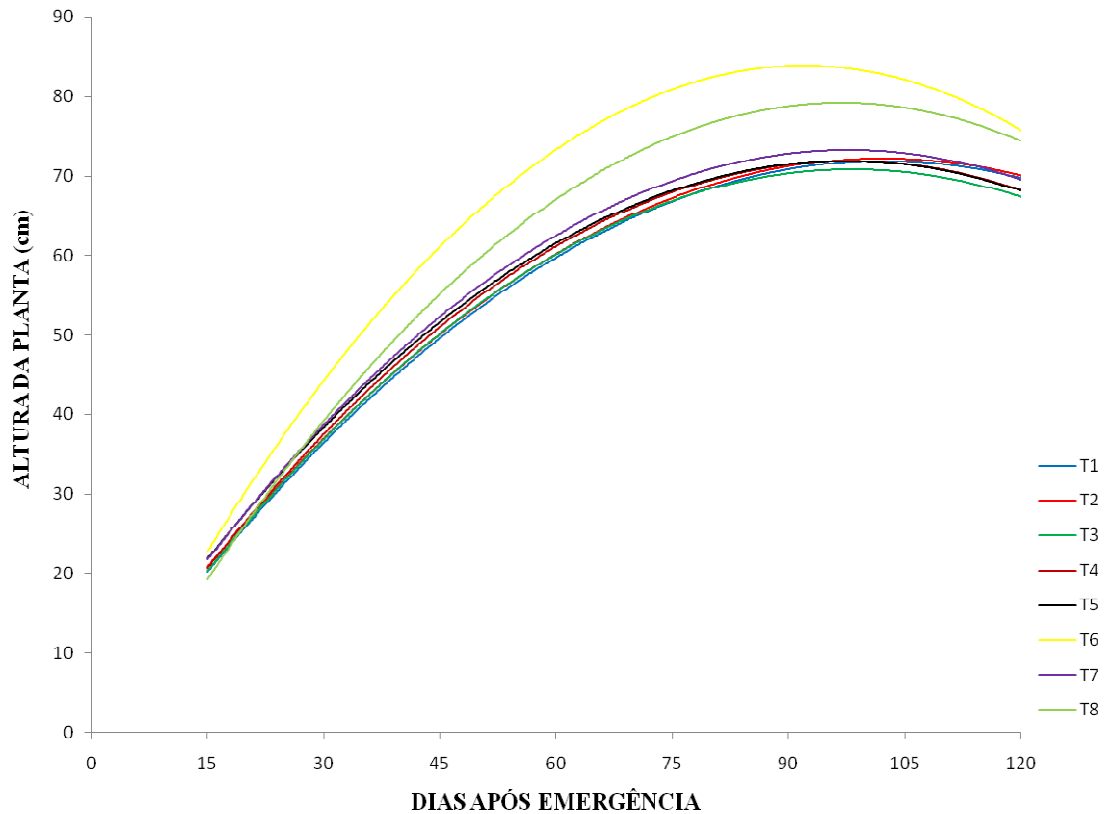
Depois vem o tratamento 7 com a dosagem de 60 kg de nitrogênio por hectare e água de poço.

**Tabela 7.** Análise de variância e médias para a AP (altura da planta) do algodão irrigado com esgoto sanitário tratado sob adubação nitrogenada.

Fonte de variação	Quadrado médio								
	GL	15 DAE	30 DAE	45 DAE	60 DAE	75 DAE	90 DAE	105 DAE	120 DAE
TRAT	7	2,94*	21,97**	40,57**	64,83**	78,85**	75,94**	71,50**	14,73**
NITR	3	3,81*	35,64**	46,77**	66,27**	78,70**	78,26**	67,16**	12,72**
A	1	3,37 <sup>ns</sup>	3,01 <sup>ns</sup>	48,16**	140,16**	165,37**	155,04**	140,16**	42,66**
NxA	3	1,93 <sup>ns</sup>	14,62 <sup>ns</sup>	31,83**	38,27**	50,15**	47,26**	52,94**	7,44 <sup>ns</sup>
Resíduo	16	0,95	5,26	1,95	2,12	2,16	2,37	4,45	2,70
Total	23								
<b>Tratamentos</b>									
T1		12,33 b	43,00 b	58,00 b	60,33 b	62,33 c	65,00 c	69,00 b	75,33 ab
T2		13,00 ab	43,00 b	58,66 b	61,00 b	63,00 c	65,66 c	68,00 b	76,33 ab
T3		13,33 ab	42,00 b	58,33 b	61,00 b	63,00 c	65,33 c	66,33 b	73,33 b
T4		13,00 ab	44,33 b	58,00 b	62,00 b	64,00 c	66,33 c	67,66 b	74,00 b
T5		13,33 ab	46,33 ab	59,33 b	61,66 b	63,66 c	66,33 c	67,66 b	74,00 b
T6		15,66 a	50,16 a	69,00 a	73,00 a	76,66 a	79,00 a	80,00 a	80,33 a
T7		13,66 ab	46,33 ab	59,33 b	63,00 b	65,00 c	67,66 c	69,66 b	75,00 ab
T8		14,00 ab	43,00 b	60,66 b	69,33 a	71,33 b	73,66 b	76,33 a	78,66 a
<b>Água</b>									
AP		13,16 a	44,41 a	58,75 b	61,40 b	63,50 b	66,08 b	68,16 b	74,41 b
EST		13,91 a	45,12 a	61,58 a	66,33 a	68,75 a	71,16 a	73,00 a	77,08 a

**Nota:** \* e \*\* significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente, ns = não significativo a 5% de probabilidade, GL = grau de liberdade; TRAT = tratamentos; NITR = nitrogênio; A = água; NxA = interação nitrogênio e água. Média seguida pela mesma letra, minúscula na coluna não diferem, pelo teste de tukey, 5% de probabilidade.

Alves et al. (2005), em casa de vegetação verificaram maior biomassa do algodão na dose 230 Kg.ha<sup>-1</sup> de nitrogênio. Melo et al. (1999), estudando algodão em casa de vegetação, verificaram os efeitos de quatro doses de nitrogênio (0, 50, 100 e 150 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio), tendo a maior matéria seca na dosagem de 100 kg.ha<sup>-1</sup>.



**Figura 4.** Altura da planta (AP) em função dos dias após a emergência da cultura de algodão irrigado com esgoto sanitário tratado e adubado com nitrogênio.

O ajuste dos pontos de altura de plantas para os tratamentos foi realizado através de equações polinomiais, como apresentado na Figura 5 e apresentam-se nas seguintes formas.

$$\text{APT1} \quad Y = -0,006x^2 + 1,398x + 0,554 \quad R^2 = 0,90 \quad (20)$$

$$\text{APT2} \quad Y = -0,006x^2 + 1,385x + 1,488 \quad R^2 = 0,89 \quad (21)$$

$$\text{APT3} \quad Y = -0,007x^2 + 1,434x + 0,436 \quad R^2 = 0,90 \quad (22)$$

$$\text{APT4} \quad Y = -0,007x^2 + 1,46x + 0,416 \quad R^2 = 0,90 \quad (23)$$

$$\text{APT5} \quad Y = -0,007x^2 + 1,433x + 1,994 \quad R^2 = 0,88 \quad (24)$$

$$\text{APT6} \quad Y = -0,010x^2 + 1,898x - 3,411 \quad R^2 = 0,93 \quad (25)$$

$$\text{APT7} \quad Y = -0,007x^2 + 1,470x + 1,368 \quad R^2 = 0,90 \quad (26)$$

$$\text{APT8} \quad Y = -0,008x^2 + 1,732x - 4,706 \quad R^2 = 0,95 \quad (27)$$

Onde AP é a altura da planta.

#### 5.4 Produção de algodão com semente

Na Tabela 8 são apresentados os resultados da análise de variância da produção de algodão com caroço. Nessa amostragem experimental da cultura algodoeira ficou constatado pelo teste F que os tratamentos irrigados com esgoto sanitário tratado e nitrogênio influenciaram significativamente a 1% de probabilidade.

**Tabela 8.** Análise de variância e médias para a produção do algodão irrigado com esgoto sanitário tratado sob adubação nitrogenada.

Fonte de variação	Quadrado médio	
	GL	
TRAT	7	72,07**
NITR	3	115,99**
A	1	136,66**
NxA	3	6,63 <sup>ns</sup>
Resíduo	16	2,05
Total	23	
<b>Tratamentos</b>		
T1		35,60 e
T2		39,62 de
T3		37,16 e
T4		44,50 bc
T5		43,23 cd
T6		48,60 a
T7		45,80 abc
T8		48,16 ab
<b>Água</b>		
AP		40,45 a
EST		45,22 b

\* e \*\* significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente, ns = não significativo a 5% de probabilidade, GL = grau de liberdade; TRAT = tratamentos; NITR = nitrogênio; A = água; NxA = interação nitrogênio e água. Média seguida pela mesma letra, minúscula na coluna não diferem, pelo teste de tukey, 5% de probabilidade.

Ainda observando as médias da Anova, percebe-se que todos fatores em relação à produção, apresentaram probabilidades significativas, porém a interação entres os fatores nitrogênio e água não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5%.

Para a variável o tratamento que apresentou os melhores resultados no experimento foi à dosagem de 40 kg de Nitrogênio por hectare, irrigado com água de reuso, esse fato pode ser observado no desdobramento da Tabela 8.

A média dos tratamentos irrigados com esgotos sanitários apresentou um resultado melhor para a variável produção em relação aos irrigados com água de poço (Tabela 8)

Fideles Filho et al. (2005) comprovaram que a produtividade do algodão irrigado com esgoto sanitário tratado foi superior ao irrigado com água de poço, com e sem adubação orgânica (húmus).

A produtividade do algodão irrigado com esgoto sanitário tratado superou o tratamento com irrigação com água de poço em 11,79%. Quando comparado com os tratamentos irrigados com água de esgotos e poço associada à adubação de 40 kg.ha<sup>-1</sup> foi na ordem de 12,42%. Ainda relacionado com a média dos tratamentos, T2 ficou com menor rendimento de fibra dos tratamentos irrigados com esgotos, porém sua produtividade situou-se 11,29% acima do T1, tratamento irrigado com água de poço.

A produtividade do tratamento 3 ficou abaixo da alcançada pelo tratamento 2, bem como, o tratamento 4 superou a produção do tratamento 5, o que fica evidente que nas condições oferecidas por esta amostra experimental, os esgotos sanitários tratados contribuem para redução do uso de adubação na cultura do algodão colorido.

Os resultados dos rendimentos do algodoeiro refletem os efeitos dos tratamentos sobre a área foliar com conseqüências sobre a eficiência fotossintética, capaz de promover diferenciações na produtividade, proporciona maiores acúmulos de açúcares, óleos e fibras nas estruturas reprodutivas do algodoeiro, culminando em maiores massas de capulho, refletindo no aumento de produtividade (AQUINO et al., 2012; BELTRÃO E AZEVEDO, 2008; SANTOS et al., 2012).

A superioridade na produtividade do algodão no tratamento 6 pode ser atribuída à disponibilidade dos nutrientes N, P, K e de matéria orgânica, em diferentes graus de intensidades, presentes na água de esgotos sanitários tratados em um reator UASBH, uma vez que a digestão anaeróbia preserva estes nutrientes (MOTA E VON SPERLING, 2009).

Alves, et al. (2009), verificou que na utilização de esgotos sanitários tratados em irrigação promoveu adequado crescimento e desenvolvimento do algodoeiro de fibras marrons.

Fica evidente, portanto, que a utilização de esgotos tratados pode promover uma produção acentuada sem disponibilizar custos adicionais com fertilizantes químicos e mão de obra (FIDELES FILHO et al., 2005).

## 6. CONCLUSÕES

1. Os efluentes sanitários tratados em reator UASBH e utilizados na irrigação do algodão herbáceo cultivar BRS topázio, promovem melhor crescimento e desenvolvimento da área foliar, diâmetro caulinar e altura da planta decorrente da concentração de nitrogênio e fósforo no efluente.
2. O algodão irrigado com esgoto sanitário apresenta alta produtividade o que evidencia a viabilidade do reuso da água de efluentes tratados na agricultura.
3. A dose de nitrogênio de  $40 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  associada a esgoto sanitário tratado favorece o melhor desenvolvimento das variáveis de crescimento do algodoeiro e sua produção.



## 8 REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ALVES, W. W. A.: **Fertirrigação com água residuária na cultura do algodão de fibra marrom**, 2006. Tese (Doutorado em Recursos Naturais) Centro de Tecnologia e Recursos naturais, Universidade Federal de Campina Grande, 2006.

ALVES, W. W. A.; DANTAS NETO, J.; ANDRADE, A. R. S.; MADEIROS, L. B.; AZEVEDO, C. A. V. de.; SANTOS, J. W.; BELTRÃO, N. E. M. Componentes da produção do algodão de fibra marrom irrigado com água residuária tratada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.9, p.207-211, 2005.

ALVES, W. W. A.; LACERDA, M. D.; SOUSA, R. M. de; MEDEIROS, L. B.; BARROS, A. D.; AZEVEDO, C. A. V.; NETO, J. D.; BELTRÃO, N. E. M. Biomassa da parte aérea do algodoeiro de fibra marrom irrigado com água residuária tratada e adubação nitrogenada. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 5., 2005, Salvador. **Algodão: uma fibra natural: anais**. Salvador: ABAPA, 2005.

ALVES, W. W. A. et al. Área foliar do algodoeiro irrigado com água residuária adubado com nitrogênio e fósforo. **Revista Verde**. Vol. 4 n. 1 p. 41 – 46, jan/mar Mossoró, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS PRODUTORES DE ALGODÃO. **Estatística: O algodão no mundo**. Disponível em: <<http://www.abrapa.com.br/estatisticas/Paginas/Algodao-no-Mundo.aspx>> Acesso em: 11/08/2014

AQUINO, L.A. de A.; AQUINO, R.F.B.A.; SILVA, T.C.; SANTOS, D.F. dos; BERGER, P.G. **Aplicação do fósforo e da irrigação na absorção e exportação de nutrientes pelo algodoeiro**. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.16, p.355-361, 2012. DOI: 10.1590/S1415-43662012000400004.

AZEVEDO, A. Q. de R. M. et al. **Características tecnológicas da fibra do algodão herbáceo sob efeito de adubação nitrogenada e irrigação com água residuária tratada**. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, (Suplemento) p. 202- 206, 2005.

BARROSO, L. B.; WOLFF, D. B. Reúso de esgoto sanitário na irrigação de culturas agrícolas. **Engenharia Ambiental**. Espírito Santo do Pinhal, v. 8, n. 3, p. 225-236, 2011.

FERREIRA, O. E.; BELTRÃO, N. E. de M.; KONIG, A. Efeitos da aplicação nitrogenada de água residuária e nitrogênio sobre o crescimento e produção do algodão herbáceo. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, v. 9, n. 1/3, p. 893-902, 2005.

BEZERRA, L. J. D. et al. **Análise de crescimento do algodão colorido sob os efeitos da aplicação de água residuária e biossólidos**. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, (Suplemento), p.333-338, 2005 Campina Grande, PB, DEAg/UFCG.

BELTRÃO, N. E. de M.; AZEVEDO, D. M. P. de (ed.). **O agronegócio do algodão no Brasil**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. 2 v., 1309 p.

BELTRÃO, N. E. de M. et al. Modificações no algodoeiro herbáceo super precoce sob influência do cloreto de mepiquat. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, v. 14, n. 1, p. 29-35, 2010.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8. ed. Viçosa: UFV, 2008. 625 p.

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

BEZERRA, L. J. D.; LIMA, V. L. A.; ANDRADE, A. R. S. de; ALVES, W. W.; AZEVEDO, C. A. V.; GUERRA, H. O. C. Análise de crescimento do algodão colorido sob os efeitos da aplicação de água residuária e biossólidos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, suplemento, p.333-338, 2005.

BRASIL. Resolução Conselho Nacional de Recursos Hídricos nº 54, de 28 de novembro de 2005 - Estabelece critérios gerais para reúso de água potável. Estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reúso direito não potável de água, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília – DF, março de 2006.

CARVALHO, C. de et al. **Anuário brasileiro do algodão 2012**. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz, 2012. 136 p.

CERQUEIRA, L. L.; FADIGAS, F. DE S.; PEREIRA, F. A.; GLOAGUEN, T. V.; COSTA, J. A. Desenvolvimento de *Heliconia psittacorum* e *Gladio lushortulanus* irrigados com águas residuárias tratadas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.12, p.606-613, 2008.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. [2013] **Acompanhamento da Safra Brasileira: Grãos**. Disponível em: [http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13\\_02\\_08\\_17\\_24\\_51\\_boletim\\_fevereiro\\_o\\_2013.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13_02_08_17_24_51_boletim_fevereiro_o_2013.pdf)> Acesso em 28/05/2014.

CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 4 & SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE OLEAGINOSAS ENERGÉTICAS, 1, 2010, João Pessoa. Inclusão Social e Energia: **Anais**. Campina grande: Embrapa Algodão, 2010. p. 341-347.

COSTA, F.X.; LIMA, V.L. de A.; BELTRÃO, N.E. de M.; AZEVEDO, C.A. de V.; SOARES, F.A.L.; ALVA, L.D. de. M. Efeitos residuais da aplicação de biossólidos e da irrigação com água residuária no crescimento do milho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, n.6, p.687–693, 2009.

CREA-PR. Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia do Paraná. **Uso e reúso da água**. 2010. (Série de Cadernos Técnicos da Agenda Parlamentar).

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

DUTRA, A. S.; MEDEIROS FILHO, S. Influência da pré-hidratação das sementes de algodão na resposta do teste de condutividade elétrica. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, v. 13, n. 2, p. 45-52, 2009.

EMBRAPA ALGODÃO. **Sistemas de Produção**, 3 - 2a. edição ISSN 1678-8710 Versão Eletrônica. Set/2006

FERRREIRA, O. E. **Efeito da aplicação de água residuária doméstica tratada e adubação nitrogenada na cultura do algodão herbáceo (*Gossypium hirsutum* L. r. *latifolium* Hutch.) e no meio edáfico**. Campina Grande, UFCG, 2003. 78p. (Dissertação de Mestrado).

- FERREIRA, O. E.; BELTRÃO, N. E. DE M.; KÖNIG, A. **Efeitos da aplicação de água residuária e nitrogênio sobre o crescimento e produção do algodão herbáceo.** Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas, v.9, p.893-902, 2005.
- FIDELES FILHO, J. et. al. **Comparação dos efeitos de água residuária e de poço no crescimento e desenvolvimento do algodoeiro.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.9, (Suplemento), p.328-332, 2005 Campina Grande, PB, DEAg/UFCG.
- FIDELES FILHO, J.; BELTRAO, N. E. de M. & PEREIRA, A. S.. **Desenvolvimento de uma régua para medidas de área foliar do algodoeiro.** Rev. bras. eng. agríc. ambient. [online]. 2010, vol.14, n.7, pp. 736-741. ISSN 1807-1929.
- FIGUEIREDO, A. M. F.; MELO, A. A.; AZEVEDO, C. A. V.; LIMA, V. L. A.; NETO, J. D.; PINHEIRO, I. F. S. **Crescimento e produção de algodão colorido com água residuária doméstica tratada e composto orgânico.** Revista Educação Agrícola Superior – ABEAS – v.27, n.1, p. 19- 24, 2012.
- FLORENCIO, L.; BASTOS, R. K. X.; AISSE, M. M. (coord.). **Tratamento e utilização de esgotos sanitários.** PROSAB. Rio de Janeiro: ABES, 2006. 427p.
- GONSIORKIEWISZ, J. P; CAPUANI, S; BRITO NETO; J. F.; BELTRÃO;N. E. M. FRANÇA F. V. Utilização da torta de mamona e de fontes de nitrogênio durante o crescimento inicial do algodão colorido. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 8.; COTTON EXPO, 1., 2011, São Paulo. **Evolução da cadeia para construção de um setor forte:** Anais. Campina Grande, PB: Embrapa Algodão, 2011. p.1242-1252.
- GRIMES, D.W. EL-ZIK, K.M. **Cotton.** In: Stewart, B.A.; Nielsen, D.R. Irrigation of agricultural crops. Wisconsin: ASA, 1990. p.741-773. Serie Agronomy, 30
- 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.
- HOLANDA, A. **Biodiesel e inclusão social. Brasília:** Câmara dos Deputados, Coordenação de Publicações, 2004. 200p. Serie Cadernos de altos estudos, n. 1.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades.** Site que trás uma série de informações sobre os municípios brasileiros. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>>. Acesso em 29/03/2014.
- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. 2014. **Dados climáticos da Estação de Campina Grande.** Ano 2014. Bancos de dados do instituto nacional de meteorologia. Disponível em:< <http://www.inmet.gov.br/>> acesso em: 15 ago. 2014.
- JACOMINE, P. K. T. A nova classificação brasileira de solos. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agronômica.** Recife, vols. 5 e 6, p.161-179, 2009.
- LACERDA, M. D. **Irrigação do algodoeiro com água residuária tratada e doses de nitrogênio: efeitos sobre a cultura e o meio edáfico.** Dissertação (Mestrado). UFCG, CCT, DEAg Campina Grande: UFCG, 2005.
- LARA CABEZAS, W. A. R.; YAMADA, T. **Uréia aplicada na superfície do solo: um péssimo negócio!** **Informações Agronômicas,** n. 86, p. 9-10, jun., 1999.
- LIMA, M. M. de et al. **Nitrogênio e promotor de crescimento: efeitos no crescimento e desenvolvimento do algodão colorido verde.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 10, n. 3, p. 624-628. 2006.

- LIMA, J. C. R. **Crescimento e desenvolvimento do gergelim BRS Seda irrigado com níveis de água residuária e de abastecimento**. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental), Centro de Ciências e Tecnologias, Universidade Estadual da Paraíba, 2011.
- LOKA, D.A.; OOSTERHUIS, D.M. Effect of high night temperatures on cotton respiration, ATP levels and carbohydrate content. **Environmental and Experimental Botany** 68 (2010) 258–263 pg. doi:10.1016/j.envexpbot.2010.01.006
- MALAVOLTA, E. **Manual de química agrícola: adubos e adubações**. São Paulo: Ceres, 3ª Edição, 1981. 596p.
- MELO, R. F. de.; MIGUEL, A. A.; SILVA, M. R. M.; OLIVEIRA, F. A. de O.; ALVES, W. W. de. A. Efeito da adubação nitrogenada e de níveis de água disponível no solo sobre a produção de matéria seca e demanda do algodoeiro herbáceo. In: II CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, pág. 418-420. Ribeirão Preto, SP, 05 a 10 de setembro de 1999.
- MOTA, S. B.; VON SPERLING, M. (coord.) **Nutrientes de esgoto sanitário: utilização e remoção**. PROSAB. Rio de Janeiro: ABES, 2009. 428p
- NASCIMENTO, J. S. dos. **Avaliação do crescimento, desenvolvimento e produção do algodão irrigado com água de esgotos sanitários tratados**. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental) - Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2014.
- NEVES, O. S. C.; CARVALHO, J. G.; MARTINS, F. A. D.; PÁDUA, T. R. P. de; PINHO, P. J. de. Uso do SPAD-502 na avaliação dos teores de clorofila, nitrogênio, enxofre, ferro e manganês do algodoeiro herbáceo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 40, n. 5, p. 517-521, 2005.
- OLIVEIRA, P. G. F. de.; MOREIRA, O. da. C.; BRANCO, L. M. C.; COSTA, R. N. T.; DIAS, C. N. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, n.2, p.153–158, 2012.
- REGO, J. de. L.; OLIVEIRA, E. L. L. de ; CHAVES, A. F; ARAÚJO, A. N. B; BEZERRA, F. M. L; SANTOS, A. B. dos., MOTA, S. Uso de esgoto doméstico tratadona irrigação da cultura da melancia. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.9, (Suplemento), p.155-159, 2005.
- RIBEIRO, M. C. de. F.; ROCHA, F. A.; SANTOS, A. C. dos.; SILVA, J. O. da.; PEIXOTO, M. de. F. S. P.; PAZ, V. P. da. S. Crescimento e produtividade da mamoneira irrigada com diferentes diluições de esgoto doméstico tratado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, n.6, p.639–646, 2012.
- SANTOS, F. C. dos; ALBUQUERQUE FILHO, M. R. de; NOVAIS, R. F. de; FERREIRA, G. B.; CARVALHO, M. C. S.; SILVA FILHO, J. L. **Fontes, doses e formas de aplicação de fósforo para o algodoeiro no cerrado da Bahia**. *Revista Ceres*, v. 59, n. 4, p. 537-543, 2012.
- SANTOS, K. D.; HENRIQUE, I. N.; SOUSA, J. T. de.; LEITE, V. D. Utilização de esgoto tratado na fertirrigação agrícola. **Revista de biologia e ciências da terra**, n.1, (Suplemento especial) 2006.

SILVA, I.P.F; JUNIOR, J.F.S.; ARALDI, R.1; TANAKA, A.A.; GIROTTO, M.; BOSQUÊ, G.G.; LIMA, F.C.C. Estudo das fases fenológicas do algodão. **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**. n. 20, p. 1-10, 2011.

SINGH, R. P., PRASAD, P. V. V., SUNITA, K., GIRI, S. N , Red y K. R Influence of high temperature and Breeding for heat tolerance in Cotton: a review. **Advances in Agronomy**, Volume 93. 313–385p, 2007.

SOARES, S.P.S. **Estudo sobre o tratamento anaeróbio de águas residuais urbanas em reator de leito de lamas de fluxo ascendente em escala piloto**, 2014. 93p. Dissertação (mestrado integrado em engenharia do ambiente). Universidade do Porto. 2014.

SOUZA, R. M. de.; NOBRE, R. G.; GHEYI, H. R.; DIAS, N. da. S.; SOARES, F. A. L. Utilização de água residuária e de adubação orgânica no cultivo do girassol. **Revista Caatinga**, v.23, p.125-133, 2010.

SOUSA NETO, O. N.; ANDRADE FIHO, J.; DIAS, N. S. de.; REBOUÇAS, J. R. L.; OLIVEIRA, F. R. A. de.; DINIZ, A. A. Fertirrigação do algodoeiro utilizando efluente doméstico tratado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, n.2, p.200–208, 2012.

SOUSA JUNIOR, S. P., Beltrão, N. D. M., SILVA, M. D., PEREIRA, J., & SOARES, F. (2009). A L.; ARAÚJO, E. P.; LIMA, FV: **Análise do Crescimento do Algodoeiro Herbáceo cv. BRS Rubi sob Cultivo Agroecológico Irrigado**. In Congresso Brasileiro do Algodão (pp. 43-49).

SOUZA, J. T. et al. Tratamento de esgoto para uso na agricultura do semi-árido nordestino. **Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental**. Paraíba, v. 10, n. 3, p.260-265, 22 ago. 2005.

VARALLO, A. C. T., SOUZA, C. F., SANTORO, B. de. L. Mudanças nas características físico-químicas de um latossolo vermelho-amarelo distrófico após a irrigação com água de reúso na cultura da alface-crespa (*Lactuca sativa*, L.) **Eng. Agríc., Jaboticabal**, v.32, n.2, p.271-279, mar./abr. 2012.

VON SPERLING, M. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias**. 3.ed. Belo Horizonte: UFMG, v.1, 2011. 452p.

WANG, Q., YING, T., JIANG, T., YANG, D., JAHANGIR, M.M. 2011. Demineralization of soybean oligosaccharides extract from sweet slurry by conventional electrodialysis. **Journal of Food Engineering**. 95, 410-415.