

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE ENGENHARIA  
CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA**

**MIRELLA DOS SANTOS PEREIRA**

**LIXIVIAÇÃO DE AMÔNIO E NITRATO EM UM LATOSSOLO  
VERMELHO DISTRÓFICO CULTIVADO COM ALGODOEIRO  
(*Gossypium hirsutum* L. var. *latifolium* Hutch) EM FUNÇÃO DE DOSES E  
FONTES DE NITROGENIO EM SISTEMAS IRRIGADO E NÃO  
IRRIGADO**

**Ilha Solteira**

**2018**



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"  
Campus de Ilha Solteira

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**MIRELLA DOS SANTOS PEREIRA**

**LIXIVIAÇÃO DE AMÔNIO E NITRATO EM UM LATOSSOLO  
VERMELHO DISTRÓFICO CULTIVADO COM ALGODOEIRO  
(*Gossypium hirsutum* L. var. *latifolium* Hutch) EM FUNÇÃO DE DOSES E  
FONTES DE NITROGENIO EM SISTEMAS IRRIGADO E NÃO  
IRRIGADO**

Dissertação apresentada a Faculdade de Engenharia, UNESP – Campus de Ilha Solteira como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Agronomia.  
Especialidade: Sistemas de Produção  
**Orientador:** Prof. Dr. Enes Furlani Júnior

Ilha Solteira

2018

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

P436l Pereira, Mirella dos Santos.  
Lixiviação de amônio e nitrato em um latossolo vermelho distrófico cultivado com algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L. var. latifolium Hutch) em função de doses e fontes de nitrogenio em sistemas irrigado e não irrigado. / Mirella dos Santos Pereira. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2018  
57 f. : il.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Especialidade: Sistemas de Produção, 2018

Orientador: Enes Furlani Júnior  
Inclui bibliografia

1. *Gossypium hirsutum*. 2. Nitrato de amônio. 3. Ureia. 4. Adubação.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Ilha Solteira

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO:


AUTORA: MIRELLA DOS SANTOS PEREIRA

ORIENTADOR: ENES FURLANI JUNIOR

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em AGRONOMIA,  
especialidade: SISTEMAS DE PRODUÇÃO pela Comissão Examinadora:

  
Prof. Dr. ENES FURLANI JUNIOR  
Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio-Economia / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

  
Prof. Dr. MARCO EUSTAQUIO DE SÁ  
Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio Economia / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

  
Prof. Dr. SAMUEL FERRARI  
Departamento de Agronomia / Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas de Dracena

Ilha Solteira, 01 de março de 2018.

### **Dedico...**

Aos meus pais Juraci Antônio Pereira e Lurdes Aparecida dos Santos Pereira, os quais foram meu porto seguro em todos os momentos da minha vida e desde o início deste trabalho até o momento da sua conclusão, me apoiando e dando força para seguir na luta com os meus objetivos, não poupando esforços para me dar a oportunidade de estudar sempre, mesmo que passamos por situações difíceis de grandes provações neste período, tornando o sonho deles realizados, de me estudar.

### **Ofereço...**

Ao meu querido irmão Gabriel dos Santos Pereira, que mesmo muito jovem sempre está ao meu lado, torcendo pelo meu sucesso, me dando todo apoio e completando a minha base familiar necessária.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus por conduzir neste trabalho, em cada momento e cada linha escrita, por sempre me guiar, fortalecer nos momentos de fraqueza e por todas as bênçãos concedidas em minha vida. A Nossa Senhora Aparecida e São João Bosco, meus fies devotos nesta minha caminhada profissional, por me iluminarem e me manter firme diante das dificuldades, sempre com muita saúde.

Ao Professor Dr. Enes Furlani Junior por esses anos de acompanhamento, sua valiosa orientação, aconselhamentos, paciência na condução deste trabalho e pela amizade que tem me proporcionado, uma das pessoas mais excepcionais que já pude conhecer, contribuindo muito no meu amadurecimento e crescimento profissionalmente.

Ao meu grande amigo e parceiro de trabalho Carlos Vinícius, desde o início desta caminhada juntos, dividindo alegrias, tristezas, amadurecimentos, conversas, momentos de descontração e toda a ajuda no desenvolvimento do experimento e dessa dissertação, sua contribuição foi essencial para realização desse trabalho.

Aos companheiros de trabalho Luiz Paulo Penna, Amanda Paixão, Jailson Vieira, Marcelo Bissoli, Simone Silva Hiraki, Luiz Henrique e todos os outros que participaram do desenvolvimento deste trabalho.

A cada amigo que fez parte desta fase acadêmica, se eternizaram em minha vida.

A todos os meus amigos de Monte Aprazível da vida e aos que fiz em Ilha Solteira, desde quando cheguei aqui.

A todos os docentes desta instituição que compartilhou de seus valiosos ensinamentos nas disciplinas realizadas durante essa fase acadêmica e pela amizade construída.

A todos os funcionários da FEPE, onde sempre prontos para me auxiliar na condução do meu experimento.

A Faculdade de Engenharia, campus de Ilha Solteira, por proporcionar excelentes condições de aprendizado e a todos os servidores que contribuíram diretamente ou indiretamente para a conclusão desse trabalho.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES pelo suporte financeiro.

“Arrisque-se! Toda vida é um risco. O homem que vai mais longe é geralmente aquele que está disposto a fazer e ousar. O barco da segurança nunca vai muito além da margem”

(Dale Carnegie).

## RESUMO

O N é um dos elementos mais dinâmicos no solo, conforme sua transformação no meio. A lixiviação de nitrato e do amônio no solo é considerada a principal perda do N disponível às plantas, quanto maior for a aplicação deste elemento no solo, maior será o potencial de poluição do solo e da água. Objetivou-se, neste trabalho, avaliar a lixiviação de amônio e nitrato em um Latossolo Vermelho em diferentes profundidades do solo, em função de doses e fontes de N distintas, em sistemas irrigado e não irrigado nas condições de campo. O experimento foi conduzido no ano agrícola 2014/15, na área experimental da fazenda de ensino, pesquisa e extensão, localizada no município de Selvíria-MS. Utilizou-se o delineamento em blocos casualizados, com 20 tratamentos dispostos em fatorial 5x2x2, com 4 repetições. Aplicou-se 5 doses de nitrogênio (0 (testemunha); 25; 50; 100 e 150 kg de N ha<sup>-1</sup>), as fontes de N utilizadas foram: nitrato de amônio e a ureia, aplicados em uma única adubação de cobertura via solo aos 45 dias após a emergência. As amostras de solo colhidas foram analisadas em laboratório, para a determinação da concentração da lixiviação do NO<sub>3</sub><sup>-</sup> e do NH<sub>4</sub><sup>+</sup> no solo. Avaliou-se os parâmetros de crescimento, estado nutricional e da produtividade do algodoeiro durante seu ciclo. Os resultados permitiram concluir que o sistema irrigado foi o que propiciou maior lixiviação dos teores de nitrato e amônio nas profundidades de 0 a 0,8 m do solo e o sistema não irrigado foi o que apresentou maior concentração. A profundidade de 0,4 – 0,6 m foi a que constatou a maior acumulação desses nutrientes no solo.

**Palavras-chave:** *Gossypium hirsutum*. Nitrato de amônio. Ureia. Adubação.



## ABSTRACT

The N is one of the most dynamic elements in the soil, according to its transformation in the environment. The leaching of nitrate and ammonium in the soil is considered the main loss of the N available to the plants, the greater the application of this element in the soil, the greater the pollution potential of soil and water. The objective of this work was to evaluate the leaching of ammonium and nitrate in a Red Latosol in different depths of the soil, as a function of different N sources and sources, in irrigated and non-irrigated systems under field conditions. The experiment was conducted in the agricultural year 2014/15, in the experimental area of the teaching, research and extension farm, located in the municipality of Selvíria, Brasil state of mato grosso do sul. A randomized complete block design was used, with 20 treatments arranged in 5x2x2 factorial, with 4 replications. Five nitrogen doses (0 (control), 25, 50, 100 and 150 kg of N ha<sup>-1</sup>) were applied, the N sources used were: ammonium nitrate and urea, applied in a single cover fertilization only at 45 after the emergency. The soil samples collected were analyzed in the laboratory for the determination of the leaching concentration of NO<sub>3</sub><sup>-</sup> and NH<sub>4</sub><sup>+</sup> in the soil. The parameters of growth, nutritional status and yield of cotton during its cycle were evaluated. The results allowed to conclude that the irrigated system provided the highest leaching of the nitrate and ammonium contents in the 0 to 0,8 m depths of the soil and the non irrigated system presented the higher concentration. The depth of 0,4 – 0,6 m showed the greatest accumulation of these nutrients in the soil.

**Keyword:** *Gossypium hirsutum*. Ammonium nitrate. Urea. Fertilization.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b>	- Sistema irrigado por aspersão convencional utilizado no experimento instalado na área experimental da Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, localizada no município de Selvíria-MS, ano agrícola 2014/15.....	24
<b>Figura 2</b>	- Coleta das amostragens do solo do experimento. Selvíria-MS, ano agrícola 2014/15.....	26
<b>Figura 3</b>	Determinação do nitrato e do amônio pelo método de destilação a vapor método de Kjeldahl.....	29
<b>Figura 4</b>	Temperatura média mensal e precipitação para a safra de 2014/15 na área experimental, Selvíria – MS, 2015.....	30

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b>	- Características químicas iniciais do solo da área experimental nas profundidades de 0 - 0,20 m, 0,20 - 0,40 m, 0,40 - 0,60 m e 0,60 - 0,80 m, no ano agrícola 2014/15. Selvíria-MS.....	22
<b>Tabela 2</b>	- Valor de $p > F$ , médias e testes de regressão para altura (m) do algodoeiro cultivar FM 975WS <sup>®</sup> aos 60, 90 e 120 DAE, em função de fontes e doses de N, em sistemas irrigado e não irrigado, na safra 2014/15. Selvíria-MS.....	32
<b>Tabela 3</b>	- Desdobramento da interação sistema não irrigado e irrigado x fontes de N referente à altura (m) do algodoeiro cultivar FM 975WS <sup>®</sup> 60 DAE, em função de fontes e doses de N, em sistemas irrigado e não irrigado, na safra 2014/15. Selvíria-MS.....	32
<b>Tabela 4</b>	- Desdobramento da interação sistema não irrigado e irrigado x fontes de N referente à altura (m) do algodoeiro cultivar FM 975WS <sup>®</sup> 90 DAE, em função de fontes e doses de N, em sistemas irrigado e não irrigado, na safra 2014/15. Selvíria-MS.....	33
<b>Tabela 5</b>	- Desdobramento da interação sistema não irrigado e irrigado x fontes de N referente à altura (m) do algodoeiro cultivar FM 975WS <sup>®</sup> 120 DAE, em função de fontes e doses de N, em sistemas irrigado e não irrigado, na safra 2014/15. Selvíria-MS.....	33
<b>Tabela 6</b>	- Desdobramento da interação doses de N x sistema não irrigado e irrigado referente à altura (m) do algodoeiro cultivar FM 975WS <sup>®</sup> 90 DAE, em função de fontes e doses de N, em sistemas irrigado e não irrigado, na safra 2014/15. Selvíria-MS.....	34
<b>Tabela 7</b>	- Desdobramento da interação doses de N x sistema não irrigado e irrigado referente à altura (m) do algodoeiro cultivar FM 975WS <sup>®</sup> 120 DAE, em função de fontes e doses de N, em sistemas irrigado e não irrigado, na safra 2014/15. Selvíria-MS.....	35
<b>Tabela 8</b>	- Desdobramento da interação doses de N x fontes de N referente à altura (m) do algodoeiro cultivar FM 975WS <sup>®</sup> 60 DAE, em função de fontes e doses de N, em sistemas irrigado e não irrigado, na safra 2014/15. Selvíria-MS.....	36
<b>Tabela 9</b>	- Desdobramento da interação doses de N x fontes de N referente à altura (m) do algodoeiro cultivar FM 975WS <sup>®</sup> 120 DAE, em função de fontes e doses de N, em sistemas irrigado e não irrigado, na safra 2014/15. Selvíria-MS.....	36
<b>Tabela 10</b>	- Desdobramento da interação sistema não irrigado e irrigado x fontes	37

	de N x doses de N referente à altura (m) do algodoeiro cultivar FM 975WS <sup>®</sup> 60 DAE, em função de fontes e doses de N, em sistemas irrigado e não irrigado, na safra 2014/15. Selvíria-MS.....	
<b>Tabela 11</b>	- Desdobramento da interação sistema não irrigado e irrigado x fontes de N x doses de N referente à altura (m) do algodoeiro cultivar FM 975WS <sup>®</sup> 90 DAE, em função de fontes e doses de N, em sistemas irrigado e não irrigado, na safra 2014/15. Selvíria-MS.....	38
<b>Tabela 12</b>	- Valor de p>F, médias e testes de regressão para diâmetro do caule (mm) do algodoeiro cultivar FM 975WS <sup>®</sup> aos 60, 90 e 120 DAE, em função de fontes e doses de N, em sistemas irrigado e não irrigado, na safra 2014/15. Selvíria-MS.....	39
<b>Tabela 13</b>	- Desdobramento da interação sistema não irrigado e irrigado x fontes de N referente ao diâmetro do caule (mm) do algodoeiro cultivar FM 975WS <sup>®</sup> 120 DAE, em função de fontes e doses de N, em sistemas irrigado e não irrigado, na safra 2014/15. Selvíria-MS.....	39
<b>Tabela 14</b>	- Valor de p>F, médias e testes de regressão para o índice SPAD (unidade) do algodoeiro cultivar FM 975WS <sup>®</sup> aos 60, 90 e 120 DAE, em função de fontes e doses de N, em sistemas irrigado e não irrigado, na safra 2014/15. Selvíria-MS.....	40
<b>Tabela 15</b>	- Desdobramento da interação sistema não irrigado e irrigado x fontes de N referente ao índice Spad (unidade) do algodoeiro cultivar FM 975WS <sup>®</sup> 60 DAE, em função de fontes e doses de N, em sistemas irrigado e não irrigado, na safra 2014/15. Selvíria-MS.....	41
<b>Tabela 16</b>	- Valor de p>F, médias e testes de regressão para teor de macronutrientes (g/kg de matéria seca) do algodoeiro cultivar FM 975WS <sup>®</sup> aos 70 DAE, em função de fontes e doses de N, em sistemas irrigado e não irrigado, na safra 2014/15. Selvíria-MS.....	42
<b>Tabela 17</b>	- Valor de p>F, médias e testes de regressão para teor de micronutrientes (g/kg de matéria seca) do algodoeiro cultivar FM 975WS <sup>®</sup> aos 70 DAE, em função de fontes e doses de N, em sistemas irrigado e não irrigado, na safra 2014/15. Selvíria-MS.....	43
<b>Tabela 18</b>	- Valor de p>F, médias e testes de regressão para massa de 20 capulhos (g), massa de 100 sementes (g), rendimento de fibra (%) e produtividade de algodão em caroço (kg ha <sup>-1</sup> ) do algodoeiro cultivar FM 975WS <sup>®</sup> em função de doses de N em sistemas irrigado e não irrigado, na safra 2014/15. Selvíria-MS.....	44
<b>Tabela 19</b>	- Valor de p>F, médias e testes de regressão para o teor de nitrato NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> e do amônio NH <sub>4</sub> (mg kg) das amostragens dos solos, nas profundidades de 0 – 0,20, 0,20 – 0,40, 0,40- 0,60 e 0,60 – 0,80 (m), em função de fontes e doses de N, em sistemas irrigado e não irrigado, na safra 2014/15. Selvíria-MS.....	46
<b>Tabela 20</b>	- Desdobramento da interação sistema não irrigado e irrigado x doses de N para o teor de nitrato NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg kg) da amostragem do solo, na	47

	profundidade de 0 – 0,20 m, em função de fontes e doses de N, em sistemas irrigado e não irrigado, na safra 2014/15. Selvíria-MS.....	
<b>Tabela 21</b>	- Desdobramento da interação sistema não irrigado e irrigado x fontes de N para o teor de nitrato $\text{NO}_3^-$ (mg kg) da amostragem do solo, na profundidade de 0,20 – 0,40 m, em função de fontes e doses de N, em sistemas irrigado e não irrigado, na safra 2014/15. Selvíria-MS.....	48
<b>Tabela 22</b>	- Desdobramento da interação sistema não irrigado e irrigado x doses de N para o teor do amônio $\text{NH}_4^+$ (mg kg) da amostragem do solo, na profundidade de 0,40 - 0,60 m, em função de fontes e doses de N, em sistemas irrigado e não irrigado, na safra 2014/15. Selvíria-MS.....	49

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>13</b>
<b>2</b>	<b>HIPÓTESE E OBJETIVO DO TRABALHO.....</b>	<b>15</b>
<b>3</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>16</b>
3.1	A CULTURA DO ALGODÃO.....	16
3.2	ADUBAÇÃO NITROGENADA NA CULTURA DO ALGODÃO.....	17
3.3	IRRIGAÇÃO NA CULTURA DO ALGODOEIRO.....	18
3.4	LIXIVIAÇÃO DE NITROGÊNIO NO SOLO.....	19
<b>4</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>22</b>
4.1	LOCALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO.....	22
4.2	CARACTERÍSTICAS DO SOLO.....	22
4.3	DESENVOLVIMENTO DO EXPERIMENTO E TRATOS CULTURAIS...	23
<b>4.3.1</b>	<b>Delineamento experimental e tratamentos.....</b>	<b>23</b>
<b>4.3.2</b>	<b>Instalação do experimento.....</b>	<b>23</b>
<b>4.3.3</b>	<b>Regulador de crescimento.....</b>	<b>24</b>
<b>4.3.4</b>	<b>Controle fitossanitário.....</b>	<b>25</b>
<b>4.3.5</b>	<b>Colheita.....</b>	<b>25</b>
<b>4.3.6</b>	<b>Coleta das amostragens do solo.....</b>	<b>25</b>
4.4	VARIAVEIS ANALISADAS.....	26
<b>4.4.1</b>	<b>Avaliações biométricas em campo.....</b>	<b>26</b>
<b>4.4.2</b>	<b>Determinação de macro e micronutrientes no tecido vegetal.....</b>	<b>26</b>
<b>4.4.3</b>	<b>Avaliações dos componentes da produção do algodoeiro em campo.....</b>	<b>27</b>
<b>4.4.4</b>	<b>Leitura Spad.....</b>	<b>27</b>
<b>4.4.5</b>	<b>Determinação do nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) e amônio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) .....</b>	<b>28</b>
4.5	ANÁLISE DOS DADOS.....	29
<b>5</b>	<b>DADOS CLIMÁTICOS.....</b>	<b>30</b>
<b>6</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>31</b>
<b>7</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>50</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>51</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O algodoeiro é considerado uma das plantas de mais completo aproveitamento, pois produz uma das mais importantes fibras têxteis do mundo e oferece variados produtos de utilidade com grande relevância na economia brasileira e mundial, figurando entre as dez maiores fontes de riqueza do agronegócio do Brasil (COSTA et al., 2005). Segundo Salvatierra (2008) a espécie de algodoeiro herbáceo (*Gossypium hirsutum* L. var. *latifolium* Hutch) é a mais cultivada mundialmente, por apresentar grande capacidade adaptativa a diferentes ambientes.

De acordo com os dados da Abrapa (2016) o algodoeiro é cultivado em mais de 60 países, nos cinco continentes, sendo que China, Índia, Estados Unidos, Paquistão e Brasil são os principais países produtores da fibra. O comércio mundial do algodão movimenta anualmente cerca de US\$ 12 bilhões envolvendo mais de 350 milhões de pessoas ao longo de toda a cadeia de produção, desde as fazendas até a logística, o descaroçamento, o processamento e a embalagem.

Em relação as exigências de nutrientes pelas cultivares, deve-se salientar a importância do N, que é o nutriente mais extraído pelo algodoeiro e tem papel fundamental para o crescimento e desenvolvimento da planta, produção de maçãs, produtividade e qualidade das fibras (PERSEGIL, 2012). O N apresenta alta absorção e está intimamente ligado a funcionalidade bioquímica e fisiológica das plantas, porém há baixa disponibilidade desse nutriente nos solos brasileiros (BELTRÃO, 1999).

A ureia (45% de N) é o principal fertilizante sólido no mercado mundial. No Brasil, este produto responde por cerca de 60% dos fertilizantes nitrogenados comercializados, havendo clara preferência da indústria pela fabricação de ureia, em comparação com outras fontes sólidas de N, em função do menor custo e maior facilidade de produção (CANTARELLA; MARCELINO, 2008). O nitrato de amônio (32% de N) é menos utilizado do que a ureia, pois apresenta um custo mais elevado; porém seu uso pode ser interessante em alguns casos de aplicação superficial (YANO et al., 2005).

A cultura do algodão requer, durante seu ciclo de vida, entre 650 e 900 mm de água. A demanda hídrica depende das práticas culturais, da disponibilidade de água no solo, da cultivar e da demanda evapotranspirométrica (BEZERRA et al., 2010). Os maiores problemas em potencial de lixiviação de nitrato estão em áreas de cultivo intensivo agrícola e áreas irrigadas. A exploração intensiva destas áreas com elevadas doses por adubação nitrogenada

apresenta grandes riscos de desequilíbrio ambiental com poluição por  $\text{NO}_3^-$  (JADOSKI et al., 2010).

Normalmente, menos de 50 % do N aplicado sob a forma de fertilizante é utilizado pelas culturas. As perdas no solo são devidas aos inúmeros processos aos qual o N está sujeito. A lixiviação de  $\text{NO}_3^-$  é considerada a principal perda do N disponível às plantas sendo, necessário avaliar o manejo do N em sistemas agrícolas devidos os riscos ambientais (AMADO et al., 2002). O  $\text{NO}_3^-$  no solo é perdido por fatores como sistema de preparo do solo, tipo de solo e forma de aplicação dos fertilizantes nitrogenados, o fluxo de água pode influenciar quanto à concentração de nitrato na solução do solo (SANGOI, 2003).



## **2 HIPÓTESE E OBJETIVO DO TRABALHO**

Existem diferenças na lixiviação do N em função dos sistemas de produção adotados para a cultura do algodoeiro, fontes e doses de N. Diante do exposto, objetivou-se verificar os efeitos e causas da lixiviação do N em um Latossolo Vermelho Distrófico nas condições de campo, em sistemas de produção com irrigação e sem irrigação, utilizando fontes e doses de N distintas e avaliar o desenvolvimento da cultura do algodoeiro.

### 3 REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1 A CULTURA DO ALGODÃO

O algodão é uma planta ereta, anual ou perene, dotada de raiz principal cônica, pivotante, profunda, e com pequeno número de raízes secundárias grossas e superficiais. O caule herbáceo ou lenhoso tem altura variável sendo dotado de ramos vegetativos e ramos frutíferos. As folhas são pecioladas, geralmente cordiformes, de consistência coriácea ou não é inteira ou recortada. As flores são hermafroditas, axilares, isoladas ou não, (BAHIA, 2006).

No mundo, são cultivados, anualmente, aproximadamente 35 milhões de hectares e desde a década de 1950 a demanda mundial têm aumentado constantemente com um crescimento médio anual de 2%. Segundo dados da Conab para a safra 2015/16, no Brasil a área cultivada foi de aproximadamente 960 mil hectares, apresentando produtividade aproximada de 3.475,4 mil toneladas de algodão em caroço. A safra 2016/17 brasileira de algodão foi estimada em 938,8 mil hectares, 1,7% menor que o ocorrido no exercício passado, foi influenciada pelo quadro de oferta e demanda interno mais ajustado, comparando-se com os elevados custos de produção da lavoura. Apesar desses números, o bom desenvolvimento do clima nos principais estados produtores, possibilitaram um incremento na produção, atingindo 3.723,8 mil toneladas de algodão em caroço (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB, 2017).

O algodoeiro apresenta metabolismo fotossintético do tipo C3, com elevada taxa de fotorrespiração, dependendo de fatores ambientais como luminosidade e temperatura, a planta de algodão apresenta elevada complexidade morfológica e fisiológica (RAVEN et al, 2001; TAIZ; ZEIGER, 2013). As mudanças na quantidade e qualidade de luz prejudicam a fotossíntese, estimulando a fotorrespiração, assim, reduzindo a fotossíntese líquida (BARCELOS et al., 2016). O algodão também é dono de uma plasticidade fenotípica adequando-se aos mais variados ambientes que requeiram qualidades ideais de clima e solo onde quanto mais próximo do limiar ideal maiores resultados serão refletidos em produtividade da cultura (BELTRÃO et al., 1994).

### 3.2 ADUBAÇÃO NITROGENADA NA CULTURA DO ALGODÃO

Na atmosfera, o nitrogênio representa 78% do volume molecular ( $N_2$ ), porém não disponível diretamente aos organismos vivos. No sistema solo-planta o nitrogênio pode ser inserido por fixação biológica, deposições atmosféricas, adubações químicas e orgânicas (CANTARELLA et al., 2007; TAIZ; ZEIGER, 2013).

O nitrogênio está presente na composição de importantes biomoléculas como ATP (adenosina trifosfato), NADH (nicotinamida adenina dinucleotídeo), NADPH (nicotinamida adenina dinucleotídeo fosfato), clorofila, proteínas e enzimas, promovendo aceleração do crescimento. É o nutriente extraído em maior quantidade pelas culturas, entretanto, quando aplicado em quantidades excessivas em algodoeiro, favorece o crescimento vegetativo, prolongando o ciclo e apodrecimento das maçãs no “baixeiro” (KANEKO et al., 2014). A deficiência de nitrogênio inibe o crescimento das plantas, com clorose (amarelecimento) nas folhas mais velhas. Por possuir alta mobilidade na planta, as folhas mais jovens podem não apresentar inicialmente os sintomas visuais (TAIZ; ZEIGER, 2013).

Staut e Kurihara (2001) relataram que o nitrogênio é fundamental no desenvolvimento da planta, principalmente dos órgãos vegetativos; quando em doses adequadas, estimula o crescimento e o florescimento, uniformiza o ciclo da planta, aumenta a produtividade e melhora o comprimento e a resistência da fibra e, em doses elevadas, verifica-se um aumento no desenvolvimento vegetativo da planta em detrimento da produção e formação tardia dos frutos do algodoeiro.

Os nutrientes são transportados do solo para a planta por mecanismos tais como interceptação radicular, difusão e fluxo de massa. Neste último, o nitrogênio é transportado juntamente com a água, movimentando-se em direção às raízes em função da transpiração da planta. Desse modo, se a planta não estiver transpirando, ou houver pouca água no solo, a absorção de nitrogênio será prejudicada (ROSOLEM; BOGIANI, 2014).

As fontes de nitrogênio mais utilizadas são: uréia (45% - 46% de N), amoníaco anidro (82% de N), sulfato de amônio (21% de N) e nitrato de amônio (34% de N) (ALI, 2015). Quando o nitrogênio é aplicado ao solo na forma de uréia, é inicialmente convertido em amônio, possibilitando maior absorção do nutriente pelas plantas. Entretanto, a aplicação deve ser realizada de forma criteriosa, pois sem incorporação, pode provocar perdas significativas por volatilização (DUARTE et al., 2007; LUCHESE et al., 2001).

A aplicação de nitrogênio em excesso, além do risco de perdas, pode provocar efeitos negativos para a cultura do algodão, como diminuição do rendimento de fibras (CARVALHO et al. 2006c), alongamento do ciclo e maior suscetibilidade a pragas e doenças (ROSOLEM; MELLIS, 2001). Laca-Buendia e Lanza (2003) estudaram dose e forma de aplicação de nitrogênio em cobertura em algodoeiro precoce. Os resultados obtidos revelaram que não ocorreram diferenças entre as características tecnológicas das fibras (finura, comprimento, uniformidade, resistência, alongamento e fibras curtas), mas, para a produção de algodão em caroço, o melhor resultado foi obtido quando se aplicou 60 kg ha<sup>-1</sup>.

Dentre os efeitos da adubação nitrogenada sobre a qualidade do algodão, destaca-se a influência sobre: precocidade, massa de sementes e capulho, produtividade, comprimento de fibra, índice de micronaire, maturidade e resistência de fibra e ainda regulariza o ciclo das plantas, evitando antecipação na maturação dos frutos (SILVA et al., 1994). O nitrogênio em algodoeiro promove maior crescimento de maneira geral, no entanto, em certo momento retarda o desenvolvimento podendo diminuir a produtividade em culturas de ciclo indeterminado (LIMA et al., 2006). Desta forma doses elevadas podem aumentar o crescimento vegetativo diminuindo a produtividade.

### 3.3 IRRIGAÇÃO NA CULTURA DO ALGODOEIRO

A água é um recurso natural indispensável para qualquer tipo de exploração agrícola. A irrigação contribui para o aumento da produção favorecendo o sistema produtivo em áreas cujo potencial produtivo é limitado devido a irregularidades pluviométricas (SILVA et al., 2001; JÁCOME et al., 2005). A cultura do algodão requer, durante seu ciclo de vida, entre 650 e 900 mm de água. A demanda hídrica depende das práticas culturais, da disponibilidade de água no solo, da cultivar e da demanda evapotranspirométrica (BEZERRA et al., 2010).

Batista et al. (2010) ao estudar o crescimento e produtividade da cultura do algodão em diferentes cultivos (sequeiro, aspersão e gotejamento), obtiveram respostas significativas quanto ao uso de irrigação por gotejamento, observaram maior número de estruturas reprodutivas, altura de plantas, número de capulhos por planta e maior produtividade de algodão em caroço. Aquino et al. (2012) ao estudarem dois sistemas de cultivos (sequeiro e irrigado) encontraram maior acúmulo de biomassa seca de folhas, caule e parte aérea em cultivo irrigado.

Em condições naturais e agriculturáveis, as plantas são frequentemente expostas aos estresses ambientais. O déficit hídrico, estresse térmico, salinidade e a deficiência de oxigênio são alguns dos principais fatores de estresse que restringem o crescimento vegetal, de tal modo que a biomassa ou produtividade agrônômica no final de um ciclo expressem apenas uma fração do potencial genético das plantas (TAIZ; ZEIGER, 2013).

Pelo fato de no Brasil o algodoeiro ser cultivado principalmente em região de Cerrado, devido às condições climáticas favoráveis para a cultura, é comum nessa região períodos de déficit hídrico (LUZ et al., 1997), em razão da seca, relacionada com um período de falta de precipitação, ocorrendo uma diminuição do conteúdo de água no solo (PAIVA; OLIVEIRA, 2006).

O déficit hídrico é um fator estressante para as plantas. Assim como em outros organismos, a água constitui a porção maior do volume celular e é o recurso limitante mais importante. Cerca de 97% da água captada pelas plantas é perdida para a atmosfera (principalmente pela transpiração). Aproximadamente 2% é usado para aumento de volume ou expansão celular e 1% para processos metabólicos, predominantemente a fotossíntese (TAIZ; ZEIGER, 2013).

Embora o algodoeiro apresente boa tolerância ao déficit hídrico, pode ocorrer perdas significativas na produtividade, quando o estresse hídrico ocorre na fase de floração e frutificação (NUNES FILHO et al., 1998). Segundo Souza (1999) os componentes de crescimento e desenvolvimento da cultura do algodoeiro estão relacionados às condições da água disponível no solo e com o tipo de solo.

### 3.4 LIXIVIAÇÃO DE NITROGÊNIO NO SOLO

O nitrogênio é um dos elementos de maior presença na adubação química aplicada na agricultura, onde as plantas devolvem seu ciclo de forma acelerada e por repetidas vezes durante o ano em um mesmo local, dependendo quase que exclusivamente de adubação química utilizada por esse elemento. Desta forma, quanto maior for a aplicação deste elemento no solo ou substrato, maior será a possibilidade de geração de resíduos e maior o potencial de poluição do solo e da água por lixiviação de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) (JADOSKI et al., 2010).

A capacidade de retenção de N é influenciada pela textura do solo. Os solos argilosos possuem maior capacidade de retenção em relação aos arenosos, especialmente da forma

amoniacal. A maior capacidade de armazenamento de água dos solos argilosos reduz a percolação da água pelo perfil e, conseqüentemente, o arraste de N para camadas inferiores do solo, o teor de MO pode interferir na lixiviação de N, em função da maior disponibilidade decorrente da decomposição da MO, especialmente quando a área não está sendo cultivada (BORTOLINI, 2000).

Costa et al. (2008) afirmaram que a disponibilidade de N no solo depende do balanço entre os processos de mineralização e os de imobilização. O processo de mineralização do N, que converte as formas orgânicas de N a formas inorgânicas, ocorre à medida que os microrganismos do solo decompõem a MO. Esse processo se inicia com a aminização (transformação do N orgânico em N-NH<sub>2</sub>) seguida da amonificação (transformação da N-NH<sub>2</sub> em N-NH<sub>3</sub>). A amônia formada (N-NH<sub>3</sub>), após combinar-se com a água fornece o íon N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> que é uma forma passível de ser absorvida pelas plantas. Em condições favoráveis ao crescimento das plantas a maior parte do íon N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> é rapidamente convertido a NNO<sub>3</sub><sup>-</sup> por ação de bactérias nitrificantes. Esse é o processo de desnitrificação que devido à liberação de íons H<sup>+</sup> promove a acidificação do solo (MELGAR et al, 1999).

Adinan (2012), estudando doses e fontes de N (ureia comum e ureia com inibidor de uréase), verificaram que as doses afetam a taxa de lixiviação do nitrogênio, assim como a ureia com inibidor de uréase apresenta um maior risco de contaminação do lençol freático por NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, com doses acima de 200 kg ha<sup>-1</sup>. Para reduzir as perdas de amônia por volatilização é recomendado à incorporação da ureia, tanto por meio de chuva ou irrigação (SOARES, 2011). Cantarella et al. (2007), a partir de experimentos realizados, comenta que para haver a incorporação da ureia ao solo há a necessidade de em torno de 20 mm de chuva em sistema plantio convencional.

Fey et al. (2010) relataram que a quantidade de N que é lixiviado, tem como principais causas a textura do solo e até mesmo a forma de N presente. Os autores efetuaram um estudo com cinco classes de solo, com variação do teor de argila de 37,5 até 546,0 g kg<sup>-1</sup> e duas fontes de nitrogênio (nitrato de potássio e sulfato de amônio). Os resultados obtidos permitiram verificar que a utilização de nitrato de potássio proporcionando uma quantidade maior de perdas de N por lixiviação.

Silva et al., 2013 estudaram o perfil do Latossolo Vermelho Distrófico em colunas de solo, de modo geral não foram observadas diferenças nos teores de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> e NH<sub>4</sub><sup>+</sup> em profundidade que demonstrasse lixiviação desse elemento em decorrência da aplicação do resíduo ruminal bovino (RRB), sendo os mais altos teores observados apenas na camada de 0

a 10 cm, que foi a profundidade em que o RRB foi incorporado. No entanto, os teores de  $\text{NO}_3^-$  foram mais elevados na profundidade de 30 a 40 cm no tratamento RRB100. Foi possível que, neste caso o fluxo de água na coluna de solo não ter sucedido de maneira adequada o que ocasionou acúmulo de  $\text{NO}_3^-$  nesta profundidade.

As concentrações de  $\text{NO}_3^-$  na água acima de  $10 \text{ mg L}^{-1}$  ou  $44 \text{ mg L}^{-1}$  são prejudiciais ao consumo humano, conforme a Resolução CONAMA N° 357/2005 -Conselho Nacional de Meio Ambiente e o Ministério de Saúde (Brasil, 2005). Podendo acarretar em sérios problemas relacionados a saúde e ao meio ambiente, e a concentração máxima sugerida pela Portaria de  $\text{NH}_3$  é de  $0,02 \text{ mg L}^{-1}$  como limite para qualidade da água para consumo humano dentro do padrão de potabilidade (BRASIL, 2005).

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 LOCALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO

O presente trabalho foi desenvolvido no ano agrícola, 2014/15, em área experimental da Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, localizada no município de Selvíria-MS, com coordenadas geográficas 20°22' de Latitude Sul e 51°22' de Longitude Oeste e com altitude média de 335m. O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Aw, definido como tropical úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno. Apresenta temperatura média anual de 24,5°C, precipitação média anual de 1.232 mm e umidade relativa média anual de 64,8% (HERNANDEZ et al., 1995).

### 4.2 CARACTERÍSTICAS DO SOLO

O tipo de solo cultivado foi um Latossolo Vermelho Distrófico típico, textura argilosa, A moderado alumínico, fortemente ácido (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA, 1999b). Foi realizado amostragem de solo para caracterização das propriedades químicas (Tabela 1) e determinação da necessidade de correção da acidez através da calagem, seguindo a metodologia de análise descrita por Raij e Quaggio (1987), Raij et al. (2001) e Embrapa (1999a).

**Tabela 1** - Características químicas iniciais do solo da área experimental nas profundidades de 0 - 0,20 m, 0,20 - 0,40 m, 0,40 - 0,60 m e 0,60 – 0,80 m, no ano agrícola 2014/15. Selvíria-MS.

Profundidade (m)	P-resina (mg/dm <sup>3</sup> )	M.O (g/dm <sup>3</sup> )	pH (CaCl <sub>2</sub> )							V (%)
				K	Ca	Mg	H+Al	Al	CTC	
(mmolc/dm <sup>3</sup> )										
0 – 0,20	12	19	5,0	2,6	14	17	31	1	57,0	46
0,20 – 0,40	6	16	5,3	1,8	12	8	27	0	48,0	46
0,40 – 0,60	5	17	5,3	1,6	12	9	28	0	50,0	44
0,60 – 0,80	4	16	5,2	1,5	12	9	27	0	49,0	45

Fonte: Própria autora.



## 4.3 DESENVOLVIMENTO DO EXPERIMENTO E TRATOS CULTURAIS

### 4.3.1 Delineamento experimental e tratamentos

Utilizou – se o delineamento experimental em blocos ao acaso (GOMES, 2000), num fatorial  $5 \times 2 \times 2$ , totalizando 20 tratamentos em 4 repetições, perfazendo um total de 80 parcelas, sendo 40 parcelas em sistema irrigado por aspersão convencional e 40 parcelas não irrigado cultivo em regime sequeiro. Os tratamentos foram 5 doses de N: (0 (testemunha); 25; 50; 100 e 150 kg de N  $ha^{-1}$ ), em uma única aplicação, cobertura via solo aos 45 DAE do algodoeiro. As fontes de N utilizadas foram: nitrato de amônio ( $NH_4NO_3$ ), contendo 34% de N e ureia  $CO(NH_2)_2$ , contendo 45% de N.

### 4.3.2 Instalação do experimento

O experimento foi conduzido em sistema convencional de preparo do solo, e para tanto, foi necessário o preparo anterior da área de cultivo mediante a utilização de práticas convencionais de preparo do solo, gradagem e nivelção, não se aplicou calcário.

A instalação do experimento foi realizada no dia 29 de novembro de 2014 com a semeadura da cultivar de algodoeiro FM 975WS<sup>®</sup> de ciclo longo com a tecnologia WideStrike<sup>®</sup>, que confere à planta resistência ao ataque de mastigadores, principalmente as lagartas do algodoeiro. É uma planta de porte médio/alto e possui uma ótima qualidade de fibra, resistente à doença azul e à bacteriose (BAYER CROPS SCIENCE, 2016).

Cada parcela experimental foi composta por quatro linhas de cultivo, com 0,90 m de espaçamento entre linhas e cinco metros de comprimento, sendo a área útil constituída pelas duas linhas centrais da parcela. Utilizou-se densidade de semeadura de 9 plantas por metro linear em todos os tratamentos, totalizando uma população de aproximadamente 100.000 plantas por hectare. A adubação de semeadura foi de 300 kg  $ha^{-1}$  de NPK 08-28- 16.

O experimento também foi conduzido sob dois sistemas de produção, irrigado e não irrigado, onde as irrigações foram realizadas de forma igual em todas as parcelas quando necessário apenas, esta era ligada por um período de 1 h/dia, apenas em dias que não chovia, em função da evapotranspiração da cultura (ETc), com o intuito de garantir o pleno estabelecimento das plantas na capacidade campo, não submetendo a cultura em estresse hídrico no seu desenvolvimento durante seu o seu ciclo de vida.

O sistema irrigado foi composto por um sistema de aspersão convencional fixo, distribuído ao longo de todas as parcelas, com espaçamento entre os aspersores de 6x6 m, intensidade de aplicação de 3,3 mm h<sup>-1</sup>, conforme a Figura 1. A precipitação pluvial foi determinada por um pluviômetro Ville de Paris, instalado na área experimental. O manejo da irrigação foi realizado a partir da evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) estimada pelo método de Penman-Monteith, (ALLEN et al., 2007), utilizando os elementos meteorológicos, de acordo com os dados coletados na Estação Agrometeorológica, instalada em Selviria-MS, e monitorada pela Área de Hidráulica e Irrigação da Unesp de Ilha Solteira (UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP, 2017).

**Figura 1** – Sistema irrigado por aspersão convencional utilizado no experimento instalado na área experimental da Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, localizada no município de Selvíria-MS, ano agrícola 2014/15.



Fonte: Própria autora.

#### 4.3.3 Regulador de crescimento

O crescimento vegetativo do algodoeiro foi controlado por meio do emprego de regulador de crescimento, comercializado com a denominação de PIX HC<sup>®</sup>, cujo princípio ativo é o de cloreto de mepiquat (250 g L<sup>-1</sup>). O regulador foi aplicado de forma parcelada aos 40, 50, 60 e 70 DAE com pulverizador de barras tratorizado, na dosagem de 20, 40, 60 e 80 mL ha<sup>-1</sup> em cada aplicação, respectivamente.

#### **4.3.4 Controle fitossanitário**

Foi efetuado o controle de plantas daninhas das áreas experimentais por meio de manejo químico e por capinas manuais, na medida em que as mesmas emergiram. O controle de pragas e doenças teve caráter preventivo, evitando-se que elas ocasionassem danos à cultura.

#### **4.3.5 Colheita**

A colheita foi realizada aos 150 DAE, coletando-se de todas as plantas das duas linhas centrais de cada parcela, para posterior pesagem e cálculo de produtividade.

#### **4.3.6 Coleta das amostragens do solo**

Foi realizado no dia 05/05/2015 a coleta das amostragens do solo para análise do teor da concentração da lixiviação do nitrato e do amônio em estudo. Foram coletadas amostras de solo na entre linha de cada parcela nas seguintes profundidades: 0 – 0,20 m, 0,20 – 0,40 m, 0,40 – 0,60 m e 0,60 – 0,80 m, coletadas com o auxílio de um trado tipo Holandês, conforme a Figura 2. As amostras coletadas em campo foram acondicionadas em sacos de plástico limpo, em uma caixa térmica com gelo e encaminhadas ao laboratório, depois foram armazenadas em um freezer, onde foram congeladas ( $T < -15^{\circ}\text{C}$ ), logo após a coleta em campo, para preservar os teores de N nas amostras (MATTOS JUNIOR et al., 1995).

**Figura 2** – Coleta das amostragens do solo do experimento. Selvíria-MS, ano agrícola 2014/15.



Fonte: Própria autora.

#### 4.4 VARIÁVEIS ANALISADAS

##### 4.4.1 Avaliações biométricas em campo

As características agrônômicas foram avaliadas em cinco plantas escolhidas ao acaso dentro da área útil de cada parcela e marcadas para as avaliações. As variáveis analisadas referentes ao crescimento do algodoeiro, sendo avaliadas aos 60, 90 e 120 DAE, foram:

- **Altura de plantas:** realizada com auxílio de trena, sendo medido do colo até a última ramificação do meristema apical;
- **Diâmetro do caule:** realizado com auxílio de paquímetro, na altura de 2 cm em relação ao solo.

##### 4.4.2 Determinação de macro e micronutrientes no tecido vegetal

Foram coletadas 10 folhas por parcela, sendo a quinta folha do ápice para baixo completamente expandida, aos 70 DAE e levadas para secar em estufa a 65°C com circulação de ar forçada para análise e determinação dos teores de macronutrientes e micronutrientes. A determinação dos **macronutrientes** (P, K, Ca, Mg e S) e **micronutrientes** (Cu, Fe, Mn, Zn e

B) foi feita através da digestão nítrico-perclórica. O nitrogênio foi submetido à digestão sulfúrica, conforme metodologia descrita por MALAVOLTA et al., (1997).

#### 4.4.3 Avaliações dos componentes da produção do algodoeiro em campo

Os componentes da produção avaliados no final do ciclo da cultura, entre 120 e 150 DAE foram:

- **Massa de 20 capulhos:** colhidos aleatoriamente no terço médio das plantas e pesados com auxílio de balança digital, logo após a colheita;
- **Massa de 100 sementes:** separadas da fibra e pesadas com auxílio de balança digital, logo após a colheita;
- **Rendimento de fibra:** as amostras da massa de 20 capulhos foram submetidas a separação da fibra e semente; posteriormente, foi feita a pesagem de cada componente e realizado o cálculo do rendimento de fibra:  $(\text{peso de fibra} / \text{peso fibra} + \text{semente}) * 100$ ;
- **Produtividade de algodão em caroço:** colheita das linhas centrais de forma manual, pesagem e estimativa para produtividade em  $\text{kg ha}^{-1}$ .

#### 4.4.4 Leitura Spad

As leituras Spad, sendo realizadas com o medidor portátil SPAD-502 (clorofilômetro), pela Minolta (1989). As leituras foram realizadas aos 60, 90 e 120 DAE, na 3ª folha do ápice para a base das cinco plantas selecionadas dentro de cada parcela, obtendo-se uma leitura média de clorofila indireta por parcela do algodoeiro.

#### 4.4.5 Determinação do nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) e amônio ( $\text{NH}_4^+$ )

As amostragens do solo foram preparadas de acordo com a metodologia descrita pela Embrapa solos. A determinação do nitrato e do amônio ocorreu pelo método de destilação a vapor método de Kjeldahl (BREMNER; KEENEY, 1965) e pela extração com cloreto de potássio (KCL) (SILVA, 2009). Para realizar a extração da solução a ser analisada foi preciso pesar 10 g de TFSA (peneira de 2 mm) em erlenmeyer de 125 mL, onde foi adicionado 100 mL de solução de KCL 1 mol L<sup>-1</sup>, agitou-se por 1 hora e ficou em repouso por 1 hora, retirou-se o extrato da solução a ser analisada, armazenando o mesmo em refrigerador a 4° C.

Para a determinação do amônio foi pipetado 30 mL do sobrenadante em tubos de digestão, adicionou-se 0,2 g de óxido de magnésio p.a., procedeu à destilação da alíquota de 30 mL em destilador de arraste de vapores. Foi coletado o condensado em erlenmeyer de 125 mL, que continha 5 mL de solução indicadora de ácido bórico a 2%, com um volume de 50 mL. Para a determinação do nitrato utilizou-se a mesma alíquota de 30 mL destilada anteriormente, a quantidade de extrato utilizado, foi adicionado 0,2 g de Liga de Devarda, procedeu novamente à destilação dessa solução em destilador de arraste de vapores, em um novo erlenmeyer com ácido bórico e volume de 50 mL (Figura 3).

O cálculo para a determinação do teor de N no solo foi obtido pela expressão  $\text{N-NH}_4^+$  ou  $\text{N-NO}_3^-$  ( $\text{mg kg}^{-1}$  solo) = A x B x C x D em que, A = 2,5, foi encontrado da divisão de 100 (quantidade em mL de KCL 1 mol L<sup>-1</sup> usada na extração) por 20 (alíquota em mL usada na determinação de amônio e nitrato). B = volume (mL) de HCL 0,005 N gasto na titulação. C = 0,070, decorrente do fato de que cada 1 mL de HCL 0,005 N gasto na titulação equivalente à presença de 0,070 mg de  $\text{N-NH}_4^+$  ou  $\text{N-NO}_3^-$ . D = 100, pois foi a relação entre os 1.000 g de solo usadas na unidade e os 10 g de solos usados na extração.



**Figura 3** - Determinação do nitrato e do amônio pelo método de destilação a vapor método de Kjeldahl.



Fonte: Própria autora.

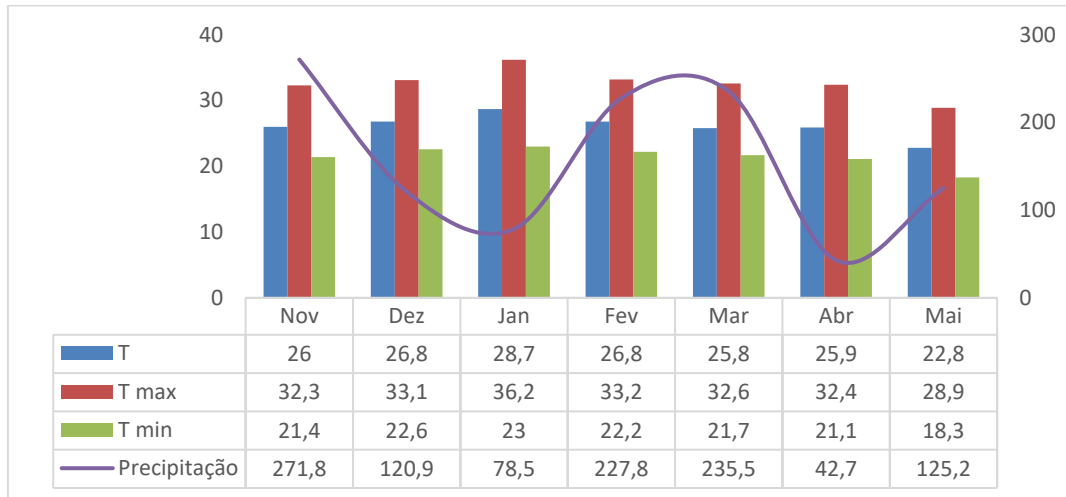
#### 4.5 ANÁLISE DOS DADOS

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância através do teste F e as médias comparadas pelo Teste de Tukey ao nível de 10% de probabilidade, utilizando a metodologia descrita por Gomes (2000). O software estatístico utilizado foi o SISVAR 5.1 (FERREIRA, 2000). Para as regressões significativas, foram aplicados modelos de regressão que melhor se ajustaram aos efeitos obtidos de doses de N.

## 5 DADOS CLIMÁTICOS

Na Figura 4 estão apresentados os dados climáticos obtidos para os meses em que o experimento foi desenvolvido.

**Figura 4** - Temperatura média mensal e precipitação para a safra de 2014/15 na área experimental, Selvíria – MS, 2015.



Fonte: Fonte: Própria autora.



## 6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2, foram apresentados os resultados obtidos para a altura de planta do cultivar FM 975WS<sup>®</sup>, observou-se que houve efeito significativo isolado aos 60, 90 e 120 DAE para os sistemas irrigado e não irrigado, para as fontes houve significância apenas aos 60 DAE e para as doses apenas aos 60 e 120 DAE. Observou se um ajuste quadrático negativo para as doses de N, onde a dose calculada de maior incremento de N foi para os 60 DAE de 87 kg ha<sup>-1</sup> e para os 120 DAE foi de 93 kg ha<sup>-1</sup>. Lima et al. (2006) salientou que a adubação nitrogenada em algodoeiro promoveu maior crescimento de maneira geral.

De acordo com o desdobramento da interação do sistema não irrigado e irrigado x fontes de N aos 60, 90 e 120 DAE (Tabelas 3, 4 e 5) para a altura de planta do algodoeiro, foi comparado as médias entre os sistemas e constatou – se que houve diferença significativa, sendo o sistema irrigado o que obteve maior resposta em relação à altura de planta do cultivar. Brandão et al. (2009) afirmaram que o algodoeiro tem crescimento inicial lento, desenvolvendo rapidamente aos 25-30 DAE, em que o mais dos 50% dos nutrientes são absorvidos após esse período.

**Tabela 2** - Valor de p>F, médias e testes de regressão para altura (m) do algodoeiro cultivar FM 975WS<sup>®</sup> aos 60, 90 e 120 DAE, em função de fontes e doses de N, em sistemas irrigado e não irrigado, na safra 2014/15. Selvíria-MS.

FV\Avaliação	p>F		
	60 DAE	90 DAE	120 DAE
<b>Sistema (s)</b>	0,001	0,001	0,001
<b>Fonte (f)</b>	0,043	0,182	0,411
<b>Dose (d)</b>	0,059 <sup>(1)</sup>	0,155	0,001 <sup>(2)</sup>
<b>s*f</b>	0,005	0,012	0,004
<b>s*d</b>	0,678	0,001	0,025
<b>f*d</b>	0,086	0,402	0,001
<b>s*f*d</b>	0,053	0,019	0,553
<b>C.V.%</b>	7,76	10,58	9,91
<b>Média geral</b>	0,91	1,06	0,99
<b>Sistema</b>	<b>Tukey para os Sistemas</b>		
<b>Não irrigado</b>	0,80 b	0,96 b	0,89 b
<b>Irrigado</b>	1,02 a	1,14 a	1,08 a
<b>D.M.S</b>	0,017	0,027	0,024
<b>Fontes de N</b>	<b>Tukey para as Fontes</b>		
<b>Ureia</b>	0,93 a	1,04 a	0,99 a
<b>Nitrato de Amônio</b>	0,89 b	1,07 a	0,98 a
<b>D.M.S</b>	0,017	0,027	0,024
<b>Doses de N (kg ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>Regressão para doses de Nitrogênio (kg ha<sup>-1</sup>)</b>		
<b>0</b>	0,89	1,06	0,93
<b>25</b>	0,90	1,06	0,97
<b>50</b>	0,93	1,01	0,99
<b>100</b>	0,93	1,07	1,04
<b>150</b>	0,90	1,08	0,99
<b>p&gt;F (linear)</b>	0,254	0,383	0,002
<b>p&gt;F (quadrática)</b>	0,010	0,124	0,001
<b>r<sup>2</sup> (linear %)</b>	14,10	11,36	40,14
<b>R<sup>2</sup> (quadrática %)</b>	88,25	46,70	93,79

**Equação Polinomial** <sup>(1)</sup>Y = - 0,000006x<sup>2</sup> + 0,001044x + 0,885425 <sup>(2)</sup>Y = - 0,000012x<sup>2</sup> + 0,002229x + 0,924774

Nota: Médias seguidas da mesma letra, na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 10% de probabilidade.  
Fonte: Própria autora.

**Tabela 3:** Desdobramento da interação sistema não irrigado e irrigado x fontes de N referente à altura (m) do algodoeiro cultivar FM 975WS<sup>®</sup> 60 DAE, em função de fontes e doses de N, em sistemas irrigado e não irrigado, na safra 2014/15. Selvíria-MS.

Fontes de N (kg ha <sup>-1</sup> )	Sistema - altura do algodoeiro (m) 60 DAE	
	Não irrigado	Irrigado
<b>Ureia</b>	0,79 Ab	1,05 Aa
<b>Nitrato de amônio</b>	0,80 Ab	1,00 Ba
<b>C.V.%</b>	7,76	7,76
<b>D.M.S</b>	0,024	0,024

Nota: Médias seguidas de letras distintas, minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas, diferem entre si pelo teste Tukey, em nível de 10% de probabilidade.

Fonte: Própria autora.

De acordo com o desdobramento da interação de sistema não irrigado e irrigado x fontes de N aos 90 DAE (Tabela 4) para a altura de planta do algodoeiro, notou-se que ao comparar as médias entre os sistemas constatou – se que houve significância entre os sistemas, sendo o sistema irrigado o de maior resposta em relação à altura de planta do cultivar. Verificou-se diferenças significativas entre as fontes de N, onde as plantas adubadas com nitrato de amônio nesta época de avaliação apresentaram uma maior média de altura de planta em relação as adubadas com ureia no sistema não irrigado. A ureia apresentou um alto índice de volatilização nessa época de avaliação por conta dos períodos de estiagens, portanto o nitrato de amônio foi a fonte de melhor efeito diante desta situação por ser menos volátil que a ureia.

**Tabela 4:** Desdobramento da interação sistema não irrigado e irrigado x fontes de N referente à altura (m) do algodoeiro cultivar FM 975WS<sup>®</sup> 90 DAE, em função de fontes e doses de N, em sistemas irrigado e não irrigado, na safra 2014/15. Selvíria-MS.

Fontes de N (kg ha <sup>-1</sup> )	Sistema - altura do algodoeiro (m) 90 DAE	
	Não irrigado	Irrigado
Ureia	0,93 Bb	1,16 Aa
Nitrato de amônio	1,00 Ab	1,14 Aa
C.V.%	0,038	0,038
D.M.S	0,103	0,103

Médias seguidas de letras distintas, minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas, diferem entre si pelo teste Tukey, em nível de 10% de probabilidade.

**Tabela 5:** Desdobramento da interação sistema não irrigado e irrigado x fontes de N referente à altura (m) do algodoeiro cultivar FM 975WS<sup>®</sup> 120 DAE, em função de fontes e doses de N, em sistemas irrigado e não irrigado, na safra 2014/15. Selvíria-MS.

Fontes de N (kg ha <sup>-1</sup> )	Sistema- altura do algodoeiro (m) 120 DAE	
	Não irrigado	Irrigado
Ureia	0,87 Ab	1,11 Aa
Nitrato de amônio	0,90 Ab	1,06 Ba
C.V.%	9,91	9,91
D.M.S	0,034	0,034

Nota: Médias seguidas de letras distintas, minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas, diferem entre si pelo teste Tukey, em nível de 10% de probabilidade.

Fonte: Própria autora.

De acordo com o desdobramento da interação de sistema não irrigado e irrigado x fontes de N aos 120 DAE (Tabela 5) observou-se que houve diferença significativa entre os sistemas, sendo o sistema irrigado o que apresentou as maiores médias observadas e no mesmo sistema constatou-se uma diferença significativa entre as fontes, onde a ureia apresentou maior média do que o nitrato de amônio.

Segundo Yano et al, (2005) a ureia é a principal fonte de N utilizada no Brasil, o nitrato de amônio é menos utilizado, devido ao seu maior custo. Por outro lado, em função dos períodos de estiagens frequentes na agricultura brasileira e pelo fato do alto índice de volatilização do N da ureia, o uso do nitrato de amônio apresentou vantagens indiretas em relação à ureia.

Verificou-se com o desdobramento da interação de sistema não irrigado e irrigado x doses de N aos 90 DAE (Tabela 6) para a altura de planta do algodoeiro, que houve efeito significativo entre o sistema não irrigado e irrigado. Notou-se um ajuste quadrático positivo, para o sistema não irrigado, a sua maior dose de N calculada foi de 94,14 kg ha<sup>-1</sup> e um ajuste linear dos valores médio obtidos para o sistema irrigado. O aumento linear da altura de planta com o incremento da dose de N de 0 a 150 kg de N ha<sup>-1</sup> também foi verificado por Clawson et al. (2006).

**Tabela 6:** Desdobramento da interação doses de N x sistema não irrigado e irrigado referente à altura (m) do algodoeiro cultivar FM 975WS<sup>®</sup> 90 DAE, em função de fontes e doses de N, em sistemas irrigado e não irrigado, na safra 2014/15. Selvíria-MS.

Doses de N (kg ha <sup>-1</sup> )	Sistema - altura do algodoeiro (m) 90 DAE	
	Não irrigado	Irrigado
0	1,02 b	1,10 a
25	1,00 b	1,12 a
50	0,88 b	1,14 a
100	0,92 b	1,21 a
150	0,98 b	1,16 a
C.V.%	10,58	10,58
D.M.S	0,061	0,061
p>F (linear)	0,278	0,021
p>F (quadrática)	0,001	0,142
r <sup>2</sup> (linear %)	6,38	58,55
R <sup>2</sup> (quadrática%)	78,42	82,35
<b>Não irrigado</b> Y = 0,000019x <sup>2</sup> - 0,003147x + 1,031401		
<b>Irrigado</b> Y = 0,000509x + 1,115359		

Nota: Médias seguidas da mesma letra, na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 10% de probabilidade.  
Fonte: Própria autora.

Foi possível constatar que houve diferença significativa no desdobramento da interação de sistema não irrigado e irrigado x doses de N aos 120 DAE (Tabela 7) para a altura de planta do cultivar, entre o sistema não irrigado e irrigado, sendo o sistema irrigado o que apresentou maiores médias para altura do algodoeiro, por um ajuste quadrático negativo, a sua dose de N calculada que proporcionou maior incremento foi de 105,13 kg ha<sup>-1</sup>. O sistema não irrigado, obteve um ajuste quadrático negativo dos valores médio obtidos e a sua

maior dose de N calculada foi de 81,5 kg ha<sup>-1</sup>. A diferença de altura entre as plantas irrigadas para as que não foram irrigadas, é decorrente da insuficiência hídrica que provocou decréscimo na turgescência celular, diminuindo o crescimento por alongamento (TAIZ; ZEIGER, 2004).

De acordo com o desdobramento da interação doses de N x fontes de N aos 60 e 120 DAE (Tabelas 8 e 9) para a altura de planta do cultivar, compararam as médias obtidas aos 60 DAE, constatou que houve significância entre as fontes de N e as doses de N, notou-se um ajuste negativo quadrático para nitrato de amônio, sendo a sua maior dose de N calculada de 96 kg ha<sup>-1</sup>. Verificou - se que houve um ajuste negativo quadrático para nitrato de amônio aos 120 DAE, a sua maior dose de N calculada foi de 95,36 kg ha<sup>-1</sup>. Rosa et al. (2012) trabalharam com nitrogênio na cultura do algodoeiro em Latossolo Vermelho distrófico, observaram que as maiores alturas de planta ocorreram quando aplicou-se doses de nitrogênio entre 100 e 300 kg ha<sup>-1</sup>.

No desdobramento da interação sistema não irrigado e irrigado x fontes de N x doses de N para a altura de planta do cultivar aos 60 DAE (Tabela 10), notou-se que houve diferença significativa entre os sistemas para o nitrato de amônio, sendo o sistema irrigado o de maiores médias observadas, com um ajuste negativo quadrático, onde a dose calculada de N de maior incremento foi de 100 kg ha<sup>-1</sup>.

**Tabela 7:** Desdobramento da interação doses de N x sistema não irrigado e irrigado referente à altura (m) do algodoeiro cultivar FM 975WS<sup>®</sup> 120 DAE, em função de fontes e doses de N, em sistemas irrigado e não irrigado, na safra 2014/15. Selvíria-MS.

Doses de N (kg ha <sup>-1</sup> )	Sistema - altura do algodoeiro (m) 120 DAE	
	Não irrigado	Irrigado
0	0,86 b	1,00 a
25	0,90 b	1,03 a
50	0,88 b	1,10 a
100	0,91 b	1,16 a
150	0,86 b	1,11 a
C.V.%	9,40	9,40
D.M.S	0,053	0,053
p>F (linear)	0,880	0,001
p>F (quadrática)	0,068	0,001
r <sup>2</sup> (linear %)	0,51	58,51
R <sup>2</sup> (quadrática%)	75,88	93,46
Não irrigado Y = - 0,000008x <sup>2</sup> + 0,001304x + 0,860455 Irrigado Y = - 0,000015x <sup>2</sup> + 0,003154x + 0,989093		

Nota: Médias seguidas da mesma letra, na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 10% de probabilidade.  
Fonte: Própria autora.

**Tabela 8** - Desdobramento da interação doses de N x fontes de N referente à altura (m) do algodoeiro cultivar FM 975WS® 60 DAE, em função de fontes e doses de N, em sistemas irrigado e não irrigado, na safra 2014/15. Selvíria-MS.

Doses de N (kg ha <sup>-1</sup> )	Fontes de N - altura do algodoeiro (m) 60 DAE	
	Ureia	Nitrato de Amônio
0	0,92 a	0,86 b
25	0,92 a	0,87 b
50	0,93 a	0,93 a
100	0,93 a	0,93 a
150	0,91 a	0,90 a
<b>C.V.%</b>	7,76	7,76
<b>D.M.S</b>	0,038	0,038
<b>p&gt;F (linear)</b>	0,510	0,024
<b>p&gt;F (quadrática)</b>	0,369	0,006
<b>r<sup>2</sup> (linear %)</b>	32,52	31,93
<b>R<sup>2</sup> (quadrática%)</b>	93,14	81,51

$$\text{Nitrato de Amônio } Y = -0,000009x^2 + 0,001726x + 0,852862$$

Nota: Médias seguidas da mesma letra, na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 10% de probabilidade.  
Fonte: Própria autora.

**Tabela 9** - Desdobramento da interação doses de N x fontes de N referente à altura (m) do algodoeiro cultivar FM 975WS® 120 DAE, em função de fontes e doses de N, em sistemas irrigado e não irrigado, na safra 2014/15. Selvíria-MS.

Doses de N (kg ha <sup>-1</sup> )	Fontes de N - altura do algodoeiro (m) 120 DAE	
	Ureia	Nitrato de Amônio
0	0,97 a	0,89 b
25	1,01 a	0,91 b
50	0,95 b	1,04 a
100	1,03 a	1,05 a
150	0,97 a	0,99 a
<b>C.V.%</b>	9,91	9,91
<b>D.M.S</b>	0,053	0,053
<b>p&gt;F (linear)</b>	0,738	0,001
<b>p&gt;F (quadrática)</b>	0,406	0,001
<b>r<sup>2</sup> (linear %)</b>	1,53	41,84
<b>R<sup>2</sup> (quadrática%)</b>	10,98	87,86

$$\text{Nitrato de Amônio } Y = -0,000020x^2 + 0,003815x + 0,873050$$

Nota: Médias seguidas da mesma letra, na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 10% de probabilidade.  
Fonte: Própria autora.

Verificou – se na Tabela 10 que a ureia independente do sistema não apresentou diferença significativa, manteve o mesmo desenvolvimento para altura de planta do algodoeiro. Cantarella et al. (2007) relatou que a ureia é um dos fertilizantes nitrogenados mais utilizados no Brasil devido à alta concentração em N em relação aos demais fertilizantes nitrogenados e ao baixo custo por unidade de N aplicado, além da facilidade de produção e boa solubilidade. Porém, quando aplicada nos solos apresenta uma desvantagem que está intimamente ligada às perdas de N por volatilização de gás amônia para atmosfera.

**Tabela 10** - Desdobramento da interação sistema não irrigado e irrigado x fontes de N x doses de N referente à altura (m) do algodoeiro cultivar FM 975WS® 60 DAE, em função de fontes e doses de N, em sistemas irrigado e não irrigado, na safra 2014/15. Selvíria-MS.

Doses de N (kg ha <sup>-1</sup> )	Sistema - altura do algodoeiro (m) 60 DAE			
	Não irrigado		Irrigado	
	Ureia	Nitrato de amônio	Ureia	Nitrato de amônio
<b>0</b>	0,78 Ab	0,79 Ab	1,05 Aa	0,93 Ba
<b>25</b>	0,78 Ab	0,79 Ab	1,07 Aa	0,94 Ba
<b>50</b>	0,79 Ab	0,82 Ab	1,05 Aa	1,05 Aa
<b>100</b>	0,82 Ab	0,80 Ab	1,02 Aa	1,05 Aa
<b>150</b>	0,76 Ab	0,80 Ab	1,04 Aa	1,01 Aa
<b>p&gt;F (linear)</b>	0,916	0,882	0,409	0,002
<b>p&gt;F (quadrática)</b>	0,203	0,381	0,997	0,002
<b>r<sup>2</sup> (linear %)</b>	0,39	1,85	32,57	40,57
<b>R<sup>2</sup> (quadrática%)</b>	57,19	66,12	32,57	81,78
<b>D.M.S</b>	0,055	0,055	0,055	0,055

$$\text{Nitrato de amônio irrigado } Y = -0,000014x^2 + 0,002800x + 0,918192$$

Nota: Médias seguidas de letras distintas, minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas, diferem entre si pelo teste Tukey, em nível de 10% de probabilidade.

Fonte: Própria autora.

De acordo com o desdobramento do sistema não irrigado e irrigado x fontes de N x doses de N aos 90 DAE (Tabela 11) para a altura de planta do algodoeiro, ao comparar as médias obtidas constatou – se que houve significância entre os sistemas não irrigado e irrigado quando foram relacionados com as fontes de N, onde o sistema irrigado foi o que obteve as maiores médias de altura de planta.

Observou – se um ajuste quadrático negativo apenas para o nitrato de amônio no sistema irrigado, tendo a sua maior dose de N calculada de 98 kg ha<sup>-1</sup> e para o nitrato de amônio no sistema não irrigado, apresentou um ajuste quadrático positivo, a dose de N de maior incremento calculada foi de 87 kg ha<sup>-1</sup>. Esse fato pode ter ocorrido por conta de que a ureia tem um alto índice de volatilização quando comparada ao nitrato de amônio. Provavelmente nesta época de avaliação da altura do cultivar foi o período de maior estiagem, assim o nitrato de amônio apresentou maior aproveitamento como nutriente para o desenvolvimento da planta.

**Tabela 11** - Desdobramento da interação sistema não irrigado e irrigado x fontes de N x doses de N referente à altura (m) do algodoeiro cultivar FM 975WS<sup>®</sup> 90 DAE, em função de fontes e doses de N, em sistemas irrigado e não irrigado, na safra 2014/15. Selvíria-MS.

Doses de N (kg ha <sup>-1</sup> )	Sistema - altura do algodoeiro (m) 90 DAE			
	Irrigado		Não irrigado	
	Ureia	Nitrato de amônio	Ureia	Nitrato de amônio
<b>0</b>	1,16 Aa	1,05 Ba	0,96 Bb	1,08 Aa
<b>25</b>	1,17 Aa	1,08 Ba	0,96 Ab	1,04 Aa
<b>50</b>	1,10 Aa	1,18 Aa	0,86 Ab	0,91 Ab
<b>100</b>	1,20 Aa	1,22 Aa	0,94 Ab	0,90 Ab
<b>150</b>	1,17 Aa	1,16 Aa	0,92 Bb	1,05 Ab
<b>p&gt;F (linear)</b>	0,573	0,007	0,608	0,307
<b>p&gt;F (quadrática)</b>	0,763	0,018	0,342	0,001
<b>r<sup>2</sup> (linear %)</b>	8,87	51,63	5,47	4,98
<b>R<sup>2</sup> (quadrática%)</b>	11,40	91,23	24,22	89,34
<b>D.M.S</b>	0,087	0,087	0,087	0,087
<b>Nitrato de amônio irrigado</b> $Y = - 0,000018x^2 + 0,003528x + 1,035207$				
<b>Nitrato de amônio não irrigado</b> $Y = 0,000031x^2 - 0,005065x + 1,102045$				

Nota: Médias seguidas de letras distintas, minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas, diferem entre si pelo teste Tukey, em nível de 10% de probabilidade.

Fonte: Própria autora.

Verificou – se que para o diâmetro do caule do algodoeiro da cultivar FM 975WS<sup>®</sup> (Tabela 12), apresentou diferença significativa isolada aos 60, 90 e 120 DAE para os sistemas não irrigado e irrigado, sendo o sistema irrigado o de melhor desenvolvimento vegetativo. Para as doses de N observou – se um efeito significativo isolado aos 90 DAE, com um ajuste linear.

No desdobramento da interação sistema não irrigado e irrigado x fontes de N referente ao diâmetro do caule do algodoeiro da cultivar FM 975WS<sup>®</sup> aos 120 DAE, (Tabela 13) constatou-se significância entre os sistemas, observou-se que o sistema irrigado foi o de maiores médias observadas. A ureia no sistema irrigado apresentou maior efeito significativo no desenvolvimento do diâmetro do caule em relação ao nitrato de amônio nesta época de avaliação.

O ambiente úmido do solo facilitou a incorporação da ureia quando foi direcionada ao solo, diminuindo a sua volatilização, reduzindo as perdas de amônia por volatilização. Essa incorporação da ureia no solo de acordo com Soares (2011), pode ser realizada tanto por meio da chuva ou irrigação, para carrear a ureia em direção ao solo e através dos poros para o seu interior, minimizando a possibilidade de perdas de N.



**Tabela 12** - Valor de p>F, médias e testes de regressão para diâmetro do caule (mm) do algodoeiro cultivar FM 975WS<sup>®</sup> aos 60, 90 e 120 DAE, em função de fontes e doses de N, em sistemas irrigado e não irrigado, na safra 2014/15. Selvíria-MS.

FV\Avaliação	p>F		
	60 DAE	90 DAE	120 DAE
<b>Sistema (s)</b>	0,001	0,001	0,001
<b>Fonte (f)</b>	0,164	0,357	0,249
<b>Dose (d)</b>	0,192	0,083 <sup>(1)</sup>	0,397
<b>s*f</b>	0,690	0,369	0,050
<b>s*d</b>	0,234	0,459	0,280
<b>f*d</b>	0,568	0,274	0,884
<b>s*f*d</b>	0,616	0,792	0,781
<b>C.V.%</b>	11,18	12,49	12,35
<b>Média geral</b>	12,79	13,54	13,41
<b>Sistema</b>	<b>Tukey para os Sistemas</b>		
<b>Não irrigado</b>	12,08 b	12,66 b	12,56 b
<b>Irrigado</b>	13,49 a	14,43 a	14,26 a
<b>D.M.S</b>	0,353	0,417	0,408
<b>Fontes de N</b>	<b>Tukey para as Fontes</b>		
<b>Ureia</b>	12,94 a	13,66 a	13,55 a
<b>Nitrato de Amônio</b>	12,64 a	13,42 a	13,27 a
<b>D.M.S</b>	0,353	0,417	0,408
<b>Doses de N (kg ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>Regressão para doses de Nitrogênio (kg ha<sup>-1</sup>)</b>		
<b>0</b>	12,65	13,00	12,95
<b>25</b>	12,34	13,29	13,33
<b>50</b>	13,01	13,73	13,56
<b>100</b>	12,84	13,62	13,65
<b>150</b>	13,07	14,06	13,54
<b>p&gt;F (linear)</b>	0,088	0,009	0,134
<b>p&gt;F (quadrática)</b>	0,906	0,620	0,190
<b>r<sup>2</sup> (linear %)</b>	47,88	82,81	55,47
<b>R<sup>2</sup> (quadrática%)</b>	48,11	85,75	97,76
<b>Equação Polinomial</b>	<sup>(1)</sup> Y = 0,006179x + 13,142598		

Nota: Médias seguidas da mesma letra, na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 10% de probabilidade.  
Fonte: Própria autora.

**Tabela 13:** Desdobramento da interação sistema não irrigado e irrigado x fontes de N referente ao diâmetro do caule (mm) do algodoeiro cultivar FM 975WS<sup>®</sup> 120 DAE, em função de fontes e doses de N, em sistemas irrigado e não irrigado, na safra 2014/15. Selvíria-MS.

Fontes de N (kg ha <sup>-1</sup> )	Sistema - diâmetro de caule do algodoeiro (mm) 120 DAE	
	Não irrigado	Irrigado
<b>Ureia</b>	12,46 Ab	14,64 Aa
<b>Nitrato de amônio</b>	12,66 Ab	13,87 Ba
<b>C.V.%</b>	12,35	12,35
<b>D.M.S</b>	0,577	0,577

Nota: Médias seguidas da mesma letra, na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 10% de probabilidade.  
Fonte: Própria autora.

A leitura Spad foi realizada nas folhas do algodoeiro, representou uma determinação indireta do teor de clorofila na planta. O teor de clorofila na folha foi utilizado para avaliar o nível nutricional de N nas folhas do algodoeiro, devido ao fato de a quantidade desse pigmento correlaciona-se positivamente com teor de N na planta (CHAPMAN; BARRETO, 1997).

Os valores obtidos em relação ao índice Spad das folhas do algodoeiro aos 60, 90 e 120 DAE, apresentaram um efeito significativo isolado para os sistemas não irrigado e irrigado apenas aos 90 DAE. Constatou-se que o sistema irrigado foi o que apresentou maior média observada. Em relação as fontes de N o efeito significativo isolado foi apenas aos 120 DAE para o nitrato de amônio (Tabela 14).

**Tabela 14:** Valor de  $p>F$ , médias e testes de regressão para o índice SPAD (unidade) do algodoeiro cultivar FM 975WS<sup>®</sup> aos 60, 90 e 120 DAE, em função de fontes e doses de N, em sistemas irrigado e não irrigado, na safra 2014/15. Selvíria-MS.

FV\Avaliação	p>F		
	60 DAE	90 DAE	120 DAE
<b>Sistema (s)</b>	0,179	0,001	0,918
<b>Fonte (f)</b>	0,564	0,214	0,038
<b>Dose (d)</b>	0,406	0,556	0,683
<b>s*f</b>	0,058	0,205	0,925
<b>s*d</b>	0,548	0,690	0,883
<b>f*d</b>	0,925	0,256	0,277
<b>s*f*d</b>	0,742	0,369	0,258
<b>C.V.%</b>	11,43	16,90	14,43
<b>Média geral</b>	51,43	59,54	52,14
<b>Sistema</b>	<b>Tukey para os Sistemas</b>		
<b>Não irrigado</b>	50,84 a	56,63 b	52,08 a
<b>Irrigado</b>	52,02 a	62,45 a	52,19 a
<b>D.M.S</b>	1,449	2,481	1,855
<b>Fontes de N</b>	<b>Tukey para as Fontes</b>		
<b>Ureia</b>	51,68 a	58,60 a	50,97 b
<b>Nitrato de Amônio</b>	51,17 a	60,47 a	53,31 a
<b>D.M.S</b>	1,449	2,481	1,855
<b>Doses de N (kg ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>Regressão para doses de Nitrogênio (kg ha<sup>-1</sup>)</b>		
<b>0</b>	51,90	60,86	52,27
<b>25</b>	51,49	59,59	50,64
<b>50</b>	50,54	58,58	52,79
<b>100</b>	52,78	58,23	53,07
<b>150</b>	50,42	60,13	51,92
<b>p&gt;F (linear)</b>	0,622	0,636	0,714
<b>p&gt;F (quadrática)</b>	0,625	0,181	0,598
<b>r<sup>2</sup> (linear %)</b>	6,07	6,33	5,88
<b>R<sup>2</sup> (quadrática%)</b>	12,04	66,08	18,06

Nota: Médias seguidas da mesma letra, na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 10% de probabilidade.  
Fonte: Própria autora.

De acordo com os resultados do desdobramento da interação sistema não irrigado e irrigado x fontes de N referente ao índice Spad do algodoeiro aos 60 DAE, observou-se uma diferença significativa entre os sistemas. Notando-se que o sistema não irrigado foi o de maior média observada em relação ao índice, constatou-se nesse sistema diferença significativa entre as fontes, a ureia foi a que apresentou a maior média (Tabela 15).

**Tabela 15** - Desdobramento da interação sistema não irrigado e irrigado x fontes de N referente ao índice Spad (unidade) do algodoeiro cultivar FM 975WS<sup>®</sup> 60 DAE, em função de fontes e doses de N, em sistemas irrigado e não irrigado, na safra 2014/15. Selvíria-MS.

Fontes de N (kg ha <sup>-1</sup> )	Sistema – índice Spad (unidade) do algodoeiro 60 DAE	
	Não irrigado	Irrigado
Ureia	53,11 Aa	50,25 Ab
Nitrato de amônio	50,93 Ba	51,42 Aa
C.V.%	16,60	16,60
D.M.S	2,049	2,049

Nota: Médias seguidas de letras distintas, minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas, diferem entre si pelo teste Tukey, em nível de 10% de probabilidade.

Fonte: Própria autora.

Com base nos dados obtidos na análise nutricional de folhas do algodoeiro para macronutrientes aos 70 DAE (Tabela 16), foi verificado efeito significativo isolado entre os sistemas para o Ca apenas, sendo o sistema irrigado o que apresentou a maior média observada. A irrigação favoreceu a translocação deste nutriente para a cultivar por fluxo de massa, à medida que as doses de N foram se elevando os teores de Ca na planta foram diminuindo (NOVAIS; MELLO, 2007). Em relação as doses de N observaram – se efeito significativo isolado com ajuste linear da equação para os nutrientes K e Mg.

Para o teor nutricional do algodoeiro de N não se observou diferença significativa, provavelmente por conta do alto índice de volatilização da amônia, impossibilitou a planta de ter uma melhor absorção deste nutriente quando foi exposto ao solo, a umidade exerceu influência na atividade da uréase, sendo que a taxa de hidrólise aumentou em função do teor da mesma no solo e a alta temperatura durante o dia também aumentou a volatilização da amônia (CANTARRELLA et al., 2007).

**Tabela 16** - Valor de p>F, médias e testes de regressão para teor de macronutrientes (g/kg de matéria seca) do algodoeiro cultivar FM 975WS<sup>®</sup> aos 70 DAE, em função de fontes e doses de N, em sistemas irrigado e não irrigado, na safra 2014/15. Selvíria-MS.

FV\Avaliação	p>F					
	N	P	K	Ca	Mg	S
<b>Sistema (s)</b>	0,498	0,881	0,238	0,001	0,199	0,546
<b>Fonte (f)</b>	0,922	0,298	0,216	0,520	0,211	0,276
<b>Dose (d)</b>	0,820	0,273	0,023 <sup>(1)</sup>	0,265	0,023 <sup>(1)</sup>	0,217
<b>s*f</b>	0,454	0,982	0,278	0,902	0,266	0,902
<b>s*d</b>	0,764	0,669	0,473	0,721	0,903	0,405
<b>f*d</b>	0,764	0,661	0,401	0,846	0,948	0,182
<b>s*f*d</b>	0,180	0,515	0,380	0,712	0,811	0,439
<b>C.V.%</b>	19,68	28,68	23,48	29,10	28,19	19,54
<b>Média geral</b>	43	3,03	14,04	21,40	4,96	5,41
<b>Sistema</b>	<b>Tukey para os Sistemas</b>					
<b>Não irrigado</b>	43,41 a	3,01 a	13,53 a	17,98 b	5,19 a	5,49 a
<b>Irrigado</b>	41,93 a	3,05 a	14,55 a	24,82 a	4,72 a	5,33 a
<b>D.M.S</b>	3,650	0,378	1,433	2,708	0,608	0,464
<b>Fontes de N</b>	<b>Tukey para as Fontes</b>					
<b>Ureia</b>	42,56 a	2,91 a	13,50 a	20,88 a	4,73 a	5,26 a
<b>Nitrato de Amônio</b>	42,78 a	3,15 a	14,57 a	21,92 a	5,19 a	5,56 a
<b>D.M.S</b>	3,650	0,378	1,433	2,708	0,608	0,464
<b>Doses de N (kg ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>Regressão para doses de Nitrogênio (kg ha<sup>-1</sup>)</b>					
<b>0</b>	43,14	2,99	11,62	24,40	6,08	5,72
<b>25</b>	40,53	3,42	15,29	21,95	5,23	5,71
<b>50</b>	42,51	2,61	12,87	18,59	4,40	4,79
<b>100</b>	42,14	3,05	15,39	21,32	4,74	5,41
<b>150</b>	44,61	3,08	15,05	20,81	4,36	5,43
<b>p&gt;F (linear)</b>	0,536	0,804	0,026	0,177	0,004	0,372
<b>p&gt;F (quadrática)</b>	0,411	0,624	0,394	0,147	0,177	0,177
<b>r<sup>2</sup> (linear %)</b>	26,61	1,17	41,52	34,85	75,61	13,55
<b>R<sup>2</sup> (quadrática%)</b>	73,60	5,76	47,33	75,27	91,01	44,85
<b>Equação Polinomial</b>	<sup>(1)</sup> Y = 0,694779x + 11,965131			<sup>(2)</sup> Y = - 0,393380x + 6,147957		

Médias seguidas da mesma letra, na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 10% de probabilidade.  
Fonte: Própria autora.

Para os dados obtidos na análise nutricional de folhas do algodoeiro para micronutrientes aos 70 DAE (Tabela 17), foi verificado efeito significativo isolado entre os sistemas para os nutrientes Fe e Mn, sendo que o sistema não irrigado foi o que apresentou as maiores médias observadas dos teores. A medida que se elevou as doses de N os valores dos teores de Fe foram diminuindo e o Mn foram aumentando na planta.

**Tabela 17** - Valor de p>F, médias e testes de regressão para teor de micronutrientes (g/kg de matéria seca) do algodoeiro cultivar FM 975WS<sup>®</sup> aos 70 DAE, em função de fontes e doses de N, em sistemas irrigado e não irrigado, na safra 2014/15. Selvíria-MS.

FV\Avaliação	p>F				
	Cu	Fe	Mn	Zn	B
<b>Sistema (s)</b>	0,423	0,001	0,001	0,388	0,459
<b>Fonte (f)</b>	0,906	0,143	0,611	0,357	0,973
<b>Dose (d)</b>	0,883	0,177	0,338	0,752	0,828
<b>s*f</b>	0,708	0,423	0,745	0,399	0,417
<b>s*d</b>	0,163	0,343	0,967	0,545	0,722
<b>f*d</b>	0,695	0,228	0,569	0,426	0,205
<b>s*f*d</b>	0,648	0,171	0,495	0,246	0,215
<b>C.V.%</b>	87,48	27,17	22,57	80,20	19,73
<b>Média geral</b>	15,90	111,11	237,72	29,40	26,62
<b>Sistema</b>	<b>Tukey para os Sistemas</b>				
<b>Não irrigado</b>	17,35 a	134,26 a	263,12 a	32,01 a	27,13 a
<b>Irrigado</b>	14,45 a	88 b	212,33 b	26,75 a	26,12 a
<b>D.M.S</b>	6,048	13,125	23,324	10,25	2,28
<b>Fontes de N</b>	<b>Tukey para as Fontes</b>				
<b>Ureia</b>	16,11 a	105,30 a	241,27 a	26,57 a	26,60 a
<b>Nitrato de Amônio</b>	15,69 a	116,93 a	234,18 a	32,23 a	26,65 a
<b>D.M.S</b>	6,048	13,125	23,324	10,25	2,28
<b>Doses de N (kg ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>Regressão para doses de Nitrogênio (kg ha<sup>-1</sup>)</b>				
<b>0</b>	16,76	123,75	231,83	25,80	26,74
<b>25</b>	16,11	120,50	242,15	26,20	25,33
<b>50</b>	18,71	99,58	211,90	36,29	26,57
<b>100</b>	12,77	99,45	247,13	32,59	26,49
<b>150</b>	14,96	111,30	254,95	26,63	27,88
<b>p&gt;F (linear)</b>	0,588	0,104	0,303	0,711	0,479
<b>p&gt;F (quadrática)</b>	0,850	0,126	0,304	0,305	0,457
<b>r<sup>2</sup> (linear %)</b>	24,95	40,84	23,72	7,32	36,05
<b>R<sup>2</sup> (quadrática %)</b>	27,97	76,80	47,32	64,13	75,82

Nota: Médias seguidas da mesma letra, na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 10% de probabilidade.  
Fonte: Própria autora.

Considerando os valores obtidos pelas avaliações dos componentes da produção do algodoeiro no final do ciclo do algodoeiro (Tabela 18), observou-se efeito significativo isolado apenas para o rendimento de fibra e para a produtividade de algodão em caroço, nos sistemas irrigado e não irrigado. O rendimento de fibra no sistema irrigado foi de 44 % no geral, segundo Brito et al. (2011) o cultivo de algodão irrigado apresentou ótimas produções da qualidade de fibras, em áreas irrigadas, alcançando excelentes produtividades. Wen et al. (2013) relatou que independente das fontes utilizadas o que proporcionou melhor rendimento foi o sistema irrigado e a uniformidade da fibra foi afetada pelas lâminas de irrigação.

**Tabela 18** - Valor de p>F, médias e testes de regressão para massa de 20 capulhos (g), massa de 100 sementes (g), rendimento de fibra (%) e produtividade de algodão em caroço (kg ha<sup>-1</sup>) do algodoeiro cultivar FM 975WS<sup>®</sup> em função de doses de N em sistemas irrigado e não irrigado, na safra 2014/15. Selvíria-MS.

FV\Avaliação	p>F			
	Massa de 20 Capulhos (g)	Massa de 100 Sementes (g)	Rendimento de Fibra (%)	Produtividade de algodão em caroço (kg ha <sup>-1</sup> )
<b>Sistema (s)</b>	0,272	0,117	0,003	0,001
<b>Fonte (f)</b>	0,416	0,132	0,910	0,442
<b>Dose (d)</b>	0,802	0,827	0,650	0,496
<b>s*f</b>	0,885	0,989	0,692	0,728
<b>s*d</b>	0,761	0,974	0,791	0,642
<b>f*d</b>	0,292	0,185	0,849	0,844
<b>s*f*d</b>	0,925	0,828	0,488	0,863
<b>C.V.%</b>	18,48	21,90	5,63	19,81
<b>Média geral</b>	0,144	76,46	43,53	2.748
<b>Sistema</b>	<b>Tukey para os Sistemas</b>			
<b>Não irrigado</b>	0,14 a	73,00 a	42,53 b	2.466 b
<b>Irrigado</b>	0,15 a	79,93 a	44,54 a	3.030 a
<b>D.M.S</b>	0,011	7,280	1,065	236,63
<b>Fontes de N</b>	<b>Tukey para as Fontes</b>			
<b>Ureia</b>	0,14 a	79,78 a	43,57 a	2.693 a
<b>Nitrato de Amônio</b>	0,14 a	73,14 a	43,50 a	2.802 a
<b>D.M.S</b>	0,011	7,280	1,065	236,63
<b>Doses de N (kg ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>Regressão para doses de Nitrogênio (kg ha<sup>-1</sup>)</b>			
<b>0</b>	0,14	77,35	44,11	2.838
<b>25</b>	0,15	73,96	43,97	2.532
<b>50</b>	0,14	80,69	42,85	2.788
<b>100</b>	0,15	76,93	43,06	2.678
<b>150</b>	0,14	73,36	43,68	2.901
<b>p&gt;F (linear)</b>	0,890	0,647	0,573	0,505
<b>p&gt;F (quadrática)</b>	0,611	0,534	0,210	0,319
<b>r<sup>2</sup> (linear %)</b>	1,19	14,29	13,00	13,17
<b>R<sup>2</sup> (quadrática %)</b>	17,37	40,82	78,31	42,75

Nota: Médias seguidas da mesma letra, na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 10% de probabilidade.  
Fonte: Própria autora.

Em relação aos valores obtidos da produtividade de algodão em caroço do experimento (Tabela 18), notou-se uma média geral de produção de 2.748 kg ha<sup>-1</sup>. O sistema irrigado foi o que apresentou a maior produtividade, com uma média de 3.030 kg ha<sup>-1</sup> e o sistema não irrigado foi de 2.466 kg ha<sup>-1</sup>, de tal modo que constatou-se uma diferença de 500 kg ha<sup>-1</sup> comparando um sistema com o outro. Segundo Batista (2008) o algodão necessita de temperaturas ambientais na faixa de 18 a 30 ° C, elevadas radiações solar e insolação. Acrescente-se a isto, a existência de cultivares de ciclo médio (130 - 150 dias), que

consumiram entre 450 e 700 mm de água e apresentaram um potencial de rendimento superior a 3.000 kg ha<sup>-1</sup> de algodão em caroço.

Conforme os dados da produtividade de algodão em caroço da safra 2014/15, que foram apresentados pela CONAB (2017), a produtividade de algodão em caroço nesta safra foi de 4.500 kg ha<sup>-1</sup>, informação que foi comparada com a produtividade do experimento, que foi inferior à média da safra. Tal fato ocorreu por conta das condições climáticas da época, que contribuíram negativamente em partes para o estabelecimento da pesquisa em relação a produtividade. Observou-se que a medida que foi elevando as doses de N a produtividade manteve uma constância, isso por conta do alto índice de volatilização do N quando foi disposto no solo para a cultura.

Dados da literatura relataram na região dos cerrados brasileiros resposta do algodoeiro a doses de 130 a 150 kg ha<sup>-1</sup> de N que foram submetidas a sistema irrigado (LAMAS; STAUT, 2005; TEIXEIRA et al., 2008), verificaram que a partir do momento que o solo foi mantido durante todo o período de cultivo em condições ótimas de umidade ocorreu maior absorção de nutrientes pelas plantas, acarretando em maior produtividade. Segundo Furtado e Mendes (1977), utilizaram uma aplicação de lâmina total de irrigação de 575 mm, conseguiram um rendimento de 3.300 kg ha<sup>-1</sup> de algodão em caroço, em sistema de produção irrigado. Aujla et al. (2004) estudaram a produtividade do algodão em Bathinda, na Índia, encontraram maior rendimento de algodão em caroço 2.144 kg ha<sup>-1</sup>, quando utilizaram o método de irrigação por gotejamento.

Verificou-se para os teores de nitrato e amônio que foram analisados no solo (Tabela 19), a partir dos diferentes níveis de profundidade de 0 a 0,8 m, que houve efeito significativo isolado para os sistemas, onde observou-se que as maiores médias de concentração dos teores aconteceram para o sistema não irrigado. Foi apresentado lixiviação do  $\text{NHO}_3^-$  e do  $\text{NH}_4^+$  nas em condições irrigadas, sendo que o  $\text{NHO}_3^-$  foi o que mais lixiviou no solo. Tal fato procedeu pelo alto índice de volatilização da amônia e da lixiviação do nitrato do N em ambientes úmidos submetidos a altas temperaturas em condições de campo (MARTHA JÚNIOR et al., 2007).

Para as doses de N notou-se um efeito significativo isolado apenas para o amônio na profundidade de 0,4 – 0,6 m, apresentou um ajuste positivo linear com a sua maior média na dose de 150 kg N ha<sup>-1</sup>, fato que comprovou a lixiviação do N no solo em diferentes níveis de profundidade, quando foram submetidos a doses de N e sistema irrigado.

**Tabela 19** - Valor de  $p>F$ , médias e testes de regressão para o teor de nitrato  $\text{NO}_3^-$  e do amônio  $\text{NH}_4$  (mg kg) das amostragens dos solos, nas profundidades de 0 – 0,20, 0,20 – 0,40, 0,40- 0,60 e 0,60 – 0,80 (m), em função de fontes e doses de N, em sistemas irrigado e não irrigado, na safra 2014/15. Selvíria-MS.

FV\Avaliação	$p>F$							
	$\text{NH}_4$ (mg kg)	$\text{NO}_3^-$ (mg kg)	$\text{NH}_4$ (mg kg)	$\text{NO}_3^-$ (mg kg)	$\text{NH}_4$ (mg kg)	$\text{NO}_3^-$ (mg kg)	$\text{NH}_4$ (mg kg)	$\text{NO}_3^-$ (mg kg)
Profundidade	0-0,2 (m)		0,2-0,4 (m)		0,4-0,6 (m)		0,6-0,8 (m)	
Sistema (s)	0,001	0,011	0,005	0,001	0,001	0,011	0,001	0,011
Fonte (f)	0,833	0,799	0,442	0,721	0,111	0,618	0,359	0,804
Dose (d)	0,824	0,353	0,426	0,730	0,044 <sup>(1)</sup>	0,731	0,245	0,750
s*f	0,320	0,518	0,988	0,088	0,881	0,362	0,206	0,778
s*d	0,296	0,072	0,565	0,987	0,003	0,335	0,156	0,355
f*d	0,316	0,702	0,869	0,276	0,142	0,519	0,626	0,956
s*f*d	0,316	0,764	0,411	0,667	0,658	0,591	0,675	0,873
C.V.%	15,65	20,29	16,99	17,02	9,89	22,27	13,53	22,39
Média geral	19,22	18,66	17,83	18,15	18,20	18,83	17,70	18,56
<b>Sistema</b>	<b>Tukey para os Sistemas</b>							
Não irrigado	20,69 a	19,95 a	18,99 a	19,98 a	20,49 a	20,26 a	19,65 a	19,99 a
Irrigado	17,75 b	17,37 b	16,67 b	16,32 b	15,91 b	17,40 b	15,74 b	17,13 b
D.M.S	1,307	1,646	1,317	1,343	0,782	1,823	1,040	1,806
<b>Fontes de N</b>	<b>Tukey para as Fontes</b>							
Ureia	19,14 a	18,79 a	18,13 a	18,29 a	18,58 a	19,10 a	17,41 a	18,42 a
N. amônio	19,30 a	18,54 a	17,53 a	18,00 a	17,82 a	18,56 a	17,98 a	18,69 a
D.M.S	1,307	1,646	1,317	1,343	0,782	1,823	1,040	1,806
<b>Doses de N (kg ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>Regressão para doses de Nitrogênio (kg ha<sup>-1</sup>)</b>							
0	18,88	17,69	16,39	18,26	16,83	17,85	17,69	18,21
25	18,80	18,80	18,31	18,76	18,49	19,76	17,91	18,63
50	19,00	17,40	18,64	17,56	18,06	18,14	17,93	17,41
100	20,09	20,28	17,76	18,76	18,47	18,77	18,61	19,66
150	19,34	19,14	18,06	17,43	19,14	19,64	16,36	18,90
p>F (linear)	0,431	0,192	0,459	0,563	0,011	0,480	0,271	0,474
p>F (quadrática)	0,640	0,652	0,233	0,685	0,465	0,909	0,083	0,986
r <sup>2</sup> (linear %)	42,13	38,78	14,18	16,73	66,54	25,08	22,01	27,22
R <sup>2</sup> (quadrática %)	56,94	43,34	51,35	24,94	71,59	25,73	77,64	27,23
<b>Equação Polinomial</b> <sup>(1)</sup> Y = 0,011562x + 17,450632								

Nota: Médias seguidas da mesma letra, na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 10% de probabilidade.  
Fonte: Própria autora.

Considerando a interação sistema não irrigado e irrigado x doses de N para o teor de nitrato, na profundidade do solo de 0 – 0,20 m (Tabela 20), observou-se um ajuste quadrático positivo linear para a equação. A lixiviação  $\text{NO}_3^-$  ocorreu com maior intensidade devido ao caráter aniônico do solo, sendo repelido pela argila com carga negativa (RAIJ, 1991). Segundo Andrade et al. (2009) a presença do nitrato na solução do solo depende dos atributos químicos do mesmo, da fonte de N que foi utilizada e da disponibilidade hídrica do ambiente. A lixiviação do nitrato foi potencializada pelas propriedades físicas do solo mais argiloso, onde proporcionou maiores concentrações desse nutriente no solo.



**Tabela 20** - Desdobramento da interação sistema não irrigado e irrigado x doses de N para o teor de nitrato  $\text{NO}_3^-$  (mg kg) da amostragem do solo, na profundidade de 0 – 0,20 m, em função de fontes e doses de N, em sistemas irrigado e não irrigado, na safra 2014/15. Selvíria-MS.

Doses de N (kg ha <sup>-1</sup> )	Sistema - teor de $\text{NO}_3^-$ (mg kg) na profundidade de 0 – 0,20 (m)	
	Irrigado	Não irrigado
0	14,96 b	20,42 a
25	15,92 b	21,67 a
50	16,16 a	18,64 a
100	21,52 a	19,04 a
150	18,28 a	20,01 a
C.V.%	20,29	20,29
D.M.S	3,681	3,681
p>F (linear)	0,019	0,571
p>F (quadrática)	0,166	0,447
r <sup>2</sup> (linear %)	52,18	13,62
R <sup>2</sup> (quadrática%)	69,53	38,25
<b>Irrigado <math>Y = 0,031429x + 15,330761</math></b>		

Nota: Médias seguidas da mesma letra, na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 10% de probabilidade.  
Fonte: Própria autora.

De acordo com os dados do desdobramento da interação sistema não irrigado e irrigado x fontes de N na Tabela 21, para o teor de nitrato na profundidade do solo de 0,20 – 0,40 m, notou-se uma significância nesta interação entre os sistemas, verificou-se no sistema não irrigado a maior média observada. Foi notável a movimentação do nitrato nesta profundidade do solo, por conta da característica que esse solo apresentou de uma textura mais argilosa, favoreceu a concentração da lixiviação do nitrato nesta profundidade menos alagada. Lilienfein et al. (2003) mostraram que em pastagens o nitrato foi lixiviado para camadas até 0,30 m de profundidade do solo, a partir de onde este foi armazenado, provavelmente devido à adsorção proporcionada por cargas positivas presentes nestes locais.

Boeira et al. (2002), estudaram o efeito do lodo de esgoto em um Latossolo Vermelho distrófico, encontraram resultados semelhantes demonstrando efeito significativo entre o acúmulo de N mineral aplicado ao solo, com predominância de  $\text{NO}_3^-$  aos 105 dias de incubação em um Latossolo Vermelho distrófico, sendo que os teores de  $\text{NO}_3^-$  foram mais altos em relação aos de  $\text{NH}_4^+$  na profundidade de 0-40 cm do solo Martines et al. (2006) relataram que tais fatores são as flutuações na temperatura, os extremos de potencial hídrico, extremos de pH, distúrbios físicos do solo, mudanças nas trocas gasosas.

Alguns autores destacaram a baixa lixiviação dos adubos nitrogenados, em relação à quantidade e forma que foi este foi aplicado. Sousa e Lobato (2004) descreveram que as perdas totais de N no solo foram 43 % provenientes da desnitrificação e no máximo 29 %

foram perdidos na forma de lixiviação de  $\text{NO}_3^-$ , processo que foi mais acentuado em condições de alta umidade do solo e influenciados por altas temperaturas, tendo significância para o sistema irrigado.

**Tabela 21** - Desdobramento da interação sistema não irrigado e irrigado x fontes de N para o teor de nitrato  $\text{NO}_3^-$  (mg kg) da amostragem do solo, na profundidade de 0,20 – 0,40 m, em função de fontes e doses de N, em sistemas irrigado e não irrigado, na safra 2014/15. Selvíria-MS.

Fontes de N ( $\text{kg ha}^{-1}$ )	Sistema - teor de $\text{NO}_3^-$ (mg kg) na profundidade de 0,20 – 0,40 (m)	
	Irrigado	Não irrigado
Ureia	17,16Ab	19,43Aa
Nitrato de amônio	15,48Ab	20,53Aa
C.V.%	17,02	17,02
D.M.S	1,899	1,899

Nota: Médias seguidas de letras distintas, minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas, diferem entre si pelo teste Tukey, em nível de 10% de probabilidade.

Fonte: Própria autora.

Considerando o desdobramento da interação apresentada na Tabela 22, notou-se efeito significativo do amônio na profundidade do solo de 0,40 – 0,60 m, tendo um ajuste negativo quadrático com a sua maior dose de N calculada para esta equação de  $112 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$ . observando-se as médias no sistema irrigado em relação ao aumento das doses de N dispostas no solo, à medida que as doses foram elevadas, em relação a testemunha até a maior dose de N, foi nítido o efeito da lixiviação no solo do nutriente em relação ao sistema não irrigado que obteve maiores teores de concentrações do mesmo.

Esse fato procedeu por conta da textura argilosa do solo do experimento, que permitiu uma maior capacidade de retenção de N, principalmente na forma de  $\text{NH}_4^+$ . Além da textura, o conteúdo de MO também interferiu na lixiviação de nitrato e do amônio, em função da maior disponibilidade de N decorrente da decomposição da MO. A maior capacidade de armazenamento de água dos solos argilosos reduziu a percolação da água pelo perfil do solo e conseqüentemente, o arraste de nitrato e do amônio para camadas mais inferiores (BORTOLINI, 2000; CAMARGO et al., 1989).

Dados da literatura mostraram que o  $\text{NH}_4^+$  tende a ser menos lixiviado do que o  $\text{NO}_3^-$  em solos de características mais argilosa, porém quando estes estiveram dispostos em condições menos alagada associados a esse tipo de textura, o processo de lixiviação se tornou mais lento, retendo as concentrações destes cátions nas profundidades do solo. Phillips e Burtuon (2002) observam a tendência do cátion  $\text{NH}_4^+$  ficar mais retido na camada inferior do

solo e justificaram tal fato pela preferência da MO reter os cátions multivalentes, já que, quanto maior a profundidade menor a presença de MO.

**Tabela 22** - Desdobramento da interação sistema não irrigado e irrigado x doses de N para o teor do amônio  $\text{NH}_4^+$  (mg kg) da amostragem do solo, na profundidade de 0,40 - 0,60 m, em função de fontes e doses de N, em sistemas irrigado e não irrigado, na safra 2014/15. Selvíria-MS.

Doses de N (kg ha <sup>-1</sup> )	Sistema - teor do $\text{NH}_4$ (mg kg) na profundida de 0,40 – 0,60 (m)	
	Irrigado	Não irrigado
<b>0</b>	12,75 b	20,91 a
<b>25</b>	16,51 b	20,47 a
<b>50</b>	16,97 a	19,19 a
<b>100</b>	15,78 a	21,14 a
<b>150</b>	17,53 a	20,74 a
<b>C.V.%</b>	9,89	9,89
<b>D.M.S</b>	1,750	1,750
<b>p&gt;F (linear)</b>	0,002	0,680
<b>p&gt;F (quadrática)</b>	0,062	0,387
<b>r<sup>2</sup> (linear %)</b>	43,52	3,94
<b>R<sup>2</sup> (quadrática%)</b>	57,60	21,47
<b>Irrigado</b> $Y = - 0,000281x^2 + 0,063161x + 13,803587$		

Nota: Médias seguidas da mesma letra, na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 10% de probabilidade.  
Fonte: Própria autora.

## **7 CONCLUSÕES**

O sistema irrigado foi o que propiciou maior lixiviação dos teores de nitrato e amônio nas profundidades de 0 a 0,8 m.

O sistema não irrigado foi o que apresentou maior concentração dos teores de nitrato e amônio nas profundidades de 0 a 0,8 m.

A profundidade de 0,4 – 0,6 m foi a que constatou maior acúmulo dos teores de nitrato e do amônio no solo.

## REFERÊNCIAS

- ADINAN, S. J. **lixiviação de nitrato e volatilização de amônia em um latossolo cultivado com café sob diferentes fontes de nitrogênio**. 2012. 858 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa - UFV, Viçosa, MG, 2012.
- ALI, N. Review: nitrogen utilization features in cotton crop. **American Journal of Plant Sciences**, [S. l.], v. 6, n. 7, p. 987, 2015.
- ALLEN, R.G. et al. Water Requirements. In: HOFFMAN, G. J. et al. Design and operation of farm irrigation systems. 2. ed. Nebraska: American Society of Agricultural & Biological, 2007. Cap. 8, p. 208-288.
- AMADO, T.J.C.; MIELNICZUK, J.; AITA, C. Recomendação de adubação nitrogenada para o milho no RS e SC adaptada ao uso de culturas de cobertura do solo, sob sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 26, n. 2, p. 241-248, 2002.
- ANDRADE, E. M.; AQUINO, D. N.; CRISÓSTOMO, L. A.; RODRIGUES, J. O.; LOPES, F. B. Impacto da lixiviação de nitrato e cloreto no lençol freático sob condições de cultivo irrigado. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, p. 88-95, 2009.
- AQUINO, L. A.; AQUINO, R. F. B. A.; SILVA, T. C.; SANTOS, D. F.; BERGER, P. G. Aplicação do fósforo e da irrigação na absorção e exportação de nutrientes pelo algodoeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 4, p. 355-361, 2012.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS PRODUTORES DE ALGODÃO - ABRAPA. **Números do algodão**. Brasília, DF, 2016. Disponível em: <<http://www.abrapa.com.br/estatisticas/Paginas/default.aspx>>. Acesso em: 17 de nov. 2017.
- AUJLA, M. S.; THIND, H. S.; BUTTAR, G. S. Cotton yield and water use efficiency at various levels of water and N through drip irrigation under two methods of planting. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 71, n. 2, p. 167-179, 2004.
- BAHIA. Secretaria de Agricultura, Irrigação e Reforma Agrária do Estado da Bahia – SEAGRI. **Cultura: algodão**. Salvador, 2006. Disponível em <<http://www.seagri.ba.gov.br/Algodao.htm>>. Acesso em: 12 jan. 2017.
- BARCELOS, J. P. Q.; JUNIOR, E. F.; REIS, H. G. P.; PUTTI, F. F.; dos REIS, A. R. Diagnóstico da exigência do algodoeiro em nitrogênio e níquel pela utilização do medidor portátil de clorofila. **Brazilian Journal of Biosystems Engineering**, Tupã, v. 10, n. 1, p. 97-106, 2016.
- BATISTA, R. C. **Avaliação emergética da cultura do algodão colorido irrigado com água residuária em ambiente semi-árido**. 2008. 187 f. Tese (Doutorado em Recursos Naturais)- Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2008.
- BATISTA, C. H.; DE AQUINO, L. A.; SILVA, T. R.; SILVA, H. R. F. Crescimento e produtividade da cultura do algodão em resposta a aplicação de fósforo e métodos de irrigação. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, [S. l.], v. 4, n. 4, p.197–206, 2010.

BAYER CROPSCIENCE. **FiberMax semente de algodão**: FM 975WS. [S. 1.], 2016. Disponível em: <<https://www.agro.bayer.com.br/produtos/fibermax>>. Acesso em: 08 abr. 2017.

BELTRÃO, N. M. Algodão brasileiro em relação ao mundo: situação e perspectivas. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia **O agronegócio do algodão no Brasil**. Brasília, DF, 1999. v. 1, p. 15-27.

BELTRÃO, N. E. de M. et al. **Recomendações técnicas para o cultivo do algodoeiro herbáceo de sequeiro e irrigado nas regiões Nordeste e Norte do Brasil**. 2. ed. Campina Grande: Embrapa Algodão, 1994. 73 p.

BEZERRA, J. R. C.; AZEVEDO, P. V.; SILVA, B. B.; DIAS, J. M. Evapotranspiração e coeficiente de cultivo do algodoeiro BRS-200 Marron, irrigado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 6, p. 625-632, 2010.

BOEIRA, R.C.; LIGO, M.A.V.; DYNIA, J.F. Mineralização de nitrogênio em solo tropical tratado com lodos de esgoto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 37, n. 11, p. 1639-1647, 2002.

BORTOLINI, C.G. **Eficiência do método de adubação nitrogenada em pré-semeadura do milho implantado em semeadura direta após aveia preta**. 2000. 48 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. CONAMA. Resolução nº 357 de 17 de março de 2005. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 18 de março de 2005. Seção 1, p.58-63. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>>. Acesso em: 08 abr. 2017.

BRANDÃO, Z. N.; SOFIATTI, V.; FERREIRA, G. B.; LIMA, R. L. S.; BELTRÃO, N. D. M.; SILVA, B. D. Predição da adubação nitrogenada através da utilização do índice SPAD para o algodoeiro no semi-árido. **Revista de Engenharia Ambiental**, [S. 1.], v. 6, n. 3, p. 368-382, 2009.

BRITO, G. G. et al. Physiological traits for drought phenotyping in cotton. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 33, n. 1, p. 117-125, 2011.

BREMNER, J. M.; KEENEY, D. R. Exchangeable ammonium, nitrate and nitrite by steam-distillation methods. In: BLACK, C. A. (Ed.). **Methods of soil analysis: chemical and microbiological properties**. Madison: American Society of Agronomy; Soil Science Society of America, 1965. p. 1191-1206.

CAMARGO, P. B. et al. Destino do N de fertilizantes – N15 (uréia e aquamônia) aplicados na cultura da cana-de-açúcar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 22., 1989, Recife. **Resumos...** Recife: SBCS, 1989. p.70-71.

CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V. V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. **Fertilidade do Solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 375-470,

CANTARELLA, H.; MARCELINO, R. Fontes alternativas de nitrogênio para a cultura do milho. In: FANCELLI, A. L. (Ed). **Milho: nutrição e adubação**. Piracicaba: FEALQ, 2008, v. 1, p. 36-55.

CARVALHO, M. C. S.; LEANDRO, W. M.; FERREIRA, A. C. B.; BARBOSA, K. A. **Sugestão de adubação nitrogenada do algodoeiro para o estado de Goiás com base em resultados de pesquisa**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2006c. 5 p. (Comunicado Técnico, 268).

CHAPMAN, S.C.; BARRETO, H.G. Using a chlorophyll meter to estimate specific leaf nitrogen of tropical maize during vegetative growth. **Agronomy Journal**, Madison, v. 89, p. 557-562, 1997.

CLAWSON, E. L.; COTHREN, J. T.; BLOUIN, D. C. Nitrogen fertilization and yield of cotton in ultra-narrow and conventional row spacings. **Agronomy Journal**, Madison, v. 98, p. 72–79, 2006.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. Acompanhamento de safra brasileira: grãos, nono levantamento, junho 2017. **Companhia Nacional de Abastecimento – Brasília, DF, 2017**. 43 p. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/>>. Acesso em: 17 dez. 2017.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Séries históricas de área plantada, produtividade e produção, relativas às safras 1976/77 a 2015/16 de grãos, 2001 a 2016 de café, 2005/06 a 2016/17 de cana-de-açúcar, 2016**. Brasília, DF, 2016. Disponível em <<http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1252>>. Acesso: em 14 out. 2017.

CONAMA 357/2005. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução n. 357 de 17 de março de 2005. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, n. 53, 18 mar. 2005. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>>. Acesso em: 15 dez 2017.

COSTA, J.N. da; ALMEIDA, F. de A.C.; SANTANA, J.C.F. de; COSTA, I.L.L. da; WANDERELY, M.J.R.; SANTANA, J.C. da S. **Técnicas de colheita, processamento e armazenamento do algodão**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2005. 14 p. (Circular técnica).

COSTA, K.A.P.; FAQUIN, V.; OLIVEIRA, I.P.; RODRIGUES, C. & SEVERIANO, E.C. Doses e fontes de Nitrogênio em pastagem de capim-marandu. I – Alterações nas características químicas do solo. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, MG, v. 32, p. 1591-1599, 2008.

DUARTE, F. M.; POCOJESKI, E.; SILVA, L. S.; GRAUPE, F. A.; BRITZKE, D. Perdas de nitrogênio por volatilização de amônia com aplicação de uréia em solo de várzea com diferentes níveis de umidade. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 3, p. 705-711, 2007.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília, DF: São Paulo, 1999a. 370 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, DF, 1999b. 412 p.

- FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. **Anais...** São Carlos: UFSCar, 2000. p.255-258.
- FEY, R. ZOZ, T. ,STEINER, F. , RICHART,, A., BRITO, O. R. . Leaching of nitrogen in column in regarding soil particle size. **Cientia Agraria**, Curitiba, v. 11, n. 2, p.181-1 85, Mar./Apr. 2010.
- FURTADO, J. S.; MENDES, W. C. R. Estudos da evapotranspiração na cultura do algodoeiro herbáceo. **Boletim Técnico**, Fortaleza, v. 32, n. 2, p.189-195, 1977.
- GOMES, P.F. **Curso de estatística experimental**. 14. ed. Piracicaba: Nobel. 2000. 460 p.
- HERNANDEZ, F. B. T.; LEMOS FILHO, M. A. F.; BUZETTI, S. **Software HIDRISA e o balanço hídrico de Ilha Solteira**. Ilha Solteira: UNESP, 1995. 45 p. (Série Irrigação, 1).
- JÁCOME, A. G.; FERNANDES, P. D.; GHEYI, H. G.; GONÇALVES, A. C. A.; SILVA, F. F. da. Avaliação de genótipos de algodoeiro sob níveis de salinidade da água de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, p. 365-369, 2005.
- JADOSKI, S. O.; SAITO, R. L.; PRADO, C.; LOPES, C.E.; SALES,S.R. Características da lixiviação de nitrato em áreas de agricultura intensiva. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, v. 3, n. 1, P. 1-8, 2010.
- KANEKO, F. H.; LEAL, A. J. F.; DIAS, A. R.; ANSELMO, J. L.; BUZETTI, S.; DAL BEM, E. A.; GITTI, D. C.; NASCIMENTO, V. Resposta do algodoeiro em cultivo adensado a doses de nitrogênio, fósforo e potássio. **Revista Agrarian**, Dourados, v. 7, n. 25, p. 382-389, 2014.
- LAMAS, F. M.; STAUT, L. A. **Nitrogênio e regulador de crescimento no algodoeiro no Sistema Plantio Direto**. Dourados: EMBRAPA-CPAO, 1998. 7 p.
- LACA-BUENDIA, J. P.; LANZA, M. A. Adubação nitrogenada com sulfato de amônia em algodoeiro precoce. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 4., 2003, Goiania, GO. **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2003. P. 1-4.
- LILIENFEIN, J.; WILCKE, W.; LIMA, S.C.; VILELA, L.; THOMAS, R.; ZECH, W. Nutrient concentrations in soil solution of some Brazilian Oxisols under conventional and no-tillage systems in the early part of the rainy season. **Australian Journal of Soil Research**, Melbourne, v. 38, p. 851-866, 2003.
- LIMA, M. M., AZEVEDO, C. A. V., BELTRÃO, N. E. M., LIMAS, V. L. A., NASCIMENTO, M. B. H., FIGUEIREDO, I. C. M. Níveis de adubação nitrogenada e bioestimulante na produção e qualidade do algodão BRS verde. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 10, n. 3, p. 619–623, 2006.
- LUCHESE, E. B.; FAVERO, L. O. B.; LENZI, E. **Fundamentos da química do solo**. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 2001. 182 p.



LUZ, M. J. S. E.; BEZERRA, J. R. C.; BARRETO, A. N.; SANTOS, J. W.; AMORIM NETO, M. S. Efeito da deficiência hídrica sobre o rendimento e a qualidade da fibra do algodoeiro. **Revista de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v. 1, n. 1, p. 125-133, 1997.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319 p.

MARTHA JÚNIOR, G. B. M.; VILELA, L.; SOUZA, D. M. G. Adubação nitrogenada. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA **Cerrado: uso eficiente de corretivos e fertilizantes em pastagens**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2007. p. 117-144.

MARTINES, A. M.; ANDRADE, A. C.; CARDOSO, E. J. B. N. Mineralização do carbono orgânico em solos tratados com lodo de curtume. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 41, n. 7, p. 1149-1155, 2006.

MATTOS JUNIOR, D.; CANTARELLA, H.; RAIJ, B. van. Manuseio e conservação de amostras de solo para preservação do nitrogênio inorgânico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 19, p. 423-431, 1995.

MELGAR, R.J; CAMOZZI, M.E. & FIGUEROA, M.M. **Guia de fertilizantes**, enmiendas y productos nutricionales. Buenos Aires: Instituto Nacional de Tecnologia Agropecuária, 1999. Cap. 1, p.13-25.

MINOLTA CAMERA Co. Ltda **Manual for chlorophyll meter SPAD 502**. Osaka: Minolta, Radiometric Instruments divisions, 1989. 22 p.

NUNES FILHO, J.; SÁ, V. A. L; JÚNIOR, I. S. O; COUTINHO, J. L. B; SANTOS, V. F. Efeito de lâminas de irrigação sobre o rendimento e qualidade da fibra de cultivares de algodoeiro herbáceo (*Gossypium hirsutum* L. r. *latifolium* Hutch). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 2, n. 3, p. 295-299, 1998.

NOVAIS, R. F.; MELLO, J. W. V. Relação solo-planta. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Ed.). **Fertilidade do Solo**. Viçosa, MG: **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, 2007. Cap. 4, p. 133-204.

PAIVA, R.; L. M. OLIVEIRA. 2006. **Fisiologia e produção vegetal**. Lavras: Ed. UFLA. MG, 2006. p.104.

PERSEGIL, E. O. **Recomendação de adubação nitrogenada para o cultivar de algodoeiro FMT 701 com base na leitura de clorofila ICF**. 2012. 52 f. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Produção) - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2012.

PHILLIPS, I.; BURTON, E. Nutrient leaching in undisturbed cores of na acidic sandy Podosol following simultaneous potassium chlorides and di-ammonium phosphate application. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, Dordrecht, v. 73, p. 328-337, 2002.

- RAIJ, Van B. **Fertilidade do solo e adubação**. São Paulo: Piracicaba, Ceres/ Potafos, 1991. 343 p.
- RAIJ, B. V.; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2001. 285 p.
- RAIJ, B. V.; QUAGGIO, J. A. **Análise química de solos para fins de fertilidade**. Campinas: Fundação Cargill, 1987. 107 p.
- RAVEN P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. **Biologia Vegetal**. 6. ed. Rio de Janeiro: Guanabara, 2001.
- ROSA, H. A.; SANTOS, R. F.; VIEIRA, M. D.; WERNER, O. V; DELAI, J. M. OLIVEIRA, M. R. Nitrogênio na cultura do Algodão. **Acta Iguazu**, Cascavel, v. 1, n. 1, p. 64-68, 2012.
- ROSOLEM, C. A.; MELLIS, V. V. Monitoring nitrogen nutrition in cotton. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 34, n. 5, p. 1601-1607, 2010.
- ROSOLEM, C. A. Ecofisiologia e manejo da cultura do algodoeiro. **POTAFOS: Informações Agrônomicas**, Piracicaba, n. 95, p. 24, 2001.
- ROSOLEM, C. A.; BOGIANI, J. C. Nutrição e estresses nutricionais em algodoeiro. In: ROSOLEM, C. A.; KAWAKAMI, E. M.; CHIAVEGATO, E. J.; ECHER, R. F.; BRITO, G. G.; CARVALHO, H. DA R.; SNIDER, J. L.; BOGIANI, J. C.; BERNARDES, M. S.; YEATES, S. **O algodoeiro e os estresses abióticos: temperatura, luz, água e nutrientes**. Cuiabá: Embrapa Agropecuária Oeste, 2014. p. 103-121.
- SALVATIERRA, D. K. **Ocorrência da Ramulose (*Colletotrichum gossypii* var. *cephalosporioides* Costa) sob semeadura convencional e direta relacionada ao microclima, crescimento e desenvolvimento da cultura do algodoeiro**. 2008. 109 f. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.
- SANGOI, L.; ERNANI, P. R.; LECH, V. A.; RAMPAZZO, C. Lixiviação de nitrogênio afetada pela forma de aplicação da uréia e manejo dos restos culturais de aveia em dois solos com texturas contrastantes. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, n. 1, p. 65-70, 2003.
- SOARES, J. R.. **Efeito de inibidores de urease e de nitrificação na volatilização de NH<sub>3</sub> pela aplicação superficial de ureia no solo**. 2011. 79 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical) – Instituto Agrônomo, Campinas, 2011.
- SOUZA, C.C. de. **Avaliação de métodos de determinação de água disponível em diferentes solos na cultura do algodoeiro herbáceo**. 1999. 84 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural do Semiárido, 1999.
- SOUZA, D. M. G.; LOBATO, E. **Cerrado: correção do solo e adubação**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004.
- STAUT, L. A.; KURIHARA, C. H. Calagem e adubação. In: EMBRAPA AGROPECUÁRIA OESTE. **Algodão: tecnologia de produção**. Dourados, 2001. 19 p.

SILVA, N. M., KONDO, J.I., SABINO, N. P. Importância da adubação na qualidade do algodão e outras plantas fibrosas. In: SÁ, M. E.; BUZZETI, S. (Ed.) **Importância da adubação na qualidade dos produtos agrícolas**. São Paulo: Incone, 1994. p.189-216.

SILVA, F. C. da. (Ed.). **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica: Embrapa Solos, 2009. 180 p.

SILVA, L. C.; BEZERRA, J. R. C.; BELTRÃO, N. E. de M.; AMORIM NETO, M. S. Irrigação. In: BELTRÃO, N. E. M.; VIEIRA, D. J. (Ed.). **O Agronegócio do Gergelim no Brasil**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2001. Cap. 10, p.185-202.

SILVA, F. L.; PIERANGELI, M. A. P.; MACHADO, R. J. T. Disponibilidade e lixiviação de nitrogênio em dois solos típicos de Pontes e Lacerda, MT, tratados com resíduo ruminal bovino. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 4, p. 1509-1522, jul./ago. 2013.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 613p.

TAIZ, L., ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 719 p. 2013.

TEIXEIRA, I. R.; KIKUTI, H.; BORÉM, A. Crescimento e produtividade de algodoeiro submetido a cloreto de mepiquat e doses de nitrogênio. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 4, p. 891-897, 2008.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP. Área de Hidráulica e Irrigação. **Sistema de monitoramento climático**. Ilha Solteira, 2017. Disponível em: <<http://clima.feis.unesp.br>>. Acesso em: 05 out. 2017.

WEN, Y. et al. Lint yield, lint quality, and economic returns of cotton production under traditional and regulated deficit irrigation schemes in southwest Texas. **The Journal of Cotton Science**, Baton Rouge, v. 17, n. 1, p. 10-22, 2013.

YANO, G. T.; TAKAHASHI, H. W.; WATANABE, T. S. Avaliação de fontes de nitrogênio e épocas de aplicação em cobertura para o cultivo do trigo. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 26, n. 2, p. 141-148, 2005.