



Universidade Estadual Paulista

“Júlio de Mesquita Filho”

Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

IGOR CABREIRA DA SILVA

**CRESCIMENTO E PRODUTIVIDADE DO ALGODOEIRO EM
FUNÇÃO DA APLICAÇÃO DE NITROGÊNIO E NÍQUEL**

Ilha Solteira

2016



Universidade Estadual Paulista

“Júlio de Mesquita Filho”

Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

IGOR CABREIRA DA SILVA

**CRESCIMENTO E PRODUTIVIDADE DO ALGODOEIRO EM
FUNÇÃO DA APLICAÇÃO DE NITROGÊNIO E NÍQUEL**

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia, UNESP – Campus 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

2016

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

- S586c Silva, Igor Cabreira da.
Crescimento e produtividade do algodoeiro em função da aplicação de nitrogênio e níquel / Igor Cabreira da Silva. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2016
73 f.
- Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Área de conhecimento: Sistemas de Produção, 2016
- Orientador: Enes Furlani Junior
Inclui bibliografia
1. *Gossypium hirsutum* L. 2. Adubação nitrogenada. 3. Metaloenzima urease.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

**TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: CRESCIMENTO E PRODUTIVIDADE DO ALGODOEIRO EM
FUNÇÃO DA APLICAÇÃO DE NITROGÊNIO E NÍQUEL**

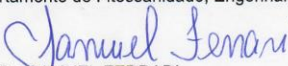
AUTOR: IGOR CABREIRA DA SILVA

ORIENTADOR: ENES FURLANI JUNIOR

Aprovado 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. **MARCELO ANDREOTTI**
Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira


Prof. Dr. **SAMUEL FERRARI**
Agronomia / Campus Experimental de Registro - Unesp

Ilha Solteira, 23 de agosto de 2016

Dedico...

Aos meus pais, Aparecida Fátima Magri Cabreira da Silva e Francisco Martim da Silva, os quais me apoiaram em todos os momentos e me deram força para seguir em frente e lutar pelos meus objetivos.

Ofereço...

Ao meu querido irmão Leandro Cabreira da Silva (in memoriam), que foi um grande exemplo de vida e me inspirou a seguir esta carreira.

Agradecimentos

A Deus e a Nossa Senhora Aparecida, pelas ocasiões favoráveis, saúde e proteção concedidas nestes 25 anos de vida.

Aos meus pais, Aparecida Fátima Magri Cabreira da Silva e Francisco Martim da Silva, pela dedicação, apoio, compreensão e auxílio que me fortalecem a cada dia.

À Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, em especial à Faculdade de Engenharia, campus de Ilha Solteira, por proporcionar excelentes condições de aprendizado oferecidas durante o período da Pós-graduação aos alunos da instituição.

Aos professores do curso de Pós-Graduação em Agronomia da UNESP – Ilha Solteira, pelo empenho em melhorar constantemente a qualidade de ensino.

Ao Prof. Dr. Enes Furlani Júnior, pela valiosa orientação acadêmica, apoio, confiança, amizade e paciência, durante esses anos, sem os quais este trabalho não se concretizaria.

Aos colegas de estágio Picuí, Cleitão, Carlão, Piu, Gabriela, Raiana, Mariana, Simone, Amanda, Mirella, Bambi, Marcelo, Pistolinha, e todos os que contribuíram para a instalação e condução deste e de outros experimentos realizados na FEPE, foi um grande prazer estagiar, conviver e usufruir do companheirismo e amizade destes colegas que me acompanharam durante estes anos da Pós-graduação.

Aos amigos de república, Lula, Polar, Lafon, Precioso, Xumbrega, Maricota, Margoso e Toba, foi um grande prazer conviver com vocês e nossa amizade sempre será motivo de muito orgulho para mim.

Aos amigos Beto, Micoze, Penetrado, Serjão, Paulinho, Zé Paulo, Zé Ricardo, Fernando, Wilson, Lucas e Jean, pelo companheirismo, conselhos e amizade dedicados.

Ao técnico Alexandre Marques da Silva pelo auxílio nas análises de laboratório e todos os funcionários da Fazenda de Ensino e Pesquisa, pelos serviços contribuídos para que esse trabalho fosse realizado.

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

RESUMO

Para atingir altas produtividades, o algodoeiro exige grandes quantidades de nitrogênio (N) em relação à demanda por outros nutrientes. O níquel (Ni) participa na constituição da metaloenzima urease, que catalisa a degradação da ureia em dióxido de carbono e amônia, permitindo o uso da ureia gerada externa ou internamente como fonte de nitrogênio. Dessa maneira, desperta-se o interesse em elucidar a relação do Ni com o metabolismo do nitrogênio nas plantas. O objetivo do presente trabalho foi verificar os efeitos da aplicação de fontes e doses de nitrogênio, e a possível interação com doses de níquel sobre o crescimento, produtividade e características bioquímicas do algodoeiro em condições de campo. Os experimentos foram conduzidos durante dois anos agrícolas, no período de dezembro de 2013 a maio de 2014 e dezembro de 2014 a maio de 2015. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso em um esquema fatorial 4x4x2, com 3 repetições, perfazendo 32 tratamentos: quatro doses de níquel (0, 2, 4 e 6 kg ha⁻¹), quatro doses de nitrogênio (0, 40, 80 e 120 kg ha⁻¹) em duas fontes (ureia e nitrato de amônio), aplicados na cultivar de algodoeiro FM 975WS®. Aplicaram-se as doses de níquel e nitrogênio via solo no momento recomendado para a adubação de cobertura de maneira parcelada, aos 30 e 45 dias após emergência (d.a.e.) do algodoeiro. Constatou-se que a altura de plantas, número de estruturas reprodutivas, número de capulhos e a produtividade de algodão em caroço aumentaram de acordo com o incremento das doses de N até 120 kg ha⁻¹ em cobertura. A aplicação de níquel aumentou os seus teores na camada superficial do solo, bem como seus teores foliares no algodoeiro. O aumento de doses de fertilizantes nitrogenados em cobertura no algodoeiro reduziu os valores de pH, Ca e da SB em superfície do solo, assim como aumentou os teores de Al⁺ trocável. Em anos com veranicos ou com má distribuição de chuvas, o uso de nitrato de amônio aumentou a altura de plantas, número de estruturas reprodutivas, teor foliar de N, número de capulhos e produtividade de algodão em caroço quando comparado com a ureia.

Palavras-chave: *Gossypium hirsutum* L. Adubação nitrogenada. Metaloenzima urease.

ABSTRACT

The cotton crop requires relatively large amounts of nitrogen (N) when compared to the demand for other elements, for higher yield. Nickel (Ni) participates in the formation of urease metalloenzyme, which catalyses the breakdown of urea into carbon dioxide and ammonia, allowing the use of urea generated externally or internally as a nitrogen source. Thus, spark interest in elucidating the Ni ratio with nitrogen metabolism in plants. The aim of this study was to determine the effects of application of nitrogen sources and doses, and possible interaction with nickel doses on growth, yield and biochemical characteristics of cotton plants under field conditions. The experiments were conducted during two crop years, from December 2013 to May 2014 and December 2014 to May 2015. The experimental design was a randomized block in a factorial 4x4x2, with three repetitions, totaling 32 treatments, with four nickel doses (0, 2, 4 and 6 kg ha⁻¹), four nitrogen rates (0, 40, 80 and 120 kg ha⁻¹) in two sources (urea and ammonium nitrate), applied in farming cotton FM 975WS[®]. Apply the nickel doses and nitrogen in the soil at the time recommended for topdressing in installments way, 30 and 45 days after emergence (d.a.e.) of cotton plant. It was found that plant height, number of reproductive structures, boll number and seed cotton yield increased with increasing N doses up to 120 kg ha⁻¹ in coverage. The nickel application increases its content in the topsoil and its leaf content in cotton plant. Increasing doses of nitrogenous fertilizers in cotton plant reduced pH, Ca and the SB (sum of bases) in the soil surface, as well as increased levels of exchangeable Al⁺. In years with dry spells or poor distribution of rainfall, the use of ammonium nitrate increased the plant height, number of reproductive structures, leaf N content, number of bolls and cotton yield in core compared to urea.

Keywords: *Gossypium hirsutum* L. Nitrogen fertilization. Metalloenzyme urease.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 01** - Temperatura (°C) e precipitação pluvial (mm) média mensal, no período de novembro a maio para o ano agrícola 2013/14. Selvíria-MS. 23
- Figura 02** - Temperatura (°C) e precipitação pluvial (mm) média mensal, no período de novembro a maio para o ano agrícola 2014/15. Selvíria-MS. 24

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 - Características químicas iniciais do solo da área experimental nas profundidades de 0-0,20 m e 0,20-0,40 m. Selvíria-MS, 2013.	24
Tabela 02 - Características químicas iniciais do solo da área experimental nas profundidades de 0-0,20 m e 0,20-0,40 m. Selvíria-MS, 2014.	25
Tabela 03 - Valores de $p > F$ e teste de comparação de médias para atributos químicos do solo na profundidade de 0-0,20 m, após adubações junto à semeadura e em cobertura em plantas de algodoeiro cv. FM 975WS [®] . Selvíria-MS, ano agrícola 2013/14.	32
Tabela 04 - Valores de $p > F$ e teste de comparação de médias para atributos químicos do solo na profundidade de 0-0,20 m, após adubações junto à semeadura e em cobertura em plantas de algodoeiro cv. FM 975WS [®] . Selvíria-MS, ano agrícola 2014/15.	34
Tabela 05 - Valores de $p > F$ e teste de comparação de médias para atributos químicos do solo na profundidade de 0,20-0,40 m, após adubações junto à semeadura e em cobertura em plantas de algodoeiro cv. FM 975WS [®] . Selvíria-MS, ano agrícola 2013/14.	35
Tabela 06 - Valores de $p > F$ e teste de comparação de médias para atributos químicos do solo na profundidade de 0,20-0,40 m, após adubações junto à semeadura e em cobertura em plantas de algodoeiro cv. FM 975WS [®] . Selvíria-MS, ano agrícola 2014/15.	36
Tabela 07 - Valores de $p > F$ e teste de comparação de médias para altura do algodoeiro cv. FM 975WS [®] aos 30, 60, 90 e 120 dias após a emergência. Selvíria-MS, ano agrícola 2013/14.	38
Tabela 08 . Valores de $p > F$ e teste de comparação de médias para altura do algodoeiro cv. FM 975WS [®] aos 30, 60, 90 e 120 dias após a emergência. Selvíria-MS, ano agrícola 2014/15.	40
Tabela 09 - Valores de $p > F$ e teste de comparação de médias para diâmetro caulinar do algodoeiro cv. FM 975WS [®] aos 30, 60, 90 e 120 dias após a emergência. Selvíria-MS, ano agrícola 2013/14.....	41
Tabela 10 - Valores de $p > F$ e teste de comparação de médias para diâmetro caulinar do algodoeiro cv. FM 975WS [®] aos 30, 60, 90 e 120 dias após a emergência. Selvíria-MS, ano agrícola 2014/15.....	42
Tabela 11 - Valores de $p > F$ e teste de comparação de médias para o número de nós do algodoeiro cv. FM 975WS [®] aos 30, 60, 90 e 120 dias após a emergência. Selvíria-MS, ano agrícola 2013/14.	43

Tabela 12 - Valores de $p > F$ e teste de comparação de médias para o número de nós do algodoeiro cv. FM 975WS [®] aos 30, 60, 90 e 120 dias após a emergência. Selvíria-MS, ano agrícola 2014/15.	44
Tabela 13 - Valores de $p > F$ e teste de comparação de médias para o número de estruturas reprodutivas do algodoeiro cv. FM 975WS [®] aos 60, 90 e 120 dias após a emergência. Selvíria-MS, ano agrícola 2013/14.	45
Tabela 14 - Valores de $p > F$ e teste de comparação de médias para o número de estruturas reprodutivas do algodoeiro cv. FM 975WS [®] aos 60, 90 e 120 dias após a emergência. Selvíria-MS, ano agrícola 2014/15.	47
Tabela 15 - Valores de $p > F$ e teste de comparação de médias para teores de macronutrientes foliares do algodoeiro cv. FM 975WS [®] aos 80 dias após a emergência. Selvíria-MS, ano agrícola 2013/14.	49
Tabela 16 - Valores de $p > F$ e teste de comparação de médias para teores de macronutrientes foliares do algodoeiro cv. FM 975WS [®] aos 80 dias após a emergência. Selvíria-MS, ano agrícola 2014/15.	51
Tabela 17 - Valores de $p > F$ e teste de comparação de médias para teores de micronutrientes foliares do algodoeiro cv. FM 975WS [®] aos 80 dias após a emergência. Selvíria-MS, ano agrícola 2013/14.	53
Tabela 18 - Valores de $p > F$ e teste de comparação de médias para teores de micronutrientes foliares do algodoeiro cv. FM 975WS [®] aos 80 dias após a emergência. Selvíria-MS, ano agrícola 2014/15.	54
Tabela 19 - Valores de $p > F$ e teste de comparação de médias para valores de leituras SPAD nas folhas do algodoeiro cv. FM 975WS [®] aos 45, 60 e 90 dias após a emergência. Selvíria-MS, ano agrícola 2013/14.	56
Tabela 20 - Valores de $p > F$ e teste de comparação de médias para valores de leituras SPAD nas folhas do algodoeiro cv. FM 975WS [®] aos 45, 60 e 90 dias após a emergência. Selvíria-MS, ano agrícola 2014/15.	58
Tabela 21 - Valores de $p > F$ e teste de comparação de médias para número de capulhos, massa de 20 capulhos e produtividade de algodão em caroço do cv. FM 975WS [®] aos 150 dias após a emergência. Selvíria-MS, ano agrícola 2013/14.	60
Tabela 22 - Valores de $p > F$ e teste de comparação de médias para número de capulhos, massa de 20 capulhos e produtividade de algodão em caroço do cv. FM 975WS [®] aos 150 dias após a emergência. Selvíria-MS, ano agrícola 2014/15.	62

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	REVISÃO DE LITERATURA	16
2.1	A cultura do algodoeiro	16
2.2	Adubação nitrogenada em algodoeiro.....	17
2.3	Níquel na nutrição mineral de plantas	19
3	MATERIAL E MÉTODOS	23
3.1	Localização do experimento	23
3.2	Precipitação e temperatura para Selvíria-MS.....	23
3.3	Características do solo	24
3.4	Delineamento experimental e tratamentos	25
3.5	Desenvolvimento do experimento e tratos culturais	25
3.5.1	<i>Preparo do solo e instalação dos experimentos.....</i>	25
3.5.2	<i>Aplicação dos tratamentos</i>	26
3.5.3	<i>Controle de plantas daninhas</i>	27
3.5.4	<i>Controle fitossanitário</i>	27
3.5.5	<i>Regulador de crescimento.....</i>	28
3.6	Atributos analisados	28
3.6.1	<i>Análise química de solo</i>	28
3.6.2	<i>Avaliações biométricas do algodoeiro</i>	28
3.6.3	<i>Análise dos teores de nutrientes e leituras SPAD em folhas.....</i>	29
3.6.4	<i>Avaliações dos componentes da produção</i>	30
3.7	Análise dos dados	30
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
4.1	Análise química do solo	31
4.1.1	<i>Análise química do solo na profundidade de 0-0,20 m.....</i>	31
4.1.2	<i>Análise química do solo na profundidade de 0,20-0,40 m.....</i>	34
4.2	Características agronômicas do algodoeiro	37
4.2.1	<i>Altura de plantas</i>	37
4.2.2	<i>Diâmetro do caule</i>	40
4.2.3	<i>Número de nós</i>	42
4.2.4	<i>Número de estruturas reprodutivas do algodoeiro</i>	44

4.3	Análise dos teores de nutrientes e leituras SPAD em folhas	47
4.3.1	<i>Teores de macronutrientes foliares</i>	47
4.3.2	<i>Teores de micronutrientes foliares</i>	51
4.3.3	<i>Leitura do índice SPAD foliar</i>	55
4.4	Componentes da produção	58
5	CONCLUSÕES	63
	REFERÊNCIAS	64

1 INTRODUÇÃO

O algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L. variedade *latifolium* Hutch) está entre as principais plantas cultivadas no mundo, visto que a fibra vegetal é uma das mais utilizadas na indústria têxtil, por sua grande aplicabilidade em vários produtos, encontrando-se distribuída em mais de setenta países produtores, em diversas localidades do globo terrestre.

No Brasil apresenta um importante papel na economia, pelo seu volume e valor da produção, sendo cultivado em mais de 15 estados. É uma atividade agrícola de reconhecida importância socioeconômica, tanto pela ocupação de mão-de-obra, direta no campo e indiretamente na área urbana, quanto na produção de manufaturados responsáveis pela geração de divisas para o país (CORDÃO SOBRINHO et al., 2003).

O cultivo do algodoeiro, que inicialmente era concentrado na região sudeste do país, hoje abrange a região central e parte do nordeste, haja visto as condições climáticas propícias que esta grande região apresenta, como regime hídrico favorável ao desenvolvimento do algodoeiro e elevada altitude (acima de 600 m), o que proporciona temperaturas amenas durante o período noturno. As limitações que eram apontadas como de ordem econômicas, sociais e de condições inadequadas de solos, foram gradativamente superadas e os cerrados de altitude dessa região constituem, no momento, o esteio da produção brasileira. Tendo em vista a sua extensão, representam, ainda, uma real perspectiva de expansão da área cultivada (FERRARI, 2009).

A maioria dos solos do cerrado brasileiro, como nos Estados do MT, BA e MS, são deficientes em nutrientes, o que justificaria o intenso uso de adubos. No entanto, alguns resultados experimentais indicam a possibilidade de se obter altas produtividades com níveis de adubação inferiores aos predominantes em grandes lavouras típicas do cerrado (FORTUNA et al. 2001). Tais fatos, aliados à adaptação de novas cultivares, apontam para a necessidade de estudos experimentais de nutrição e adubação do algodoeiro. O objetivo primordial deve ser a obtenção de subsídios que contribuam para uma racional esquematização econômica da cultura do algodão que, com certeza, será o fator determinante de sucesso na futura expansão da área de cultivo.

A recomendação de adubação para a cultura do algodoeiro baseia-se em critérios dos resultados das análises de solo e de folhas. Porém, esses resultados devem ser interpretados juntamente com o histórico de manejo de cada campo dentro da

propriedade e região. Segundo Silva (1999), a análise de solo representa uma ferramenta fundamental na avaliação das necessidades nutricionais das plantas.

Diante das exigências de nutrientes pelas cultivares, deve-se salientar a importância do nitrogênio (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 nitrogênio é o nutriente com maior relação ao incremento produtivo, devido a alta absorção e necessidade da planta, funcionalidade bioquímica e fisiológica, além da baixa disponibilidade dos solos brasileiros (BELTRÃO, 1999).

Além disso, este nutriente apresenta grande dinamismo, envolvendo processos como a imobilização, desnitrificação, lixiviação e volatilização. Dentre os processos, estudos focados na redução da volatilização da amônia, tendem a melhorar a eficiência, pois ainda ocorre baixa recuperação do N pelas culturas, agravada quando a fonte utilizada é a ureia e principalmente quando aplicada sobre a palha remanescente sobre o solo (VITTI et al., 2005).

O níquel (Ni), último elemento considerado essencial às plantas por Brown et al. (1987), tem sua essencialidade existente em função da participação na metaloenzima urease, que catalisa a degradação da ureia em dióxido de carbono e amônia (DIXON et al., 1975), e permitindo aos organismos o uso da ureia gerada externa ou internamente como fonte de N (TEZOTTO et al., 2012). Devido sua importância para o aproveitamento do nitrogênio pelas plantas, desperta-se o interesse de elucidar a relação do níquel com o metabolismo do nitrogênio.

A deficiência de Ni inibe a atividade da urease fazendo com que ocorra acúmulo de ureia nas folhas, ocasionando o aparecimento de manchas necróticas, impedindo o desenvolvimento da cultura e em casos mais severos provocando até a morte das plantas (DECHEN et al., 2007). Segundo BROWN et al. (1990), a deficiência de Ni tem uma vasta gama de efeitos sobre o crescimento das plantas e seu metabolismo. Além do metabolismo do N, o Ni tem efeito na absorção de ferro. Investigações preliminares (BROWN et al., 1987) também indicam que o Ni pode ter papel na síntese de fitoalexinas e na resistência da planta às doenças.

Considerando que o níquel é um elemento químico ligado à urease e que desempenha um papel fundamental no processo de assimilação do nitrogênio, podendo afetar o crescimento, características fisiológicas e bioquímicas do algodoeiro. Portanto, o objetivo deste trabalho foi verificar os possíveis efeitos da aplicação de fontes e doses

de nitrogênio associada à adubação com níquel sobre os atributos químicos do solo, crescimento e produtividade do algodoeiro em condições de cerrado de baixa altitude.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A cultura do algodoeiro

O algodoeiro é uma planta de grande aproveitamento e que oferece variada gama de produtos de utilização universal (BALLAMINUT, 2009). 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 (ABRAPA, 2016).

Em todo o mundo são cultivados aproximadamente 35 milhões de hectares anualmente, sendo que a demanda mundial tem aumentado gradativamente desde a década de 1950, a um crescimento médio anual de 2% (ABRAPA, 2016). O Brasil é responsável por uma área de aproximadamente 958 mil hectares, com uma produção na safra 2015/2016 estimada em 3.475,4 mil toneladas de algodão em caroço (CONAB, 2016).

A expansão desse setor da agricultura brasileira deu-se a partir da década de 1990, quando se iniciou um novo ciclo produtivo, com a expansão rápida das áreas cultivadas, estendendo a atividade algodoeira das regiões do Sudeste para o Centro-Oeste do país, por meio de cultivos de grande magnitude, essencialmente mecanizados, principalmente quanto à colheita. O cultivo do algodoeiro passou de uma cultura alternativa de pequenos e médios produtores como uma opção de rotacionar com a cultura da soja, para uma realidade rentável, alicerçada em um modelo de produção em grande escala, caracterizado por altas produtividades e intenso uso de insumos e mecanização (FURLANI JUNIOR et al., 2003) junto com a introdução de cultivares com arquitetura de planta favorável à colheita mecanizada e resistentes às principais doenças ocorrentes na região de cerrado.

Desta forma, são necessárias adequações perante as recomendações tradicionais sobre os vários tratos culturais e práticas agronômicas tais como época de semeadura, espaçamentos, desbaste, densidade de plantas, aplicação de adubos, emprego de reguladores de crescimento, herbicidas, desfolhantes, aceleradores de maturação e colheita.

O estudo da fisiologia do algodoeiro revela um dos sistemas fisiológicos mais complexos da natureza (BELTRÃO et al., 1999). Diversos fatores ambientais influenciam a quantidade e qualidade de fibra produzida. As condições possíveis de manipulação são ferramentas que oferecem suporte para obtenção de boas produções, mas nem sempre são suficientes para garantir tal objetivo almejado.

Torna-se necessário para tanto, a avaliação do comportamento fisiológico da planta, principalmente quanto ao processo fotossintético e partição dos fotoassimilados, dois fatores de

extrema importância no resultado produtivo da cultura, frente às novas técnicas de cultivos atualmente adotadas na cotonicultura. Estes processos necessitam ser entendidos e avaliados quanto à influência das novas técnicas de cultivo (MARINHO, 2011).

O algodoeiro é classificado como relativamente ineficiente na conversão da energia incidente em produtividade (BELTRÃO e AZEVEDO, 1993), e aspectos fundamentais da fisiologia da planta são difíceis de serem modificados. Assim, há necessidade de um entendimento profundo do funcionamento da planta e, em função disso, desenvolver uma tecnologia de produção que permita o melhor aproveitamento possível da energia incidente e, ao mesmo tempo, incremente a produtividade.

2.2 Adubação nitrogenada em algodoeiro

A cultura do algodoeiro exige relativamente grandes quantidades de nitrogênio quando comparado com a demanda por outros elementos, para obtenção de altas produtividades. Mesmo em se considerando o fato de que a fibra é quase destituída de nitrogênio, as sementes o contêm em grandes quantidades, sendo ele responsável por muitas funções no algodoeiro, que podem afetar seu crescimento e desenvolvimento (AZEVEDO et al., 1998; BELTRÃO, 1999).

Staut et al. (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.

Nesta linha de pesquisa, Rosolem e Mikkelsen (1989) concluíram que enquanto houver um número significativo de maçãs se desenvolvendo pode existir potencial para resposta ao nitrogênio; entretanto, o N absorvido após os 90 dias da emergência é acumulado principalmente nas folhas da parte mediana e do ponteiro da planta. Em plantas bem nutridas, menos de 30% do N absorvido nesta época será destinado aos frutos.

Desta forma, ressalta-se a importância da correta época, forma de aplicação e quantidade da adubação nitrogenada. Mendes (1965) observou que o período de maior absorção de N ocorre entre 30 e 90 dias após a emergência. Furlani Júnior et al. (2001a) verificaram que a aplicação e o parcelamento da adubação nitrogenada nas doses de 20, 40 e 70 kg ha⁻¹ promoveram respostas positivas quando foi realizada aos 40 dias.

Também com manejo da adubação nitrogenada, Oliveira et al. (1988) relataram que a aplicação de doses crescentes de nitrogênio na cultura do algodão (0, 60, 120 e 180 kg ha⁻¹ de N) proporcionou uma produtividade máxima na dose de 120 kg ha⁻¹. No Estado de São Paulo, Silva (1988) verificou que à medida que se aumentaram as doses de nitrogênio em cobertura (0, 20, 40 e 60 kg ha⁻¹) houve um efeito significativo na produtividade, principalmente quando foi aplicado conjuntamente regulador de crescimento, indicando, dessa forma, uma interação entre estes dois insumos. Da mesma forma, Campos et al. (1995) relataram que à medida que se aumentou a dose de nitrogênio de 0 para 50, 100, 150 e 200 kg ha⁻¹, houve um efeito significativo e diretamente proporcional da produtividade de algodão, sob irrigação.

A eficiência do nitrogênio depende basicamente dos seguintes fatores: doses aplicadas, fontes utilizadas, época de aplicação, forma de aplicação, condições climáticas, intensidade de cultivo da área, disponibilidade de outros nutrientes, sistema de cultivo, rotação de culturas e utilização de regulador de crescimento, (FURLANI JUNIOR et al. 1997; LAMAS; STAUT, 1998; NUMMER FILHO; HENTASCHKE, 2002; OLIVEIRA, 1994; SILVA; RAIJ, 1997).

O nitrogênio é um elemento muito móvel no solo e sujeito aos diversos mecanismos de perdas, fazendo com que sua disponibilidade no solo seja difícil de estimar, o que inviabiliza a recomendação de adubação nitrogenada com base na análise de solo. De acordo com Carvalho (2007), a adubação de cobertura do algodoeiro com esse nutriente é de fundamental importância para aumentar o aproveitamento do fertilizante aplicado e considerando-se a marcha de absorção de nitrogênio pelo algodoeiro e os resultados de experimentos conduzidos em condições de campo, recomenda-se que a adubação nitrogenada em cobertura seja realizada no máximo até 55 dias após a emergência.

Segundo relatos de Grespan e Zancanaro (1999), em função dos fluxos de absorção de nitrogênio e da sua alta exigência nutricional tardia em algodoeiro, comportamento do N no solo e condições climáticas, há a necessidade de parcelamento da adubação nitrogenada, em duas ou três vezes, a fim de aumentar a eficiência desse nutriente no sistema solo-planta.

Levando-se em conta as possíveis perdas de N que ocorrem por lixiviação, Coelho et al. (2002) verificaram que, em solos sob cerrado, o processo de nitrificação não é tão rápido, prolongando a permanência do N na forma amoniacal, o que contribui para a redução das perdas e o aumento da possibilidade de absorção pelas plantas.

Strong et al. (1997) afirmaram que a adição de sulfato de amônio reduziu o pH do solo, inibindo a nitrificação. Também Rosolem et al. (2003) relataram que, se por um lado a aplicação deste adubo nitrogenado pode aumentar o teor de nitrato no solo na presença de calagem, por outro lado, a própria reação do fertilizante no solo pode, dependendo do pH inicial, inibir a nitrificação, permanecendo o N na forma amoniacal, menos sujeita à lixiviação.

2.3 Níquel na nutrição mineral de plantas

O Ni foi o último elemento considerado essencial para a vida das plantas (ESKEW et al., 1983; 1984 e BROWN et al., 1987). De acordo com Dixon et al. (1975), o Ni preenche o critério direto de essencialidade, sendo componente da urease, uma metaloenzima que o contém na estrutura. O Ni está diretamente relacionado ao metabolismo do N nas plantas, e deve estar presente na síntese da enzima urease, que por sua vez, está envolvida nas principais rotas de assimilação do N (OLIVEIRA, 2009).

Os primeiros relatos sobre o efeito de Ni em plantas se deram há cerca de oito décadas atrás, quando Arnon (1937) cultivou cevada em solução nutritiva e verificou maior produção de massa seca na presença de Ni, e Roach e Barclay (1946) obtiveram aumentos na produtividade de trigo, batata e vagem com a aplicação de Ni por pulverizações foliares.

Alguns pesquisadores relataram respostas positivas em plantas para adições de Ni, com aumento nas taxas de crescimento da soja, arroz e tabaco com a aplicação desse micronutriente (POLACCO, 1977a; 1977b; POLACCO; HAVIR, 1979). Relatos de que adições de Ni refletem em desenvolvimento das plantas sob condições experimentais controladas indicam que a deficiência de Ni altera o crescimento de plantas e seu metabolismo. Estes incluem efeitos no crescimento das plantas, senescência das plantas, metabolismo de N e absorção de Fe (BROWN et al., 1987).

A descoberta feita por Dixon et al. (1975) que o Ni é um componente da enzima urease que está presente em muitas espécies de plantas provocou interesse científico pela pesquisa referente ao papel do Ni em plantas superiores. A urease desdobra a ureia hidroliticamente em amônia (NH_3) e dióxido de carbono (CO_2). A ureia [$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$] se origina da amida arginina sob ação da enzima arginase. A deficiência de Ni, impedindo a ação da urease, leva ao acúmulo de ureia, o que causa manchas necróticas nas folhas.

Como consequência da deficiência, o metabolismo de ureídeos, aminoácidos e de ácidos orgânicos é perturbado, com acúmulo dos ácidos oxálico e málico nos tecidos (BAI et al., 2006). As manchas necróticas, associadas com a deficiência de Ni, coincidem com locais de acumulação de ureia ou dos ácidos oxálico e láctico, indicando também mudanças no metabolismo do carbono (C) e redução na respiração (MALAVOLTA; MORAES, 2007).

Na cultura do arroz, Gerendás et al. (1997) verificaram que o crescimento das plantas que receberam NH_4NO_3 não foi afetado pela aplicação do Ni. Porém, nas plantas cultivadas com ureia e baixas doses de Ni, o crescimento foi reduzido e houve acúmulo de ureia, pelo comprometimento da atividade da urease. Essas plantas também apresentaram reduzido teor de aminoácidos, mostrando complicações no metabolismo do nitrogênio. Tan et al. (2000) observaram que os teores de nitrogênio total em folhas de tomateiro adubadas com ureia aumentaram com a aplicação de Ni.

A disponibilidade de Ni para as plantas é regulada, em grande parte, pelas reações de adsorção que ocorrem entre micronutriente e as superfícies sólidas do solo. Essas reações são influenciadas pela umidade, pH, capacidade de troca de cátions, teor de argila e matéria orgânica no perfil, superfície específica, teor de óxidos, condições de oxidação/redução, adição de fertilizantes e absorção pelas plantas. A característica que mais influencia a distribuição do Ni entre a fase sólida trocável e a solúvel do solo é o pH, sendo a disponibilidade de Ni inversamente relacionada com essa propriedade. Solos com pH menor que 5,5 apresentam maior disponibilidade de Ni, enquanto a matéria orgânica diminui a sua disponibilidade para as plantas devido a formação de quelatos orgânicos (MISHRA; KAR, 1974; POMBO et al., 1989; MATTIAZO-PREZZOTO, 1994; BERTON et al., 1997; BERTON et al., 2006; TEIXEIRA et al., 2005).

A deficiência de Ni pode ocorrer devido aos baixos teores disponíveis no solo ou induzida por outros fatores, tais como: (a) altos teores de Ca, Mg, Cu e Zn, que inibem a absorção de Ni; (b) menor disponibilidade após aplicações excessivas de calcário, que elevam o pH acima de 6,5; (c) uso de altas doses de adubos fosfatados ou altos níveis de P no solo, que reduzem a disponibilidade de Ni no próprio solo ou após absorção pela planta (MALAVOLTA; MORAES, 2007).

O Ni na forma solúvel é rapidamente absorvido pelas raízes e apresenta grande mobilidade na planta. Porém, a quantidade de metal absorvido depende da espécie

vegetal (SAUERBECK; HEIN, 1991) e de sua disponibilidade de acordo com os aspectos mineralógicos do solo (KABATA-PENDIAS; PENDIAS, 2001).

Além das raízes, o Ni pode ser absorvido pelas folhas e translocado para outros órgãos da planta, como resultados observados em folhas de aveia, soja, tomate e berinjela pulverizadas com soluções contendo Ni. Plantas de algodoeiro pulverizadas com uma solução contendo Ni ($234,8 \text{ mg L}^{-1}$) na forma de $\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ apresentaram aumento no número de gemas e de flores, na velocidade de crescimento das maçãs e no teor de óleo das sementes (ANDREEVA et al., 2001).

Plantas cultivadas em solos não contaminados com metais pesados possuem Ni numa larga faixa de $0,05$ a 5 mg kg^{-1} de massa seca. A amplitude de variação é devido à disponibilidade no solo e à espécie analisada. Órgãos diferentes ou partes da mesma planta também podem mostrar teores diversos. De acordo com Gerendás et al. (1999), o limbo foliar possui mais Ni durante o crescimento vegetativo. Na colheita, entretanto, os grãos possuem mais Ni que a palha. No florescimento da primavera, a repartição de micronutrientes nos ramos de laranjeira revelou um conteúdo surpreendentemente alto de Ni, metade do total encontrado nas flores. É sabido que o aumento no nível de NH_3 nas folhas pode causar um incremento na indução floral (LOVATT et al., 1988). Isto sugere que o alto teor de Ni nas flores, não relatado previamente, possa aumentar a atividade da urease e gerar NH_3 que, por sua vez, aumentaria o florescimento e a porcentagem de pegamento (MALAVOLTA, 2006).

Sabe-se que altos teores de Ni nos tecidos vegetais podem inibir a fotossíntese e a respiração. Os sintomas de efeito tóxico podem ser relacionados a lesões nos tecidos, retardamento do crescimento e cloroses, podendo ser confundidos com deficiências de outros elementos essenciais (PAIVA et al., 2003), tais como as cloroses causadas por Mn e Fe devido inibição competitiva entre cátions metálicos bivalentes.

O Ni pode ser acumulado nas folhas e grãos (REIS, 2002). Assim, Kabata-Pendias e Pendias (2001) relataram teores de Ni de $0,22$ a $0,34 \text{ mg kg}^{-1}$ em grãos de milho cultivados em solo não contaminados, e de $1,6$ a $5,2 \text{ mg kg}^{-1}$ em solos tratados com biossólido. De acordo com Mitchell (1945), o teor normal de Ni na matéria seca de plantas varia entre $0,1$ e 5 mg kg^{-1} . Esse valor depende da espécie, parte da planta amostrada, da época de amostragem, do teor de Ni no solo, da acidez do solo, entre outros fatores. Portanto, Adriano (1986) concluiu que a toxidez de Ni se expressa quando a concentração de Ni for maior que 50 mg kg^{-1} na matéria seca das plantas, sendo exceção as espécies acumuladoras, como a alface, por exemplo, e

hiperacumuladoras, tais como *Vellozia spp.*, com mais de 3.000 mg kg⁻¹ em suas folhas, e *Sebertia acuminata*, com 11.700 mg kg⁻¹ (BROOKS et al., 1990).

Uren (1992) cita trabalhos que relatam sintomas de toxicidade em trigo quando o teor de Ni no solo era de 8 mg kg⁻¹, enquanto a aveia não apresentou qualquer sintoma quando o teor de solo era de 147 mg kg⁻¹. Enquanto que Poulik (1997) observou que plantas de aveia com teor de 168 mg kg⁻¹ de Ni apresentaram sintomas de toxicidade e morreram. Porém, o teor de Ni no solo menor do que 56 mg kg⁻¹ aumentou a produção de espigas. Dessas observações se conclui que a toxicidade de Ni é função da espécie vegetal, sendo esta toxicidade normalmente associada à deficiência de Co (LOGAN; CHANEY, 1983; ADRIANO, 1986; McGRATH; SMITH, 1990).

As fontes utilizadas para a aplicação de Ni podem variar entre sais, como o sulfato, nitrato e cloreto, até formulações com EDTA, como quelatos. No Brasil, a Instrução Normativa 05, de 23 de fevereiro de 2007, que controla o registro de fertilizantes e corretivos minerais apresenta uma lista de produtos para aplicação via solo ou foliar e estabelece a concentração mínima para registro. Para produtos de aplicação via foliar, solo ou fertirrigação, a quantidade mínima para registro é de 0,005% e 0,01% se o fertilizante for exclusivamente fonte de micronutrientes. Produtos para aplicação via tratamento de sementes devem conter ao menos um micronutriente, sem concentração mínima (BRASIL, 2007).

Embora existam diversos estudos com Ni em nutrição mineral de plantas pelo mundo, no Brasil ainda são escassos os trabalhos com esse nutriente em solos agrícolas. Mesmo promovendo benefícios às culturas, o manejo da adubação de Ni precisa ser adequado, pois o excesso desse micronutriente pode provocar sintomas de toxidez e a deficiência de outros nutrientes, prejudicando o desenvolvimento das plantas. Apesar do micronutriente estar presente no mercado e na legislação brasileira de fertilizantes, as informações sobre as doses, as formas de aplicação e as respostas das plantas a sua aplicação ainda são insuficientes para a recomendação do uso de Ni para a cultura do algodoeiro.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização dos experimentos

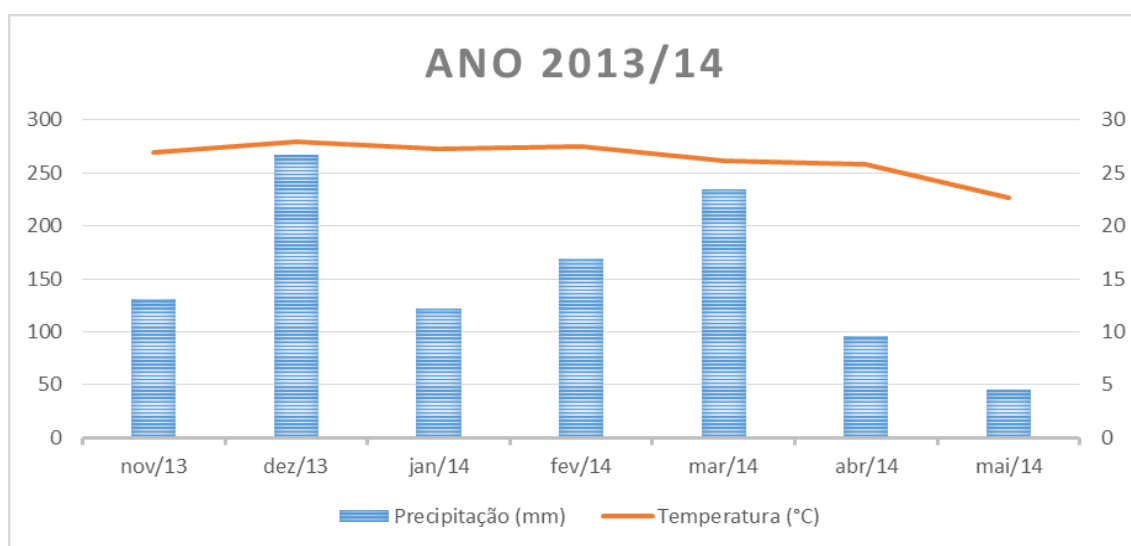
Os experimentos foram instalados nos anos agrícolas de 2013/14 e 2014/15 em área da Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE) da Universidade Estadual Paulista, campus de Ilha Solteira, situado no município de Selvíria - MS. As coordenadas geográficas correspondentes são 20° 20' 42" de Latitude Sul e 51° 24' 16" de Longitude Oeste e com altitude média de 344 m.

O clima da região é classificado, segundo Köppen, como 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 é de 1.232 mm com umidade relativa do ar média anual de 64,8% (HERNANDEZ et al., 1995).

3.2 Precipitação e temperatura para Selvíria-MS

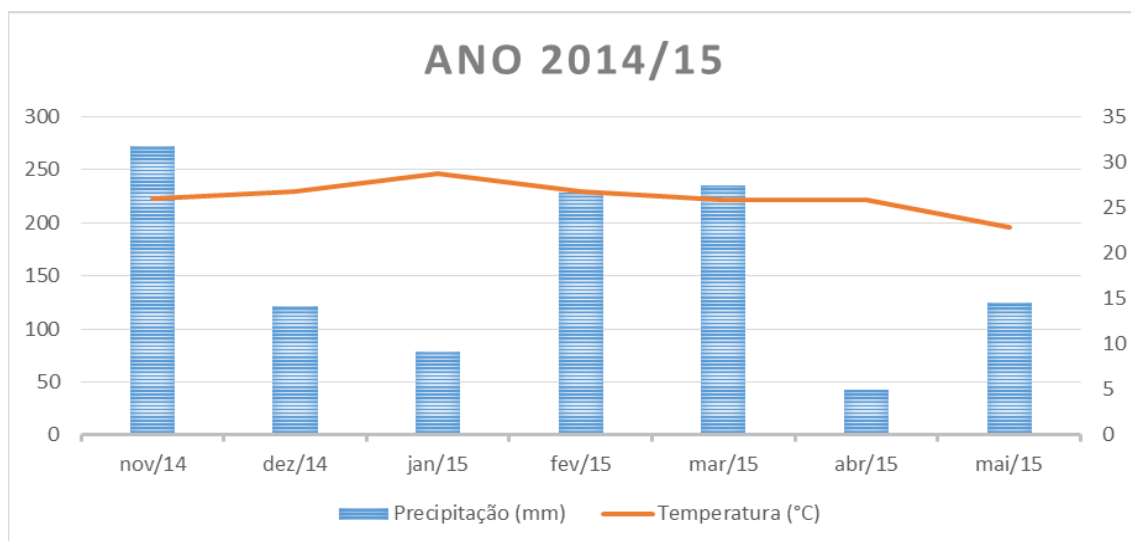
Durante o período de atividades do projeto foram obtidas informações de temperatura média mensal e precipitação pluvial média mensal para a localidade de Selvíria-MS, sendo tais informações evidenciadas nas Figuras 01 e 02.

Figura 01 - Temperatura (°C) e precipitação pluvial (mm) média mensal, no período de novembro a maio para o ano agrícola 2013/14. Selvíria-MS.



Fonte: Elaboração do autor.

Figura 02 - Temperatura (°C) e precipitação pluvial (mm) média mensal, no período de novembro a maio para o ano agrícola 2014/15. Selvíria-MS.



Fonte: Elaboração do autor.

3.3 Características do solo

O solo da área foi classificado como Latossolo Vermelho Distrófico, conforme classificação brasileira dos solos (EMBRAPA, 2013). Antes da instalação dos experimentos realizaram-se duas amostragens de solo para a caracterização dos atributos químicos de acordo com a metodologia de análise descrita por Raij et al. (2001). No primeiro ano agrícola (2013/14) a amostragem foi realizada em agosto de 2013, e no segundo ano agrícola (2014/15) em setembro de 2014. Nas Tabelas 01 e 02 encontram-se os resultados das análises químicas do solo.

Tabela 01 - Características químicas iniciais do solo da área experimental nas profundidades de 0-0,20 m e 0,20-0,40 m. Selvíria-MS, 2013.

Profundidade m	P _{resina} (mg/dm ³)	M.O. (g/dm ³)	pH (CaCl ₂)	K	Ca	Mg	H+Al	Al	CTC	V
(mmol _c /dm ³)										(%)
0 – 0,20	34	23	5,1	2,8	23	17	28	0	70,8	60
0,20 – 0,40	15	19	5,0	1,9	16	14	29	0	60,9	52

Fonte: Elaboração do autor.

Tabela 02 - Características químicas iniciais do solo da área experimental nas profundidades de 0-0,20 m e 0,20-0,40 m. Selvíria-MS, 2014.

Profundidade m	P _{resina} (mg/dm ³)	M.O. (g/dm ³)	pH (CaCl ₂)	K	Ca	Mg	H+Al (mmol/dm ³)	Al	CTC	V (%)
0 – 0,20	22	21	5,3	3,9	21	15	31	0	70,9	56
0,20 – 0,40	10	18	5,1	2,1	16	12	31	0	61,1	49

Fonte: Elaboração do autor.

3.4 Delineamento experimental e tratamentos

Para realização da pesquisa, foram instalados dois experimentos empregando o delineamento em blocos ao acaso (GOMES, 2000), num fatorial 4x4x2, com 32 tratamentos em 3 repetições, perfazendo um total de 96 parcelas.

Foram estudados tratamentos constituídos pela aplicação de quatro doses de níquel (0, 2, 4 e 6 kg ha⁻¹), quatro doses de nitrogênio (0, 40, 80 e 120 kg ha⁻¹) e duas fontes de nitrogênio (ureia e nitrato de amônio).

3.5 Desenvolvimento do experimento e tratos culturais

3.5.1 Preparo do solo e instalação dos experimentos

Na área utilizada para o experimento no primeiro ano agrícola (2013/14) procedeu-se o preparo de solo pelo sistema de cultivo convencional, na qual realizou-se uma aração e gradagem no dia 30/11/2013. Na área utilizada no segundo ano agrícola (2014/15) foi sucedido o mesmo preparo de solo do ano anterior no dia 18/12/2014.

A instalação dos experimentos foi realizada com a semeadura da cultivar de algodoeiro FM 975WS[®], de ciclo longo com a tecnologia WideStrike[®], 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 e cinco metros de comprimento, sendo a área útil constituída pelas duas linhas centrais da parcela.

No primeiro ano agrícola (2013/14), a instalação do experimento procedeu-se no dia 01/12/2013 pela semeadura mecanizada em uma densidade de 12 sementes por metro, com emergência das plantas de algodão no dia 08/12/2013.

Aos 10 dias após a emergência, foi efetuado desbaste, deixando-se 8 plantas por metro em todos os tratamentos, totalizando uma população de aproximadamente 90.000 plantas por hectare. Para garantir a emergência e o estabelecimento das plantas foi realizada irrigação por aspersão após a semeadura, com um carretel enrolador autopropelido, munido de aspersor/canhão de vazão regulável.

No segundo ano agrícola (2014/15), a instalação do experimento foi realizada no dia 19/12/2014, em área próxima à do ano anterior, sendo também realizada a semeadura mecanizada, com densidade de 12 sementes por metro, ocorrendo a emergência das plantas de algodão no dia 26/12/2012. Semelhante ao primeiro ano agrícola, foi realizada irrigação por aspersão para a emergência e estabelecimento dessa cultura com um carretel enrolador autopropelido, e posterior desbaste para obtenção de uma população de aproximadamente 90.000 plantas por hectare. A área experimental permaneceu em pousio entre o cultivo anterior e o período de condução dos experimentos, em ambos anos agrícolas.

A adubação básica de semeadura foi realizada de acordo com a análise de solo, segundo recomendações de Silva e Raij (1997). Baseado nas análises químicas do solo, no primeiro ano agrícola utilizou-se a dose de 350 kg ha^{-1} do adubo formulado 04-30-10 para semeadura. No segundo ano agrícola, a adubação consistiu de 350 kg ha^{-1} da formulação 08-28-16.

3.5.2 Aplicação dos tratamentos

As aplicações das doses de níquel e nitrogênio foram realizadas via solo em adubação de cobertura, ao lado da linha de plantas e sem incorporação ao solo, metade das doses aplicadas aos 30 e o restante aos 45 dias após emergência (d.a.e). O nitrogênio foi aplicado com a utilização de duas fontes: ureia (46% N) e nitrato de amônio (32% N). O produto utilizado como fonte de Ni foi o sulfato de níquel ($\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$), contendo 22% Ni, aplicado por meio da diluição em 1 L de água e distribuição via solo em cada parcela.

3.5.3 Controle de plantas daninhas

As plantas daninhas foram controladas por meio de manejo químico e por capinas manuais, na medida em que as mesmas emergiram.

No primeiro ano agrícola (2013/14), logo a após a semeadura aplicou-se o herbicida pré-emergente trifluralin na dose 2,0 L ha⁻¹. Aos 25 dias após a emergência do algodoeiro foi realizada uma pulverização com o herbicida em pós-emergência pyriithiobac-sodium na dose 0,3 L ha⁻¹.

No segundo ano agrícola (2014/15), foi realizada a aplicação de herbicidas em pré-emergência Diuron na dose 3,0 L ha⁻¹, posteriormente quando as plantas de algodão se encontravam no estágio de desenvolvimento V₃ (30 dias após a emergência) e as plantas daninhas em estádios iniciais de desenvolvimento aplicou-se em pós-emergência os produtos pyriithiobac-sodium na dose de 0,3 L ha⁻¹ e haloxyfop-methyl na dose 0,4 L ha⁻¹.

3.5.4 Controle fitossanitário

O controle de pragas e doenças teve caráter preventivo, evitando-se que elas ocasionassem danos à cultura. O manejo foi conduzido por meio de pulverizações com produtos fitossanitários registrados para a cultura do algodão e que não continham Ni em sua composição, de modo que não interferissem nos tratamentos em estudo.

As principais pragas encontradas e controladas no ano agrícola de 2013/14 foram percevejo manchador (*Dysdercus ruficollis*), pulgão (*Aphis gossypii*) e bicudo (*Anthonomus grandis*). A doença encontrada durante o desenvolvimento da cultura do algodoeiro foi a mancha de *Ramularia* (*Ramularia areola*).

No segundo ano agrícola (2014/15), as principais pragas encontradas e controladas foram percevejo manchador (*Dysdercus ruficollis*), ácaro rajado (*Tetranychus urticae*) e bicudo (*Anthonomus grandis*). As doenças encontradas durante o desenvolvimento da cultura do algodoeiro foram a mancha de *Ramularia* (*Ramularia areola*) e mancha de *Stemphylium* (*Stemphylium solani*).

3.5.5 Regulador de crescimento

O crescimento vegetativo do algodoeiro foi controlado com o emprego de regulador de crescimento, cujo ingrediente ativo é o de cloreto de mepiquat (250 g L^{-1}). O regulador foi aplicado com pulverizador de barras tratorizado, aos 70 d.a.e. na dose de $0,2 \text{ L ha}^{-1}$.

3.6 Atributos analisados

3.6.1 Análise química de solo

Após a colheita do algodão, nos dois anos agrícolas em estudo, foram realizadas coletas de solo para análise química, sendo colhidas 4 amostras simples por parcela, localizada na entrelinha da cultura do algodoeiro (RIBEIRO et al. 1999), compondo assim uma amostra composta, colhida nas profundidades 0-0,20 m e 0,20-0,40 m (IAPAR, 1996; RIBEIRO et al., 1999). Foi obtido então um número de amostras de solo igual ao dobro do número de parcelas experimentais por experimento (2 profundidades x número de parcelas no experimento). As amostras foram encaminhadas ao Laboratório de Análise de Solos do Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos da FEIS/Unesp/Ilha Solteira, para determinação de pH, dos teores de K, Ca, Mg, Ni, e valores de acidez trocável (Al^+) e soma de bases (SB). As análises foram realizadas seguindo a metodologia descrita por Raij e Quaggio (1983, 1987), Raij et al. (2001) e Embrapa (1999).

3.6.2 Avaliações biométricas do algodoeiro

As características agronômicas foram avaliadas em cinco plantas escolhidas ao acaso em cada parcela e marcadas para as avaliações. Os atributos analisados são referentes ao crescimento, sendo avaliados antes da aplicação dos tratamentos (30 d.a.e.) e em intervalos de 30 dias após a aplicação (60, 90 e 120 d.a.e.), sendo elas:

- **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;
- **Número de nós:** contagem do número de nós a partir do colo da planta até a última ramificação do meristema apical;
- **Número de estruturas reprodutivas:** contagem das estruturas reprodutivas (botão floral, flor e maçã) encontradas em cada planta em avaliações aos 60, 90 e 120 d.a.e.

3.6.3 Análise dos teores de nutrientes e leituras SPAD em folhas

- **Determinação dos teores de macro e micronutrientes:** a análise foliar do algodoeiro foi realizada pela coleta de 20 folhas de cada parcela experimental (limbo da 5ª folha da haste principal, contada do ápice para a base da planta), aos 80 dias após a emergência, de acordo com as recomendações de Silva (1999), para verificar o efeito dos tratamentos estudados na concentração de nutrientes. Após a coleta, as folhas foram submetidas à secagem em estufa com circulação e renovação de ar, moídas e encaminhadas ao Laboratório de Análise de Tecido Vegetal do Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio Economia da FEIS/Unesp/Ilha Solteira, onde seguiram as metodologias relatadas por Bataglia et al. (1983), Embrapa (1999), Malavolta et al. (1997) para a determinação dos teores de P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn, Zn e Ni, obtidos através da digestão nitro-perclórica. Para determinação do teor de N o material foi submetido à digestão sulfúrica, conforme metodologia descrita em Malavolta et al. (1997);
- **Índice SPAD:** foram realizadas leituras com medidor de clorofila portátil modelo SPAD-502, desenvolvido pela Minolta (1989), aos 15, 30 e 60 dias após a aplicação da primeira parcela dos tratamentos (45, 60 e 90 d.a.e, respectivamente), realizadas em três diferentes posições na planta, sendo: ápice, terço médio e base do algodoeiro.

3.6.4 Avaliações dos componentes da produção

Os componentes da produção avaliados ao final do ciclo da cultura (150 d.a.e.) foram:

- **Número de capulhos por planta:** contagem dos capulhos das plantas selecionadas;
- **Massa de 20 capulhos:** colhidos aleatoriamente no terço médio das plantas e pesados com auxílio de balança digital, no momento da colheita;
- **Produtividade de algodão em caroço:** colheita das duas linhas centrais de forma manual, pesagem e estimativa para produtividade em kg ha⁻¹.

3.7 Análise dos dados

Utilizando a metodologia descrita por Gomes (2000), os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F e aplicados teste de comparação de médias (Tukey) para efeito de fontes de nitrogênio. Utilizou-se regressão polinomial a 5% de significância para avaliar o efeito das doses de nitrogênio e níquel. O software estatístico utilizado foi o SISVAR 5.1 (FERREIRA, 2000).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não foi verificada interação entre os tratamentos estudados para nenhuma das variáveis avaliadas nos dois anos de condução do trabalho.

4.1 Análise química do solo

4.1.1 Análise química do solo na profundidade de 0-0,20 m

Nas Tabelas 03 e 04 encontram-se os resultados das análises químicas do solo realizadas na profundidade de 0-0,20 m nos anos agrícolas de 2013/14 e 2014/15 respectivamente, referentes ao uso de fontes e doses de nitrogênio aliado à adubação com níquel. Analisando-se os dados referentes ao pH do solo verificou-se que ocorreram alterações devido à utilização de doses de nitrogênio. Observou-se no primeiro ano, uma redução dos valores de 5,18; quando não se realizou adubação nitrogenada em cobertura, atingindo até 4,74 para a dose de 120 kg ha⁻¹ de N; enquanto que no segundo ano o pH variou de 5,56 (sem aplicação de N) até 5,15 (120 kg ha⁻¹ de N).

Resultados semelhantes foram descritos por Ferrari (2009), que testando a aplicação de doses crescentes de nitrogênio aliado ao uso de culturas de inverno, verificou um decréscimo nos valores do pH de 4,5 para a testemunha até 4,0 para as doses estudadas, na profundidade de 0-0,05 m. Tal fato pode estar relacionado ao efeito proporcionado pelos fertilizantes nitrogenados de acidificação do solo, uma vez que, são produzidos prótons durante a nitrificação do amônio (BLEVINS et al., 1977; BOLAN et al., 1991). Para que o nitrato seja lixiviado, os elementos K, Ca ou Mg são requeridos como íons acompanhantes, enquanto os prótons produzidos pela nitrificação do amônio e, ou, do N orgânico, permanecem na camada superficial como acidez potencial (BOLAN et al., 1991; HELYAR, 1991).

Na avaliação do primeiro ano estudado (Tabela 03), foram verificadas reduções dos teores de Ca no solo, devido ao uso das doses crescentes de N, de 19,67 mmol_c dm⁻³ sem o uso de nitrogênio em cobertura para 15,08 mmol_c dm⁻³ para a dose de 120 kg ha⁻¹ de N. Raij et al. (1982) verificaram, em ensaio de calagem para o milho recebendo 100 kg ha⁻¹ de N como sulfato de amônio, que, após cinco anos, as perdas de Ca e Mg chegaram a representar 12,2 mmol_c kg⁻¹ ano⁻¹.

Tabela 03 - Valores de p>F e teste de comparação de médias para atributos químicos do solo na profundidade de 0-0,20 m, após adubações junto à semeadura e em cobertura em plantas de algodoeiro cv. FM 975WS®. Selvíria-MS, ano agrícola 2013/14.

p>F							
FV	pH	K	Ca	Mg	Al ⁺	SB	Ni
Doses Ni (Ni)	0,87	0,93	0,96	0,64	0,43	0,86	0,01**
Doses N (N)	0,02*	0,54	0,01**	0,58	0,05*	0,00**	0,46
Fonte N (F)	0,30	0,49	0,46	0,80	0,91	0,48	0,64
C.V. (%)	5,81	25,92	18,88	15,15	18,77	9,95	76,30
	CaCl ₂	mmol/dm ³					mg/dm ³
Tukey (fontes N)							
Ureia	4,92	2,50	16,38	13,25	2,40	32,13	2,61
Nitrato	4,86	2,59	16,85	13,15	2,50	32,59	2,87
D.M.S.	0,11	0,27	1,28	0,81	0,74	1,31	1,08
Regressão Polinomial (N)							
0	5,18	2,60	19,67	13,29	0,20	35,56	3,09
40	4,97	2,42	17,33	12,71	2,30	32,46	2,23
80	4,68	2,49	14,38	13,38	2,10	30,24	2,39
120	4,74	2,68	15,08	13,42	5,20	31,18	3,25
p>F (linear)	0,00	0,62	0,00	0,57	0,01**(3)	0,00	0,79
p>F(quadrática)	0,02*(1)	0,17	0,02*(2)	0,45	0,58	0,01**(4)	0,12
r ² (linear)	0,82	0,12	0,81	0,17	0,86	0,73	0,03
R ² (quadrática)	0,94	0,98	0,95	0,46	0,88	0,98	0,99
Regressão Polinomial (Ni)							
0	4,90	2,48	16,50	12,92	1,65	31,90	0,50
2	4,85	2,59	16,50	13,38	2,10	32,47	1,76
4	4,90	2,54	16,92	12,96	3,75	32,41	3,74
6	4,92	2,58	16,54	13,54	2,30	32,66	4,95
p>F (linear)	0,67	0,69	0,85	0,43	0,40	0,45	0,00
p>F(quadrática)	0,59	0,79	0,77	0,88	0,32	0,81	0,01**(5)
r ² (linear)	0,26	0,39	0,12	0,37	0,26	0,79	0,93
R ² (quadrática)	0,66	0,55	0,41	0,39	0,63	0,87	0,99

(1) $Y = 5,2015 - 0,0091x + 0,000042x^2$

(2) $Y = 19,881 - 0,0988x + 0,0005x^2$

(3) $Y = 0,23 + 0,037x$

(4) $Y = 35,673 - 0,1141x + 0,0006x^2$

(5) $Y = 0,4255 + 0,0393x - 0,000008x^2$

$$^{(1)} Y = 5,2015 - 0,0091x + 0,000042x^2$$

$$^{(2)} Y = 19,881 - 0,0988x + 0,0005x^2$$

$$^{(3)} Y = 0,23 + 0,037x$$

$$^{(4)} Y = 35,673 - 0,1141x + 0,0006x^2$$

$$^{(5)} Y = 0,4255 + 0,0393x - 0,000008x^2$$

Nota: **, * Significativo aos níveis de 1% e 5% respectivamente pelo Teste F da análise de variância.

Médias seguidas por letras distintas na vertical diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Elaboração do autor.

A lixiviação de Ca como acompanhante do nitrato pode responder por parte da diminuição do teor deste elemento no solo, embora seria esperado que o K e Mg fossem os cátions preferencialmente lixiviados, considerando a menor energia de ligação que possuem com o complexo de troca (LOYOLA; PAVAN, 1989). Entretanto, no primeiro ano não foi possível verificar diferença significativa para os teores de K e Mg na profundidade de 0-0,20 m em função da utilização de diferentes doses de fertilizantes nitrogenados. Em contrapartida, no segundo ano de estudo (Tabela 04) foi possível

observar reduções tanto nos teores de Ca, quanto nos de Mg em função do incremento das doses de nitrogênio empregadas.

A lixiviação de Ca no primeiro ano e do Ca e Mg no segundo ano de estudo, influenciaram na redução dos valores da soma de bases (SB) na camada superficial do solo à medida em que se aumentaram as doses de fertilizantes nitrogenados. No ano agrícola de 2013/14 (Tabela 03) houve redução significativa da soma de bases, passando de 35,56 mmol_c dm⁻³ (sem N) para 31,18 mmol_c dm⁻³ (120 kg ha⁻¹ de N); enquanto que no ano agrícola 2014/15 (Tabela 04) os valores tiveram redução de 35,74 mmol_c dm⁻³ para 28,14 mmol_c dm⁻³, respectivamente.

Analisando os valores da acidez trocável (Al⁺) presentes no solo na profundidade de 0-0,20 m, verificou-se que ajuste linear com aumento significativo dos valores na medida em que se aumentaram as doses de nitrogênio. Para o ano agrícola de 2013/14, houve acréscimo de 0,20 mmol_c dm⁻³ de Al para 5,20 mmol_c dm⁻³ de Al, considerando, respectivamente, a ausência de adubação nitrogenada e a maior dose aplicada. O mesmo pode ser verificado no segundo ano (2014/15), quando os valores oscilaram de 1,16 mmol_c dm⁻³ de Al (sem aplicação de N) até 4,52 mmol_c dm⁻³ de Al (120 Kg ha⁻¹ de N).

Corroboram com estes resultados os obtidos por Pires et al. (2008), que verificaram aumento dos valores de Al nas profundidades de 0-0,05 e 0,05-0,10 m do solo ao fazer uso de adubação com nitrogênio em cobertura.

Quanto à análise dos teores de níquel (mg dm⁻³ de solo) presentes na camada superficial do solo, verificou-se efeito significativo com ajuste linear em função da aplicação de diferentes doses deste nutriente para os dois anos avaliados (Tabelas 03 e 04). Com o incremento das doses de níquel, notou-se elevação dos teores encontrados nesta camada de solo, aumentando de 0,50 mg dm⁻³ (ausência de adubação com níquel) para 4,95 mg dm⁻³ na dose de 6 Kg ha⁻¹ de Ni no primeiro ano e, de 0,64 mg dm⁻³ para 4,07 mg dm⁻³ no segundo ano.

Levy (2013) estudando o efeito da aplicação de Ni em soja, em solos com diferentes texturas, também obteve respostas significativas para as doses de Ni aplicadas via solo tanto para o Latossolo Vermelho eutrófico (LV), argiloso, quanto para o Latossolo Vermelho-Amarelo (LVA), arenoso. Houve aumento linear dos teores de Ni disponível no solo para o LV e para o LVA com o aumento das doses de Ni aplicadas via solo. No LV o teor disponível de Ni aumentou de 0,30 (na dose zero) para 1,05 mg

dm⁻³ na dose máxima aplicada (2 kg ha⁻¹), enquanto que no LVA o aumento foi de 0,029 para 0,72 mg dm⁻³.

Tabela 04 - Valores de p>F e teste de comparação de médias para atributos químicos do solo na profundidade de 0-0,20 m, após adubações junto à semeadura e em cobertura em plantas de algodoeiro cv. FM 975WS[®]. Selvíria-MS, ano agrícola 2014/15.

p>F							
FV	pH	K	Ca	Mg	Al ⁺	SB	Ni
Doses Ni (Ni)	0,81	0,88	0,63	0,87	0,88	0,61	0,00**
Doses N (N)	0,00**	0,59	0,01**	0,00**	0,05*	0,00**	0,23
Fonte N (F)	0,15	0,59	0,28	0,22	0,36	0,94	0,73
C.V. (%)	5,24	21,06	23,23	17,01	25,82	12,30	88,67
	CaCl ₂	mmol/dm ³					mg/dm ³
Tukey (fontes N)							
Ureia	5,23	3,05	14,08	13,21	3,40	30,34	2,49
Nitrato	5,31	3,12	13,38	13,79	2,52	30,28	2,69
D.M.S.	0,11	0,26	1,30	0,94	1,08	1,52	1,21
Regressão Polinomial (N)							
0	5,56	3,16	16,33	16,25	1,16	35,74	2,95
40	5,13	2,96	11,96	14,46	2,52	29,38	2,27
80	5,24	3,02	13,63	11,33	4,16	27,98	2,69
120	5,15	3,18	13,00	11,96	4,52	28,14	2,46
p>F (linear)	0,00	0,82	0,01	0,00	0,03*(⁴)	0,00	0,27
p>F(quadrática)	0,01**(¹)	0,18	0,05*(²)	0,01**(³)	0,50	0,01**(⁵)	0,71
r ² (linear)	0,53	0,03	0,33	0,82	0,95	0,72	0,21
R ² (quadrática)	0,78	0,97	0,67	0,92	0,98	0,99	0,40
Regressão Polinomial (Ni)							
0	5,23	3,00	13,08	13,33	2,68	29,42	0,64
2	5,30	3,15	14,00	13,46	3,16	30,61	2,22
4	5,27	3,08	14,21	13,38	3,52	30,66	3,43
6	5,28	3,09	13,63	13,83	3,00	30,55	4,07
p>F (linear)	0,57	0,76	0,53	0,50	0,68	0,32	0,00**(⁶)
p>F(quadrática)	0,58	0,62	0,25	0,72	0,50	0,40	0,09
r ² (linear)	0,34	0,15	0,23	0,64	0,24	0,56	0,94
R ² (quadrática)	0,66	0,54	0,99	0,82	0,92	0,95	0,98

$$^{(1)} Y = 5,5256 - 0,0093x + 0,00005x^2$$

$$^{(2)} Y = 15,917 - 0,0911x + 0,0006x^2$$

$$^{(3)} Y = 16,504 - 0,0853x + 0,0004x^2$$

$$^{(4)} Y = 1,332 + 0,0293x$$

$$^{(5)} Y = 35,572 - 0,1828x + 0,001x^2$$

$$^{(6)} Y = 0,865 + 0,0288x$$

Nota: **, * Significativo aos níveis de 1% e 5% respectivamente pelo Teste F da análise de variância.

Médias seguidas por letras distintas na vertical diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Elaboração do autor.

4.1.2 Análise química do solo na profundidade de 0,20-0,40 m

Os valores das análises químicas do solo realizadas na profundidade de 0,20-0,40 m no ano agrícola de 2013/14, referente ao uso de fontes e doses de nitrogênio aliada à adubação com níquel estão apresentados na Tabelas 05. Pela análise dos

resultados obtidos, verifica-se que em subsuperfície não houve diferenças significativas em função das fontes, nem das doses de N aplicadas na cultura do algodoeiro. Da mesma forma não houve diferenças significativas em função da utilização de doses de Ni.

Tabela 05 - Valores de p>F e teste de comparação de médias para atributos químicos do solo na profundidade de 0,20-0,40 m, após adubações junto à semeadura e em cobertura em plantas de algodoeiro cv. FM 975WS®. Selvíria-MS, ano agrícola 2013/14.

p>F							
FV	pH	K	Ca	Mg	Al ⁺	SB	Ni
Doses Ni (Ni)	0,59	0,85	0,61	0,74	0,76	0,63	0,48
Doses N (N)	0,83	0,85	0,18	0,12	0,70	0,07	0,86
Fonte N (F)	0,89	0,27	0,33	0,79	0,85	0,56	0,39
C.V. (%)	8,02	32,63	20,76	21,02	10,80	17,11	37,83
CaCl ₂mmol _c /dm ³ mg/dm ³							
Tukey (fontes N)							
Ureia	5,51	1,86	13,21	11,10	1,74	26,17	0,63
Nitrato	5,50	2,00	12,67	10,98	1,83	25,65	0,80
D.M.S.	0,18	0,25	1,09	0,94	0,32	1,81	0,40
Regressão Polinomial (N)							
0	5,55	1,97	12,96	10,88	1,70	25,80	0,77
40	5,51	1,83	11,96	10,17	2,16	23,95	0,67
80	5,52	1,96	13,21	11,50	1,60	26,67	0,60
120	5,43	1,96	13,63	11,63	1,68	27,21	0,82
p>F (linear)	0,42	0,87	0,19	0,10	0,73	0,09	0,93
p>F(quadrática)	0,78	0,58	0,20	0,38	0,61	0,19	0,42
r ² (linear)	0,75	0,03	0,35	0,48	0,10	0,39	0,01
R ² (quadrática)	0,84	0,40	0,68	0,61	0,28	0,63	0,90
Regressão Polinomial (Ni)							
0	5,51	1,91	12,46	10,67	1,75	25,03	0,65
2	5,60	1,85	12,75	11,29	2,07	25,89	0,59
4	5,48	1,96	13,46	11,29	1,51	26,71	0,63
6	5,43	2,00	13,08	10,92	1,81	26,00	0,99
p>F (linear)	0,35	0,50	0,30	0,73	0,73	0,36	0,24
p>F(quadrática)	0,46	0,70	0,55	0,30	0,98	0,39	0,31
r ² (linear)	0,47	0,57	0,60	0,10	0,04	0,49	0,56
R ² (quadrática)	0,76	0,75	0,80	0,99	0,05	0,92	0,98

Nota: **, * Significativo aos níveis de 1% e 5% respectivamente pelo Teste F da análise de variância.

Médias seguidas por letras distintas na vertical diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Elaboração do autor.

Por outro lado, ao se observar os resultados da análise de solo para a profundidade de 0,20-0,40 m no ano agrícola de 2014/15 (Tabela 06) verificou-se que os teores de Mg variaram de forma significativa com ajuste linear em função das doses de N aplicadas. Observou-se um aumento dos valores de 10,83 mmol_c dm⁻³, quando não se realizou adubação nitrogenada em cobertura, atingindo até 13,63 mmol_c dm⁻³ para a maior dose de N (120 kg ha⁻¹). Do mesmo modo, a soma de bases apresentou

incremento nos seus valores com o uso de doses maiores de N, passando de 21,36 (dose zero) para 26,73 mmol_c dm⁻³ (120 kg ha⁻¹ de N).

Embora não tenha demonstrado uma diferença estatisticamente significativa, o Cálcio também apresentou efeito semelhante ao do Magnésio nestas mesmas condições, o que contribuiu com o aumento da soma de bases nas camadas mais inferiores do solo à medida em que se aumenta as doses de nitrogênio aplicadas. Esses dados mostram que houve a lixiviação do Mg e Ca por meio da ação dos fertilizantes nitrogenados, arrastando esses íons para as camadas mais inferiores do solo, como íon acompanhante no par iônico com o NO₃⁻.

Tabela 06 - Valores de p>F e teste de comparação de médias para atributos químicos do solo na profundidade de 0,20-0,40 m, após adubações junto à semeadura e em cobertura em plantas de algodoeiro cv. FM 975WS[®]. Selvíria-MS, ano agrícola 2014/15.

p>F							
FV	pH	K	Ca	Mg	Al ⁺	SB	Ni
Doses Ni (Ni)	0,84	0,93	0,79	0,65	0,12	0,66	0,80
Doses N (N)	0,72	0,88	0,35	0,02*	0,14	0,02*	0,13
Fonte N (F)	0,48	0,20	0,44	0,51	0,87	0,52	0,56
C.V. (%)	7,49	39,47	35,11	23,59	38,67	42,35	34,24
CaCl ₂mmol _c /dm ³ mg/dm ³							
Tukey (fontes N)							
Ureia	5,40	1,54	9,21	11,96	1,52	22,71	0,90
Nitrato	5,46	1,71	10,71	11,58	1,60	24,00	0,99
D.M.S.	0,17	0,26	3,86	1,13	0,25	4,04	0,32
Regressão Polinomial (N)							
0	5,40	1,65	8,88	10,83	0,68	21,36	0,95
40	5,46	1,61	9,42	10,17	2,00	21,19	0,98
80	5,48	1,55	10,13	12,46	1,32	24,13	0,96
120	5,36	1,69	11,42	13,63	2,16	26,73	0,90
p>F (linear)	0,81	0,92	0,34	0,01**(1)	0,09	0,04*(2)	0,53
p>F(quadrática)	0,27	0,48	0,85	0,11	0,62	0,50	0,77
r ² (linear)	0,05	0,02	0,96	0,77	0,52	0,88	0,41
R ² (quadrática)	0,95	0,77	0,99	0,89	0,57	0,97	0,98
Regressão Polinomial (Ni)							
0	5,45	1,56	8,96	11,21	0,80	21,73	0,90
2	5,47	1,67	11,54	11,92	1,84	25,13	0,87
4	5,43	1,66	10,00	12,21	2,22	23,87	0,93
6	5,37	1,60	9,33	11,75	1,30	22,69	1,08
p>F (linear)	0,44	0,85	0,96	0,45	0,27	0,86	0,41
p>F(quadrática)	0,65	0,54	0,40	0,31	0,30	0,26	0,57
r ² (linear)	0,74	0,08	0,01	0,35	0,15	0,02	0,68
R ² (quadrática)	0,98	0,96	0,68	0,99	0,98	0,83	0,99

$$^{(1)} Y = 10,171 + 0,0267x$$

$$^{(2)} Y = 20,495 + 0,0476x$$

Nota: **, * Significativo aos níveis de 1% e 5% respectivamente pelo Teste F da análise de variância. Médias seguidas por letras distintas na vertical diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Fonte: Elaboração do autor.

4.2 Características agronômicas do algodoeiro

4.2.1 *Altura de plantas*

Os resultados obtidos para altura do algodoeiro realizadas aos 30, 60, 90 e 120 d.a.e. no ano agrícola 2013/14 estão apresentados na Tabela 07. Verificou-se que não houve diferença significativa entre as médias de altura de plantas antes da primeira aplicação dos tratamentos (30 d.a.e.), mostrando assim a homogeneidade inicial do experimento.

Com relação à altura de plantas aos 30 dias após a primeira aplicação dos tratamentos (60 d.a.e.), verificou-se efeito significativo em função das doses de nitrogênio. Notou-se que houve ajuste linear crescente dos resultados, onde se observou um incremento até a dose de 120 Kg ha⁻¹ de N. O mesmo efeito ocorreu aos 90 e 120 d.a.e., apresentando um resultado significativo em função da utilização de doses de nitrogênio.

Esses resultados corroboram com aqueles encontrados por Ferrari (2009) que verificou que na medida em que aumentaram as doses de N aplicadas ocorreu aumento da altura das plantas de algodoeiro, sendo o maior valor, de 1,24 m, para a máxima dose aplicada (90 kg ha⁻¹ de N). Resultados semelhantes também foram obtidos por Furlani Júnior e Buzetti (2001b), que afirmaram que ao realizar a aplicação de N em cobertura de até 70 kg ha⁻¹, foram constatadas as maiores alturas de plantas, quando comparada com a dose de 30 kg ha⁻¹ de N.

Tabela 07 - Valores de $p>F$ e teste de comparação de médias para altura do algodoeiro cv. FM 975WS[®] aos 30, 60, 90 e 120 dias após a emergência. Selvíria-MS, ano agrícola 2013/14.

FV	$p>F$			
	30	60	90	120
	d.a.e.			
Doses Ni (Ni)	0,41	0,80	0,70	0,59
Doses N (N)	0,92	0,00**	0,05*	0,05*
Fonte N (F)	0,81	0,74	0,37	0,33
C.V. (%)	7,85	4,30	3,99	6,71
Altura (cm)				
Tukey (fontes N)				
Ureia	55,35	74,39	107,68	121,26
Nitrato	55,14	74,61	108,47	122,90
D.M.S.	1,77	1,31	1,76	3,34
Regressão Polinomial (N)				
0	55,58	71,73	106,00	116,65
40	55,33	74,05	108,06	122,95
80	55,35	75,52	109,22	124,56
120	54,73	76,70	109,01	124,18
$p>F$ (linear)	0,52	0,00**(1)	0,01**(2)	0,00**(3)
$p>F$(quadrática)	0,84	0,39	0,20	0,06
r^2 (linear)	0,81	0,98	0,80	0,72
R^2(quadrática)	0,90	0,99	0,99	0,99
Regressão Polinomial (Ni)				
0	55,74	74,37	107,43	120,77
2	56,11	74,03	108,61	122,90
4	55,03	74,69	107,68	121,13
6	54,12	74,91	108,57	123,54
$p>F$ (linear)	0,14	0,44	0,53	0,38
$p>F$(quadrática)	0,47	0,67	0,87	0,93
r^2 (linear)	0,76	0,59	0,28	0,39
R^2(quadrática)	0,94	0,77	0,30	0,40

$$^{(1)} Y = 72,046 + 0,0409x$$

$$^{(2)} Y = 106,54 + 0,0255x$$

$$^{(3)} Y = 118,46 + 0,0605x$$

Nota: **, * Significativo aos níveis de 1% e 5% respectivamente pelo Teste F da análise de variância.

Médias seguidas por letras distintas na vertical diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Elaboração do autor.

Assim como no primeiro ano agrícola, no segundo ano (2014/15), foram realizadas quatro avaliações (aos 30, 60, 90 e 120 d.a.e.) da altura do algodoeiro (Tabela 08). Observou-se que os tratamentos com a aplicação de doses de N, nas avaliações realizadas a partir dos 60 d.a.e., houve aumento do crescimento da planta com efeito quadrático, com pontos de máximo ajustados para as doses de 91,06; 93,10 e 94,94 Kg ha⁻¹ de N aos 60, 90 e 120 d.a.e., respectivamente.

Verificou-se também efeito em função das fontes de N, onde o uso do nitrato de amônio proporcionou maiores alturas. Tais resultados podem ser atribuídos às perdas

por volatilização da amônia quando se utiliza a ureia como fonte de N, principalmente em condições ambientais desfavoráveis.

Devido à ocorrência de altas temperaturas e baixo volume de chuvas durante a condução dos experimentos, aliado à não incorporação dos fertilizantes nitrogenados no solo, optou-se por realizar irrigação por aspersão com carretel enrolador autopropelido imediatamente após a aplicação dos tratamentos. Porém no segundo ano, diferentemente do ano anterior, a aplicação de lâmina d'água não foi realizada imediatamente após a aplicação dos tratamentos, permanecendo os fertilizantes nitrogenados expostos às condições ambientais por mais tempo, o que provavelmente provocou maiores perdas de N devido volatilização da amônia presente na ureia.

Concordam com estes resultados os estudos realizados por Kaneko et al. (2013) que ao avaliarem a resposta do algodoeiro à fontes de N em dois manejos da adubação de cobertura, em sistema plantio direto no Cerrado, observaram no ano agrícola 2009/10, que houve resposta do algodoeiro à adubação nitrogenada para altura de plantas, onde o uso do nitrato de amônio proporcionou maior altura de plantas em comparação com a ureia tradicional. Neste estudo, os autores também atribuíram os efeitos à volatilização da amônia devido condições ambientais adversas quando se utilizou ureia.

Em contrapartida, a utilização de doses de adubação com níquel não proporcionou efeito sobre a altura do algodoeiro, diferentemente do observado por Rigon et al. (2011) que, utilizando quatro doses de nitrogênio (0; 50; 75 e 100 Kg ha⁻¹) na ausência e presença do níquel na dose de 0,3 Kg ha⁻¹, em casa de vegetação, encontrou maior altura de plantas na presença do níquel na adubação.

Tabela 08 - Valores de p>F e teste de comparação de médias para altura do algodoeiro cv. FM 975WS[®] aos 30, 60, 90 e 120 dias após a emergência. Selvíria-MS, ano agrícola 2014/15.

FV	p>F			
	30	60	90	120
	d.a.e.			
Doses Ni (Ni)	0,77	0,85	0,58	0,59
Doses N (N)	0,68	0,03*	0,00**	0,00**
Fonte N (F)	0,95	0,00**	0,01**	0,01**
C.V. (%)	6,61	2,70	2,75	14,26
Altura (cm)				
Tukey (fontes N)				
Ureia	56,12	95,53 b	111,79 b	123,70 b
Nitrato	56,17	100,04 a	115,78 a	127,87 a
D.M.S.	1,51	1,08	1,28	1,84
Regressão Polinomial (N)				
0	55,76	89,88	106,49	115,56
40	56,94	96,17	111,66	124,79
80	55,88	104,48	120,24	133,01
120	55,99	100,62	116,75	129,78
p>F (linear)	0,91	0,00	0,00	0,00
p>F(quadrática)	0,48	0,00**(1)	0,00**(2)	0,00**(3)
r² (linear)	0,01	0,69	0,72	0,75
R²(quadrática)	0,33	0,91	0,89	0,97
Regressão Polinomial (Ni)				
0	56,08	97,95	113,71	125,71
2	55,60	97,42	113,09	124,92
4	56,15	97,73	114,05	126,11
6	56,74	98,04	114,29	126,41
p>F (linear)	0,46	0,81	0,35	0,87
p>F(quadrática)	0,48	0,44	0,50	0,94
r² (linear)	0,48	0,70	0,45	0,43
R²(quadrática)	0,92	0,84	0,68	0,67

$$^{(1)} Y = 89,174 + 0,2914x - 0,0016x^2$$

$$^{(2)} Y = 105,72 + 0,2607x - 0,0014x^2$$

$$^{(3)} Y = 115,04 + 0,3608x - 0,0019x^2$$

Nota: **, * Significativo aos níveis de 1% e 5% respectivamente pelo Teste F da análise de variância.

Médias seguidas por letras distintas na vertical diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Elaboração do autor.

4.2.2 Diâmetro do caule

O diâmetro do caule do algodoeiro no primeiro ano agrícola (Tabela 09) teve incremento significativo em função das doses de N aplicadas apenas aos 60 d.a.e., com ajuste linear crescente para o N. Nas demais épocas avaliadas não foram observadas diferenças significativas para nenhum dos tratamentos aplicados.

Também Ferrari (2009), avaliando o diâmetro caulinar no momento da colheita do algodoeiro, não verificou diferença significativa ao utilizar as doses do fertilizante nitrogenado. O mesmo foi relatado por Teixeira et al. (2008), que ao fazer uso de doses

de N aliado ao uso de regulador de crescimento não verificaram diferenças no diâmetro do caule, aos 90 d.a.e., para as doses em estudo.

Tabela 09 - Valores de $p>F$ e teste de comparação de médias para diâmetro caulinar do algodoeiro cv. FM 975WS[®] aos 30, 60, 90 e 120 dias após a emergência. Selvíria-MS, ano agrícola 2013/14.

FV	$p>F$			
	30	60	90	120
	d.a.e.			
Doses Ni (Ni)	0,81	0,89	0,30	0,49
Doses N (N)	0,37	0,05*	0,28	0,58
Fonte N (F)	0,67	0,42	0,26	0,44
C.V. (%)	8,12	5,28	8,21	5,50
Tukey (fontes N)				
Ureia	9,20	11,38	14,87	15,99
Nitrato	9,13	11,87	15,15	16,13
D.M.S.	0,30	0,75	0,50	0,36
Diâmetro (mm)				
Regressão Polinomial (N)				
0	9,11	11,23	15,09	15,95
40	9,22	11,08	14,72	16,10
80	8,98	12,15	15,38	15,94
120	9,35	12,05	14,86	16,25
p>F (linear)	0,50	0,01** ⁽¹⁾	0,97	0,35
p>F(quadrática)	0,38	0,89	0,78	0,65
r² (linear)	0,14	0,69	0,01	0,45
R²(quadrática)	0,39	0,69	0,02	0,55
Regressão Polinomial (Ni)				
0	9,04	11,57	14,61	15,90
2	9,22	11,59	15,23	16,20
4	9,17	11,68	15,03	16,20
6	9,22	11,67	15,19	15,94
p>F (linear)	0,47	0,47	0,18	0,86
p>F(quadrática)	0,66	0,90	0,37	0,13
r² (linear)	0,54	0,83	0,49	0,01
R²(quadrática)	0,74	0,86	0,71	0,99

$$^{(1)} Y = 11,097 + 0,0088x$$

Nota: **, * Significativo aos níveis de 1% e 5% respectivamente pelo Teste F da análise de variância.

Médias seguidas por letras distintas na vertical diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Elaboração do autor.

Em relação ao diâmetro do caule no segundo ano de estudo (Tabela 10), também não houve efeito significativo frente à aplicação de nenhum dos tratamentos, constatando-se, portanto, uma característica com pouca alteração em função do N e Ni. Esses resultados corroboram com os obtidos por Rigon et al. (2011), que estudando a possível interação entre o nitrogênio e adubação com níquel sobre o crescimento do algodoeiro, não constataram diferenças em relação ao diâmetro caulinar em nenhuma das épocas avaliadas.

Tabela 10 - Valores de $p>F$ e teste de comparação de médias para diâmetro caulinar do algodoeiro cv. FM 975WS[®] aos 30, 60, 90 e 120 dias após a emergência. Selvíria-MS, ano agrícola 2014/15.

FV	$p>F$			
	30	60	90	120
	d.a.e.			
Doses Ni (Ni)	0,54	0,73	0,16	0,34
Doses N (N)	0,16	0,14	0,68	0,77
Fonte N (F)	0,67	0,49	0,87	0,30
C.V. (%)	7,40	5,17	5,08	23,54
Diâmetro (mm)				
Tukey (fontes N)				
Ureia	9,60	13,42	16,31	17,20
Nitrato	9,67	13,52	16,28	17,74
D.M.S.	0,29	0,28	0,34	0,45
Regressão Polinomial (N)				
0	9,61	13,39	16,22	17,51
40	9,77	13,59	16,34	17,11
80	9,37	13,24	16,17	17,86
120	9,80	13,67	16,44	17,40
$p>F$ (linear)	0,78	0,44	0,53	0,72
$p>F$(quadrática)	0,36	0,43	0,67	0,90
r^2 (linear)	0,01	0,10	0,27	0,03
R^2(quadrática)	0,17	0,21	0,39	0,04
Regressão Polinomial (Ni)				
0	9,63	13,50	16,04	17,28
2	9,47	13,34	16,32	17,45
4	9,66	13,49	16,58	17,69
6	9,77	13,56	16,22	17,47
$p>F$ (linear)	0,35	0,62	0,29	0,69
$p>F$(quadrática)	0,36	0,43	0,07	0,23
r^2 (linear)	0,40	0,18	0,21	0,38
R^2(quadrática)	0,79	0,68	0,88	0,83

Nota: **, * Significativo aos níveis de 1% e 5% respectivamente pelo Teste F da análise de variância.

Médias seguidas por letras distintas na vertical diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Elaboração do autor.

4.2.3 Número de nós

Os resultados de número de nós do algodoeiro estão contidos na Tabela 11 para o ano agrícola 2013/14 e na Tabela 12 para o ano 2014/15.

Constata-se que o de número de nós de plantas não diferiram em função dos tratamentos aplicados em nenhum dos anos agrícolas avaliados. Em estudos conduzidos por Santos (2006), testando doses de N (0, 25, 50, 75, 100 e 120 kg ha⁻¹ de N) associadas a modos de aplicação (única e parcelada), não foram encontradas diferenças quanto aos tratamentos para o número de ramos produtivos e vegetativos. Do mesmo modo, Ferrari (2009) verificou pela contagem do número de ramos vegetativos e

reprodutivos que não houve diferença significativa para a utilização de doses crescentes de nitrogênio.

Enquanto que Faria (2016), avaliando o efeito do níquel via foliar e parcelada em três aplicações e com 4 doses (0 (testemunha), 50, 150, 300 e 400 g ha⁻¹), com e sem a utilização de regulador de crescimento, não observou efeito do número de nós do algodoeiro.

Tabela 11 - Valores de p>F e teste de comparação de médias para o número de nós do algodoeiro cv. FM 975WS[®] aos 30, 60, 90 e 120 dias após a emergência. Selvíria-MS, ano agrícola 2013/14.

FV	p>F			
	30	60	90	120
	d.a.e.			
Doses Ni (Ni)	0,91	0,71	0,92	0,98
Doses N (N)	0,52	0,60	0,44	0,51
Fonte N (F)	0,71	0,70	0,92	0,79
C.V. (%)	5,13	9,87	8,01	6,71
	nº de nós			
	Tukey (fontes N)			
Ureia	11,98	14,54	20,39	22,67
Nitrato	12,03	14,43	20,43	22,75
D.M.S.	0,25	0,58	0,67	0,62
	Regressão Polinomial (N)			
0	12,05	14,56	20,59	22,63
40	12,13	14,75	20,62	23,01
80	11,98	14,20	19,94	22,37
120	11,88	14,45	20,49	22,83
p>F (linear)	0,24	0,50	0,50	0,98
p>F(quadrática)	0,46	0,92	0,44	0,90
r² (linear)	0,63	0,24	0,17	0,02
R²(quadrática)	0,87	0,25	0,39	0,01
	Regressão Polinomial (Ni)			
0	12,07	14,69	20,61	22,81
2	11,96	14,46	20,29	22,72
4	11,96	14,22	20,39	22,61
6	12,04	14,57	20,36	22,71
p>F (linear)	0,90	0,66	0,68	0,77
p>F(quadrática)	0,47	0,32	0,66	0,76
r² (linear)	0,03	0,14	0,35	0,42
R²(quadrática)	0,99	0,86	0,73	0,88

Nota: **, * Significativo aos níveis de 1% e 5% respectivamente pelo Teste F da análise de variância.

Médias seguidas por letras distintas na vertical diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Elaboração do autor.

Tabela 12 - Valores de $p>F$ e teste de comparação de médias para o número de nós do algodoeiro cv. FM 975WS[®] aos 30, 60, 90 e 120 dias após a emergência. Selvíria-MS, ano agrícola 2014/15.

FV	$p>F$			
	30	60	90	120
	d.a.e.			
Doses Ni (Ni)	0,69	0,93	0,96	0,37
Doses N (N)	0,39	0,31	0,65	0,81
Fonte N (F)	0,82	0,75	0,42	0,52
C.V. (%)	6,27	9,59	8,33	45,87
nº de nós				
Tukey (fontes N)				
Ureia	11,10	15,29	18,99	21,57
Nitrato	11,13	15,39	18,73	21,68
D.M.S.	0,28	0,60	0,64	0,87
Regressão Polinomial (N)				
0	10,97	15,40	18,92	21,74
40	11,24	15,62	19,14	21,27
80	11,23	14,87	18,57	21,63
120	11,01	15,46	18,83	21,84
p>F (linear)	0,85	0,66	0,57	0,32
p>F(quadrática)	0,09	0,53	0,94	0,80
r² (linear)	0,01	0,50	0,21	0,11
R²(quadrática)	0,99	0,16	0,21	0,73
Regressão Polinomial (Ni)				
0	11,15	15,44	19,00	21,94
2	11,23	15,39	18,82	21,59
4	11,07	15,18	18,76	21,11
6	11,00	15,35	18,88	21,84
p>F (linear)	0,34	0,72	0,77	0,79
p>F(quadrática)	0,60	0,71	0,65	0,21
r² (linear)	0,62	0,30	0,29	0,08
R²(quadrática)	0,80	0,62	0,99	0,78

Nota: **, * Significativo aos níveis de 1% e 5% respectivamente pelo Teste F da análise de variância.

Médias seguidas por letras distintas na vertical diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Elaboração do autor.

4.2.4 Número de estruturas reprodutivas do algodoeiro

Para o número de estruturas reprodutivas do algodoeiro no ano agrícola 2013/14 foram observadas diferenças significativas em função da utilização de doses de nitrogênio, mostrando ajuste linear crescente (Tabela 13).

Em relação ao número de estruturas reprodutivas, Brito (2005) também averiguou em estudos com algodoeiro que, com o incremento das doses de nitrogênio, houve maior número de flores. O autor sugere ainda que a utilização de níveis adequados de nitrogênio aliado ao uso de regulador de crescimento pode promover o aparecimento mais precoce das flores, podendo assim antecipar a colheita.

Da mesma forma, em relação a adubação nitrogenada, Rigon et al. (2011) constataram significância no número de flores com o aumento das doses de nitrogênio, apesar dos valores oscilarem somente nas maiores doses. Enquanto que, o uso da adubação com níquel não resultou em diferenças significativas na quantidade de flores. De acordo com estes resultados estão os obtidos por Faria (2016) que, aplicando doses de níquel via foliar com e sem a utilização de regulador de crescimento, também não observou resultados significativos no número de estruturas reprodutivas das plantas de algodoeiro em função da aplicação de níquel.

Tabela 13 - Valores de $p>F$ e teste de comparação de médias para o número de estruturas reprodutivas do algodoeiro cv. FM 975WS[®] aos 60, 90 e 120 dias após a emergência. Selvíria-MS, ano agrícola 2013/14.

FV	$p>F$		
	60	90	120
	d.a.e.		
Doses Ni (Ni)	0,58	0,69	0,43
Doses N (N)	0,01**	0,01**	0,00**
Fonte N (F)	0,84	0,18	0,12
C.V. (%)	12,66	24,82	26,41
nº de estruturas reprodutivas			
Tukey (fontes N)			
Ureia	14,23	13,38	11,45
Nitrato	14,30	14,62	12,46
D.M.S.	0,74	0,50	1,29
Regressão Polinomial (N)			
0	12,81	11,18	8,92
40	14,28	13,91	11,73
80	15,15	15,49	12,85
120	14,84	15,41	14,32
$p>F$ (linear)	0,00**(1)	0,02*(2)	0,00**(3)
$p>F$ (quadrática)	0,08	0,05	0,30
r^2 (linear)	0,75	0,84	0,96
R^2 (quadrática)	0,98	0,99	0,98
Regressão Polinomial (Ni)			
0	13,97	14,18	11,84
2	14,06	13,28	11,18
4	14,45	14,44	12,68
6	14,59	14,10	12,12
$p>F$ (linear)	0,18	0,78	0,42
$p>F$ (quadrática)	0,95	0,69	0,94
r^2 (linear)	0,94	0,06	0,24
R^2 (quadrática)	0,94	0,16	0,24

$$^{(1)} Y = 13,222 + 0,0174x$$

$$^{(2)} Y = 11,858 + 0,0357x$$

$$^{(3)} Y = 9,3551 + 0,0433x$$

Nota: **, * Significativo aos níveis de 1% e 5% respectivamente pelo Teste F da análise de variância.
Médias seguidas por letras distintas na vertical diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.
Fonte: Elaboração do autor.

No ano agrícola 2014/15, observou-se que ocorreu influência significativa na quantidade de estruturas reprodutivas do algodoeiro em função das doses de nitrogênio (Tabela 14), assim como verificado no ano agrícola anterior (2013/14), com ajuste linear nas três épocas de avaliação. Verificou-se também, influência das fontes nitrogenadas utilizadas, sendo que o uso do nitrato de amônio propiciou o maior número de estruturas reprodutivas no algodoeiro em todas as avaliações realizadas.

É provável que, decorrente das condições climáticas adversas ocorridas durante realização do experimento no segundo ano (Figura 02), o nitrato de amônio tenha resultado em menores perdas por volatilização da amônia, quando comparado à ureia. Isso pode ser explicado pelo fato de ter ocorrido no ano agrícola 2014/15, um período de veranico após a realização dos tratamentos e a impossibilidade de aplicação de lâmina de água por meio de irrigação imediatamente após a adubação nitrogenada, influenciando, por conseguinte, negativamente na eficiência da ureia. O mesmo fato pode ser verificado para a de altura de plantas, onde o efeito em função das fontes de nitrogênio também se expressou apenas no segundo ano agrícola, com incremento para o nitrato de amônio (Tabela 08).

Tabela 14 - Valores de $p>F$ e teste de comparação de médias para o número de estruturas reprodutivas do algodoeiro cv. FM 975WS[®] aos 60, 90 e 120 dias após a emergência. Selvíria-MS, ano agrícola 2014/15.

FV	$p>F$		
	60	90	120
	d.a.e.		
Doses Ni (Ni)	0,65	0,71	0,44
Doses N (N)	0,00**	0,01**	0,01**
Fonte N (F)	0,01**	0,02*	0,00**
C.V. (%)	14,26	19,93	21,65
nº de estruturas reprodutivas			
	Tukey (fontes N)		
Ureia	21,23 b	14,87 b	14,31 b
Nitrato	24,05 a	16,91 a	16,71 a
D.M.S.	1,32	1,29	1,73
	Regressão Polinomial (N)		
0	19,82	13,56	13,13
40	22,55	15,35	14,98
80	24,13	17,54	17,23
120	24,05	17,12	16,70
p>F (linear)	0,01*(¹)	0,00**(²)	0,02*(³)
p>F(quadrática)	0,04	0,09	0,01
r² (linear)	0,83	0,83	0,81
R²(quadrática)	0,99	0,95	0,95
	Regressão Polinomial (Ni)		
0	21,95	15,33	14,90
2	22,79	16,07	15,57
4	23,08	16,36	16,09
6	22,74	15,82	15,49
p>F (linear)	0,37	0,55	0,48
p>F(quadrática)	0,33	0,33	0,96
r² (linear)	0,49	0,27	0,36
R²(quadrática)	0,99	0,99	0,93

$$^{(1)} Y = 20,49 + 0,0357x$$

$$^{(2)} Y = 13,96 + 0,0322x$$

$$^{(3)} Y = 13,56 + 0,0324x$$

Nota: **, * Significativo aos níveis de 1% e 5% respectivamente pelo Teste F da análise de variância.

Médias seguidas por letras distintas na vertical diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Elaboração do autor.

4.3 Análise dos teores de nutrientes e leituras SPAD em folhas

4.3.1 Teores de macronutrientes foliares

Os teores médios de macronutrientes obtidos da análise foliar realizada aos 80 d.a.e. do algodoeiro por efeito dos tratamentos no ano agrícola 2013/14 estão apresentados na Tabela 15.

Nota-se que o algodoeiro absorveu quantidades maiores de N com o aumento das doses de nitrogênio aplicadas em cobertura, sendo que o maior valor encontrado foi

para a dose de 120 kg ha^{-1} de N com o teor de $41,04 \text{ g kg}^{-1}$. Os teores obtidos estão de acordo com os considerados adequados por Malavolta et al (1997), na faixa de 35 a 45 g kg^{-1} de nitrogênio. Assemelham-se também aos resultados, os verificados por Persegil (2005) que efetuou a marcha de absorção de nutrientes para a cv. Deltaopal na região de Selvíria-MS e encontrou teor de N foliar de $42,63 \text{ g kg}^{-1}$.

Ferrari (2009), realizando experimento de doses crescentes de N e plantas de cobertura antecessoras ao algodoeiro, observou que a maior concentração ($49,65 \text{ g kg}^{-1}$) foi obtida com a máxima dose aplicada de 90 kg ha^{-1} de N. Concordando também, está o relato de Persegil (2012) que comparando as concentrações dos macronutrientes presentes no tecido foliar do cultivar de algodão FMT 701, em função de doses crescentes de adubação nitrogenada na região de Chapadão do Céu - GO, encontrou teor de N foliar de $45,37 \text{ g kg}^{-1}$ para a máxima dose de 200 kg ha^{-1} de N.

Embora não tenha sido verificado efeito significativo para nitrogênio em função das doses de níquel aplicadas, foi verificada significância ao nível de 8% de probabilidade por meio da análise de regressão, apresentando ajuste linear com incremento nos teores de N à medida que se aumentaram as doses de Ni. Isso é indício de que, nas condições ocorridas neste ano agrícola (2013/14), houve um melhor aproveitamento do N em termos de teor foliar, com o uso de maiores doses de níquel.

Analisando os resultados obtidos para os teores foliares dos demais macronutrientes (Tabela 15) pode-se observar que não foram obtidas alterações significativas para nenhum dos tratamentos estudados.

Tabela 15 - Valores de p>F e teste de comparação de médias para teores de macronutrientes foliares do algodoeiro cv. FM 975WS[®] aos 80 dias após a emergência. Selvíria-MS, ano agrícola 2013/14.

p>F						
FV	N	P	K	Ca	Mg	S
Doses Ni (Ni)	0,19	0,81	0,55	0,71	0,98	0,60
Doses N (N)	0,03*	0,58	0,96	0,41	0,12	0,18
Fonte N (F)	0,20	0,48	0,21	0,59	0,89	0,24
C.V. (%)	5,85	8,20	17,14	9,69	14,74	12,91
.....g kg ⁻¹						
Tukey (fontes N)						
Ureia	39,26	4,17	9,10	14,57	6,33	7,14
Nitrato	39,87	4,22	8,71	14,72	6,31	6,93
D.M.S.	1,88	0,28	1,24	1,15	0,76	0,74
Regressão Polinomial (N)						
0	37,12	4,15	9,00	15,05	6,43	7,13
40	39,71	4,17	8,98	14,39	6,49	7,02
80	40,37	4,19	8,88	14,62	5,92	7,28
120	41,04	4,28	8,78	14,51	6,45	6,71
p>F (linear)	0,01** ⁽¹⁾	0,20	0,59	0,29	0,55	0,23
p>F(quadrática)	0,05	0,63	0,91	0,35	0,22	0,22
r ² (linear)	0,87	0,85	0,94	0,39	0,06	0,29
R ² (quadrática)	0,98	0,97	0,99	0,69	0,31	0,59
Regressão Polinomial (Ni)						
0	38,68	4,15	8,56	14,73	6,26	6,88
2	39,68	4,24	9,16	14,88	6,36	7,11
4	40,07	4,21	8,85	14,53	6,31	6,95
6	39,81	4,19	9,06	14,44	6,34	7,20
p>F (linear)	0,08	0,75	0,39	0,35	0,82	0,33
p>F(quadrática)	0,19	0,42	0,54	0,68	0,85	0,96
r ² (linear)	0,64	0,10	0,35	0,64	0,32	0,52
R ² (quadrática)	0,99	0,80	0,52	0,77	0,53	0,52

$$^{(1)} Y = 37,697 + 0,0311x$$

Nota: **, * Significativo aos níveis de 1% e 5% respectivamente pelo Teste F da análise de variância.

Médias seguidas por letras distintas na vertical diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Elaboração do autor.

Na Tabela 16 estão apresentados os teores médios de macronutrientes obtidos da análise foliar realizada aos 80 d.a.e. do algodoeiro no ano agrícola 2014/15.

Verifica-se que a utilização de doses de nitrogênio em algodoeiro proporcionou resposta linear positiva para as quantidades de N e K nas folhas. Esses nutrientes tiveram os seus teores foliares incrementados respectivamente até 50,55 e 8,27 g kg⁻¹, para a dose de 120 kg ha⁻¹ de N.

Estes resultados assemelham-se aos encontrados por Persegil (2012) e Santos (2006), que também verificaram efeito em relação ao teor de potássio, encontrando maior valor quando foi utilizado doses crescentes de nitrogênio em cobertura. Nesse sentido, Maças (2008) relatou que, quando o solo possui quantidades balanceadas de

potássio, as elevadas adubações de nitrogênio frequentemente resultam em aumento de resposta a absorção pela planta e acúmulo foliar de ambos nutrientes.

Ainda quanto ao nitrogênio, observa-se que os teores foliares foram influenciados pelas fontes de fertilizantes nitrogenados, sendo que os tratamentos que receberam nitrato de amônio apresentaram valores de N superiores ($50,05 \text{ g kg}^{-1}$) quando comparados ao uso da ureia ($48,23 \text{ g kg}^{-1}$). Corroboram com esses dados os obtidos por Kaneko et al. (2013), que observaram resposta do algodoeiro à adubação nitrogenada para altura de plantas, onde o uso do nitrato de amônio e ureia com inibidor de urease (NBPT) proporcionaram maior altura de plantas em comparação com a ureia tradicional. Da mesma forma, Vitti et al. (2002) avaliaram a produtividade de colmos de cana de açúcar adubados com fontes de N e verificaram relação similar, com produtividade de 66 t ha^{-1} para as plantas crescidas em solo adubado com nitrato e 57 t ha^{-1} para as adubadas com ureia.

Uma possível causa da diferença entre fontes de nitrogênio nos teores foliares desse nutriente, encontrada no presente trabalho, pode ter sido as diferentes reações ocorridas com a ureia e nitrato de amônio no solo. Quando a ureia é aplicada ao solo, ocorrem perdas de N por volatilização devido à hidrólise enzimática (DA ROS et al., 2005), o que é potencializado quando a ureia é aplicada na superfície do solo.

O magnésio apresentou um decréscimo do seu teor foliar de acordo com o aumento das doses de N aplicadas em cobertura. Comparando esses resultados com aqueles das análises de solo nas profundidades de 0-0,20 m (Tabela 04) e 0,20-0,40 m (Tabela 06), para o ano agrícola 2014/15, pode-se inferir que, com o acréscimo das doses de N aplicado na superfície do solo, ocorreram perdas de Mg para as camadas mais profundas por lixiviação, com o NO_3^- como íon acompanhante (HELYAR, 1991, BOLAN et al. 1991). Essa perda promoveu redução da concentração de Mg na camada mais superficial e arraste para as camadas mais profundas, podendo ter causado a diminuição da quantidade desse nutriente absorvida pela planta.

Entretanto, de acordo com Malavolta et al. (1997), o teor foliar para o magnésio está um pouco acima dos adequados ao recomendado para algodoeiro herbáceo, que deve ser entre $1,2 - 2,2 \text{ g kg}^{-1}$.

Tabela 16 - Valores de p>F e teste de comparação de médias para teores de macronutrientes foliares do algodoeiro cv. FM 975WS[®] aos 80 dias após a emergência. Selvíria-MS, ano agrícola 2014/15.

p>F						
FV	N	P	K	Ca	Mg	S
Doses Ni (Ni)	0,65	0,34	0,52	0,95	0,98	0,70
Doses N (N)	0,04*	0,50	0,01**	0,89	0,02*	0,62
Fonte N (F)	0,01**	0,31	0,32	0,53	0,88	0,57
C.V. (%)	6,72	28,47	10,94	9,80	21,22	17,62
.....g kg ⁻¹						
Tukey (fontes N)						
Ureia	48,23 b	3,98	7,61	15,86	3,20	9,02
Nitrato	50,05 a	4,22	7,78	16,06	3,22	8,83
D.M.S.	1,35	0,48	0,34	0,64	0,28	0,64
Regressão Polinomial (N)						
0	46,32	4,09	6,84	15,92	3,62	8,91
40	49,05	4,07	7,52	16,07	3,33	9,05
80	50,63	4,38	8,14	15,77	3,30	8,59
120	50,55	3,86	8,27	16,08	2,60	9,16
p>F (linear)	0,00**(1)	0,71	0,01**(2)	0,90	0,01**(3)	0,85
p>F(quadrática)	0,05	0,30	0,12	0,81	0,15	0,51
r ² (linear)	0,84	0,06	0,94	0,03	0,85	0,02
R ² (quadrática)	0,99	0,52	0,99	0,12	0,92	0,27
Regressão Polinomial (Ni)						
0	49,32	3,74	7,52	16,08	3,21	8,63
2	48,42	4,32	7,85	15,82	3,23	8,93
4	49,58	4,16	7,78	15,98	3,24	8,99
6	49,24	4,19	7,64	15,97	3,17	9,16
p>F (linear)	0,77	0,27	0,71	0,90	0,86	0,26
p>F(quadrática)	0,68	0,24	0,17	0,69	0,74	0,83
r ² (linear)	0,05	0,37	0,06	0,05	0,19	0,93
R ² (quadrática)	0,16	0,78	0,92	0,50	0,86	0,96

$$^{(1)} Y = 46,997 + 0,0357x$$

$$^{(2)} Y = 6,9585 + 0,0123x$$

$$^{(3)} Y = 3,6717 - 0,0077x$$

Nota: **, * Significativo aos níveis de 1% e 5% respectivamente pelo Teste F da análise de variância.

Médias seguidas por letras distintas na vertical diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Elaboração do autor.

4.3.2 Teores de micronutrientes foliares

Em relação às avaliações dos teores foliares de micronutrientes pode-se observar que, tanto para o ano agrícola de 2013/14 (Tabela 17) quanto para 2014/15 (Tabela 18), as quantidades de Ni encontradas nas folhas apresentaram respostas lineares crescentes em função do uso de doses desse elemento na cultura do algodoeiro.

No primeiro ano de estudo os valores tiveram um acréscimo de 13,08 mg Kg⁻¹ (dose zero) para 16,78 mg kg⁻¹ (6 kg ha⁻¹ de Ni). Enquanto que os teores oscilaram respectivamente de 12,21 para 15,82 mg kg⁻¹ no segundo ano.

Levy (2013) observou que o acúmulo de Ni na parte aérea das plantas de soja apresentou efeito linear em relação ao aumento das doses de Ni aplicadas via solo, tanto para o Latossolo Vermelho Eutroférico (LV), quanto para o Latossolo Vermelho-Amarelo (LVA). O maior incremento em LV e LVA, foi na dose 2,0 kg ha⁻¹ que resultou em aumento de 30% no acúmulo de Ni na parte aérea das plantas em relação a dose 1,0 kg ha⁻¹ no LV, e 44% no LVA.

De acordo com Paiva et al. (2003) o aumento dos teores de Ni nas folhas com a aplicação de doses crescentes de Ni na solução nutritiva mostrou que este elemento é muito móvel nas plantas, o que assemelha-se aos resultados de Mishra e Kar (1974), em que o aumento no teor foliar mostra que o Ni foi absorvido proporcionalmente à concentração do mesmo no meio de crescimento. Pereira (2006) também observou aumento dos teores de Ni na matéria seca das raízes, caules, folhas e grãos de feijão com a aplicação de doses de 8, 16, 32, 64 e 128 g ha⁻¹ de Ni aplicadas em diversos Latossolos Vermelho-Amarelos.

Os resultados do presente estudo, nos dois anos agrícolas, evidenciam que o algodoeiro apresentou uma maior absorção de Ni com o aumento das doses aplicadas, devido à maior disponibilidade deste nutriente no solo. Entretanto, não ocorreram ganhos em termos de crescimento ou produtivos em função desta maior absorção de níquel, provavelmente devido à existência de níveis iniciais desse elemento no solo suficientes para suprir as necessidades das plantas. Isso é forte indício de que o algodoeiro apresenta uma zona de “consumo de luxo” para o níquel.

O “consumo de luxo” é caracterizado por uma faixa da relação entre a dose de adubo aplicado e crescimento ou produção da cultura, onde há uma grande variação no teor foliar de um determinado nutriente e pequena variação no crescimento ou produção. Esse fato é observado em solos não deficientes do nutriente que recebem doses do elemento, mas sem nenhuma resposta em crescimento. Nesse caso, a planta absorve o nutriente aplicado, mas não responde em crescimento, ocorrendo aumento da sua concentração nos tecidos da planta (FAQUIN, 2002).

Embora verificado aumento no teor de níquel no tecido foliar do algodoeiro, não foi observado sintomas de toxidez nas plantas, indicando que os teores não atingiram o nível crítico de toxidez. Porém os resultados observados demonstram a necessidade de grande atenção no uso deste nutriente na cultura do algodoeiro a fim de evitar doses muito elevadas que possam vir a provocar efeitos fitotóxicos.

Tabela 17 - Valores de $p>F$ e teste de comparação de médias para teores de micronutrientes foliares do algodoeiro cv. FM 975WS[®] aos 80 dias após a emergência. Selvíria-MS, ano agrícola 2013/14.

$p>F$					
FV	Cu	Fe	Mn	Zn	Ni
Doses Ni (Ni)	0,64	0,63	0,57	0,58	0,01**
Doses N (N)	0,44	0,43	0,39	0,20	0,24
Fonte N (F)	0,16	0,10	0,24	0,91	0,82
C.V. (%)	39,89	21,41	35,09	27,92	7,07
.....mg kg ⁻¹					
Tukey (fontes N)					
Ureia	5,21	63,54	39,58	32,50	14,75
Nitrato	3,54	68,33	43,13	32,29	14,70
D.M.S.	2,63	11,52	11,84	7,38	0,85
Regressão Polinomial (N)					
0	5,42	67,50	45,00	35,42	14,42
40	5,00	62,08	39,58	30,00	14,63
80	4,17	68,33	42,50	32,92	14,99
120	2,92	65,83	38,33	31,25	14,87
$p>F$ (linear)	0,11	0,92	0,20	0,25	0,07
$p>F$ (quadrática)	0,72	0,62	0,83	0,31	0,43
r^2 (linear)	0,95	0,01	0,54	0,28	0,76
R^2 (quadrática)	0,99	0,10	0,56	0,49	0,90
Regressão Polinomial (Ni)					
0	5,42	67,08	42,50	33,75	13,08
2	4,58	65,83	44,17	32,08	12,72
4	4,17	67,92	38,75	30,42	16,34
6	3,33	62,92	40,00	33,33	16,78
$p>F$ (linear)	0,20	0,42	0,33	0,73	0,00*(¹)
$p>F$ (quadrática)	0,99	0,52	0,94	0,22	0,02
r^2 (linear)	0,98	0,38	0,47	0,06	0,79
R^2 (quadrática)	0,98	0,62	0,47	0,84	0,81

$$^{(1)} Y = 12,522 + 0,736x$$

Nota: **, * Significativo aos níveis de 1% e 5% respectivamente pelo Teste F da análise de variância.

Médias seguidas por letras distintas na vertical diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Elaboração do autor.

Para os demais micronutrientes avaliados (Cu, Fe, Mn e Zn) não houve diferenças em função da utilização de nenhum dos tratamentos estudados. Entretanto, Faria (2016) constatou menores valores de Cu nas folhas para as plantas de algodoeiro tratadas com as doses de 150, 300 e 400 g ha⁻¹ de níquel, ou seja, ao aumentar a dose de níquel diminui-se a quantidade de Cu na planta, apresentando indícios de inibição competitiva entre os micronutrientes.

O cobre é absorvido pela planta na forma de quelato orgânico, a mesma forma de absorção do níquel, que também se dá por meio de um quelato orgânico. Sendo assim, como tanto o Ni quanto o Cu são dois cátions, o excesso de um inibe a absorção do outro. Quando o Ni é aplicado via foliar ele é mais absorvido pela planta,

competindo com o Cu e reduzindo assim seus os teores (Faria, 2016). Como no presente estudo utilizou-se apenas o modo de aplicação de Ni via solo, provavelmente houve menor absorção desse elemento em comparação com aplicações via foliar, reduzindo assim a inibição competitiva, fazendo com que, embora houvesse redução nos teores foliares de Cu, esta não fosse significativa. Contribui para este fato ainda, o elevado coeficiente de variação encontrado nos dados obtidos das análises foliares de Cu (Tabelas 17 e 18).

Tabela 18 - Valores de p>F e teste de comparação de médias para teores de micronutrientes foliares do algodoeiro cv. FM 975WS[®] aos 80 dias após a emergência. Selvíria-MS, ano agrícola 2014/15.

p>F					
FV	Cu	Fe	Mn	Zn	Ni
Doses Ni (Ni)	0,77	0,60	0,90	0,16	0,02*
Doses N (N)	0,95	0,88	0,49	0,14	0,21
Fonte N (F)	0,85	0,80	0,19	0,27	0,29
C.V. (%)	36,17	19,21	19,25	22,10	10,46
.....mg kg ⁻¹					
Tukey (fontes N)					
Ureia	4,40	82,50	70,21	44,38	13,73
Nitrato	4,17	83,33	73,96	46,67	14,12
D.M.S.	2,38	6,50	5,66	4,10	0,72
Regressão Polinomial (N)					
0	4,63	84,58	72,50	43,75	13,83
40	4,58	82,08	72,08	47,50	13,71
80	4,17	83,75	68,75	42,50	13,57
120	3,75	81,25	75,00	48,33	14,58
p>F (linear)	0,57	0,57	0,74	0,34	0,20
p>F(quadrática)	0,88	0,90	0,24	0,61	0,13
r ² (linear)	0,92	0,50	0,04	0,16	0,37
R ² (quadrática)	0,99	0,50	0,61	0,20	0,89
Regressão Polinomial (Ni)					
0	5,12	81,67	73,33	42,08	12,21
2	4,32	84,17	71,25	48,75	13,95
4	4,43	85,83	70,83	45,83	13,72
6	3,25	80,00	72,92	45,42	15,82
p>F (linear)	0,38	0,82	0,90	0,44	0,00*(¹)
p>F(quadrática)	0,88	0,21	0,47	0,09	0,02
r ² (linear)	0,84	0,03	0,03	0,11	0,85
R ² (quadrática)	0,86	0,89	0,99	0,67	0,87

$$^{(1)} Y = 12,335 + 0,530x$$

Nota: **, * Significativo aos níveis de 1% e 5% respectivamente pelo Teste F da análise de variância.

Médias seguidas por letras distintas na vertical diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Elaboração do autor.

4.3.3 Leitura do índice SPAD foliar

As médias das leituras realizadas nas folhas do ápice, terço médio e base do algodoeiro com medidor de clorofila portátil modelo SPAD-502, aos 45, 60 e 90 d.a.e., no ano de 2013/14, constam na Tabela 19.

Verificou-se efeito significativo para doses de N em todas as épocas de avaliação, ocorrendo resposta quadrática para as avaliações realizadas aos 45 e 60 d.a.e. e, aos 90 d.a.e., ajuste linear crescente das leituras SPAD em função do aumento das doses de N aplicadas. Observou-se também que a menor leitura (35,12) foi obtida aos 45 d.a.e. na testemunha sem N, e a maior (60,23) aos 90 d.a.e. com a dose de 120 kg ha⁻¹ de N. Isso se explica pelo fato do aparelho realizar a leitura da intensidade de verde da folha e existir uma tendência se obter uma tonalidade de verde maior quanto mais velha for a folha, interferindo assim na leitura SPAD.

Resultados semelhantes foram obtidos por Santos (2006) onde, em relação às doses crescentes de N utilizadas em algodoeiro, o medidor portátil de clorofila apresentou leitura com valores maiores que a testemunha em todos os tratamentos. O mesmo comportamento foi observado em um estudo realizado por Zotarelli et al. (2003) com a cultura de milho em sistema de semeadura direta sucedendo a cultura de aveia-preta e tremoço-branco no qual, aplicando 80 kg ha⁻¹ de N, verificaram uma relação significativa entre as leituras SPAD e o teor de N, permitindo avaliar o estado nutricional da cultura.

Tabela 19 - Valores de p>F e teste de comparação de médias para valores de leituras SPAD nas folhas do algodoeiro cv. FM 975WS[®] aos 45, 60 e 90 dias após a emergência. Selvíria-MS, ano agrícola 2013/14.

FV	p>F		
	45	60	90
	d.a.e.		
Doses Ni (Ni)	0,43	0,31	0,98
Doses N (N)	0,02*	0,01**	0,01**
Fonte N (F)	0,76	0,53	0,96
C.V. (%)	4,12	5,94	10,01
SPAD			
Tukey (fontes N)			
Ureia	39,81	46,45	53,32
Nitrato	39,92	46,10	53,27
D.M.S.	0,67	1,12	2,18
Regressão Polinomial (N)			
0	35,12	41,89	43,21
40	40,96	46,13	53,55
80	42,37	49,70	56,18
120	41,01	47,38	60,23
p>F (linear)	0,00	0,00	0,00** ⁽³⁾
p>F(quadrática)	0,01** ⁽¹⁾	0,00** ⁽²⁾	0,01
r² (linear)	0,58	0,62	0,91
R²(quadrática)	0,99	0,96	0,97
Regressão Polinomial (Ni)			
0	39,62	46,05	53,27
2	39,71	46,40	53,33
4	39,78	45,59	52,96
6	40,34	47,06	53,61
p>F (linear)	0,14	0,38	0,89
p>F(quadrática)	0,48	0,32	0,79
r² (linear)	0,78	0,21	0,10
R²(quadrática)	0,96	0,49	0,50

$$^{(1)} Y = 35,203 + 0,1827x - 0,0011x^2$$

$$^{(2)} Y = 41,631 + 0,1729x - 0,001x^2$$

$$^{(3)} Y = 45,239 + 0,1342x$$

Nota: **, * Significativo aos níveis de 1% e 5% respectivamente pelo Teste F da análise de variância.

Médias seguidas por letras distintas na vertical diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Elaboração do autor.

Em relação às leituras SPAD realizadas no ano agrícola de 2014/15 (Tabela 20), pode-se verificar que a utilização de doses crescentes de nitrogênio na cultura do algodoeiro apresentou resposta linear crescente na avaliação aos 60 d.a.e. e ajuste quadrático com a dose 86,85 kg ha⁻¹ de N proporcionando a maior leitura na avaliação aos 90 d.a.e.

O mesmo foi observado por Persegil (2012) que, realizando sete avaliações de leituras ICF (Índice Clorofilog Falker) com o medidor portátil de clorofila Falker Clorofilog[®] durante o desenvolvimento do algodoeiro no período de 0 a 80 dias após a

aplicação da adubação nitrogenada em cobertura, verificou efeito significativo das doses de N somente a partir da terceira leitura (30 dias após a adubação nitrogenada). Anamari e Motomyia (2009) observaram que o índice de clorofila apresentou efeito crescente ao longo do período das leituras e foram alterados significativamente pelas doses de N, aplicadas a partir de 45 d.a.e., indicando a maior utilização de N pelas plantas durante os estádios de maior crescimento vegetativo. Verificaram também que a partir dos 80 d.a.e., as relações foram quadráticas e altamente significativas.

Quanto a utilização das fontes nitrogenadas na adubação em cobertura, notou-se efeito significativo para o índice SPAD também apenas aos 60 e 90 d.a.e., onde o nitrato de amônio proporcionou as maiores leituras. Isso pode ser atribuído ao melhor aproveitamento do nitrogênio proveniente da utilização do nitrato em relação à ureia, muito provavelmente, devido a perdas por volatilização pela ureia em condições adversas de clima e manejo.

Tabela 20 - Valores de p>F e teste de comparação de médias para valores de leituras SPAD nas folhas do algodoeiro cv. FM 975WS® aos 45, 60 e 90 dias após a emergência. Selvíria-MS, ano agrícola 2014/15.

FV	p>F		
	45	60	90
	d.a.e.		
Doses Ni (Ni)	0,99	0,53	0,35
Doses N (N)	0,30	0,00**	0,00**
Fonte N (F)	0,77	0,05*	0,02*
C.V. (%)	10,65	5,85	4,71
SPAD			
Tukey (fontes N)			
Ureia	49,07	52,84 b	55,40 b
Nitrato	48,76	55,68 a	57,15 a
D.M.S.	2,13	1,30	1,08
Regressão Polinomial (N)			
0	48,17	51,49	51,82
40	47,69	54,13	56,19
80	50,20	55,75	59,64
120	49,61	55,67	57,45
p>F (linear)	0,16	0,00**(1)	0,00
p>F(quadrática)	0,96	0,04	0,00**(2)
r² (linear)	0,56	0,84	0,64
R²(quadrática)	0,56	0,99	0,97
Regressão Polinomial (Ni)			
0	48,80	53,45	56,20
2	48,86	54,43	56,50
4	48,75	54,75	55,53
6	49,26	54,40	56,88
p>F (linear)	0,79	0,28	0,66
p>F(quadrática)	0,83	0,31	0,33
r² (linear)	0,50	0,53	0,06
R²(quadrática)	0,81	0,99	0,34

$$^{(1)} Y = 52,136 + 0,0354x$$

$$^{(2)} Y = 51,585 + 0,1737x - 0,001x^2$$

Nota: **, * Significativo aos níveis de 1% e 5% respectivamente pelo Teste F da análise de variância.

Médias seguidas por letras distintas na vertical diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Elaboração do autor.

4.4 Componentes da produção

Na Tabela 21 constam os resultados dos componentes da produção (número de capulhos por planta, massa de 20 capulhos) e produtividade de algodão em caroço, para o ano agrícola 2013/14. Verificou-se que tanto o número de capulhos por planta, quanto a produtividade de algodão em caroço, foram influenciados positivamente pela aplicação de doses de nitrogênio, apresentando ajuste linear crescente. Para a massa de 20 capulhos não foi possível verificar efeito significativo de nenhum dos tratamentos.

Quanto aos valores de número de capulhos, observou-se que o número médio de capulhos foi maior quando se utilizou a dose de 120 kg de N ha⁻¹, apresentando em média 12,43 capulhos por planta, enquanto que sem a utilização da adubação nitrogenada em cobertura, ocorreu uma queda para 6,73 capulhos por planta. Persegil (2012) também observou um aumento no número de capulhos quando se utilizou doses de nitrogênio, onde a aplicação de 150 kg ha⁻¹ proporcionou em média 18,83 capulhos por planta. Por outro lado, Santos (2006) utilizando doses de N em cobertura (0, 25, 50, 75, 100 e 120 kg ha⁻¹ de N), não encontrou diferenças quanto aos tratamentos no número de capulhos em algodoeiro, evidenciando que esta característica não foi influenciada pelos tratamentos. Da mesma forma que Carvalho et al. (2001), em estudo com aplicação de N e K foliar, aplicando doses de 22,5; 45; 67,5 e 90 kg ha⁻¹ de N no início do florescimento do algodoeiro cv. IAC 22, não obtiveram efeito para número de capulhos, em comparação a testemunha.

Em relação à produtividade de algodão em caroço, observou-se um aumento de 1305,75 kg ha⁻¹, passando de 1979,83 kg ha⁻¹ (testemunha sem N) para 3285,58 kg ha⁻¹ (120 kg ha⁻¹ de N). Da mesma maneira, Rodrigues et al. (2004) também verificaram aumento de produtividade de algodão em caroço em função do acréscimo de doses de N. A máxima produtividade (2932,75 kg ha⁻¹) foi obtida para a aplicação de 125 kg ha⁻¹ de N, tendo com fonte a ureia, sendo o estudo também realizado no município de Selvíria-MS. Resultado semelhante foi observado por Feltrin (2007), que trabalhando com os cultivares de algodão Deltaopal e IAC 24 em Selvíria-MS, constatou maior produtividade quando foram aplicados 144 kg ha⁻¹ de N.

Tabela 21 - Valores de $p > F$ e teste de comparação de médias para número de capulhos, massa de 20 capulhos e produtividade de algodão em caroço do cv. FM 975WS[®] aos 150 dias após a emergência. Selvíria-MS, ano agrícola 2013/14.

$p > F$			
FV	nº capulhos	Massa 20 capulhos	Produtividade
Doses Ni (Ni)	0,60	0,94	0,51
Doses N (N)	0,00**	0,21	0,00**
Fonte N (F)	0,10	0,61	0,24
C.V. (%)	29,92	6,03	22,40
	nº	g	kg ha ⁻¹
Tukey (fontes N)			
Ureia	9,50	107,22	2686,50
Nitrato	10,52	106,54	2837,25
D.M.S.	1,22	2,63	252,49
Regressão Polinomial (N)			
0	6,73	106,55	1979,83
40	9,15	106,80	2637,67
80	11,72	109,08	3144,42
120	12,43	105,09	3285,58
$p > F$ (linear)	0,00**(1)	0,72	0,00**(2)
$p > F$ (quadrática)	0,17	0,11	0,05
r^2 (linear)	0,95	0,03	0,93
R^2 (quadrática)	0,99	0,58	0,99
Regressão Polinomial (Ni)			
0	10,12	107,42	2731,92
2	9,38	107,17	2626,17
4	10,55	106,53	2889,33
6	9,98	106,40	2800,08
$p > F$ (linear)	0,78	0,53	0,41
$p > F$ (quadrática)	0,89	0,97	0,95
r^2 (linear)	0,04	0,94	0,30
R^2 (quadrática)	0,05	0,95	0,30

$$^{(1)} Y = 7,058 + 0,0492x$$

$$^{(2)} Y = 2098,3 + 11,06x$$

Nota: **, * Significativo aos níveis de 1% e 5% respectivamente pelo Teste F da análise de variância.

Médias seguidas por letras distintas na vertical diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Elaboração do autor.

Os resultados dos componentes da produção e produtividade no ano agrícola de 2014/15 estão descritos na Tabela 22. Da mesma maneira que no ano anterior, verificou-se efeito significativo para o número de capulhos por planta e produtividade de algodão em caroço em função das doses de nitrogênio, com ajuste linear positivo para ambos atributos.

Também foi observado para esses mesmos atributos, diferenças entre fontes de nitrogênio, sendo que o uso do nitrato de amônio proporcionou mais capulhos por planta (15,55) e maior produtividade de algodão em caroço (3752,98 Kg ha⁻¹). Muito provavelmente, em virtude da ocorrência de condições climáticas adversas durante a

condução do experimento neste ano (Figura 02), ocorrem perdas de N devido volatilização da amônia pela ureia. Em relação à produtividade de algodão em caroço, Kaneko et al. (2013) relataram que houve efeito significativo das fontes de N utilizadas, com destaque para o nitrato de amônio, pois proporcionou as maiores médias, em relação à ureia tradicional e ureia com inibidor de urease (NBPT). Os autores também atribuíram essa diferença às menores perdas por volatilização da amônia desta fonte, quando comparado à ureia, nas condições edafoclimáticas de realização do trabalho, o que promoveu um melhor aproveitamento do nitrogênio pela planta.

Para a massa de 20 capulhos, assim como no ano anterior, não houve efeito significativo em função de nenhum dos tratamentos. Tal resultado difere daqueles encontrados por Teixeira et al. (2008) que ao avaliarem a resposta da cv. FMX 986, com utilização de doses de N, encontraram diferença significativas para massa de 1 capulho, tendo o maior valor (6,7 g) para a aplicação de 120 kg ha⁻¹ de N. Entretanto, Ferrari (2009) avaliando durante três anos consecutivos (2006, 2007 e 2008), o efeito da aplicação de doses de nitrogênio em pré-semeadura e uso de plantas de cobertura implantadas em sistema de semeadura direta, utilizando a cv. Deltaopal, verificou aumento na massa dos capulhos na medida em que foram elevadas as doses de N em apenas um dos anos estudados. Esses resultados assemelham-se aos relatados por Jackson e Gerik (1990) e Persegil (2012), que não observaram relação entre a fertilização nitrogenada e massa de capulhos.

Tabela 22 - Valores de $p > F$ e teste de comparação de médias para número de capulhos, massa de 20 capulhos e produtividade de algodão em caroço do cv. FM 975WS[®] aos 150 dias após a emergência. Selvíria-MS, ano agrícola 2014/15.

$p > F$			
FV	nº capulhos	Massa 20 capulhos	Produtividade
Doses Ni (Ni)	0,71	0,77	0,66
Doses N (N)	0,00**	0,22	0,01**
Fonte N (F)	0,02*	0,28	0,04*
C.V. (%)	21,36	14,56	15,30
	nº	g	kg ha ⁻¹
Tukey (fontes N)			
Ureia	12,97 b	108,97	3208,68 b
Nitrato	15,55 a	110,14	3424,44 a
D.M.S.	1,24	2,13	207,05
Regressão Polinomial (N)			
0	11,88	106,85	2674,52
40	13,73	110,21	3181,39
80	15,93	109,56	3657,36
120	15,51	111,58	3752,98
p>F (linear)	0,00**(1)	0,11	0,00**(2)
p>F(quadrática)	0,07	0,20	0,05
r ² (linear)	0,83	0,77	0,93
R ² (quadrática)	0,96	0,81	0,99
Regressão Polinomial (Ni)			
0	13,76	110,04	3302,29
2	14,39	108,65	3230,69
4	14,76	109,52	3415,77
6	14,13	110,00	3317,50
p>F (linear)	0,59	0,88	0,62
p>F(quadrática)	0,32	0,38	0,90
r ² (linear)	0,21	0,02	0,15
R ² (quadrática)	0,95	0,72	0,16

$$^{(1)} Y = 12,299 + 0,0327x$$

$$^{(2)} Y = 2759,9 + 9,2784x$$

Nota: **, * Significativo aos níveis de 1% e 5% respectivamente pelo Teste F da análise de variância.

Médias seguidas por letras distintas na vertical diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Elaboração do autor.

5 CONCLUSÕES

O aumento de doses de fertilizantes nitrogenados em cobertura no algodoeiro reduziu os valores de pH, Ca e da SB em superfície do solo, assim como aumentou os teores de Al^+ trocável.

A altura de plantas, número de estruturas reprodutivas, número de capulhos e a produtividade de algodão em caroço aumentaram de acordo com o incremento das doses de N até 120 kg ha^{-1} em cobertura na cv. FM 975WS[®].

A aplicação de níquel aumentou os seus teores na camada superficial do solo, bem como seus teores foliares no algodoeiro. No entanto, não resultou em ganhos de crescimento ou produtivos nas plantas, evidenciando que o algodoeiro apresenta uma faixa de “consumo de luxo” para o níquel.

Em anos com veranicos ou com má distribuição de chuvas, o uso de nitrato de amônio aumentou a altura de plantas, número de estruturas reprodutivas, teor de N nas folhas, número de capulhos e produtividade de algodão em caroço quando comparado com a ureia.

REFERÊNCIAS

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 ago. 2016.

ADRIANO, D. C. **Trace elements in the terrestrial environmental**. New York: Springer Verlag, 1986. 533 p.

ANAMARI, V. de.; MOTOMYIA, A. Utilização de sensor óptico ativo para detectar deficiência foliar de nitrogênio em algodoeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, n. 2, p. 137-145, 2009.

ANDREEVA, I.V.; GOVORINA, V. V.; VINOGRADOVA, S. B.; YAGODIN, B. A., Nickel in plants. **Agrokhimiya**, Moscow, n.3, p. 2–94, 2001.

ARNON, D.I. Ammonium and nitrate nitrogen nutrition of barley and rice at different seasons in relation to hydrogen ion concentrations, manganese, copper and oxygen supplied. **Soil Science**, Philadelphia, v. 44, n. 2, p. 91-121, 1937.

AZEVEDO, D. M. P. ; VIEIRA, D. J.; BELTRÃO, N. E. DE M.; NÓBREGA, L. B. **Efeito da adubação nitrogenada e do regulador de crescimento em algodoeiro irrigado**. Campina Grande: Embrapa- CNPA, 1998. 4 p. (Documento, 81).

BAI, C.; REILLY, C. C.; WOOD, B. W. Nickel deficiency disrupts metabolism of ureides, amino acids, and organic acids of young pecan foliage. **Plant Physiology**, Rockville, v. 140, n. 2, p. 433-443, 2006.

BALLAMINUT, C. E. C. **Seletividade da cultura do algodoeiro aos herbicidas diuron, clomazone, trifloxysulfuron-sodium e pirythiobac-sodium**. 2009. 86 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba. 2009.

BATAGLIA, O.C., FURLANI, A.M.C., TEIXEIRA, J.P.F., FURLANI, P.R., GALLO, J.P. **Métodos de análise química de plantas**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1983. 48 p. (Boletim Técnico, 78).

BAYER CROPSCIENCE. **FiberMax semente de algodão: FM 975WS**. [S. l.], 2016. Disponível em: <http://fibermaxbrasil.com.br/tecnologia_detalhe/ws>. Acesso em: 08 abr. 2016.

BELTRÃO, N. E. de M.; AZEVEDO, D. M. P.de. **Defasagem entre as produtividades real e potencial do algodoeiro herbáceo: limitações morfológicas, fisiológicas e ambientais**. Campina Grande: Embrapa-Cnpa, 1993. 108 p. (Documentos, 39).

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

BERTON, R. S.; VALADARES, J. M. A. S.; CAMARGO, O. A.; BATAGLIA, O. C. Peletização do lodo de esgoto e adição de CaCO_3 na produção de matéria seca e absorção de Zn, Cu e Ni pelo milho em três Latossolos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Vicosa, MG, v. 21, p. 685-691, 1997.

BERTON, R. S.; PIRES, A. M. M.; ANDRADE, S. A. L.; ABREU, C. A. A.; AMBROSINO, E. J.; SILVEIRA, A. P. D. Toxicidade do níquel em plantas de feijão e efeitos sobre a microbiota do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 41, n. 8, p. 1305-1312, 2006.

BLEVINS, R.L.; THOMAS, G.W.; CORNELIUS, P.L. Influence of no-tillage and nitrogen fertilization on certain properties after 5 years of continuous corn. **Agronomy Journal**, Amsterdam, v. 69, n. 3, p. 383-386, 1977.

BOLAN, N.S.; HEDLEY, M.J.; WHITE, R.E. Processes of soil acidification during nitrogen cycling with emphasis on legume based pastures. In: WRIGHT, R.J.; BALIGAR, V.C. MURRNAN, R.P., (Ed.). **Plant-soil interactions at low pH**. Dordrecht: Kluwer Academic, 1991. p. 169-179.

BRASIL. **Instrução normativa n. 5**. Define e normatiza sobre as especificações e as garantias, as tolerâncias, o registro, a embalagem e a rotulagem dos fertilizantes minerais destinados à agricultura. Brasília, DF, 23 fev. 2007.

BRITO, D. R. **Crescimento e desenvolvimento do algodoeiro herbáceo, cultivar BRS 201, em função de nitrogênio, densidade de plantas e cloreto de mepiquat**. 2005. 116 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, 2005.

BROOKS, R. R.; REEVES, R. D.; BAKER, A. J. M.; RIZZO, J. A.; FERREIRA, H. D. The Brazilian serpentine plant expedition (BRASPEX), 1988. **National Geographic Research**, Washington, v. 6, n. 2, p. 205-219, 1990.

BROWN, P.H., WELCH, R.M., CARY, E.E. Nickel: a micronutrient essential for all higher plants. **Plant Physiology**, Rockville, v. 85, p. 801-803, 1987.

BROWN, P.H.; WELCH, R.M.; MADISON, J.T. Effect of nickel deficiency on soluble anion, amino acid, and nitrogen levels in barley. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 125, n. 1, p. 19-27, 1990.

CAMPOS, T.G. da S.; OLIVEIRA, F.A. de; SILVA, O. R. R. F. da; SANTOS, J. W. dos. Efeitos de doses e épocas de aplicação de nitrogênio Sulfato de amônio sobre o algodoeiro irrigado. In: REUNIÃO NACIONAL DO ALGODÃO, 8., 1995, Londrina. **Anais...** Londrina: [s. n], 1995. p. 118.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Séries históricas**. Brasília, DF, 2016. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1252&t=>>. Acesso em: 17 ago. 2016.

CARVALHO, M. C. S. **Adubação de cobertura do algodoeiro cultivado em condições de sequeiro na Região do Cerrado**. Campina Grande: Embrapa–CNPq, 2007. 5 p. (Documentos, 39).

CARVALHO, M. A. C.; PAULINO, H. B.; FURLANI-JÚNIOR, E.; BUZETTI, S.; SÁ, M. E. de; ATHAYDE, M. L. F. de. Uso da adubação foliar nitrogenada e potássica no algodoeiro. **Bragantia**, Campinas, v. 60, n. 3, p. 239-244, 2001.

COELHO, A.M.; CRUZ, J.C.; PEREIRA FILHO, I.A. Rendimento de milho no Brasil: Chegamos ao Máximo? In: SIMPÓSIO DE ROTAÇÃO SOJA/MILHO NO PLANTIO DIRETO, 3., 2002, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: [s. n.], 2002. p. 1-32.

CORDÃO SOBRINHO, F. P.; ARAÚJO, J. M. de; SILVA, M. B. da. Avaliação do sistema de cultivo do algodoeiro herbáceo integrado a indústria de beneficiamento ano 2002. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 4., 2003, Goiânia. **Resumos...** Goiânia: Embrapa, 2003. 1 CD-ROM. 4 p.

DA ROS, C. O.; AITA, C.; GIACOMINI, S. J. Volatilização de amônia com aplicação de ureia na superfície do solo, no sistema plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 4, p. 799-805, 2005.

DECHEN, A. R.; NACTIGALL, G. R. Elementos requeridos à nutrição de plantas. 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. 91- 132.

DIXON, N. E.; GAZZOLA, C.; BRAKELEY, R. L.; ZERNE, B. Jack bean urease. A metalloenzyme. A simple biological role of nickel? **Journal of the American Chemical Society**, Washington, v. 97, p. 4131- 4133, 1975.

ESKEW, D. L.; WELCH, R. M.; NORVELL, W. A. Nickel in higher plants: further evidence for an essential role. **Plant Physiology**, Rockville, v. 76, n. 3, p. 691-693, 1984.

ESKEW, D. L.; WELCH, R. M.; CARY, E. E. Nickel: an essential micronutrient for legumes and possibly all higher plants. **Science**, Washington, v. 222, p. 621-623, 1983.

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

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3 ed. rev. ampl. Brasília, DF, 2013. 353 p.

FARIA, R. C. **Aplicação de doses de níquel em algodoeiro, com e sem a utilização de regulador de crescimento**. 2016. 50 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Agronomia) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2016.

FAQUIN, V. **Diagnose do estado nutricional das plantas**. 2002. 77 f. Trabalho de conclusão de curso (Especialização em Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas no Agronegócio) - Fundação de Apoio ao Ensino, Pesquisa e Extensão, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2002.

FELTRIN, E. B. **Produtividade e qualidade de fibra de cultivares de algodoeiro em função de doses de nitrogênio**. 2007. 55 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2007.

FERRARI, S. **Plantas de cobertura e doses de nitrogênio em pré-semeadura em algodoeiro**. 2009. 101 f. Tese (Doutorado em Sistemas de Produção) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2009.

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. Disponível em: <www.dex.ufla.br/~danielff/softwares.htm>. Acesso em: 17 fev. 2014.

FORTUNA, P. A.; RAIMUNDO, J.; BALADA, L. R. Produtividade e qualidade de fibra do algodão em função de doses de N e K na fazenda Sucuri - Grupo Sachetti - safra 00/01. In : CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 3., 2001, Campo Grande. **Resumos...** Campo Grande: Embrapa Algodão, 2001. p. 1039.

FURLANI JÚNIOR, E.; SILVA, N. M.; FUZATTO, M. G.; CIA, E.; BOLONHEZI, D.; CARVALHO, L. H.; BORTOLETTO, N.; CANTARELLA, H. Adubação nitrogenada e modo de aplicação de regulador de crescimento para o cultivar de algodão (*Gossypium hirsutum* L.) IAC 22, em diferentes densidades populacionais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 1., 1997, Fortaleza. **Anais...** Campina Grande: Embrapa- CNPA, 1997. p. 293-295.

FURLANI JÚNIOR, E.; ZANQUETA, R.; SILVA, N. M. da; CARVALHO, L. H.; KONDO, J. I.; SABINO, N. P.; BARBOSA, M. R. Características de fibra em função de doses e momentos de aplicação de adubo nitrogenado para a cultura do algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.) IAC 22. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO ALGODÃO, 3., 2001, São Paulo. **Anais...** Campina Grande: Embrapa- CNPA, 2001a. p. 714.

FURLANI JÚNIOR, E.; BUZETTI, S. Dosagens e momentos de aplicação de adubo nitrogenado para a cultura do algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.) IAC 22. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 3., 2001, São Paulo. **Anais...** Campina Grande: Embrapa-CNPA, 2001b. p. 719.

FURLANI JUNIOR, E.; SILVA, N. M. da; CARVALHO, L. H.; BORTOLETTO, N.; SABINO, J. C.; BOLONHEZI, D. Modos de aplicação de regulador de crescimento no algodoeiro, cultivar IAC-22, em diferentes densidades populacionais e níveis de nitrogênio em cobertura. **Bragantia**, Campinas, v. 62, n. 2, p. 227-233, 2003.

GERENDÁS, J.; POLACCO, J. C.; FREYERMUTH, S. K.; SATTELMACHER, B. Significance of nickel for plant growth and metabolism. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, Weinheim, v. 162, n. 3, p. 241-256, 1999.

GERENDÁS, J.; SATTELMACHER, B. Significance of Ni supply for growth, urease activity and the concentrations of urea, amino acids and mineral nutrients of urea-grown plants. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 190, p. 153-162, 1997.

GOMES, P.F. **Curso de estatística experimental**. 14. ed. ver. ampl. Piracicaba: Nobel. 2000. 460 p.

GRESPLAN, S.L., ZANCANARO, L. Nutrição e adubação do algodoeiro no Mato Grosso. In: FUNDAÇÃO DE APOIO À PESQUISA AGROPECUÁRIA DE MATO GROSSO. **Mato Grosso, liderança e competitividade**. Rondonópolis: Fundação MT, 1999. 182 p. (Boletim, n. 3)

HELYAR, K. R. The management of acid soils. In: WRIGHT, R. J.; BALIGAR, V. C.; MURRAN, R. P. (Ed.). **Plant-soil interactions at low pH**. Dordrecht: Kluwer Academic, 1991. p. 365-382.

HERNANDEZ, F. B. T.; LEMOS FILHO, M. A. F.; BUZETTI, S. **Software HIDRISA e o balanço hídrico de Ilha Solteira**. Ilha Solteira: FEIS/UNESP, 1995. 45 p. (Série Irrigação, 1).

INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ - IAPAR. **Amostragem de solo para análise química**: plantio direto e convencional, culturas perenes, várzeas, pastagens e capineiras. Londrina, 1996. 28 p. (Circular, 90).

JACKSON, B. S.; GERIK, T. J. Boll shedding and boll load in nitrogen: stressed cotton. **Agronomy Journal**, Madison, v. 82, n. 3, p. 483-488, 1990.

KABATA-PENDIAS, A., PENDIAS, H. **Trace elements in soils and plants**. 3.ed. Florida: CRC, 2001. 413 p.

KANEKO, F. H.; LEAL, A. J. F.; ANSELMO, J. L.; BUZETTI, S.; TOSTA, F. S. Fontes e manejos da adubação nitrogenada em algodoeiro. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 43, n. 1, p. 57-63, 2013.

LAMAS, F. M.; STAUT, L. A. **Nitrogênio e regulador de crescimento no algodoeiro no Sistema Plantio Direto**. Dourados: EMBRAPA-CPAO, 1998. 7 p.

LEVY, C. C. B. **Níquel em soja**: doses e forma de aplicação. 2013. 93 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical) – Instituto Agronômico, Campinas, 2013.

LOGAN, T. J.; CHANEY, R. L. Metals. In: WORKSHOP ON UTILIZATION OF MUNICIPAL WASTEWATER AND SLUDGE ON LAND, 1983, Riverside. **Proceedings...** Riverside: University of California, 1983. p. 235-323.

LOVATT, C. J.; ZHENG, Y. S.; HAKE, K. D. Demonstration of a change in nitrogen-metabolism influencing flower initiation in citrus. **Israel Journal of Botany**, Abingdon, v. 37, n. 2-4, p. 181-188, 1988.

LOYOLA Jr, E.; PAVAN, M.A. Seletividade de troca de cátions em solos ácidos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 13, n. 2, p. 131-138, 1989.

MAÇÃS, J. E. S. **Nitrogênio nítrico e amoniacal no desenvolvimento da parte aérea de milho cultivado em argissolo**. 2008. 72 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2008.

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

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 638 p.

MALAVOLTA, E.; MORAES, M. Nickel: from toxic to essential nutrient. **Better Crops**, Peachtree Corners, v. 91, n. 3, p. 26-27, 2007.

MARINHO, J. F. **Espaçamentos entrelinhas, densidades de semeadura e modos de aplicação de cloreto de mepiquat em algodoeiro cultivado na safrinha**. 2011. 98 f. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Produção) - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2011.

MATTIAZZO-PREZOTTO, M. E. **Comportamento de cobre, cádmio, crômio, níquel e zinco adicionados a solos de clima tropical em diferentes valores de pH**. 1994. 197 f. Tese (Livre docência) - Escola Superior Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1994.

McGRATH, S. P.; SMITH, S. Nickel. In: ALLOWAY, B. J. **Heavy metals in soils**. New York: John Wiley, 1990. p. 125-50.

MENDES, H. C. Nutrição do algodoeiro: II: absorção mineral pôr plantas cultivadas em soluções nutritivas. **Bragantia**, Campinas, v. 19, n. 28, p. 435-458, 1965.

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

MISHRA, D.; KAR, M. Nickel in plant growth and metabolism. **Botanical Review**, New York, v. 40, n. 4, p. 395-452, 1974.

MITCHELL, R. L. Cobalt and nickel in soils and plants. **Soil Science**, Philadelphia, v. 60, p. 63-70, 1945.

NUMMER FILHO, I.; HENTSCHEKE, C. Nitrogênio força para o milho. **Cultivar: grandes culturas**, Pelotas, v. 4, n. 43, p. 3-10, 2002.

OLIVEIRA, E. L. de. Coberturas verdes de inverno e adubação nitrogenada em algodoeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 18, n. 2, p. 235-241, 1994.

OLIVEIRA, F. A.; CAMPOS, T.G. da S.; SOUZA, J. G.; CARVALHO, O. S. Efeitos de nitrogênio e fósforo na cultura do algodoeiro herbáceo. In: Reunião Nacional do Algodão, 5., 1988. Campina Grande. **Resumos...** EMBRAPA: Campina Grande, 1988. p. 88.

OLIVEIRA, T. C. **Atividade da urease e crescimento de alface no solo em resposta à níquel**. 2009. 40 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2009.

PAIVA, H. N.; CARVALHO, J.G.; SIQUEIRA, J.O.; FERNANDES, A.R.; MIRANDA, J. R. P. Efeito da aplicação de doses crescentes de níquel sobre o teor e o conteúdo de nutrientes em mudas de ipê-roxo (*Tabebuia impetiginosa* (Mart) Standley). **Scientia Forestalis**, n.63, p.158- 166, 2003.

PEREIRA, J. M. N. **Doses de Cd, Pb, Cu, Zn e Ni em latossolos: efeitos no solo e nas plantas de alface e feijão**. 2006. 131 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2006.

PERSEGIL, E. O. **Marcha de absorção de nutrientes para os cultivares de algodão (*Gossypium hirsutum* L.) IAC 24, ITA 90 e DELTAOPAL na região de Selvíria**. 2005. 74 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Agronomia) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2005.

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.

PIRES, A. A.; MONNERAT, P. H.; MARCIANO, C. R.; PINHO, L. G. R.; ZAMPIROLI, P. D.; ROSA, R. C. C.; MUNIZ, R. A. Efeito da adubação alternativa do maracujazeiro-amarelo nas características químicas e físicas do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 32, n. 11, p. 1997-2005, 2008.

POLACCO, J. C. Is nickel a universal component of plant urease? **Plant Science**, Shannon, v. 10, p. 249-255, 1977b.

POLACCO, J. C. Nitrogen metabolism in soybean tissue culture. **Plant Physiology**, Rockville, v. 58, p. 827-830, 1977a.

POLACCO, J.C.; HAVIR, E.A. Comparisons of soybean urease isolated from seed and tissue culture. **Journal of Biological Chemistry**, Bethesda, v. 254, p. 1707-1715, 1979.

POMBO, L.; SALGADO, V.; VOLKWEISS, S.; KLAMT, E. Adsorção de níquel por dois solos: terra bruna estruturada similar e Podzólico Vermelho-Amarelo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 24, n. 5, p. 593-598, 1989.

POULIK, Z. The danger of accumulation of nickel in cereals on contaminated soil. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 63, p. 25-29, 1997.

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; CAMARGO, A.P.; SOARES, E. Perdas de cálcio e magnésio durante cinco anos em ensaio de calagem. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 6, p. 33-37, 1982.

RAIJ, B.V.; QUAGGIO, J.A. **Métodos de análises de solos para fins de fertilidade**. Campinas: Instituto Agronômico, 1983. 31 p. (Boletim Técnico, 81).

RAIJ, B.V.; QUAGGIO, J.A. **Análise química de solos para fins de fertilidade**. Campinas: Fundação Cargill, 1987. 107 p.

RAIJ, B.V.; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Instituto Agronômico: Campinas, 285 p. 2001.

REIS, T. C. **Distribuição e biodisponibilidade do níquel aplicado ao solo como NiCl₂ e biossólido**. 2002. 105 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. V. H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. Viçosa, MG: CFSEMG, 1999. 359 p.

RIGON, J. P. G.; NETO, J. F. B.; CAPUANI, S.; BELTRÃO, N. E. M.; SILVA, F. V. F. Utilização de nitrogênio e níquel durante o crescimento do algodão. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 7, n. 13, p. 1019-1026, 2011.

ROACH, W. A.; BARCLAY, C. Nickel and multiple trace element deficiencies in agricultural crops. **Nature**, London, v. 157, n. 3995, p. 696, 1946.

RODRIGUES, T. L.; FURLANI JUNIOR, E.; BENKE, F. M.; SCUCUGLIA JUNIOR, R. Doses de nitrogênio e parcelamento da cobertura para diferentes cultivares de algodoeiro In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 30., 2004, Lages. **Resumos...** Lages: Joenville, 2004. p. 182. 1 CD-ROM.

ROSOLEM, C. A.; MIKKELSEN, D. S. Nitrogen source-sink relationship in cotton. **Journal of Plant Nutrition**, Salt Lake City, v. 12, n. 1, p. 1417-1433, 1989.

ROSOLEM, C. A.; FOLONI, J. S. S.; OLIVEIRA, R. H. Dinâmica do nitrogênio no solo em razão da calagem e adubação nitrogenada, com palha na superfície. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 38, n. 2, p. 301-309, 2003.

SANTOS, D. M. **Recomendação da adubação nitrogenada com a utilização do medidor portátil de clorofila em algodão**. 2006. 60 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2006.

SAUERBECK, D.R.; HEIN, A. The nickel uptake from different soils and prediction by chemical extractions. **Water, Air and Soil Pollution**, Dordrecht, v. 57/58, p. 861-971, 1991.

SILVA, N. M. **Nutrição e adubação do algodoeiro**. Piracicaba: Informações Agronômicas, 1988. 12 p.

SILVA, N. M.; RAIJ, B. van. Fibrosas. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: Instituto Agrônomo/Fundação IAC, 1997. Cap. 16. p. 107-111. (Boletim Técnico, 100).

SILVA, N. M. Nutrição mineral e adubação do algodoeiro no Brasil. In: CIA, E.; FREIRE, E.C.; SANTOS, W. J. **Cultura do Algodoeiro**. Piracicaba: POTAFÓS, 1999. p. 57-92.

STAUT, L. A.; KURIHARA, C. H. Calagem e adubação. In: EMBRAPA AGROPECUÁRIA OESTE. **Algodão: tecnologia de produção**. Dourados, 2001. 19 p.

STRONG, D. T.; SALE, P. W. G.; HELYAR, K. R. Initial soil pH affects the pH at which nitrification ceases due to self-induced acidification of microbial microsites. **Australian Journal of Soil Research**, Collingwood, v. 35, n. 3, p. 565-570, 1997.

TAN, X. W.; IKEDA, H.; ODA, M. Effects of nickel concentration in the nutrient solution on the nitrogen assimilation and growth of tomato seedlings in hydroponic culture supplied with urea or nitrate as the sole nitrogen source. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 84, p. 265-273, 2000.

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.

TEIXEIRA, S. T.; MELO, W. J.; SILVA, E. T. Heavy metals in a degraded soil treated with sludge from water treatment plant. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 62, p. 498-501, 2005.

TEZOTTO, T.; FAVARIN, J. L.; AZEVEDO, R. A.; ALLEONI, L. R. F.; AZZAFERA, P. Coffee is highly tolerant to cadmium, nickel and zinc: plant and soil nutritional status, metal distribution and bean yield. **Field crops research**, Amsterdam, v. 125, p. 24-34, 2012.

UREN, N.C. Forms, reactions, and availability of nickel in soils. **Advances in Agronomy**, New York, n. 48, p. 141-203, 1992.

VITTI, A. C.; TRIVELIN, P. C. O.; GAVAE, G. J. C.; PENATTI, C. P.; OLIVEIRA, M. W. Volatilização de amônia da adubação nitrogenada aplicada sobre solo coberto com palhada de cana-de-açúcar: efeito na produtividade de cana-soca. In: CONGRESSO NACIONAL DOS TÉCNICOS AÇUCAREIROS E ALCOOLEIROS DE BRASIL, 8., 2002. Recife: **Anais...** Recife: STAB, 2002. p. 239-244.

VITTI, A. C.; TRIVELIN, P. C. O.; GAVAE, G. J .C.; PENATTI, C. P. Produtividade de cana-de-açúcar relacionada a localização de adubos nitrogenados sobre palha. **STAB**, Piracicaba, v. 23, p. 6-8, 2005.

ZOTARELLI, L.; CARDOSO, E. G.; PICCININ, J. L.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R. M.; TORRES, E.; ALVES, B. J. R. Calibração do medidor Minolta SPAD 502, para avaliação do conteúdo do nitrogênio do milho. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 38, n. 9, p. 1117-1122, 2003.