



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA  
DOUTORADO EM FITOTECNIA

FRANCILENE DE LIMA TARTAGLIA

**DESEMPENHO AGRONÔMICO DO ALGODOEIRO NATURALMENTE  
COLORIDO À ADUBAÇÃO NITROGENADA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO**

MOSSORÓ

2018

FRANCILENE DE LIMA TARTAGLIA

**DESEMPENHO AGRONÔMICO DO ALGODOEIRO NATURALMENTE  
COLORIDO À ADUBAÇÃO NITROGENADA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO**

Tese apresentada ao Doutorado em Fitotecnia do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Doutora em Fitotecnia.

Linha de Pesquisa: Práticas Culturais

Orientador: Aurélio Paes Barros Júnior, Prof. Dr.

Co-orientadora: Lindomar Maria da Silveira, Prof<sup>a</sup>. Dra.

MOSSORÓ

2018

©Todos os direitos estão reservados à Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996, e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tornar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata, exceto as pesquisas que estejam vinculadas ao processo de patenteamento. Esta investigação será base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) seja devidamente citado e mencionado os seus créditos bibliográficos.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Biblioteca Central Orlando Teixeira (BCOT)  
Setor de Informação e Referência (SIR)

T194d Tartaglia, Francilene de Lima.  
Desempenho agrônomo do algodoeiro  
naturalmente colorido à adubação nitrogenada no  
semiárido brasileiro / Francilene de Lima  
Tartaglia. - 2018.  
87 f. : il.

Orientador: Aurélio Paes Barros Júnior.  
Coorientador: Lindomar Maria da Silveira.  
Tese (Doutorado) - Universidade Federal Rural  
do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em  
Fitotecnia, 2018.

1. Gossypium hirsutum L. 2. Dose econômica. 3.  
Viabilidade econômica. 4. Eficiência no uso de  
nitrogênio. 5. Acúmulo de nitrogênio. I. Barros  
Júnior, Aurélio Paes, orient. II. Silveira,  
Lindomar Maria da, co-orient. III. Título.

FRANCILENE DE LIMA TARTAGLIA

**DESEMPENHO AGRONÔMICO DO ALGODOEIRO NATURALMENTE  
COLORIDO À ADUBAÇÃO NITROGENADA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO**

Tese apresentada ao Doutorado em Fitotecnia  
do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia  
da Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
como requisito para obtenção do título de  
Doutora em Fitotecnia.

Linha de Pesquisa: Práticas Culturais

Defendida em: 19 / 12 / 2018.

**BANCA EXAMINADORA**

Aurélio Paes Barros Júnior  
Aurélio Paes Barros Júnior, Prof. D.Sc. (UFERSA)  
Presidente (Orientador)

Lindomar Maria da Silveira  
Lindomar Maria da Silveira, Prof.<sup>a</sup> D.Sc. (UFERSA)  
Membro Externo

Leilson Costa Grangeiro  
Leilson Costa Grangeiro, Prof. D.Sc. (UFERSA)  
Membro Interno

Welder Lopes  
Welder de Araújo Rangel Lopes, D.Sc.  
Membro Externo

Maria José Tôres Câmara  
Maria José Tôres Câmara, D.Sc.  
Membro Externo

*Aos meus avós, Elena Quimquim de Lima e João Tartaglia, pelo exemplo de trabalho, amor e caráter.*

*(Em memória)*

*Aos meus pais, Osmar Tartaglia e Maria das Graças de Lima Tartaglia, pelo apoio, amor, exemplo e caráter. À minha filha, Helena Tartaglia Alves, e ao meu marido, Gibran da Silva Aves, pelo amor, companheirismo e ensinamentos.*

*Aos meus irmãos, Francieli, Vanderley e Francismar, pelo apoio e carinho. Aos meus avós, Hilda Boni e José Felix de Lima, pela sabedoria, amor incondicional, força e coragem.*

***Ofereço!***

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por me guiar, iluminar meus passos e me permitir alcançar mais esta vitória em minha vida.

Aos meus pais, Osmar Tartaglia e Maria das Graças Tartaglia, que sempre incentivaram e batalharam por um futuro melhor para seus filhos, apoiando nossas decisões. Aos meus irmãos, Francismar, Vanderley e Francieli, pelo companheirismo, amizade e força.

À minha filha, Helena Tartaglia Alves, pelo amor incondicional, que sempre me inspirou a buscar o melhor. Ao meu marido, Gibran Alves, pelo amor, cuidados, ensinamentos, dedicação e apoio.

À Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA) e ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, pela oportunidade de realizar o Doutorado, fornecendo suporte físico e recursos humanos.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão de bolsa de pesquisa.

À Embrapa Algodão de Campina Grande – PB, pela cessão de sementes de algodão colorido e pela realização da análise de qualidade de fibra.

Aos professores e orientadores, Aurélio Paes Barros Júnior e Lindomar Maria da Silveira, pelos ensinamentos, confiança e orientação durante o Doutorado.

Aos membros da banca, Aurélio Paes Barros Júnior, Lindomar Maria da Silveira, Leilson Costa Granjeiro, Maria José Tôrres Câmara e Welder de Araújo Rangel Lopes, pelas contribuições na melhoria da tese.

Aos servidores técnicos e auxiliares da UFERSA, que, de forma direta e indireta, contribuíram em cada fase na realização desse trabalho.

Ao grupo de pesquisa em Produção Agrícola para o Semiárido e Recursos Genéticos Vegetais (GEPARG), pelo grande auxílio para instalação e condução dos experimentos.

Aos meus amigos dos grupos de pesquisa do Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas e de Plantas Daninhas da UFERSA, pela ajuda na colheita e nas análises de tecido vegetal, principalmente nas pessoas de Fabrício Almeida, Núbia Marisa, Héliida Mesquita e Fernando Sarmiento.

Aos meus amigos Almir Rogério E. de Souza e Allysson Pereira dos Santos, pelo apoio, ajuda, conhecimentos compartilhados durante toda a trajetória e ao amigo Flabenio, pelo auxílio no campo experimental.

## RESUMO

O algodão naturalmente colorido possui apelo ambiental por dispensar o tingimento químico das fibras, o qual gera resíduos potencialmente poluidores. É cultivado no semiárido brasileiro com ausência de fertilização nitrogenada e irrigação, resultando em baixa produtividade de fibra. O objetivo do trabalho foi avaliar a resposta de cultivares de algodão naturalmente colorido quando submetidos a diferentes doses de nitrogênio no solo, na região semiárida do Brasil. O experimento foi realizado em condição de campo, na Fazenda Experimental da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, nos anos de 2016 e 2017. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com parcelas subdivididas e quatro repetições. Nas parcelas principais, casualizou-se cinco doses de nitrogênio (0, 50, 100, 150 e 200 kg ha<sup>-1</sup>) e nas subparcelas, quatro cultivares de algodão colorido (BRS Safira, BRS Rubi, BRS Topázio e BRS Verde). Maior produtividade de algodão naturalmente colorido foi obtida utilizando as doses econômicas de 140 kg ha<sup>-1</sup> N para as cultivares Rubi e Verde, 150 kg ha<sup>-1</sup> N para Topázio e 160 kg ha<sup>-1</sup> N para a Safira. Maior produtividade foi alcançada com a cultivar Topázio e menor, com a cultivar Verde. São necessários, em média, R\$ 4.320,80 para produção de um hectare de algodão colorido. Os itens que mais oneram o custo de produção, em ordem de importância, são mão de obra e fertilizantes. Maior rentabilidade pode ser obtida com as doses de 150; 170; 180 e 190 kg ha<sup>-1</sup> de N para as cultivares Topázio, Rubi, Verde e Safira, respectivamente. Melhores resultados econômicos foram obtidos com a cultivar Topázio e menores com a Rubi. Maior renda bruta e renda líquida são obtidas com a comercialização do algodão colorido em fibra. O nitrogênio acumulado no algodoeiro colorido é direcionado, em ordem decrescente, para sementes (56,3%), folhas (29%), caule (10,6%) e fibras (3,8%). A eficiência agrônômica e a eficiência de recuperação de N decrescem com aumento nas doses de N. A cultivar BRS Topázio é a mais responsiva à adubação nitrogenada, com maior produção de massa seca, maior acúmulo de N, maior eficiência no uso do N e maior índice de colheita. A cultivar Verde é a menos responsiva à adubação nitrogenada, com menor produção de massa seca, menor acúmulo de N e menor eficiência agrônômica e agrofisiológica no uso do N.

**Palavras-chave:** *Gossypium hirsutum* L. Dose econômica. Viabilidade econômica. Eficiência no uso de nitrogênio. Acúmulo de nitrogênio.

## ABSTRACT

Naturally colored cotton has environmental appeal per to the lack of chemical dyeing of the fibers, which generates potentially polluting residues. It is cultivated in the Brazilian semi-arid region with absence of nitrogen fertilization and irrigation, resulting in low fiber yield. The objective of this work was to evaluate the response of naturally colored cotton cultivars when submitted to different doses of nitrogen in the soil, in the semi-arid region of Brazil, in two agricultural crops. The experiment was carried out in a field condition, at the Experimental Farm of Federal Rural University of the Semi-Arid, in the years 2016 and 2017. The experimental design was in randomized blocks, with subdivided plots and four replicates. In the main plots, five nitrogen doses (0, 50, 100, 150 and 200 kg ha<sup>-1</sup>) were randomized and four cotton cultivars (BRS Safira, BRS Rubi, BRS Topázio and BRS Verde) were split into the subplots. Higher productivity of naturally colored cotton was obtained using the economical doses of 140 kg ha<sup>-1</sup> N for the cultivars Rubi and Verde, 150 kg ha<sup>-1</sup> N for Topázio and 160 kg ha<sup>-1</sup> N for Safira. Greater productivity was achieved with Topázio cultivar and lower with cultivar Verde. An average of R\$ 4,320.80 is required to produce one hectare of colored cotton. The items that most cost the production, in order of importance, are labor force and fertilizers. Higher profitability can be obtained with doses of 150; 170; 180 and 190 kg ha<sup>-1</sup> of N for Topázio, Rubi, Verde and Safira, respectively. Better economic results were obtained with the cultivar Topázio and smaller with Rubi. Higher gross income and net income are obtained with the commercialization of colored cotton in fiber. Nitrogen accumulated in the colored cotton is directed, in descending order, to seeds (56.3%), leaves (29%), stem (10.6%) and fibers (3.8%). Agronomic efficiency and N recovery efficiency decrease with increasing N rates. The cultivar BRS Topázio is the most responsive to nitrogen fertilization, with higher dry mass production, higher N accumulation, higher efficiency in the use of N and higher harvest index. The cultivar Verde is less responsive to nitrogen fertilization, with lower dry mass production, lower N accumulation and lower agronomic and agrophysiological efficiency in the use of N.

**Keywords:** *Gossypium hirsutum* L. Economical dose. Economic viability. Efficiency in the use of nitrogen. Accumulation of nitrogen.



## LISTA DE FIGURAS

### ARTIGO I

- Figura 1 – Precipitação pluviométrica, temperatura mínima e máxima do ar ( $^{\circ}\text{C}$ ) e radiação solar global incidente na superfície ( $R_g$ ,  $\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$ ) ocorridas durante o ciclo do algodão colorido nas safras de 2016 e 2017, Mossoró – RN, 2018.....25
- Figura 2 – Teor de nitrogênio no tecido foliar (A e B), produtividade de algodão em caroço (C e D) e produtividade de fibra de algodão (E e F) de cultivares de algodão naturalmente colorido e doses de nitrogênio em duas safras agrícolas, 2016 (A, C e F) e 2017 (B, D e F), Mossoró – RN, 2018.....31

### ARTIGO II

- Figura 1 – Precipitação pluviométrica, temperatura mínima e máxima do ar ( $^{\circ}\text{C}$ ) e radiação solar global incidente na superfície ( $R_g$ ,  $\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$ ) ocorridas durante o ciclo do algodão colorido nas safras de 2016 e 2017, Mossoró – RN, 2018..... 46
- Figura 2 – Renda bruta (A - 2016 e B - 2017) e renda líquida (C - 2016 e D - 2017) da comercialização de algodão em caroço (AC) adubado com doses de nitrogênio em duas safras agrícolas para quatro cultivares de algodão colorido naturalmente, Mossoró-RN, 2018.....58
- Figura 3 – Renda bruta (A - 2016 e B - 2017) e renda líquida (C - 2016 e D - 2017) da comercialização de fibra de algodão naturalmente colorido irrigado com doses de nitrogênio em duas safras agrícolas, Mossoró-RN, 2018.....61

### ARTIGO III

- Figura 1 – Precipitação pluviométrica, temperatura mínima e máxima do ar ( $^{\circ}\text{C}$ ) e radiação solar global incidente na superfície ( $R_g$ ,  $\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$ ) ocorridas durante o ciclo do algodão colorido nas safras de 2016 e 2017, Mossoró – RN, 2018.....71
- Figura 2 – Produtividade de fibra ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) na safra 2016 (A) e 2017 (B) em função de

	diferentes cultivares de algodão colorido irrigadas com diferentes doses de nitrogênio (N), Mossoró – RN, 2018.....	73
Figura 3	– Massa da matéria seca (A) e conteúdo de nitrogênio (B) acumulado na parte aérea de cultivares de algodão colorido irrigado com doses de nitrogênio em duas safras agrícolas, 2016 e 2017, Mossoró-RN, 2018.....	77
Figura 4	– Eficiência agronômica no uso de N (A) e eficiência de recuperação de N (B) por cultivares de algodão naturalmente colorido irrigado com doses de nitrogênio em duas safras agrícolas, 2016 e 2017, Mossoró-RN, 2018.....	79

## LISTA DE TABELAS

### ARTIGO I

- Tabela 1 – Caracterização físico-química do solo da área experimental onde foram instalados os experimentos nas safras 2016 e 2017, Mossoró-RN, 2018.....24
- Tabela 2 – Dose econômica de nitrogênio, aumento de produção, custo do nitrogênio, lucro e porcentagem da produção em relação à dose técnica para o algodoeiro naturalmente colorido submetido a doses de N, em duas safras agrícolas, 2016 e 2017, Mossoró-RN, 2018.....33

### ARTIGO II

- Tabela 1 – Caracterização físico-química do solo da área experimental onde foram instalados os experimentos nas safras 2016 e 2017, Mossoró-RN, 2018..... 45
- Tabela 2 – Produtividade média de algodão em caroço para quatro cultivares de algodão colorido irrigado com cinco doses de nitrogênio em duas safras agrícolas, 2016 e 2017, no semiárido brasileiro, Mossoró-RN, 2018.....48
- Tabela 3 – Produtividade média de fibra para quatro cultivares de algodão colorido irrigado com cinco doses de nitrogênio em duas safras agrícolas, 2016 e 2017, no semiárido brasileiro, Mossoró-RN, 2018.....48
- Tabela 4 – Custos de produção para produção de um hectare de algodão naturalmente colorido irrigado com cinco doses de nitrogênio em duas safras agrícolas, 2016 e 2017, no semiárido brasileiro, Mossoró-RN, 2018.....55
- Tabela 5 – Taxa de retorno (TR) e índice de lucratividade (IL) na comercialização de algodão em caroço naturalmente colorido e irrigado com doses de nitrogênio em duas safras agrícolas, Mossoró-RN, 2018.....59
- Tabela 6 – Taxa de Retorno (TR) e Índice de Lucratividade (IL) da comercialização de fibra de algodão naturalmente colorido irrigado com doses de nitrogênio em duas safras agrícolas, Mossoró-RN, 2018.....62

### ARTIGO III

Tabela 1	–	Caracterização físico-química do solo da área experimental onde foram instalados os experimentos nas safras 2016 e 2017, Mossoró-RN, 2018.....	70
Tabela 2	–	Distribuição do N acumulado na parte aérea de cultivares de algodão naturalmente colorido irrigado com diferentes doses de nitrogênio em duas safras agrícolas, Mossoró-RN, 2018.....	78
Tabela 3	–	Eficiência do uso de N por cultivares de algodão naturalmente colorido irrigado com diferentes doses de nitrogênio, em duas safras agrícolas, Mossoró, RN, 2018.....	80

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>15</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>18</b>
<b>ARTIGO I: DOSE ECONÔMICA DE NITROGÊNIO PARA PRODUÇÃO DE ALGODÃO NATURALMENTE COLORIDO EM REGIÃO SEMIÁRIDA.....</b>	<b>20</b>
<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>22</b>
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>24</b>
2.1 INSTALAÇÃO, CONDUÇÃO E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	24
2.2 VARIÁVEIS AVALIADAS .....	27
2.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA .....	28
<b>3 RESULTADOS .....</b>	<b>29</b>
<b>4 DISCUSSÃO .....</b>	<b>34</b>
<b>5 CONCLUSÕES.....</b>	<b>38</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>39</b>
<b>ARTIGO II: VIABILIDADE ECONÔMICA DO CULTIVO DE ALGODÃO NATURALMENTE COLORIDO ADUBADO COM NITROGÊNIO EM CONDIÇÕES SEMIÁRIDAS .....</b>	<b>42</b>
<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>44</b>
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>45</b>
2.1 INSTALAÇÃO, CONDUÇÃO E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	45
2.2 VARIÁVEIS ANALISADAS.....	49
2.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA .....	51
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>53</b>
3.1 CUSTOS DE PRODUÇÃO DO ALGODÃO COLORIDO IRRIGADO E ADUBADO COM NITROGÊNIO..	53
3.2 ÍNDICES ECONÔMICOS PARA A PRODUÇÃO DE ALGODÃO EM CAROÇO .....	56
3.3 ÍNDICES ECONÔMICOS PARA A PRODUÇÃO DE FIBRA DE ALGODÃO NATURALMENTE COLORIDO.....	59
<b>4 CONCLUSÕES.....</b>	<b>63</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>64</b>
<b>ARTIGO III: EFICIÊNCIA NO USO DE NITROGÊNIO POR CULTIVARES DE ALGODÃO NATURALMENTE COLORIDO EM REGIÃO SEMIÁRIDA.....</b>	<b>66</b>
<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>68</b>
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>70</b>
2.1 INSTALAÇÃO, CONDUÇÃO E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	70
2.2 VARIÁVEIS AVALIADAS .....	73
2.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA .....	75
<b>3 RESULTADOS .....</b>	<b>76</b>
3.1 PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA E ACÚMULO DE N .....	76

3.2 EFICIÊNCIA NO USO DE NITROGÊNIO .....	78
<b>4 DISCUSSÃO .....</b>	<b>81</b>
<b>5 CONCLUSÕES.....</b>	<b>85</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>86</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O Nordeste Brasileiro é atualmente a segunda maior região produtora de algodão do Brasil, representada pelos estados da Bahia, Maranhão e Piauí. Até meados da década de 1980, o Rio Grande do Norte foi o quarto maior produtor de algodão do Brasil, quando teve sua área cultivada reduzida e, atualmente, o cultivo do algodão é pouco expressivo no estado (CONAB, 2016), onde predomina o algodão naturalmente colorido, cultivado em sistema familiar.

O algodão naturalmente colorido, por ser cultivado em pequena escala e depender exclusivamente da mão de obra familiar, possui grande importância social e econômica, na medida em que favorece a permanência do homem no campo, reduzindo o êxodo rural, além de possibilitar maior valorização da fibra naturalmente colorida, em torno de 39 a 78% a mais do que a fibra branca (CONAB, 2013). Além disso, possui importância ambiental, por suas fibras dispensarem a etapa de tingimento, que pode gerar resíduos tóxicos e genotóxicos (GUARATINI; ZANONI, 2000; QUEIROGA et al., 2008; PEIXOTO et al., 2013), além de possibilitar redução no volume de água na produção de vestuário (QUEIROGA et al., 2008).

O cultivo do algodão naturalmente colorido é caracterizado por baixas produtividades e qualidade de fibra. Devido à sua importância, é necessário o desenvolvimento de tecnologias visando ao aumento dessas características, e um dos fatores que possibilitam melhorar as respostas produtivas e qualitativas do algodão é a adubação nitrogenada. O nitrogênio ocasiona respostas crescentes na produtividade das culturas (TAIZ; ZEIGER, 2013). No entanto, seu excesso ocasiona problemas ambientais, como a contaminação de fontes de água e aumento do efeito estufa (STAMATIADIS et al., 2016).

A perda de nitrogênio pode ser evitada utilizando-se a dose ótima para cada cultivar, bem como cultivares mais eficientes no uso de nitrogênio. A eficiência no uso do nitrogênio

pode ser definida como a razão entre a quantidade de nitrogênio exportado pelo produto colhido (fibras, grãos, matéria seca) e a quantidade aplicada (FAGERIA; BALIGAR, 2005; STAMATIADIS et al., 2016). Maior ou menor eficiência depende da quantidade de nitrogênio aplicada (SCHLEGEL et al., 1996), da época de aplicação do nitrogênio e da fonte de nitrogênio utilizada (XUE et al., 2008; GENG et al., 2015).

A resposta do algodoeiro ao nitrogênio depende da morfologia, fisiologia e da taxa de crescimento de cada cultivar (MENGEL, 1983; MAIN et al., 2013), pois as cultivares têm diferenças quanto à eficiência no uso do nitrogênio (DU et al., 2016; ARAÚJO et al., 2013), sendo que cultivares com altas taxas de crescimento respondem melhor à aplicação de fertilizantes no solo (MENGEL, 1983).

Estudos recentes demonstram aumento na produtividade e melhora da qualidade de fibra de cultivares brancas com a utilização de doses de nitrogênio entre 60 e 250 kg ha<sup>-1</sup> (STAMATIADIS et al., 2016; REIS JÚNIOR et al., 2012; DEVKOTA et al., 2013). Para as cultivares coloridas BRS Verde e BRS Marrom, ocorreu aumento linear na produtividade, de caroço e de fibra, com doses máximas de 240 e 300 kg ha<sup>-1</sup> de N, respectivamente (LIMA et al., 2006; ALVES et al., 2009).

A determinação da dose ideal de nitrogênio não é simples, pois não é baseada na análise de solo como os demais nutrientes, mas no teor de matéria orgânica e na produtividade esperada da cultura. Como o conteúdo de matéria orgânica é baixo nos solos das regiões semiáridas (PEREIRA et al., 2014a; SILVA et al., 2014; PEREIRA et al., 2014b), o fornecimento da quantidade adequada de nitrogênio para as plantas exige a utilização de uma fonte externa de nitrogênio.

Determinar a dose ideal de nitrogênio para cada cultivar de algodão colorido possibilita aumento na produtividade de fibra, redução dos custos de produção e dos riscos de contaminação ambiental. Assim, o objetivo do trabalho foi avaliar o desempenho agrônômico



de cultivares de algodão naturalmente colorido à adubação nitrogenada no semiárido brasileiro.

## REFERÊNCIAS

- ALVES, W. W. A.; AZEVEDO, C. A. V.; DANTAS NETO, J.; SOUSA, J. T.; LIMA, V. L. A. Águas residuárias e nitrogênio: efeito na cultura do algodão marrom. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Pombal, v. 4, n. 1, p. 16-23, 2009.
- ARAÚJO, E. O.; CAMACHO, M. A.; VINCENSI, M. M. Nitrogen use efficiency by cotton varieties. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 36, p. 10-16, 2013.
- CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira de grãos. v.3 - Safra 2015/16 - n.6 - Sexto levantamento, março/2016.
- CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. Proposta de preços mínimos - Safra 2013/2014: produtos da safra de verão. 2013. p.161.
- DEVKOTA, M.; MARTIUS, C.; LAMERS, J. P. A.; SAYRE, K. D.; DEVKOTA, K. P.; VLEK, P. L. G. Tillage and nitrogen fertilization effects on yield and nitrogen use efficiency of irrigated cotton. *Soil & Tillage Research*, n.134, p. 72-82, 2013.
- DU, X.; CHEN, B.; ZHANG, Y.; ZHAO, W.; SHEN, T., ZHOU, Z.; MENG, Y. Nitrogen use efficiency of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) asinfluenced by wheat–cotton cropping systems. **European Journal of Agronomy**, v. 75, p. 72-79, 2016.
- FAGERIA, N. K.; BALIGAR, V. C. Enhancing nitrogen use efficiency in crop plants. *Advances in Agronomy*, v. 88, p. 97-185, 2005.
- GENG, J.; MA, Q.; ZHANG, M.; LI, C.; LIU, Z. LYU, X.; ZHENG, W. Synchronized relationships between nitrogen release of controlledrelease nitrogen fertilizers and nitrogen requirements of cotton. *Field Crops Research*, v.184, p.9-16, 2015.
- GUARATINI, C. C. I.; ZANINI, M. V. B. Corantes têxteis. **Química Nova**, São Paulo, v. 23, p. 71-78, 2000.
- LIMA, M. M.; AZEVEDO, C. V.; BELTRÃO, N. E. M.; LIMA, V. L.; NASCIMENTO, M. B. H.; FIGUEIRÊDO, I. C. M. Níveis de adubação nitrogenada e bioestimulante na produção e qualidade do algodão BRS verde. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 10, n. 3, p. 619-623, 2006.
- MAIN, C. L.; BARBER, L. T.; BOMAN, R. K.; CHAPMAN, K.; DODDS, D. M.; DUNCAN, S.; EDMISTEN, K. L.; HORN, P.; JONES, M. A.; MORGAN, G. D.; NORTON, E. R.; OSBORNE, S.; WHITAKER, J. R.; NICHOLS, R. L.; F. BRONSON, K. F. Effects of nitrogen and planting seed size on cotton growth, development, and yield. **Agronomy Journal**, v. 105, p. 1853-1859, 2013.
- MENGEL, K. Responses of various crop species and cultivars to fertilizer application. **Genetic Aspects of Plant Nutrition**, v. 8, p. 295-309, 1983.
- PEIXOTO, F.; MARINHO, G.; RODRIGUES, K. Corantes têxteis: uma revisão. **Holos**, Natal, v. 5, p. 98-106, 2013.

- PEREIRA, R. G.; SILVA, G. F.; OLIVEIRA, F. H. T.; DIÓGENES, T. B. A.; MEDEIROS, P. V. Q. Desempenho agrônômico do sorgo granífero adubado com nitrogênio e fósforo no semiárido do Rio Grande do Norte. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 27, n. 2, p. 24-36, 2014a.
- PEREIRA, R. G.; OLIVEIRA, F. H. T.; SILVA, G. F.; PAIVA, M. R. F. C.; NOVO JUNIOR, J. Rendimento do sorgo granífero adubado com nitrogênio e fósforo no semiárido brasileiro. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 13, n. 3, p. 285-299, 2014b.
- QUEIROGA, V. P.; CARVALHO, L. P.; CARDOSO, G. D. **Cultivo do algodão colorido orgânico na região semi-árido do nordeste brasileiro**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2008. 50p. (Embrapa Algodão. Documentos, 204).
- REIS JUNIOR, R. A.; SILVA, D. R. G.; ÁVILA, F. W.; ÁVILA, P. A.; SOARES, D. A.; FAQUIN, V. Productivity and agronomic efficiency of cotton plants in response to nitrogen and sulfúur supply. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 7, n. 4, p. 555-561, 2012.
- SILVA, G. F.; OLIVEIRA, F. H. T. PEREIRA, R. G.; SILVA, P. S. L.; DIÓGENES, T. B. A.; SILVA, A. R. Doses de nitrogênio e fósforo para produção econômica de milho na Chapada do Apodi, RN. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, n. 12, p. 1247-1254, 2014.
- SCHLEGEL, A. J.; DHUYVETTER, K. C.; HAVLIN, J. L. Economic and environmental impacts of long-term nitrogen and phosphorus fertilization. **Journal of Production Agriculture**, v. 9, p. 114-118, 1996.
- STAMATIADIS, S.; TSADILAS, C.; SAMARAS, V.; SCHEPERS, J. S.; ESKRIDGE, K. Nitrogen uptake and N-use efficiency of Mediterranean cotton under varied deficit irrigation and N fertilization. **European Journal of Agronomy**, v. 73, p. 144–151, 2016.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia Vegetal*. Tradução: Armando Molina Divan Junior ...et al.]; revisão técnica: Paulo Luiz de Oliveira. - 5. ed. - Porto Alegre: Artmed, 2013. 918p. v. 14, p. 736-741, 2010.
- XUE, X. P.; SHA, Y. Z.; GUO, W. Q.; ZHOU, Z. G. Accumulation characteristics of biomass and nitrogen and critical nitrogen concentration dilution model of cotton reproductive organ. **Acta Ecologica Sinica**, v. 28, p. 6204–6211, 2008.

## ARTIGO I

### DOSE ECONÔMICA DE NITROGÊNIO PARA PRODUÇÃO DE ALGODÃO NATURALMENTE COLORIDO EM REGIÃO SEMIÁRIDA

#### RESUMO

O algodão colorido é de grande importância econômica e social na agricultura familiar, principalmente no Nordeste Brasileiro. Nesse sentido, determinar a dose econômica de nitrogênio para o algodoeiro colorido pode aumentar a produtividade e a renda dos agricultores. O experimento foi realizado em condição de campo na Fazenda Experimental da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, em 2016 e 2017. O objetivo foi determinar a dose econômica de nitrogênio para quatro cultivares de algodão colorido. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com parcelas subdivididas e quatro repetições. Nas parcelas principais, casualizou-se cinco doses de nitrogênio (0, 50, 100, 150 e 200 kg ha<sup>-1</sup>) e nas subparcelas, quatro cultivares de algodão colorido (BRS Safira, BRS Rubi, BRS Topázio e BRS Verde). As características avaliadas foram: produtividade de algodão em caroço, produtividade de fibra de algodão, teor de nitrogênio no tecido foliar, dose técnica e dose econômica de nitrogênio. Maior produtividade de algodão naturalmente colorido pode ser obtida utilizando as doses econômicas de 140 kg ha<sup>-1</sup> N para as cultivares Rubi e Verde, 150 kg ha<sup>-1</sup> N para Topázio e 160 kg ha<sup>-1</sup> N para a Safira. Maior produtividade foi alcançada com a cultivar Topázio e menor, com a cultivar Verde.

**Palavras chave:** *Gossypium hirsutum* L.; produtividade de fibra; dose técnica de nitrogênio

## ECONOMIC DOSE OF NITROGEN FOR PRODUCTION OF NATURALLY COLORED COTTON IN SEMI-ARID REGION

### ABSTRACT

Colored cotton is of great economic and social importance in family agriculture, mainly in the Brazilian Northeast. In this sense, determining the economic dose of nitrogen for colored cotton can increase farmers' productivity and income. The experiment was carried out in field condition at the Experimental Farm of the Federal Rural University of the Semi-Arid, in 2016 and 2017. The objective was to determine the economic nitrogen dose for four cotton cultivars. The experimental design was in randomized blocks, with subdivided plots and four replicates. In the main plot, five nitrogen doses (0, 50, 100, 150 and 200 kg ha<sup>-1</sup>) were randomized and four cotton cultivars (BRS Safira, BRS Rubi, BRS Topázio and BRS Verde) were used in the subplots. The characteristics evaluated were cotton seed yield, cotton fiber yield, nitrogen content in leaf tissue, technical dose and economical nitrogen dose. Higher productivity of naturally colored cotton can be obtained using the economical doses of 140 kg ha<sup>-1</sup> N for Rubi and Verde cultivars, 150 kg ha<sup>-1</sup> N for Topázio and 160 kg ha<sup>-1</sup> N for Safira. Greater productivity was achieved with Topázio cultivar and lower with cultivar Verde.

**Key words:** *Gossypium hirsutum* L.; fiber productivity; technical dose of nitrogen

## 1 INTRODUÇÃO

O algodão de fibra naturalmente colorida (*Gossypium hirsutum* L.) é cultivado na região do Semiárido Nordestino Brasileiro. Seu cultivo é realizado pela mão de obra familiar, tornando-o de grande importância social e econômica para essa região, por manter o agricultor no campo e possuir maior valor de mercado na comparação com o branco (CONAB, 2013). Além disso, possui importância ambiental, ao dispensar a etapa de tingimento, que gera resíduos tóxicos (GUARATINI; ZANONI, 2000; QUEIROGA et al., 2008; PEIXOTO et al., 2013), além de proporcionar menor consumo de água no processo de produção de vestuários (QUEIROGA et al., 2008).

O cultivo do algodão colorido no Nordeste não emprega técnicas importantes de cultivo como adubação química e irrigação, o que ocasiona baixa produtividade de fibra (CONAB, 2013; QUEIROGA et al., 2008; EMBRAPA, 2010), e uma das formas de aumentar a produtividade de fibra é a utilização de fertilizantes químicos, tais como o nitrogênio.

O nitrogênio é essencial para elevar a produtividade de fibra de algodão (DONG et al., 2010), porém as cultivares possuem necessidades diferentes de nitrogênio para atingir máxima produtividade (DU et al., 2016; ARAÚJO et al., 2013; FERREIRA; CARVALHO, 2005). Assim, é ideal a utilização de doses específicas de nitrogênio para cada cultivar.

Aumento na produtividade e melhoria na qualidade de fibra de cultivares brancas foram obtidos com doses de nitrogênio variando entre 60 e 250 kg ha<sup>-1</sup> (STAMATIADIS et al., 2016; REIS JUNIOR et al., 2012; DEVKOTA et al., 2013). Nas cultivares coloridas BRS Verde e BRS Marrom, máxima produtividade foi obtida de fibra com doses de 240 e 300 kg ha<sup>-1</sup> de N, respectivamente (LIMA et al., 2006; ALVES et al., 2009). Esses trabalhos, no entanto, consideraram apenas a dose de eficiência física, desprezando o preço de venda do algodão e o custo do fertilizante nitrogenado.

Para que ocorra o retorno econômico, é necessário determinar a dose de máxima eficiência econômica, onde o aumento em produção é igual ao custo da utilização do fertilizante nitrogenado (RESENDE; COSTA, 2014; RAIJ, 1991). Doses acima da econômica não acarretam retorno econômico para o produtor. Assim, o objetivo do trabalho foi determinar a dose econômica de nitrogênio para quatro cultivares de algodão colorido no Nordeste Brasileiro, bem como a cultivar mais responsiva à adubação nitrogenada.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Instalação, condução e delineamento experimental

O experimento foi realizado em condições de campo na Fazenda Experimental Rafael Fernandes (5° 03' 37'' S; 37° 23' 50'' W; 72 m), pertencente à Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), localizada na zona rural de Mossoró - RN.

O clima da região, segundo a classificação climática de Köppen, é do tipo BSw<sup>h</sup>, tropical semiárido muito quente e com estação chuvosa ocorrendo no verão-outono, com temperatura média de 27,4 °C, precipitação pluviométrica anual muito irregular, com média de 673,9 mm (CARMO FILHO; OLIVEIRA, 1989).

O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico e de textura arenosa (Embrapa, 2013). Dois meses antes da instalação dos experimentos, foram coletadas amostras de solos na profundidade de 0-20 cm e caracterizadas física e quimicamente (Tabela 1).

Tabela 1. Caracterização físico-química do solo da área experimental onde foram instalados os experimentos nas safras 2016 e 2017, Mossoró-RN, 2018.

Safra	Areia	Silte	Arg.	pH	MO	P	K	Na	Ca	Mg	Al <sup>3+</sup>	H+Al
	kg kg <sup>-1</sup>			água	g kg <sup>-1</sup>	mg dm <sup>-3</sup>			cmol dm <sup>-1</sup>			
2016	0,90	0,02	0,08	4,40	7,52	3,0	27,1	8,0	0,40	0,30	0,15	1,49
2017	0,88	0,02	0,10	5,00	4,38	1,9	32,4	1,6	1,40	0,70	0,00	1,98

O solo foi preparado de forma convencional, com uma aração e uma gradagem, e corrigido quimicamente com calcário dolomítico, dois meses antes da semeadura. O fósforo foi disponibilizado na forma de superfosfato simples (18% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), aplicado de forma manual na cova da semeadura, abaixo das sementes. O potássio foi fornecido na forma de KCl (58% de K<sub>2</sub>O), aplicado por meio da água de irrigação e parcelado em quatro vezes iguais, juntamente com as doses de nitrogênio (RIBEIRO et al., 1999). Os micronutrientes foram



fornecidos por formação comercial contendo 2,1% de B, 0,36% de Cu, 2,66% de Fe, 2,48% de Mn, 0,036% de Mo, e 3,38% de Zn, na proporção de um quilograma em cada experimento, no surgimento dos botões florais, por meio da água de irrigação.

Adotou-se o sistema de irrigação localizado, do tipo gotejamento, com emissores espaçados a cada vinte centímetros e vazão de 1,5 litros por hora. A lâmina de água aplicada foi calculada segundo Allen et al. (1998).

Os dados meteorológicos (temperaturas mínima e máxima diária do ar, precipitação velocidade do vento e radiação solar) foram coletados da estação meteorológica automática, pertencente ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) de Mossoró-RN e estão apresentados na Figura 1.

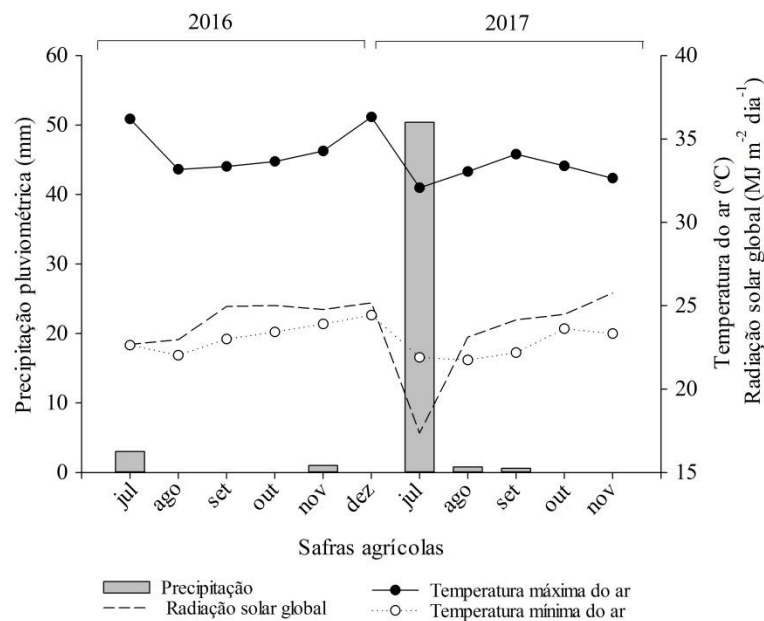


Figura 1. Precipitação pluviométrica, temperatura mínima e máxima do ar (°C) e radiação solar global incidente na superfície ( $R_g$ , MJ m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>) ocorridas durante o ciclo do algodão colorido nas safras de 2016 e 2017, Mossoró – RN, 2018.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso com parcelas subdivididas e quatro repetições. Nas parcelas principais, foram alocadas as doses de nitrogênio e nas subparcelas, as cultivares de algodão colorido. As unidades experimentais

possuíam 2,8 x 3,8 metros de comprimento, com quatro linhas de plantas, sendo duas linhas a área útil, totalizando 10,64 m<sup>2</sup>.

As doses de nitrogênio utilizadas foram 0 - 50 - 100 - 150 - 200 kg ha<sup>-1</sup>, disponibilizadas na forma de ureia (45% de N) e fornecidas às plantas por meio da água de irrigação. Cada dose foi parcelada em quatro vezes iguais, aplicadas na emergência, três folhas definitivas, no surgimento do botão floral e no início do florescimento.

As cultivares de algodão colorido utilizadas foram a BRS Verde, BRS Rubi, BRS Safira e BRS Topázio. A cultivar BRS Verde, de fibra verde, é originária do cruzamento entre Arkansas Green e CNPA 7H de fibra branca. A BRS Rubi e Safira, de fibra com tons avermelhados, originaram-se do cruzamento entre um material da Embrapa de fibra marrom-escuro com a CNPA 7H. A BRS Topázio, de fibra marrom-clara, originou-se do cruzamento entre as cultivares Suregrow 31 e Delta Opal e é considerada a de melhor qualidade de fibra entre as cultivares coloridas (CARVALHO et al., 2011).

A semeadura foi realizada nos dias 06/07/16 (1º safra) e 26/07/17 (2º safra), de forma manual, colocando-se três sementes por cova, na profundidade de três a cinco centímetros. A emergência ocorreu nos dias 10/07/16 e 30/07/17, respectivamente. O espaçamento utilizado foi de 0,7 x 0,2 m.

O desbaste foi realizado quando as plantas emitiram três folhas definitivas, removendo, por meio de arranquio manual, o excesso de plantas, deixando apenas uma planta por cova. O manejo fitossanitário foi realizado de acordo com a necessidade, mantendo as plantas livres de plantas daninhas, de pragas e doenças.

A colheita foi realizada manualmente quando os capulhos da metade inferior da planta estavam abertos, aproximadamente 100 dias após a emergência (DAE), se estendendo até a abertura de todos os capulhos. Colheram-se todas as plantas da área útil e os capulhos foram

avaliados nos laboratórios de fitotecnia da UFERSA, determinando-se as variáveis componentes de produção.

## 2.2 Variáveis avaliadas

Avaliou-se a característica de produtividade de algodão em caroço (PAC), determinada pela pesagem, em balança digital, da fibra com o caroço, convertida para  $\text{kg ha}^{-1}$ . A produtividade de fibra de algodão (PFA) foi determinada multiplicando-se a PAC (em  $\text{kg ha}^{-1}$ ) pela porcentagem de fibra (obtida no laboratório da Embrapa Algodão), expresso em  $\text{kg ha}^{-1}$ .

O teor de nitrogênio foliar (TN) foi determinado conforme metodologia descrita por Malavolta et al. (1997). Na safra de 2016, a folha diagnóstica foi coletada aos 56 DAE e em 2017 aos 64 DAE.

A dose técnica de nitrogênio (DT) foi determinada pela derivada das equações entre a produtividade e as doses de N que se ajustaram ao modelo quadrático. A dose econômica de nitrogênio (DE) foi calculada segundo Resende; Costa (2014) e Natale et al. (2011), tanto para algodão em caroço quanto para fibra de algodão. Para tanto, foi considerado o preço médio pago ao produtor por kg de algodão em caroço de R\$ 3,00 para BRS Verde e R\$ 2,50 para as demais cultivares. Para fibra de algodão, foi considerado R\$ 12,00 para BRS verde e R\$ 8,00 para as demais cultivares coloridas.

O custo do kg de nitrogênio, tendo como fonte a ureia, foi R\$ 3,55 em 2016 e 3,72 em 2017 (por kg do elemento). Devido às variações cambiais, utilizou-se a relação de troca em vez da moeda corrente. Assim, a “moeda” utilizada nos cálculos foi o algodão (em caroço ou em fibra), considerando-se a relação de troca: kg de nitrogênio aplicado/kg de algodão comercializado (em caroço ou em fibra).

Assim, a DE foi calculada com base na derivada da equação de regressão entre as doses de nitrogênio aplicadas e a produção de algodão (em caroço e fibra), tornando-a igual à relação de troca, ou seja:  $dy / dx = b + 2ax = \text{relação de troca}$ . A dose mais econômica ( $x'$ ) foi então calculada por:  $X' = (b - \text{relação de troca}) / 2(-a)$ . A fim de comparação, o dólar foi cotado a \$3,39 em junho de 2016 e \$3,11 em junho de 2017.

Calculou-se o aumento de produção decorrente da adubação nitrogenada, determinada por: produtividade do algodão com a DE – produtividade na dose zero. O custo do N foi calculado pela fórmula: (DE x preço do kg de N)/preço de venda do algodão. O lucro foi obtido por: aumento de produção – custo do N.

### **2.3 Análise estatística**

Os dados foram submetidos ao teste de normalidade dos erros e homogeneidade das variâncias dos tratamentos, Shapiro-Wilk e Bartlett, respectivamente, em cada variável. Os dados que não atenderam às pressuposições da análise de variância foram transformados pelo procedimento Box Cox no programa Action (Equipe Estatcamp, 2014).

Posteriormente, os dados foram submetidos à análise de variância em cada safra agrícola, por meio do programa SISVAR 5.4 (FERREIRA, 2011). Em seguida, procedeu-se à análise conjunta dos dados, quando eles atenderam aos critérios propostos por Pimentel Gomes (2009). Utilizaram-se análises de regressão para os dados quantitativos e o teste Tukey ( $p < 0,05$ ) para os qualitativos.

### 3 RESULTADOS

O teor de nitrogênio no tecido foliar foi influenciado pela interação dos fatores estudados (Figura 2A e 2B). Nas duas safras agrícolas, o aumento nas doses de nitrogênio aplicado ao solo ocasionou incrementos lineares nos teores de nitrogênio foliar em todas as cultivares de algodão.

A ausência de adubação nitrogenada proporcionou os menores teores de nitrogênio foliar nas duas safras agrícolas. Os teores máximos médios foram de 43 g kg<sup>-1</sup> na safra de 2016 (Figura 2A) e 40,6 g kg<sup>-1</sup> na safra 2017 (Figura 2B) com 200 kg ha<sup>-1</sup> de N.

A produtividade de algodão em caroço, na safra de 2016 (Figura 2C), em função das doses de N, ajustou-se ao modelo de regressão quadrático para cultivar Topázio e linear para Rubi, Safira e Verde. As máximas produtividades obtidas foram de 4.104,58 kg ha<sup>-1</sup> para Topázio na dose de 142 kg de N ha<sup>-1</sup> e de 3.260,75; 4.097,75 e 3.419,25kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente, para as cultivares Rubi, Safira e Verde.

Na safra de 2017 (Figura D), o ajuste para a produtividade de algodão em caroço foi quadrático para todas as cultivares. As máximas produtividades obtidas foram de 3.482,9 kg ha<sup>-1</sup> para Topázio na dose de 175 kg ha<sup>-1</sup> de N; 2.644,18 kg ha<sup>-1</sup> para Rubi na dose de 149 kg ha<sup>-1</sup> de N; 2.979,65 kg ha<sup>-1</sup> para Safira na dose de 176 kg ha<sup>-1</sup> de N; e 2.750,48 kg ha<sup>-1</sup> para Verde na dose de 154 kg ha<sup>-1</sup> N.

A produtividade de fibra de algodão, na safra de 2016 (Figura 2E), em função das doses de N, ajustou-se ao modelo de regressão quadrático para cultivar Topázio e linear para Rubi, Safira e Verde. As máximas produtividades obtidas foram 1.913,06 kg ha<sup>-1</sup> para Topázio na dose de 141kg ha<sup>-1</sup> de N e de 1.275,75, 1.542,0 e 963,5 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente, para as cultivares Rubi, Safira e Verde na dose de 200 kg ha<sup>-1</sup>.

Na safra de 2017 (Figura 2F), o ajuste para produtividade de fibra foi quadrático para Topázio, Rubi e Safira e linear para Verde. As máximas produtividades obtidas foram de

1.608,16 kg ha<sup>-1</sup> para Topázio na dose de 171 kg ha<sup>-1</sup>; 1.037,48 kg ha<sup>-1</sup> para Rubi na dose de 158 kg ha<sup>-1</sup>; 1.098,18 kg ha<sup>-1</sup> para Safira na dose de 173 kg ha<sup>-1</sup> e 756,25 kg ha<sup>-1</sup> para Verde na dose de 200 kg ha<sup>-1</sup> de N.

As cultivares responderam de forma diferente ao incremento de N no solo, tanto para a produção de algodão em caroço quanto para fibra de algodão. A cultivar BRS Topázio obteve maior produtividade (de caroço e de fibra) nas duas safras agrícolas e a BRS Verde teve os menores resultados produtivos. A BRS Rubi e Safira apresentaram resultados medianos.

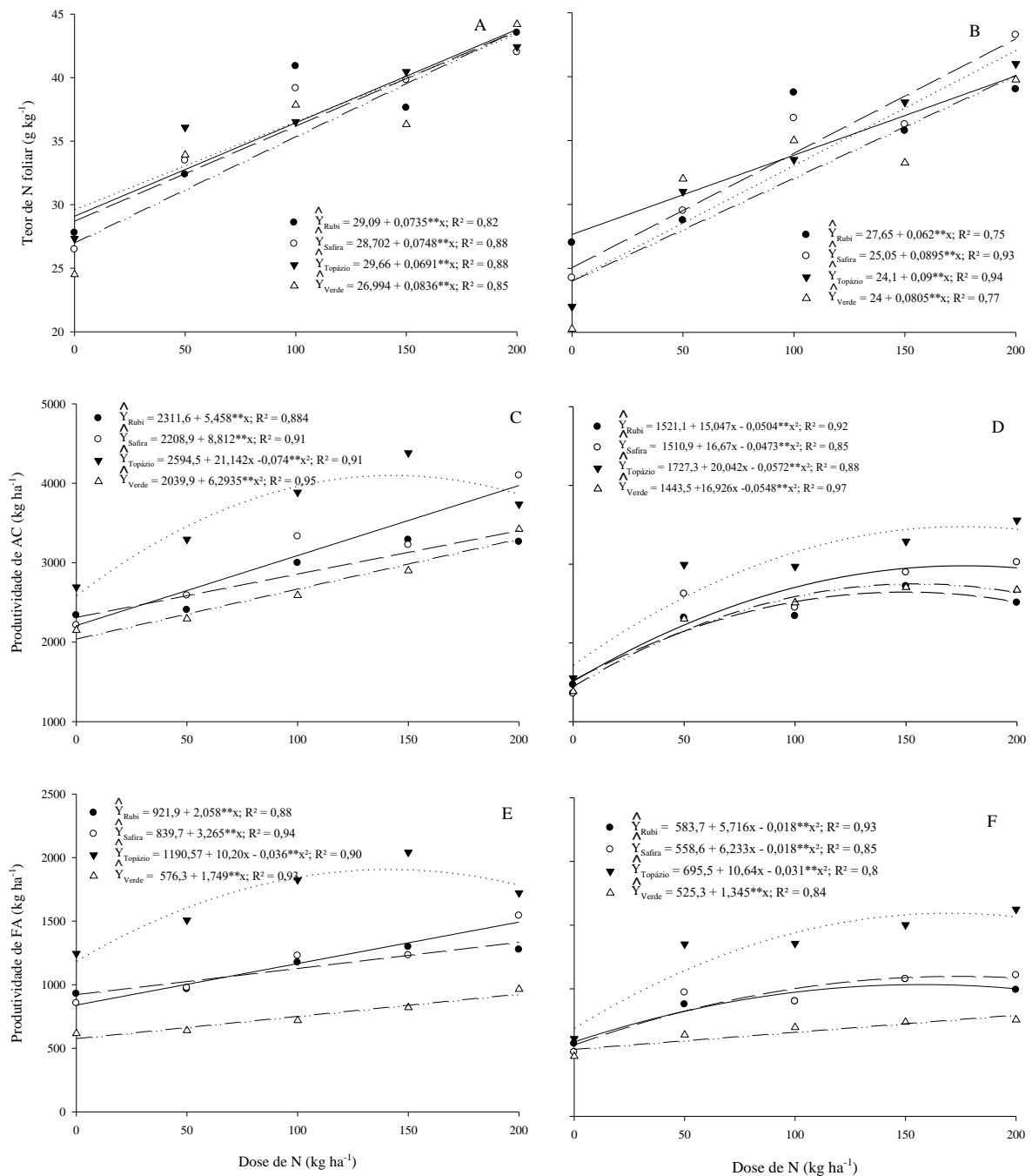


Figura 2. Teor de nitrogênio no tecido foliar (A e B), produtividade de algodão em caroço (C e D) e produtividade de fibra de algodão (E e F) de cultivares de algodão naturalmente colorido e doses de nitrogênio em duas safras agrícolas, 2016 (A, C e F) e 2017 (B, D e F), Mossoró – RN, 2018.

As doses de máxima eficiência técnica do nitrogênio obtidas acima não consideram o preço do nitrogênio, tampouco o preço de venda do algodão, limitando as informações aos caracteres técnicos (NATALE et al., 2011). Assim, utilizando a equação de regressão da

Figura 2C, para a cultivar Topázio ( $Y = 2.594,5 + 21,142x - 0,074x^2$ ), podemos calcular a dose de máxima eficiência econômica de nitrogênio para a produtividade de algodão em caroço:  $x' = (21,142 - 1,42) / 2 \cdot 0,074 = 133,2 \text{ kg ha}^{-1}$ .

O aumento de produção, decorrente da adubação nitrogenada, foi determinado por: produtividade de algodão com a DE – produtividade na dose zero de N ( $4.097,76 - 2.594,5 = 1.503,2 \text{ kg ha}^{-1}$  de algodão em caroço).

O custo do N, em  $\text{kg ha}^{-1}$  de algodão, foi determinado pela fórmula:  $(DE \times \text{preço do N}) / \text{preço de venda do algodão}$ . Substituindo, temos:  $(133,2 \times 3,55) / 2,50 = 189,2 \text{ kg ha}^{-1}$  de algodão.

O lucro, a partir da produção de algodão com a utilização do adubo nitrogenado, foi obtido por: aumento de produção – custo do nitrogênio ( $1.503,2 - 189,21 = 1.314,0 \text{ kg ha}^{-1}$  de algodão).

Utilizando a mesma metodologia, calculou-se a dose econômica de nitrogênio para as demais cultivares que se ajustaram ao modelo quadrático, nas duas safras agrícolas, para algodão em caroço e para fibra de algodão, além do aumento de produção, custo do nitrogênio e o lucro obtido com a aplicação do adubo nitrogenado (NATALLE et al., 2011; RESENDE; COSTA, 2014) (Tabela 2).



Tabela 2. Dose econômica de nitrogênio, aumento de produção, custo do nitrogênio, lucro e porcentagem da produção em relação à dose técnica para o algodoeiro naturalmente colorido submetido a doses de N, em duas safras agrícolas, 2016 e 2017, Mossoró-RN, 2018.

	Safra	Cultivar	Dose econômica	Aumento de produção	Custo do nitrogênio	Lucro	Produção
			(kg ha <sup>-1</sup> de N)	Kg algodão ha <sup>-1</sup>			%
Algodão em caroço	2016	BRS Topázio	133,2	1.503,2	189,2	1.314,0	99,8
		BRS Verde	143,1	1.299,9	177,4	1.122,5	99,7
	2017	BRS Safira	160,4	1.457,0	238,7	1.218,2	99,6
		BRS Rubi	134,5	1.112,2	200,2	911,2	99,5
		BRS Topázio	162,1	1.745,9	241,3	1.504,5	99,7
Fibra de algodão	2016	BRS Topázio	135,5	721,1	60,1	661,0	99,9
		BRS Safira	160,2	536,5	74,5	462,0	99,7
	2017	BRS Rubi	145,8	450,7	67,8	382,9	99,6
		BRS Topázio	164,1	911,2	76,31	834,8	99,9

## 4 DISCUSSÃO

As plantas de algodoeiro que se desenvolveram na ausência de nitrogênio apresentaram baixos teores de N tecido foliar, muito aquém dos teores considerados adequados para o algodoeiro (Figura 2A e 2B), que, segundo Ribeiro et al. (1999), se encontra entre 35 a 43 g kg<sup>-1</sup> de N.

O baixo teor de N no tecido foliar, com a ausência da adubação nitrogenada, estava aliado a sintomas visuais, como clorose foliar, baixa estatura das plantas, limbos foliares menores e menor número de capulhos por planta. Esses sintomas também foram verificados nas plantas submetidas à dose de 50 kg ha<sup>-1</sup> de N, porém com menor intensidade. A partir da dose de 100 kg ha<sup>-1</sup> de N, não foram observados sintomas visuais de deficiência de N, porém as plantas estavam com teores de N abaixo do ideal para a cultura (Figura 2B).

As doses de N acima de 100 kg ha<sup>-1</sup> proporcionaram teores de N dentro da zona de suficiência para todas as cultivares na safra de 2016. Porém, em 2017, apenas na dose de 200 kg ha<sup>-1</sup> as cultivares se encontraram com teores de N considerados adequados.

Menores teores de N no tecido foliar na ausência de adubação nitrogenada e na dose de 50 kg ha<sup>-1</sup> de N estão relacionados, além das baixas doses de N aplicadas, ao baixo teor de matéria orgânica no solo, que é a maior fonte de nitrogênio para as plantas (CARVALHO et al., 2006; FERREIRA; CARVALHO, 2005). Assim, quando o solo é pobre em matéria orgânica, como o da área experimental (Tabela 1), a adubação nitrogenada é importante para que as plantas produzam satisfatoriamente e ocorra incremento na produtividade (Figura 2).

Na safra de 2016, as plantas apresentaram maior teor de N no tecido foliar (Figura 2A) e maior produtividade de algodão em caroço e fibra de algodão (Figura 2C e 2E). Os resultados inferiores em 2017 (Figura 2B, 2D e 2F) podem se dever às diferenças climáticas ocorridas durante a condução do experimento, principalmente a precipitação (Figura 1), que, com maior intensidade em 2017, pode ter lixiviado o N aplicado para fora da zona de

absorção radicular das plantas, reduzindo sua absorção pelas plantas. Além disso, o solo apresentava menor teor de matéria orgânica em 2017 (Tabela 1), disponibilizando menos nitrogênio às plantas.

Para algumas das cultivares, principalmente na safra de 2016 (Tabela 2 e Figura 2), não foi possível determinar a dose de N de maior eficiência técnica nem a dose econômica de N, pois as doses aplicadas não foram suficientes para que as cultivares atingissem o ponto de máxima produtividade, necessitando de testar doses maiores.

Na safra de 2017, com exceção da BRS Verde, foi estimada a dose econômica de N para as demais cultivares. É importante salientar que as produtividades obtidas com as doses econômicas de N foram muito similares às doses técnicas, representando mais de 99% da máxima produtividade física, o que também foi encontrado por Natale et al. (2011) e Resende; Costa (2014).

A determinação da dose econômica de N tem importância em virtude da economia de fertilizante e mão de obra na aplicação, porém sem perda significativa na produtividade de algodão. Para as mesmas cultivares, foram obtidas doses econômicas de N diferentes nas duas safras agrícolas, o que pode se dever às diferenças nas condições climáticas (Figura 1) e à fertilidade do solo (Tabela 1) durante as duas safras. Maior precipitação, em 2017, pode ter ocasionado perdas de N amoniacal e, assim, menor eficiência na utilização do N pelas plantas (ROCHETTE et al., 2009; LORENSINI et al., 2012). Além disso, na safra de 2017, o menor teor de matéria orgânica e fósforo no solo pode ter limitado sua disponibilidade para as plantas.

A importância da adubação nitrogenada na produtividade do algodão naturalmente colorido fica evidente com o aumento na produtividade (Tabela 2), que variou de 1.112,2 a 1.745,9 kg ha<sup>-1</sup> para algodão em caroço e 450,7 a 911,2 kg ha<sup>-1</sup> para fibra de algodão, quando comparado aos tratamentos sem o uso de nitrogênio. Esses resultados demonstram que a

adubação nitrogenada é compensatória, visto que o uso de nitrogênio representou baixo custo de produção (Tabela 2), sendo necessários, em média, 209,4 kg ha<sup>-1</sup> de algodão para pagar os custos do N na produção de algodão em caroço e, em média, 69,64 kg ha<sup>-1</sup> de fibra para pagar o custo N na produção de fibra.

O baixo custo do N frente ao lucro alcançando com a comercialização do algodão viabiliza a aplicação de N nas lavouras de algodão colorido, pois as elevadas produtividades obtidas cobrem os custos e proporciona lucro ao produtor.

As cultivares apresentaram respostas diferentes quanto ao aumento nas doses de N aplicados no solo, com dose econômica diferente para cada cultivar. Esses resultados podem ser justificados pela maior ou menor eficiência das cultivares na absorção e utilização de nitrogênio nos processos fisiológicos (DUET al., 2016; ARAÚJO et al., 2013). Identificar essas diferenças e indicar uma dose ideal para cada cultivar reduz os custos de produção e ao mesmo tempo evita a contaminação ambiental com o excesso de N (FERREIRA; CARVALHO, 2005; SPIERTZ, 2010).

A cultivar BRS Topázio obteve elevada produtividade, com valor médio, das duas safras, de 3.793,74 kg ha<sup>-1</sup> de algodão em caroço e 1.760,61 kg ha<sup>-1</sup> de fibra de algodão, valores semelhantes ao obtido em nível nacional para as cultivares de fibra branca, são de 4.236 kg ha<sup>-1</sup> para algodão em caroço e 1.683 kg ha<sup>-1</sup> para fibra de algodão, segundo a Conab (2018). Com esses resultados, a Topázio se apresenta como uma opção satisfatória para plantio em grande escala, pois, além de alta produtividade, o valor pago pelo kg de fibra colorida é superior ao kg de algodão branco.

Os melhores resultados produtivos com a Topázio podem ser explicados devido a possuir material genético mais selecionado para produtividade, pois deriva do cruzamento de uma cultivar de fibra branca altamente produtiva, a Delta Opal (BELTRÃO, 2003). A Topázio é considerada, dentre as cultivares de fibra colorida, a que possui melhor qualidade e

maior produtividade de fibra. As demais cultivares, com menores produtividades, derivam de cruzamentos de cultivares de fibra colorida, com pouca seleção genética para características de qualidade e produtividade de fibra (CARVALHO et al., 2011) e, assim, com menor resposta a adubação nitrogenada.

As cultivares Verde, Rubi e Safira não apresentaram produtividades tão elevadas, porém não podem ser desprezadas, visto que também possuem alto valor agregado na fibra, com destaque para a cultivar de fibra verde, além de resistência a estresse hídrico. Assim, essas cultivares têm potencial, e com programas de melhoramento podem se tornar mais produtivas e responsivas às novas técnicas de cultivo.

## 5 CONCLUSÕES

Maior produtividade de algodão naturalmente colorido pode ser obtida utilizando as doses econômicas de 140 kg ha<sup>-1</sup>N para as cultivares Rubi e Verde, 150 kg ha<sup>-1</sup> N para a Topázio e 160 kg ha<sup>-1</sup>N para a Safira.

Maior produtividade foi alcançada com a cultivar Topázio e menor, com a cultivar Verde.

## REFERÊNCIAS

- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 300 p. (FAO Irrig. and Drain. Paper, n. 56).
- ALVES, W. W. A.; AZEVEDO, C. A. V.; DANTAS NETO, J.; SOUSA, J. T.; LIMA, V. L. A. Águas residuárias e nitrogênio: efeito na cultura do algodão marrom. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Pombal, v.4, n.1, p.16-23, 2009.
- ARAÚJO, E. de O; CAMACHO, M. A.; VINCENSI, M. M. Nitrogen use efficiency by cotton varieties. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 36, n. 1, p. 10-16, 2013.
- BELTRÃO, N. E. M. **Escolha de uma cultivar de algodão herbáceo para a agricultura familiar**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2003. 3p. (Embrapa Algodão. Comunicado Técnico, 201).
- CARMO FILHO, F.; OLIVEIRA, O. F. **Mossoró: um município do semiárido: caracterização climática e aspecto florístico**. Mossoró: UFERSA, 1989. 62 p. (Coleção Mossoroense, 672, série B).
- CARVALHO, L. P.; ANDRADE, F. P.; SILVA FILHO, J. L. Cultivares de algodão colorido no Brasil. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, v. 15, n. 1, p. 37-44, 2011.
- CARVALHO, M. C. S.; LEANDRO, W. M.; FERREIRA, A. C. B.; BARBOSA, K. A. **Sugestão de adubação nitrogenada do algodoeiro para o estado de Goiás com base em resultados de pesquisa**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2006. 5p. (Embrapa Algodão. Comunicado Técnico, 268).
- CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira de grãos. V. 5 - Safra 2017/18- N. 11 - Décimo primeiro levantamento, Brasília, p. 1-148, agosto 2018.
- CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. Proposta de preços mínimos - Safra 2013/2014: produtos da safra de verão. 2013. p.161.
- DEVKOTA, M.; MARTIUS, C.; LAMERS, J. P. A.; SAYRE, K. D.; DEKOTA, K. P.; VLEK, P. L. G. Tillage and nitrogen fertilization effects on yield and nitrogen use efficiency of irrigated cotton. **Soil & Tillage Research**, v. 134, p. 72–82, 2013.
- DONG, H.; KONG, X.; LI, W.; TANG, W.; ZHANG, D. Effects of plant density and nitrogen and potassium fertilization on cotton yield and uptake of major nutrients in two fields with varying fertility. **Field Crops Research**, v. 119, p. 106–113, 2010.
- DU, X.; CHEN, B.; ZHANG, Y.; ZHAO, W.; SHEN, T., ZHOU, Z.; MENG, Y. Nitrogen use efficiency of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) asinfluenced by wheat–cotton cropping systems. **European Journal of Agronomy**, v. 75, p. 72-79, 2016.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Coleção de Algodão colorido da Embrapa “Opção de emprego e renda na agricultura familiar do Rio Grande do Norte”. Campina Grande, PB: Embrapa Algodão. 2010. 2p.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 3. ed. rev. amp. Brasília: Embrapa, 2013. 353 p.

EQUIPE ESTATCAMP (2014). Software Action. Estatcamp- Consultoria em estatística e qualidade, São Carlos - SP, Brasil. URL <http://www.portalaction.com.br/>.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

FERREIRA, G. B.; CARVALHO, M. C. S. **Adubação do algodoeiro no cerrado**: Com resultados de pesquisa em Goiás e Bahia. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2005. 71p. Documentos, 138.

GUARATINI, C. C. I.; ZANONI, M. V. B. Corantes têxteis. **Química Nova**, São Paulo, v. 23, p. 71-78, 2000.

LIMA, M. M.; AZEVEDO, C. V.; BELTRÃO, N. E. M.; LIMA, V. L. A.; NASCIMENTO, M. B. H.; FIGUEIRÊDO, I. C. M. Níveis de adubação nitrogenada e bioestimulante na produção e qualidade do algodão BRS Verde. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 10, n. 3, p. 619–623, 2006.

LORENSINI, F. CERETTA, C. A.; GIROTTO, E.; CERINI, J. B.; LOURENZI, C. R.; CONTI, L.; TRINDADE, M. M.; MELO, G. W.; BRUNETTO, G. Lixiviação e volatilização de nitrogênio em um Argissolo cultivado com videira submetida à adubação nitrogenada. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n. 7, p. 1173-1179, 2012.

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

NATALE, W.; ROZANE, D. E.; PRADO, R. M.; ROMUALDO, L. M.; SOUZA, H. A.; HERNANDES, A. Dose econômica de calcário na produtividade de caramboleiras. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 33, n. 4, p. 1294-1299, 2011.

PEIXOTO, F.; MARINHO, G.; RODRIGUES, K. Corantes têxteis: uma revisão. **Holos**, Natal, v. 5, p. 98-106, 2013.

PIMENTEL GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 15. ed. Piracicaba: FEALQ, p. 451, 2009.

QUEIROGA, V. P.; CARVALHO, L. P.; CARDOSO, G. D. **Cultivo do algodão colorido orgânico na região semi-árido do nordeste brasileiro**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2008. 50p. (Embrapa Algodão. Documentos, 204).

RAIJ, B. **Fertilidade do solo e adubação**. Campinas: Ceres, 1991.



REIS JUNIOR, R. A.; SILVA, D. R. G.; ÁVILA, F. W.; ÁVILA, P. A. de; SOARES, D. de A.; FAQUIN, V. Productivity and agronomic efficiency of cotton plants in response to nitrogen and sulfur supply. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 7, n. 4, p. 555-561, 2012.

RESENDE, G. M.; COSTA, N. D. Dose econômica de nitrogênio na produtividade e armazenamento de cultivares de cebola. **Horticultura Brasileira**, Recife, v. 32, p. 357-362, 2014.

RIBEIRO, A. C. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5<sup>a</sup>. Aproximação**. Comissão de Fertilidade do solo do estado de Minas Gerais, 1999.

ROCHETTE, P.; ANGERS, D. A.; CHANTIGNY, M. H.; MACDONALD, J. D.; GASSER, M-O.; BERTRAND, N. Reducing ammonia volatilization in a no-till soil by incorporating urea and pig slurry in shallow bands. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, n. 84, p. 71-80, 2009.

SPIERTZ, J. H. J. Nitrogen, sustainable agriculture and food security. A review. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 30, p. 43-55, 2010.

STAMATIADIS, S.; TSADILAS, C.; SAMARAS, V.; SCHEPERS, J. S.; ESKRIDGE, K. Nitrogen uptake and N-use efficiency of Mediterranean cotton under varied deficit irrigation and N fertilization. **European Journal of Agronomy**, v. 73, p. 144–151, 2016.

## ARTIGO II

### VIABILIDADE ECONÔMICA DO CULTIVO DE ALGODÃO NATURALMENTE COLORIDO ADUBADO COM NITROGÊNIO EM CONDIÇÕES SEMIÁRIDAS

#### RESUMO

A adubação nitrogenada proporciona aumento na produtividade do algodão, porém, se utilizada em excesso pode elevar os custos de produção, assim é importante conhecer a dose de nitrogênio que proporciona os melhores resultados econômicos no algodoeiro. O objetivo do trabalho foi determinar o custo de produção e os itens que mais oneram o processo produtivo do algodão colorido, além da cultivar e da dose de nitrogênio que possibilita maior rentabilidade para o algodão naturalmente colorido. O Experimento foi realizado na Fazenda Experimental da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, em 2016 e 2017, utilizando-se cinco doses de nitrogênio (0, 50, 100, 150 e 200 kg ha<sup>-1</sup> de N) e quatro cultivares de algodão colorido (BRS Safira, BRS Rubi, BRS Topázio e BRS Verde), em condições semiáridas. Foram discriminados os custos de produção de um hectare de algodão colorido e calculado, para algodão em caroço e fibra de algodão, a renda bruta, renda líquida, taxa de retorno e índice de lucratividade. São necessários, em média, R\$ 4.320,8 para produção de um hectare de algodão colorido. Os itens que mais oneram o custo de produção, em ordem de importância, são mão de obra e fertilizantes. Maior rentabilidade pode ser obtida com as doses de 150; 170; 180 e 190 kg ha<sup>-1</sup> de N para as cultivares Topázio, Rubi, Verde e Safira, respectivamente. Melhores resultados econômicos foram obtidos com a cultivar Topázio e resultados inferiores com a cultivar Rubi. Maior renda bruta e renda líquida são obtidas com a comercialização do algodão colorido em fibra.

**Palavras chave:** *Gossypium hirsutum* L., análise econômica, custo de produção, renda líquida.

**ECONOMIC FEASIBILITY OF NATURALLY COLORED COTTON  
CULTIVATION NITROGEN FERTILIZED IN SEMIARID CONDITIONS**

**ABSTRACT**

Nitrogen fertilization provides an increase in cotton yield, but if used in excess can raise production costs, so it is important to know the nitrogen dose that provides the best economic results in cotton. The objective of this work was to determine the cost of production and the items that most affected the production process of colored cotton, besides the cultivar and the dose of nitrogen that allows greater profitability for naturally colored cotton. The experiment was carried out at the Experimental Farm of the Federal Rural Semi-Arid University, in 2016 and 2017, using five nitrogen doses (0, 50, 100, 150 and 200 kg ha<sup>-1</sup> of N) and four cotton cultivars (BRS Safira, BRS Rubi, BRS Topázio and BRS Verde) in semi-arid conditions. The production costs of one hectare of colored cotton and the gross income, net income, rate of return and profitability index were calculated for cotton in stone and cotton fiber. An average of R\$ 4,320.8 is required to produce one hectare of colored cotton. The items that most cost the production, in order of importance, are labor and fertilizers. Higher profitability can be obtained with doses of 150; 170; 180 and 190 kg ha<sup>-1</sup> of N for Topázio, Rubi, Verde and Safira, respectively. Better economic results were obtained with the cultivar Topázio and inferior results with the cultivar Rubi. Higher gross income and net income are obtained with the commercialization of colored cotton in fiber.

**Keywords:** *Gossypium hirsutum* L., economic analysis, cost of production, net income.

## 1 INTRODUÇÃO

Em qualquer propriedade agrícola, conhecer e administrar os custos de produção é de grande relevância para o produtor rural, pois permite identificar os itens que oneram o processo produtivo e, assim, poder minimizá-los (RICHETTI, 2007; RICHETTI, 2008). Cada sistema de produção apresenta suas particularidades quanto à estrutura dos custos de produção (área plantada, nível tecnológico, emprego de mão de obra, tipos de máquinas, etc.).

O cultivo do algodão naturalmente colorido tem como principais características o emprego de mão de obra familiar e ausência de tecnologias, como adubação e irrigação (QUEIROGA et al., 2008). Situação inversa ocorre no cultivo de algodão de fibra branca, no qual se utiliza muita tecnologia, chegando a zerar o custo com mão de obra e os itens que mais oneram o processo produtivo são, em ordem de importância, agrotóxicos e fertilizantes (CONAB, 2016).

O baixo nível tecnológico aplicado no algodão colorido, sem a utilização de irrigação, fertilizantes e maquinários, ocasiona baixa produtividade (CONAB, 2013; QUEIROGA et al., 2008; EMBRAPA, 2010) e aumento nos custos de produção, principalmente pelo elevado uso de mão de obra. O emprego da adubação nitrogenada no algodoeiro, por meio da água de irrigação, poderia aumentar a produtividade da cultura, como ocorre no algodão branco.

O aumento na produtividade para o algodoeiro colorido é um objetivo a ser alcançado, porém é preciso saber se esse e outros investimentos são compensatórios do ponto de vista econômico. Assim, o objetivo do trabalho foi determinar o custo de produção e os itens que mais oneram o processo produtivo do algodão colorido, além da cultivar e da dose de nitrogênio que possibilita maior rentabilidade no cultivo do algodão naturalmente colorido.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Instalação, condução e delineamento experimental

O experimento foi realizado em condições de campo na Fazenda Experimental Rafael Fernandes (5° 03' 37'' S; 37° 23' 50'' W; 72 m), pertencente à Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), localizada na zona rural de Mossoró - RN.

O clima da região, segundo a classificação climática de Köppen, é do tipo BSw<sup>h</sup>, tropical semiárido muito quente e com estação chuvosa ocorrendo no verão-outono, com temperatura média de 27,4 °C, precipitação pluviométrica anual muito irregular, com média de 673,9 mm (CARMO FILHO; OLIVEIRA, 1989).

O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico e de textura arenosa (EMBRAPA, 2013). Dois meses antes da instalação dos experimentos, foram coletadas amostras de solos na profundidade de 0-20 cm e caracterizadas física e quimicamente (Tabela 1).

Tabela 1. Caracterização físico-química do solo da área experimental onde foram instalados os experimentos nas safras 2016 e 2017, Mossoró-RN, 2018.

Safra	Areia	Silte	Arg.	pH	MO	P	K	Na	Ca	Mg	Al <sup>3+</sup>	H+Al
	kg kg <sup>-1</sup>			água	g kg <sup>-1</sup>	mg dm <sup>-3</sup>			cmol dm <sup>-1</sup>			
2016	0,90	0,02	0,08	4,40	7,52	3,0	27,1	8,0	0,40	0,30	0,15	1,49
2017	0,88	0,02	0,10	5,00	4,38	1,9	32,4	1,6	1,40	0,70	0,00	1,98

O solo foi preparado de forma convencional, com uma aração e uma gradagem, e corrigido quimicamente com calcário dolomítico dois meses antes da semeadura. O fósforo foi disponibilizado na forma de superfosfato simples (18% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), aplicado de forma manual, na cova da semeadura, abaixo das sementes. O potássio foi fornecido na forma de KCl (58% de K<sub>2</sub>O), aplicado por meio da água de irrigação e parcelado em quatro vezes

iguais, juntamente com as doses de nitrogênio (RIBEIRO et al., 1999). Os micronutrientes foram fornecidos por formulação comercial contendo 2,1% de B, 0,36% de Cu, 2,66% de Fe, 2,48% de Mn, 0,036% de Mo, e 3,38% de Zn, na proporção de um quilograma em cada experimento, no estágio de surgimento dos botões florais, por meio da água de irrigação.

Adotou-se o sistema de irrigação localizado, do tipo gotejamento, com emissores espaçados a cada vinte centímetros e vazão de 1,5 L por hora. A lâmina de água aplicada foi calculada segundo Allen et al. (1998).

Os dados meteorológicos (temperaturas mínima e máxima diária do ar, precipitação velocidade do vento e radiação solar) foram coletados da estação meteorológica automática, pertencente ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) de Mossoró-RN e apresentados na Figura 1.

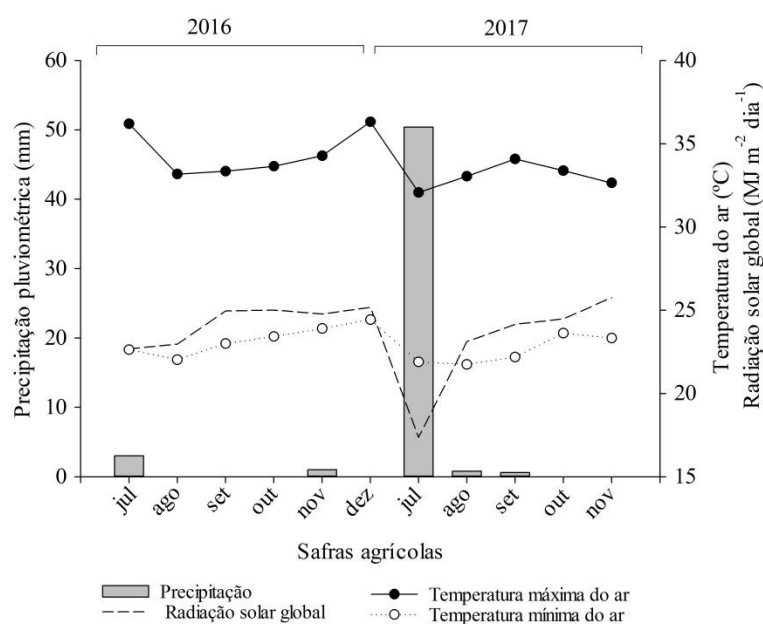


Figura 1. Precipitação pluviométrica, temperatura mínima e máxima do ar (°C) e radiação solar global incidente na superfície ( $R_g$ ,  $\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$ ) ocorridas durante o ciclo do algodão colorido nas safras de 2016 e 2017, Mossoró – RN, 2018.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso com parcelas subdivididas e quatro repetições. Nas parcelas principais, foram alocadas as doses de

nitrogênio e nas subparcelas, as cultivares de algodão colorido. As unidades experimentais possuíam 2,8 x 3,8 metros de comprimento, com quatro linhas de plantas, sendo duas linhas a área útil, totalizando 10,64 m<sup>2</sup>.

As doses de nitrogênio utilizadas foram 0 - 50 - 100 - 150 - 200 kg ha<sup>-1</sup>, disponibilizadas na forma de ureia (45% de N) e fornecidas às plantas por meio da água de irrigação. Cada dose foi parcelada em quatro vezes iguais, aplicadas na emergência, três folhas definitivas, no surgimento do botão floral e no início do florescimento.

As cultivares de algodão colorido utilizadas foram a BRS Verde, BRS Rubi, BRS Safira e BRS Topázio. A cultivar BRS Verde, de fibra verde, é originária do cruzamento entre Arkansas Green e CNPA 7H de fibra branca. A BRS Rubi e Safira, de fibra com tons avermelhados, originaram-se do cruzamento entre um material da Embrapa de fibra marrom-escuro com a CNPA 7H. A BRS Topázio, de fibra marrom-clara, originou-se do cruzamento entre as cultivares Suregrow 31 e Delta Opal e é considerada a de melhor qualidade de fibra entre as cultivares coloridas (CARVALHO et al., 2011).

A semeadura foi realizada nos dias 06/07/16 (1º safra) e 26/07/17 (2º safra), de forma manual, colocando-se três sementes por cova na profundidade de três a cinco centímetros. A emergência ocorreu nos dias 10/07/16 e 30/07/17, respectivamente. O espaçamento utilizado foi de 0,7 x 0,2 m.

O desbaste foi realizado quando as plantas emitiram três folhas definitivas, removendo, por meio de arranquio manual, o excesso de plantas, deixando apenas uma planta por cova. O manejo fitossanitário foi realizado de acordo com a necessidade, mantendo as plantas livres de plantas daninhas, de pragas e doenças.

A colheita foi realizada manualmente quando os capulhos da metade inferior da planta estavam abertos, aproximadamente 100 dias após a emergência (DAE), se estendendo até a abertura de todos os capulhos. Colheram-se todas as plantas da área útil para determinação da

produtividade de algodão em caroço, pesando-se a massa de algodão colhido, convertendo para  $\text{kg ha}^{-1}$  (Tabela 2), e produtividade de fibra, determinada pela multiplicação da produtividade de algodão em caroço pela porcentagem de fibra (determinada por amostras de fibras enviadas ao laboratório da Embrapa Algodão, no aparelho HVI, High Volume Instrument), convertidos para  $\text{kg ha}^{-1}$  (Tabela 3).

Tabela 2. Produtividade média de algodão em caroço para quatro cultivares de algodão colorido irrigado com cinco doses de nitrogênio em duas safras agrícolas, 2016 e 2017, no semiárido brasileiro, Mossoró-RN, 2018.

Doses de N ( $\text{kg ha}^{-1}$ )	Produtividade de algodão em caroço ( $\text{kg ha}^{-1}$ )			
	Safr 2016			
	BRS Verde	BRS Rubi	BRS Safira	BRS Topázio
0	2.149,0	2.338,0	2.213,2	2.694,0
50	2.292,5	2.404,0	2.586,2	3.295,2
100	2.586,5	2.996,7	3.329,7	3.886,2
150	2.898,7	3.287,5	3.223,2	4.382,7
200	3.419,2	3.260,7	4.094,7	3.736,5
Safr 2017				
0	1.382,0	1.466,5	1.355,7	1.554,5
50	2.302,0	2.317,5	2.622,5	2.995,0
100	2.509,0	2.339,7	2.446,2	2.970,0
150	2.704,2	2.717,7	2.894,7	3.290,0
200	2.670,5	2.509,2	3.021,0	3.556,7

Tabela 3. Produtividade média de fibra para quatro cultivares de algodão colorido irrigado com cinco doses de nitrogênio em duas safras agrícolas, 2016 e 2017, no semiárido brasileiro, Mossoró-RN, 2018.

Doses de N ( $\text{kg ha}^{-1}$ )	Produtividade de fibra de algodão ( $\text{kg ha}^{-1}$ )			
	Safr 2016			
	BRS Verde	BRS Rubi	BRS Safira	BRS Topázio
0	616,50	927,75	854,25	1245,50
50	639,00	964,50	975,00	1508,75
100	717,50	1173,25	1228,00	1824,75
150	819,50	1297,75	1232,00	2042,00
200	963,50	1275,75	1542,00	1721,75
Safr 2017				
0	469,75	569,00	503,00	609,50
50	638,75	877,75	970,00	1351,50
100	696,25	901,75	902,00	1356,50
150	738,25	1075,25	1077,00	1502,75
200	756,25	991,50	1107,25	1624,75



Visando à composição dos custos de produção, utilizou-se a modalidade de terceirização do beneficiamento da fibra, no qual a empresa beneficiadora fica com 20% de toda a pluma beneficiada e o produtor fica com 80% (QUEIROGA et al., 2008). Assim, para calcular o custo de produção para fibra de algodão, foram descontados da produtividade de fibra (Tabela 2) 20% do valor.

## 2.2 Variáveis analisadas

Estimaram-se os custos de produção de um hectare de algodão colorido com aplicação de diferentes doses de nitrogênio via água de irrigação, em duas safras agrícolas (2016 e 2017), calculados e analisados ao final de cada ciclo produtivo, adaptando-se a metodologia proposta pela Conab (2010).

Os gastos considerados na análise contemplaram custos variáveis – despesas de custeio da lavoura (aluguel de máquinas, mão de obra, sementes, fertilizantes, agrotóxicos e outras), despesas administrativas, assistência técnica, imposto territorial rural (ITR), despesas financeiras (juros do financiamento), custos fixos – depreciação e manutenção periódica de benfeitorias/instalações e renda de fatores – remuneração esperada sobre o capital fixo.

As despesas administrativas e a assistência técnica corresponderam, respectivamente, aos percentuais de 3 e 2% sobre o total do custeio da lavoura. Considerou-se o mínimo a ser pago de ITR em um ano agrícola (R\$ 10,00), utilizando a Equação 1:

$$ITR (R\$ ha^{-1}) = \text{valor do ITR (R\$)} \times \left( \frac{\text{ciclo da cultura (dias)}}{365} \right) \quad (1)$$

Os juros do financiamento decorreram dos recursos necessários ao custeio da lavoura, com taxa de juros conforme a época de liberação ou de utilização do capital (taxa de 7,49% ano<sup>-1</sup>, juros cobrados em 2016 e 2017), calculados conforme Equação 2.

$$Juros (R\$ ha^{-1}) = valor\ do\ custeio\ (R\$ ha^{-1}) \times \left( \frac{ciclo\ da\ cultura\ (dias)}{365} \right) \times 7,49\% \quad (2)$$

Para o cálculo da depreciação das benfeitorias/instalações, dimensionou-se um sistema de irrigação para um hectare de algodão colorido, para o qual são necessários 14.285 metros de fitas gotejadoras de polietileno de baixa densidade, com emissores espaçados em 0,20 m e diâmetro nominal de 16 mm (valor do bem novo = R\$ 0,27 m<sup>-1</sup>), além de tubos e conexões em PVC (valor do bem novo = R\$ 2.986,50). A vida útil da fita gotejadora foi considerada de dois anos e a dos tubos e conexões, dezesseis anos (CUNHA et al., 2012). Dessa forma, a depreciação do sistema de irrigação foi mensurada pela Equação 3:

$$Depreciação\ (R\$ ha^{-1}) = \left( \frac{valor\ do\ bem\ novo\ (R\$ ha^{-1})}{vida\ útil\ do\ bem\ (dias)} \right) \times ciclo\ da\ cultura\ (dias) \quad (3)$$

A manutenção do sistema de irrigação e das instalações mostra-se essencial para maior vida útil e eficiência de uso da irrigação, prolongando a vida útil do bem. Assim, calculou-se a manutenção do sistema de irrigação com taxa de manutenção de 1%, por meio da Equação 4:

$$Manutenção\ (R\$ ha^{-1}) = valor\ do\ bem\ novo\ (R\$ ha^{-1}) \times \left( \frac{ciclo\ da\ cultura\ (dias)}{365} \right) \times 1\% \quad (4)$$

A remuneração esperada do capital fixo imobilizado pelo produtor é outro fator de composição do custo fixo da produção. A Conab (2010) entende que o investimento do

produtor deve ser remunerado e utiliza o percentual de 6% ao ano como a taxa de retorno, como se o capital fosse aplicado em outro investimento alternativo (Equação 5):

$$\text{Remuneração (R\$ ha}^{-1}\text{)} = \text{valor do bem novo (R\$ ha}^{-1}\text{)} \times \left( \frac{\text{ciclo da cultura(dias)}}{365} \right) \times 6\% \quad (5)$$

De posse desses dados e dos gastos para a implantação, manutenção, colheita e beneficiamento da lavoura de algodão, elaboraram-se planilhas com o custo de produção para cada dose de nitrogênio aplicada, as quais serviram de base para determinar a renda bruta (RB), renda líquida (RL), taxa de retorno (TR) e índice de lucratividade (IL) para algodão em caroço e fibra de algodão.

A RB do algodão em caroço foi calculada por meio do valor pago ao produtor pelo quilo de algodão em caroço (R\$ 3,00 para o de fibra verde e R\$ 2,50 para as demais tonalidades) multiplicado pela produtividade, expresso em reais. O cálculo da RB para fibra de algodão foi obtido por meio do valor pago ao produtor por quilo de fibra (R\$ 12,00 para o de fibra verde e R\$ 8,00 para as demais tonalidades) multiplicado pela produtividade de fibra. Os valores pagos pelo algodão em caroço e pela fibra foram os mesmos nas duas safras.

A RL foi calculada por meio da diferença entre a RB e os custos totais (CT) de produção, envolvidos na produção do algodão em caroço ou fibra. A TR foi determinada por meio da divisão RB pelos CT, correspondendo ao capital obtido para cada real aplicado no cultivo do algodão. O índice de lucratividade (IL) consistiu na relação entre a RL e a RB, expresso em porcentagem ( $IL = RL/CT \times 100$ ). Para termos de comparação, o preço do dólar era de R\$ 3,39 em junho de 2016 e R\$ 3,11 em 2017.

### 2.3 Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância em cada safra agrícola (2016 e 2017) por meio do programa SISVAR 5.4 (FERREIRA, 2011). Posteriormente, realizou-se análise conjunta dos dados, quando eles atenderam aos critérios propostos por Pimentel Gomes (2009). Utilizaram-se análises de regressão para os dados quantitativos e o teste Tukey ( $p < 0,05$ ) para os qualitativos.

### **3 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

#### **3.1 Custos de produção do algodão colorido irrigado e adubado com nitrogênio**

Os custos totais para o cultivo de um hectare de algodão colorido, sem considerar a mão de obra de colheita e o valor do N, foram de R\$ 4.120,1 em 2016 e de R\$ 4.521,6 em 2017 (Tabela 4). Desse total, em média, 78,6% representam os custos variáveis e 17,9% os custos fixos. No Irã, os custos variáveis com algodão branco representaram 67% e os custos fixos 33% dos custos totais de produção (ZAHEDI et al., 2014).

Os custos totais de produção do algodoeiro foram maiores na safra de 2017, o que se deve ao aumento no valor da diária/homem (que passou de R\$ 40,00 em 2016 para R\$ 50,00 em 2017), ao valor dos fertilizantes, variável de acordo com a cotação do dólar, e ao aumento na incidência de pragas, doenças e plantas daninhas, devido ao aumento no volume de chuvas em 2017 (Figura 1), elevando os gastos com agrotóxicos e mão de obra para aplicação.

Dos custos variáveis, o custeio da lavoura representou 72,1% do custo total de produção, tendo a mão de obra representado 30,3%, fertilizantes 24,2%, agrotóxicos 7,4%, o aluguel de máquinas 5,1% e sementes 4,8%. Não foram quantificados nitrogênio e mão de obra empregada na colheita.

No cultivo do algodão BRS Verde irrigado na Paraíba, Brasil, os custos com mão de obra representaram cerca de 35,1% do custo operacional total (despendidos com mão de obra nas operações de tratos culturais, fitossanitários e colheita) e 50,4% são despendidos com insumos, valor elevado, que, segundo os autores, se deveu ao alto custo da energia elétrica e dos agroquímicos (KOURI et al., 2005).

No cultivo de algodão branco em Barreiras, BA, na safra 2016/17, os custos variáveis representam 61,96% do custo total da lavoura, sendo que os itens que mais contribuem no

custo de produção são os agrotóxicos (40,3%), fertilizantes (22,1%), sementes (9,3%) e operação com máquinas (6,5%). Por sua vez, o custo com mão de obra é zero, devido à alta tecnificação da lavoura (CONAB, 2016).

Em regiões produtoras de algodão, como a Turquia, os custos com mão de obra são elevados, representando 24,8% dos custos totais, porém é baixo no Irã, 3,7% (YILMAZ et al., 2005; ZAHEDI et al., 2014). Outros itens, como os “custos de maquinário” (diesel, reparo, depreciação e juros), pesticidas e fertilizantes representam 24,6; 10,8; e 5,5% do custo de produção, respectivamente (YILMAZ et al., 2005). O alto custo de mão de obra na Turquia se deve à colheita manual.

Os custos totais de produção aumentam quando adicionamos o custo do fertilizante nitrogenado e o custo da colheita. Para produzir um hectare de algodão colorido aplicando 200, 150, 100, 50 e 0 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, em 2016, foram necessários, respectivamente, R\$ 5.671,2, R\$ 5.653,4, R\$ 5.435,6, R\$ 5.177,8 e R\$ 4.520,1 e em 2017 foram R\$ 5.881,5, R\$ 5.694,9, R\$ 5.608,2 e R\$ 4.821,6, respectivamente (final da Tabela 4). Com esse novo cenário, os custos com mão de obra passam a representar, em média, 53,5% dos custos em 2016 e 50,1% em 2017.

A mão de obra representa mais de 50% dos custos de produção, o que se deve ao fato de o cultivo do algodoeiro naturalmente colorido não ser mecanizado e as principais etapas do processo produtivo, como semeadura, controle fitossanitário e colheita, serem realizados manualmente. No entanto, no contexto da agricultura familiar, esses gastos são retidos pelo produtor, pois representam a auto-remuneração da mão de obra, retornando, assim, ao produtor como pagamento pelo seu trabalho.

O fertilizante nitrogenado, quando adicionado aos custos totais de produção, representa 12,6; 9,5; 6,5; 3,4 e 0%, para as doses de 200, 150, 100, 50 e 0 kg ha<sup>-1</sup> de N, respectivamente. Diante do alto custo representado pela mão de obra, o fertilizante

nitrogenado tem pequena participação nos custos de produção do algodoeiro, porém tem grande participação no aumento de produtividade (Tabela 2 e 3), o que demonstra sua relevância no cultivo do algodoeiro colorido.

Baixa representatividade do fertilizante nitrogenado nos custos de produção do algodão branco também foi relatada por Zahediet et al. (2014) no Irã, responsável por 16,5% de toda a energia consumida no cultivo (utilizou-se 115 kg ha<sup>-1</sup> de N). Assim, o emprego de tecnologias que reduzam a mão de obra, como aplicação da adubação de fundação por meio da fertirrigação e colheita mecanizada ou com mão de obra familiar, reduz os custos, possibilitando o investimento em adubação nitrogenada.

Tabela 4. Custos de produção para produção de um hectare de algodão naturalmente colorido irrigado com cinco doses de nitrogênio em duas safras agrícolas, 2016 e 2017, no semiárido brasileiro, Mossoró-RN, 2018.

Discriminação	unid.	Safrá 2016		Safrá 2017	
		Quant	R\$	Quant	R\$
I – Despesas de custeio da lavoura					
1 – Aluguel de máquinas					
Aração e gradagem e distribuição do calcário	h	2	220,0	2	220,0
2 – Mão de obra					
Montagem do sistema de irrigação	diária	3	120,0	3	150,0
Semeadura manual	diária	5	200,0	5	250,0
Irrigação e fertirrigação	H	151	256,7	151	256,7
Pulverizações (inset., acaric.)	diária	4	160,0	3	150,0
Adubação fosfatada	diária	5	200,0	5	250,0
Capina manual	diária	6	240,0	8	400,0
3 – Sementes					
Semente de algodão colorido	kg	26,4	211,2	26,4	211,2
4 – Fertilizantes					
Calcário	kg	950	180,5	950	190,0
Cloreto de potássio	kg	100	156,0	100	160,0
Superfosfato simples	kg	444,4	533,3	444,4	533,3
Micronutrientes	kg	2	170,0	2	170,0
5 – Agrotóxicos					
Acaricida (Abamex)	l	1	50,0	1	50,0
Inseticida (Actara)	g	100	80,9	100	80,9
Inseticida (Connect)	l	1	130,0	2	260,0
6 – Outros					
Análise de solo	unid.	1	35,0	1	35,0
Subtotal (A)			2.943,6		3.367,1

II – Outras despesas		
7 - Despesas administrativas (3% do custeio da lavoura)	86,3	101,02
8 - Assistência técnica (2% do custeio da lavoura)	56,8	67,3
9 - Imposto territorial rural (R\$ 10,00 ano <sup>-1</sup> )	3,6	3,4
Subtotal (B)	153,8	171,8
III – Despesas Financeiras		
10 – Juros do financiamento (7,49% ano <sup>-1</sup> )	80,3	87,0
Subtotal (C)	80,3	87,0
<b>Custo Variável (A+B+C=D)</b>	<b>3.174,8</b>	<b>3.626,0</b>
IV - Depreciações (E)		
11 - Depreciação de instalações*	770,7	730,1
Subtotal (E)	770,7	730,1
V – Outros Custos Fixos		
12 - Manutenção de instalações (1% ano <sup>-1</sup> )	24,9	23,6
Subtotal (F)	24,9	23,6
<b>Custo Fixo (E + F = G)</b>	<b>795,6</b>	<b>753,8</b>
Custo Operacional (D + G = H)	3.970,5	4.379,8
VI – Renda de Fatores		
13 - Remuneração sobre o capital fixo (6% ano <sup>-1</sup> )	149,6	141,7
Subtotal (I)	149,6	141,7
<b>Custo total (H + I = J)</b>	<b>4.120,1</b>	<b>4.521,6</b>

Dose	Custo N**		Custo da colheita		Custo total***	
	2016	2017	2016	2017	2016	2017
200	711,1	746,6	840,0	650,0	<b>5.671,2</b>	<b>5.918,2</b>
150	533,3	559,9	1.000,0	800,0	<b>5.653,4</b>	<b>5.881,5</b>
100	355,5	373,3	960,0	800,0	<b>5.435,6</b>	<b>5.694,9</b>
50	177,7	186,6	880,0	900,0	<b>5.177,8</b>	<b>5.608,2</b>
0	0	0	400,0	300,0	<b>4.520,1</b>	<b>4.821,6</b>

\*14.285 m de mangueira de polietileno de baixa densidade, com emissores espaçados em 0,20 m e diâmetro nominal de 16 mm (vida útil de dois anos; valor do bem novo R\$ 0,27 m<sup>-1</sup>); tubos e conexões em PVC (vida útil de 16 anos; valor do bem novo R\$ 2.986,50). \*\*Em 2016, o preço da ureia era de R\$1,60 e em 2017, RS 1,68.

\*\*\* custo total de produção= custo da dose de N aplicada + custo de colheita em cada dose.

A redução da dose de nitrogênio, apesar de diminuir o custo de produção, ocasiona decréscimo na produtividade da cultura (Tabela 2 e 3). O aumento na quantidade de N ocasiona maiores produtividades, demonstrando que os gastos com a adubação nitrogenada podem ser compensados com o aumento em produtividade e, conseqüentemente, aumento do lucro do produtor.

### 3.2 Índices econômicos para a produção de algodão em caroço



Maiores renda bruta e renda líquida foram obtidas na safra de 2016 (Figura 2A e 2C), na qual se obteve maior produtividade de algodão em caroço (Tabela 2).

A renda bruta, na safra de 2016 (Figura 2A), se ajustou ao modelo de regressão quadrática para Topázio e linear para Rubi, Safira e Verde. Máxima renda bruta de R\$ 10.281,1 foi obtida com a dose de 143 kg ha<sup>-1</sup> de N na Topázio e R\$ 8.508,3, R\$ 9.934,1 e R\$ 9,896,1 na dose de 200 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio para as cultivares Rubi, Safira e Verde, respectivamente.

A renda bruta, para todas as cultivares na safra de 2017 (Figura 2B), se ajustou ao modelo de regressão quadrática, e máxima renda bruta de R\$ 6.610,7, R\$ 7.455,6, R\$ 8.708,1 e R\$ 8.261,5 por hectare foi obtida nas doses de 149; 176; 175 e 154 kg ha<sup>-1</sup> de N, respectivamente, para Rubi, Safira, Topázio e Verde.

A renda líquida, na safra de 2016 (Figura 2C), se ajustou ao modelo de regressão quadrática para as cultivares Topázio e Verde e linear para as cultivares Rubi e Safira. Máximas rendas líquidas de R\$ 1.619,6, R\$ 4.086,8 e R\$ 3.704,0 por hectare foram obtidas com 200 kg ha<sup>-1</sup> de N para Rubi, Safira e Verde, respectivamente, e R\$ 4.626,5 na dose de 135 kg ha<sup>-1</sup> de N para Topázio.

A renda líquida, na safra de 2017 (Figura 2D), se ajustou ao modelo de regressão quadrática para Rubi, Topázio e Verde e linear para a Safira. Máxima renda líquida de R\$ 682,8, R\$ 1.893,2, R\$ 2.781,3 e R\$ 2.327,1 por hectare foi obtida nas doses de 143; 200; 180 e 152 kg ha<sup>-1</sup> de N, respectivamente.

A renda bruta e renda líquida foram menores na safra de 2017, isso porque a produtividade de algodão foi menor nessa safra (Tabela 2 e 3). A menor produtividade na safra de 2017 pode ter estar ligada à perda de nitrogênio devido à lixiviação (LUCENA et al., 2013), visto que mais da metade do N foi aplicada nos primeiros 30 dias após a semeadura e grande volume de chuva ocorreu nesse período (Figura 1). Assim, as plantas podem ter

absorvido menor quantidade de N. A perda de N pode ter sido facilitada devido à textura do solo ser arenosa (Tabela 1) e, segundo Fey et al. (2010), a perda de nitrogênio está correlacionada negativamente com o teor de argila no solo.

A renda líquida, além de ser menor em 2017, foi negativa entre a dose zero e 50 kg ha<sup>-1</sup> para todas as cultivares, principalmente Rubi e Safira. Isso ocorreu porque, mesmo na ausência de adubação nitrogenada (dose zero), os custos de produção são elevados devido às tecnologias empregadas, como fertilizantes, irrigação e controle fitossanitário (Tabela 4). Assim, ao empregar essas tecnologias, é necessário alcançar produtividades elevadas, para cobrir os custos de produção.

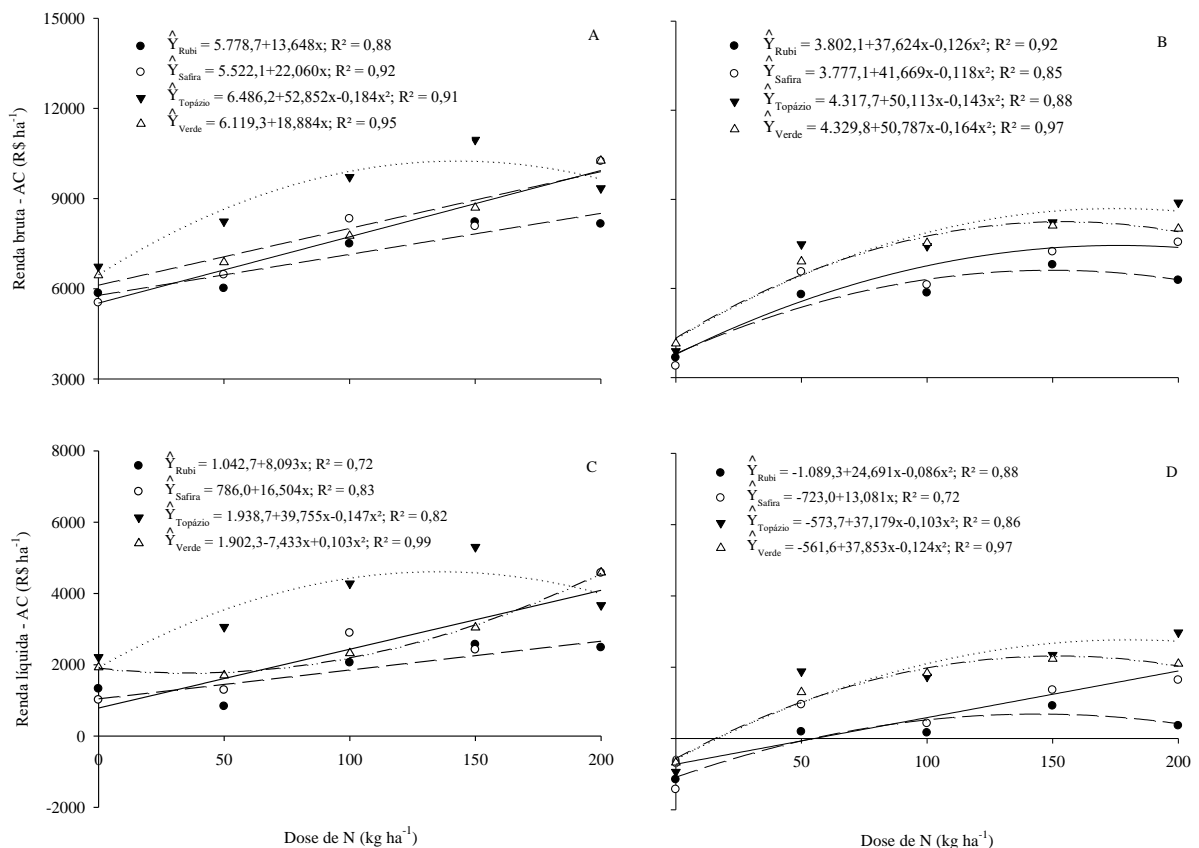


Figura 2. Renda bruta (A - 2016 e B - 2017) e renda líquida (C - 2016 e D - 2017) da comercialização de algodão em caroço (AC) adubado com doses de nitrogênio em duas safras agrícolas para quatro cultivares de algodão colorido naturalmente, Mossoró-RN, 2018.

As menores produtividades alcançadas em 2017 comprometeram a rentabilidade do algodoeiro naturalmente colorido, pois o emprego de tecnologias como a irrigação localizada, correção e adubação do solo ocasiona aumento nos custos de produção. Khor; Feike (2017) também afirmaram que a irrigação por gotejamento em regiões áridas da China contribui para o aumento na produtividade por permitir a aplicação de fertilizante e água simultaneamente, apresentando, porém, alto custo de manutenção, devendo-se buscar produtividades elevadas para compensar o investimento.

Maiores retorno e lucratividade do capital investido no cultivo do algodoeiro naturalmente colorido foram obtidos na safra de 2016 (Tabela 5). Em ambas as safras, a cultivar Topázio, seguida da Verde, proporcionou maior retorno do capital investido e maior lucratividade. Menor TR e IL foram obtidas com Rubi e Safira. Kouri et al. (2005), ao trabalhar com a cultivar BRS Verde irrigada na Paraíba, encontraram resultados semelhantes, obtendo índice de lucratividade de 29,6%.

Tabela 5. Taxa de retorno (TR) e índice de lucratividade (IL) na comercialização de algodão em caroço naturalmente colorido e irrigado com doses de nitrogênio em duas safras agrícolas, Mossoró-RN, 2018.

Cultivar	TR		IL	
	2016	2017	2016	2017
Rubi	1,34 c	1,00 b	34,47 c	0,71 b
Safira	1,44 cb	1,09 b	44,77 cb	9,04 b
Topázio	1,69 a	1,26 a	69,07 a	26,91 a
Verde	1,50 b	1,22 a	50,58 b	22,92 a

Letras iguais nas colunas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

### **3.3 Índices econômicos para a produção de fibra de algodão naturalmente colorido**

Maiores renda bruta e renda líquida da comercialização da fibra de algodão naturalmente colorido foram obtidas na safra de 2016 (Figura 3A e 3B). A renda bruta, na

safra de 2016 (Figura 3A), se ajustou ao modelo de regressão quadrática para a cultivar Topázio e linear para Rubi, Safira e Verde. Máxima renda bruta de R\$ 12.235,0 por hectare foi obtida na dose de 141 kg ha<sup>-1</sup> de N para cultivar Topázio e R\$ 9.136,0, R\$ 9.553,7 e R\$ 8.888,9 por hectare com a dose de 200 kg ha<sup>-1</sup> de N para as cultivares Rubi, Safira e Verde, respectivamente.

A renda bruta, na safra de 2017 (Figura 3B), foi ajustada ao modelo de regressão quadrática para todas as cultivares. Máxima renda bruta de R\$ 6.516,0, R\$ 6.776,6, R\$ 10.182,6 e R\$ 7.329,0 por hectare foi obtida com as doses de 140; 158; 152 e 162 kg ha<sup>-1</sup> de N nas cultivares Rubi, Safira, Topázio e Verde, respectivamente.

A renda líquida, na safra de 2016 (Figura 3C), se ajustou ao modelo de regressão quadrática para a cultivar Topázio e Verde e linear para Rubi e Safira. Máxima renda líquida de R\$ 6.602,8 por hectare foi obtida na dose de 135 kg ha<sup>-1</sup> de N na cultivar Topázio e R\$ 2.688,8, R\$ 3.707,6 e R\$ 3.595,8 por hectare nas cultivares Rubi, Safira e Verde, respectivamente.

A renda líquida, na safra de 2017 (Figura 3D), se ajustou ao modelo de regressão quadrática para as cultivares Rubi e Topázio e linear para Safira e Verde. Máxima renda líquida de R\$ 2.744,8 e R\$ 4.247,8 por hectare foi obtida com as doses 132 e 149 kg ha<sup>-1</sup> de N nas cultivares Rubi e Topázio, respectivamente, e R\$ 2.829,4 e R\$ 1.693,6 por hectare com a dose de 200 kg ha<sup>-1</sup> de N nas cultivares Safira e Verde.

Na safra de 2017, a renda líquida, além de ser inferior àquela obtida em 2016, apresentou faturamento negativo quando não se utilizou adubação nitrogenada até 100 kg ha<sup>-1</sup> de N para as cultivares Rubi, Safira e Verde. Apenas a Topázio teve faturamento positivo em todas as doses utilizadas (Figura 3D).

A renda bruta com o algodão branco em Barreira – BA, safra 2016/17, foi de R\$ 5.649,03 e a renda líquida foi de R\$ 3.348,77 (CONAB, 2016). Echer et al. (2010) também

aferiram que a renda bruta e renda líquida na comercialização da fibra branca em Mato Grosso foram, em média, R\$ 6.952,29 e R\$ 3.285,47 por hectare, respectivamente. Para o algodão colorido, a renda bruta foi até superior, em alguns casos, à renda com o algodão branco, porém a renda líquida é quase sempre menor, pois muito do lucro do algodão colorido é gasto com pagamento de mão de obra, tendo em vista que o cultivo não é mecanizado.

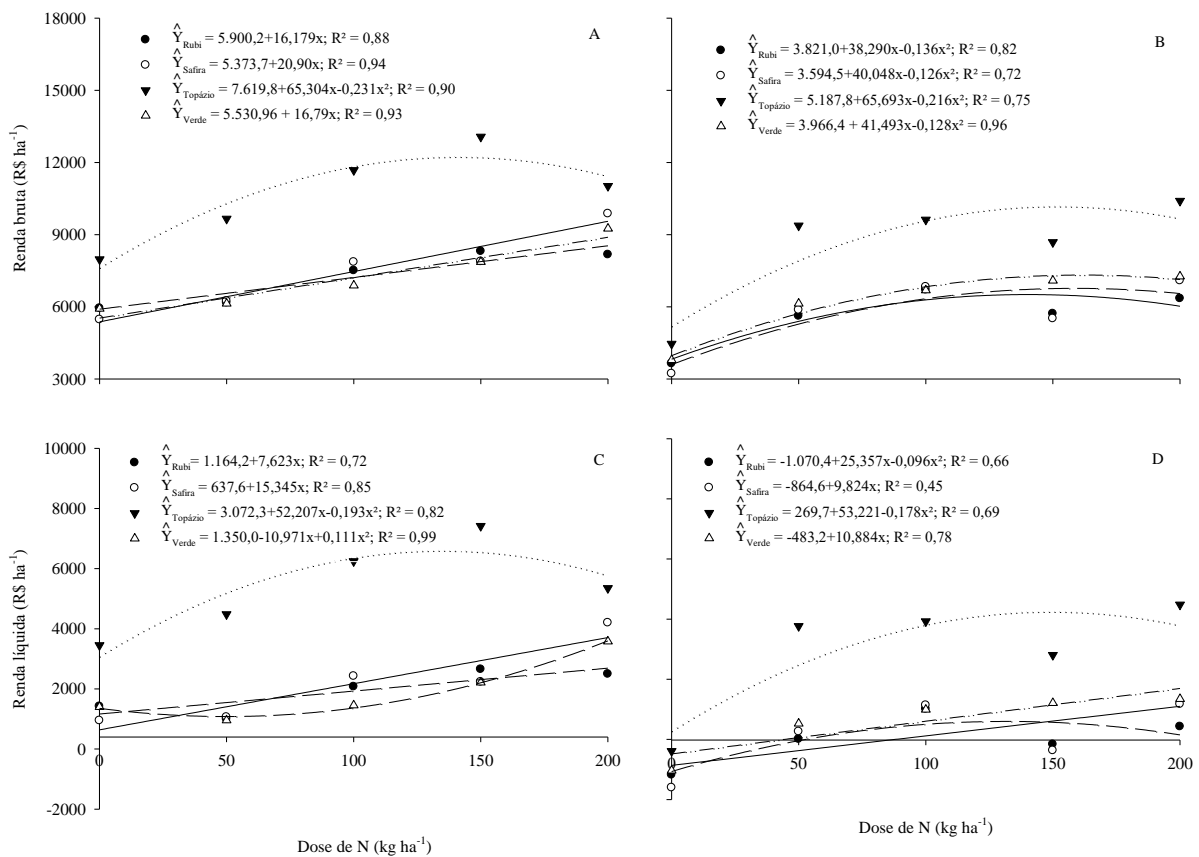


Figura 3. Renda bruta (A - 2016 e B - 2017) e renda líquida (C - 2016 e D - 2017) da comercialização de fibra de algodão naturalmente colorido irrigado com doses de nitrogênio em duas safras agrícolas, Mossoró-RN, 2018.

Maiores lucratividade e retorno econômico do capital investido na produção de fibra de algodão naturalmente colorido foram obtidos na safra de 2016 (Tabela 6). A cultivar Topázio proporcionou maior retorno econômico e maior rentabilidade, nas duas safras agrícolas. As cultivares Rubi, Safira e Verde obtiveram baixo retorno econômico e menor lucratividade.

Tabela 6. Taxa de retorno (TR) e Índice de lucratividade (IL) da comercialização de fibra de algodão naturalmente colorido irrigado com doses de nitrogênio em duas safras agrícolas, Mossoró-RN, 2018.

Cultivar	TR		IL	
	2016	2017	2016	2017
Rubi	1,35 b	0,99 b	35,92 b	-0,44 b
Safira	1,39 b	1,00 b	39,90 b	0,94 b
Topázio	2,00 a	1,50 a	100,63 a	50,45 a
Verde	1,35 b	1,09 b	35,65 b	9,68 b

Médias seguidas por letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Para todos os índices econômicos estudados (renda bruta, renda líquida, taxa de retorno e índice de lucratividade), os melhores resultados foram obtidos quando se comercializou a fibra de algodão e não o algodão em caroço (Figura 2 e Figura 3). Porém, na safra de 2017, a comercialização da fibra ocasionou prejuízo quando se utilizou doses de N entre zero e 100 kg ha<sup>-1</sup>. Além da possível perda de N pelo excesso de chuva (Figura 1), o beneficiamento da fibra (20% da fibra são deixados como pagamento) influenciou nos resultados negativos.

O investimento em tecnologias – como irrigação localizada, adubação e correção do solo – só é compensatório se possibilitar elevadas produtividades, as quais cubram os custos de produção, e a adubação nitrogenada tem grande papel nesse cenário, pois a utilização da dose correta permite elevar a produtividade da cultura.

#### 4 CONCLUSÕES

São necessários, em média, R\$ 4.320,8 para o cultivo de um hectare de algodão naturalmente colorido (sem contabilizar a mão de obra de colheita e as doses de N).

Os itens que mais oneram o custo de produção de algodão naturalmente colorido são, em ordem de importância, mão de obra e fertilizantes.

Maior rentabilidade com o cultivo do algodoeiro naturalmente colorido pode ser obtida com as doses de 150; 170; 180 e 190 kg ha<sup>-1</sup> de N para as cultivares Topázio, Rubi, Verde e Safira.

Melhores resultados econômicos foram obtidos com a cultivar Topázio e resultados inferiores foram obtidos com a cultivar Rubi.

Maior renda bruta e renda líquida são obtidas com a comercialização do algodão colorido em fibra.

## REFERÊNCIAS

- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 300 p. (FAO Irrig. and Drain. Paper, n. 56).
- CARMO FILHO, F.; OLIVEIRA, O. F. **Mossoró: um município do semiárido: caracterização climática e aspecto florístico**. Mossoró: UFERSA, 1989. 62 p. (Coleção Mossoroense, 672, série B).
- CARVALHO, M. DA C. S. **Adubação de cobertura do algodoeiro cultivado em condições de sequeiro na região do cerrado**. Campina Grande, PB: Embrapa Algodão, 2007. 6p. (Comunicado Técnico, 347).
- CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Compêndio de Estudos Conab / Companhia Nacional de Abastecimento. – v. 1 (2016- ). - Brasília: Conab, 2016.**
- CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Proposta de preços mínimos – Safra2013/2014: produtos da safra de verão. 2013. p.161.**
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Custos de produção agrícola: a metodologia da CONAB. Brasília: CONAB, p.60, 2010.**
- CUNHA, J. L. O.; PORDEUS, R. V.; SILVA JUNIOR, M. J.; PONTES, F. S. T.; AZEVEDO, C. A. V. Impactos econômicos da depreciação de sistemas de irrigação por gotejamento nos custos de produção agrícola. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 8, n. 15, p. 1008-1020, nov. 2012.
- ECHER, F. R.; FOLONI, J. S. S.; CRESTE, J. E. Fontes de potássio na adubação de cobertura do algodoeiro I – Produtividade, qualidade de fibras e análise econômica. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 30, suplemento 1, p. 1135-1144, 2009.
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Coleção de Algodão colorido da Embrapa “Opção de emprego e renda na agricultura familiar do Rio Grande do Norte”**. Campina Grande, PB: Embrapa Algodão. 2010. 2p.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos. 3. ed. rev. amp. Brasília: Embrapa, 2013. 353 p.**
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.
- FEY, R.; ZOZ, T.; STEINER, F.; RICHART, A.; BRITO, O. R. Leaching of nitrogen in column in regarding soil particle size. Nitrogen in column in regarding soil particle size. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 11, n. 2, p. 181-185, 2010.
- KHOR, L. Y.; FEIKE, T. Economic sustainability of irrigation practices in arid cotton production. **Water Resources and Economics**, v. 20, p. 40–52, 2017.



KOURI, J.; CARVALHO, L. P.; AZEVEDO, D. M. P. A.; SOUSA, S. L. Análise dos custos de produção de algodão de fibras coloridas sob regime de irrigação, no estado da Paraíba. In: V Congresso Brasileiro de Algodão: Algodão, uma fibra natural, 2005. Salvador, Brasil. Anais...Salvador, 2005, 6p.

LUCENA, L. R. F.; DANTAS, J. A.; MEDEIROS, A. A.; ROSA FILHO, E. F. A lixiviação de fertilizantes nitrogenados na zona não saturada superior do aquífero Barreiras-área da Bacia do Rio Catu-RN. **Águas Subterrâneas**, São Paulo, v. 27, n. 1, p. 79-91, 2013.

PIMENTEL GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 15. ed. Piracicaba: FEALQ, p. 451, 2009.

QUEIROGA, V. P.; CARVALHO, L. P.; CARDOSO, G. D. **Cultivo do Algodão Colorido Orgânico na Região Semi-Árida do Nordeste Brasileiro**, 2008. 49p. (Embrapa Algodão. Documentos, 204).

RIBEIRO, A. C. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª. Aproximação**. Comissão de Fertilidade do solo do estado de Minas Gerais, 1999.

RICHETTI, A. Estimativa do custo de produção de algodão, safra 2007/08, para Mato Grosso do Sul e Mato Grosso. Dourados, MS: Embrapa Agropecuária Oeste, 2007. 14p. (Comunicado Técnico, 136).

RICHETTI, A. Estimativa do Custo de Produção de Algodão, Safra 2008/09, para Mato Grosso do Sul e Mato Grosso. Dourados, MS: Embrapa Agropecuária Oeste, 2008. 14p. (Comunicado Técnico, 149).

YILMAZ, I.; AKCAOZ, H.; OZKAN, B. Ananalysis of energy use and input costs for cotton production in Turkey. **Renewable Energy**, v. 30, p. 145–155, 2005.

ZAHEDI, M.; ESHGHIZADEH, H. R.; MONDANI, F. Energy use efficiency and economical analysis in cotton production system in an arid region: A case study for Isfahan Province, Iran. **International Journal of Energy Economics and Policy**, v. 4, n. 1, p. 43-52, 2014.

## ARTIGO III

### EFICIÊNCIA NO USO DE NITROGÊNIO POR CULTIVARES DE ALGODÃO NATURALMENTE COLORIDO EM REGIÃO SEMIÁRIDA

#### RESUMO

O conhecimento sobre a eficiência do uso de nitrogênio no algodoeiro colorido permite o correto manejo dos fertilizantes nitrogenados, otimizando o rendimento e minimizando a degradação ambiental. O objetivo do trabalho foi avaliar a eficiência no uso de N e determinar o acúmulo de matéria seca e nitrogênio por cultivares de algodão naturalmente coloridas submetidas à adubação nitrogenada no semiárido brasileiro. O experimento foi realizado em condição de campo, na Fazenda Experimental da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, em 2016 e 2017. O delineamento experimental foi em blocos casualizados com parcelas subdivididas e quatro repetições. Na parcela principal, casualizou-se cinco doses de nitrogênio (0, 50, 100, 150 e 200 kg ha<sup>-1</sup>) e nas subparcelas, quatro cultivares de algodão colorido (BRS Safira, BRS Rubi, BRS Topázio e BRS Verde). As características avaliadas foram o acúmulo de matéria seca e de nitrogênio, eficiência agrônômica, de recuperação, agrofisiológica e fisiológica no uso de nitrogênio e índice de colheita. O nitrogênio acumulado no algodoeiro colorido é direcionado, em ordem decrescente, para sementes (56,3%), folhas (29%), caule (10,6%) e fibras (3,8%). A eficiência agrônômica e a eficiência de recuperação de N decrescem com aumento nas doses de N. A cultivar BRS Topázio é a mais responsiva à adubação nitrogenada, com maior produção de massa seca, maior acúmulo de N, maior eficiência no uso do N e maior índice de colheita. A cultivar Verde é a menos responsiva à adubação nitrogenada, com menor produção de massa seca, menor acúmulo de N e menor eficiência agrônômica e agrofisiológica no uso do N.

**Palavras chave:** *Gossypium hirsutum* L., Eficiência de recuperação, Acúmulo de matéria seca.

## EFFICIENCY IN THE USE OF NITROGEN BY NATURALLY COLORED COTTON CULTIVARS IN THE SEMI-ARID REGION

### ABSTRACT

The knowledge about the efficiency of nitrogen use in colored cotton allows the correct management of nitrogen fertilizers, optimizing yield and minimizing environmental degradation. The objective of this work was to evaluate the efficiency in the use of N and determine the accumulation of dry matter and nitrogen by naturally colored cotton cultivars submitted to nitrogen fertilization in the Brazilian semi-arid region. The experiment was carried out in field condition, at the Experimental Farm of the Federal Rural University of the Semi-Arid, in 2016 and 2017. The experimental design was randomized blocks, with subdivided plots and four replications. In the main plot, five nitrogen doses (0, 50, 100, 150 and 200 kg ha<sup>-1</sup>) were randomized and four cotton cultivars (BRS Safira, BRS Rubi, BRS Topázio and BRS Verde) were used in the subplots. The evaluated characteristics were the accumulation of dry matter and nitrogen, agronomic, recovery, agrophysiological and physiological efficiency in the use of nitrogen and harvest index. Nitrogen accumulated in the colored cotton is directed, in descending order, to seeds (56.3%), leaves (29%), stem (10.6%) and fibers (3.8%). Agronomic efficiency and N recovery efficiency decrease with increasing N rates. The cultivar BRS Topázio is the most responsive to nitrogen fertilization, with higher dry mass production, higher N accumulation, higher efficiency in the use of N and higher harvest index. The cultivar Verde is less responsive to nitrogen fertilization, with lower dry mass production, lower N accumulation and lower agronomic and agrophysiological efficiency in the use of N.

**Keywords:** *Gossypium hirsutum* L., recovery efficiency; Dry matter accumulation.

## 1 INTRODUÇÃO

O algodão naturalmente colorido é um produto com grande apelo ambiental, pois dispensa o processo de tingimento das fibras, evitando o lançamento de efluentes químicos e tóxicos no meio ambiente (SANTOS et al., 2012; OLIVEIRA; FILHO, 2005). No entanto, o cultivo do algodão colorido é restrito principalmente à região nordeste do Brasil, cultivado com baixa tecnologia, sem uso de irrigação e fertilizantes, resultando em baixas produtividades.

Para que o algodoeiro naturalmente colorido se torne uma opção de cultivo em outras regiões do país e em grandes áreas, é importante estabelecer tecnologias adequadas para seu cultivo e, dentre essas, determinar a dose de nitrogênio ideal para cada cultivar é de grande importância, na medida em que o nitrogênio é o nutriente mais extraído e exportado pela cultura do algodoeiro (CARVALHO; FERREIRA, 2006) e está relacionado ao aumento de produtividade (LIMA et al., 2006; ALVES et al., 2009; REIS JUNIOR et al., 2012; DEVKOTA et al., 2013; STAMATIADIS et al., 2016).

O conteúdo de nitrogênio acumulado no algodoeiro é importante, na medida em que a produtividade de fibra está relacionada positivamente com o acúmulo de nitrogênio na planta (DONG et al., 2010), com a tendência de absorver mais nitrogênio do solo quando aumenta sua disponibilidade, armazenando-o em estruturas reprodutivas (WEI et al., 2012). No entanto, altas doses de nitrogênio ocasionam excessivo desenvolvimento vegetativo e redução da produtividade, da porcentagem de fibra (CARVALHO et al., 2006) e da eficiência do uso de nitrogênio (LI et al., 2017a; 2017b; ROCHESTER et al., 2009; ROCHESTER, 2011; DEVKOTA et al., 2013; DU et al., 2016).

A eficiência do uso de nitrogênio (EUN) é definida como a razão entre o produto colhido (grãos, fibras ou matéria seca) e a dose do nitrogênio aplicado (FAGERIA, 1998; FAGERIA; BALIGAR, 2005; STAMATIADIS et al., 2016). Em culturas anuais, a eficiência

de recuperação de nutrientes é considerada baixa, em média de 50% para o N, 10% para o P e de 40% para o K (BALIGAR; BENNETT, 1986). No algodoeiro, a eficiência de recuperação de nitrogênio varia de 17,8% (DU et al., 2016), 32,9% (LI et al., 2017b), 49% (LOU et al., 2018), 57% (ARAÚJO et al., 2013) e 70% (YANG et al., 2013).

A determinação da EUN no algodoeiro colorido é uma abordagem importante para avaliar o destino de fertilizantes nitrogenados aplicados e sua importância na produtividade de fibra colorida. Diante do exposto, o objetivo do trabalho foi avaliar a eficiência no uso de N e determinar o acúmulo de matéria seca e nitrogênio por cultivares de algodão naturalmente coloridas submetidas à adubação nitrogenada no semiárido brasileiro.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Instalação, condução e delineamento experimental

O experimento foi realizado em condições de campo na Fazenda Experimental Rafael Fernandes (5° 03' 37'' S; 37° 23' 50'' W; 72 m), pertencente à Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), localizada na zona rural de Mossoró - RN.

O clima da região, segundo a classificação climática de Köppen, é do tipo BSw<sup>h</sup>, tropical semiárido muito quente e com estação chuvosa ocorrendo no verão-outono, com temperatura média de 27,4 °C, precipitação pluviométrica anual muito irregular, com média de 673,9 mm (CARMO FILHO; OLIVEIRA, 1989).

O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico e de textura arenosa (EMBRAPA, 2013). Dois meses antes da instalação dos experimentos, foram coletadas amostras de solos na profundidade de 0-20 cm e caracterizadas física e quimicamente (Tabela 1).

Tabela 1. Caracterização físico-química do solo da área experimental onde foram instalados os experimentos nas safras 2016 e 2017, Mossoró-RN, 2018.

Safra	Areia	Silte	Arg.	pH	MO	P	K	Na	Ca	Mg	Al <sup>3+</sup>	H+Al
	kg kg <sup>-1</sup>			água	g kg <sup>-1</sup>	mg dm <sup>-3</sup>			cmol dm <sup>-1</sup>			
2016	0,90	0,02	0,08	4,40	7,52	3,0	27,1	8,0	0,40	0,30	0,15	1,49
2017	0,88	0,02	0,10	5,00	4,38	1,9	32,4	1,6	1,40	0,70	0,00	1,98

O solo foi preparado de forma convencional, com uma aração e uma gradagem, e corrigido quimicamente com calcário dolomítico dois meses antes da semeadura. O fósforo foi disponibilizado na forma de superfosfato simples (18% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), aplicado de forma manual, na cova da semeadura e abaixo das sementes. O potássio foi fornecido na forma de KCl (58% de K<sub>2</sub>O), aplicado por meio da água de irrigação e parcelado em quatro vezes

iguais, juntamente com as doses de nitrogênio (RIBEIRO et al., 1999). Os micronutrientes foram fornecidos por formulação comercial contendo 2,1% de B, 0,36% de Cu, 2,66% de Fe, 2,48% de Mn, 0,036% de Mo e 3,38% de Zn, na proporção de um quilograma para cada experimento por meio da água de irrigação, no estágio de surgimento dos botões florais.

O sistema de irrigação adotado foi o localizado, do tipo gotejamento, com emissores espaçados a cada vinte centímetros e vazão de 1,5 L por hora. A lâmina de água aplicada foi calculada segundo Allen et al. (1998).

Os dados meteorológicos (temperaturas mínima e máxima diária do ar, precipitação velocidade do vento e radiação solar) foram coletados da estação meteorológica automática, pertencente ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) de Mossoró-RN, e estão apresentados na Figura 1.

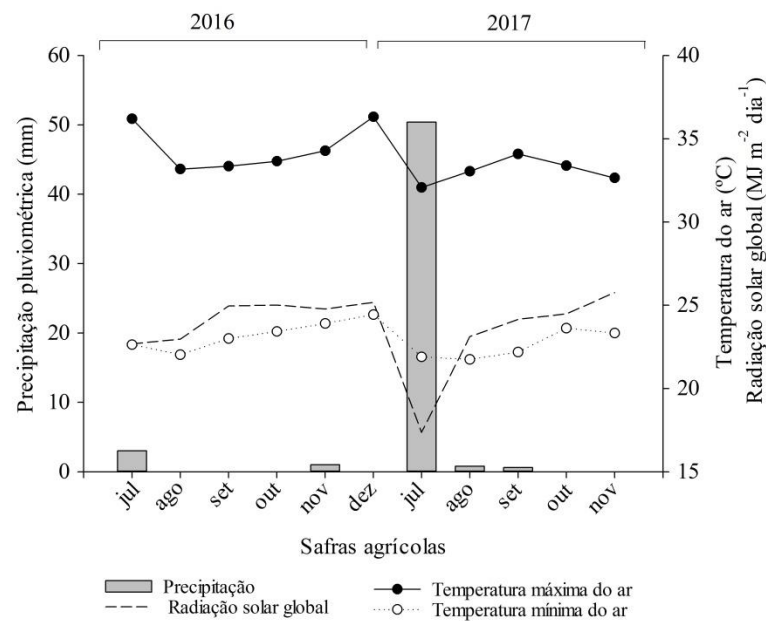


Figura 1. Precipitação pluviométrica, temperatura mínima e máxima do ar (°C) e radiação solar global incidente na superfície ( $R_g$ ,  $\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$ ) ocorridas durante o ciclo do algodão colorido nas safras de 2016 e 2017, Mossoró – RN, 2018.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso com parcelas subdivididas e quatro repetições. Nas parcelas principais, foram alocadas as doses de

nitrogênio e nas subparcelas, as cultivares de algodão colorido. As unidades experimentais possuíam 2,8 x 3,8 metros de comprimento, com quatro linhas de plantas, sendo duas linhas a área útil, totalizando 10,64 m<sup>2</sup>.

As doses de nitrogênio utilizadas foram 0 - 50 - 100 - 150 e 200 kg ha<sup>-1</sup>, disponibilizadas na forma de ureia (45% de N) e fornecidas às plantas por meio da água de irrigação. Cada dose foi parcelada em quatro vezes iguais, aplicadas na emergência, três folhas definitivas, no surgimento do botão floral e no início do florescimento.

As cultivares de algodão colorido utilizadas foram a BRS Verde, BRS Rubi, BRS Safira e BRS Topázio. A cultivar BRS Verde, de fibra verde, é originária do cruzamento entre Arkansas Green e CNPA 7H de fibra branca. A BRS Rubi e Safira, de fibra com tons avermelhados, originaram-se do cruzamento entre um material da Embrapa de fibra marrom-escuro com a CNPA 7H. A BRS Topázio, de fibra marrom-clara, originou-se do cruzamento entre as cultivares Suregrow 31 e Delta Opal e é considerada a de melhor qualidade de fibra entre as cultivares coloridas (CARVALHO et al., 2011).

A semeadura foi realizada nos dias 06/07/16 (1º safra) e 26/07/17 (2º safra), de forma manual, colocando-se três sementes por cova na profundidade de três a cinco centímetros. A emergência ocorreu nos dias 10/07/16 e 30/07/17, respectivamente. O espaçamento utilizado foi de 0,7 x 0,2 m.

O desbaste foi realizado quando as plantas emitiram três folhas definitivas, removendo, por meio de arranquio manual, o excesso de plantas, deixando apenas uma planta por cova. O manejo fitossanitário foi realizado de acordo com a necessidade, mantendo as plantas livres de plantas daninhas, de pragas e doenças.

A colheita foi realizada manualmente quando os capulhos da metade inferior da planta estavam abertos, aproximadamente 100 dias após a emergência (DAE), se estendendo até a abertura de todos os capulhos, colhendo-se todas as plantas da área útil.



A produtividade de fibra de algodão foi determinada pela multiplicação da produtividade de algodão em caroço pela porcentagem de fibra (determinada por amostras de fibras enviadas ao laboratório da Embrapa Algodão, no aparelho HVI, *High Volume Instrument*), convertidos para  $\text{kg ha}^{-1}$  (Figura 2).

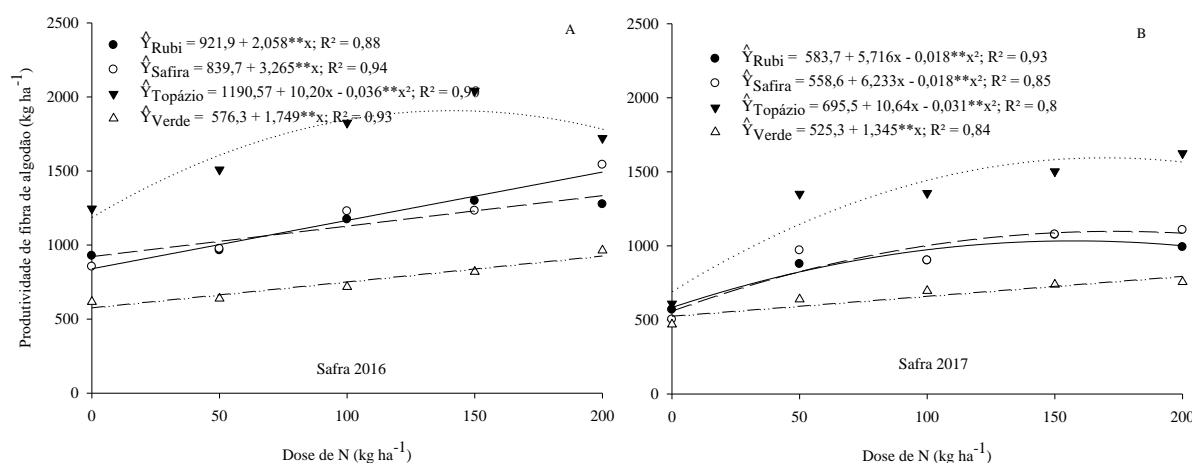


Figura 2. Produtividade de fibra ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) na safra 2016 (A) e 2017 (B) em função de diferentes cultivares de algodão colorido irrigadas com diferentes doses de nitrogênio (N), Mossoró – RN, 2018.

## 2.2 Variáveis avaliadas

A matéria seca foi determinada aos 125 (1<sup>o</sup> safra) e 114 (2<sup>o</sup> safra) dias após a emergência, quando foram coletadas duas plantas por unidade experimental, levadas ao laboratório e separadas em folhas (folha + pecíolo), caule (caule + cápsulas vazias), semente e fibra. As folhas e os caules foram lavados em água destilada. Em seguida, as estruturas (folha, caule + cápsulas, semente e fibra) foram embaladas separadamente em sacos de papel e levadas à estufa com circulação forçada de ar sob temperatura de 65 °C até se obter peso constante.

O acúmulo de nitrogênio (N) foi determinado em cada componente vegetal pelo método de Kjeldahl (MALAVOLTA et al., 1997). Inicialmente, o material vegetal, após a secagem, foi moído em moinho elétrico Wiley, digerido com ácido sulfúrico, destilado e

titulado. Primeiramente, determinou-se o teor de N em cada estrutura e então, multiplicou-se o teor de N pela matéria seca acumulada, obtendo-se o acúmulo de N por hectare.

Os índices de eficiência foram determinados de acordo com a metodologia proposta por Fageria; Baligar (2005) e por Fageria et al. (2007). Determinou-se:

Eficiência agrônômica (EA) =  $(PF_{cN} - PF_{sN}) / (Q_{Na})$ , dada em  $kg\ kg^{-1}$ , em que  $PF_{cN}$  é a produtividade de fibras com fertilizante nitrogenado;  $PF_{sN}$  é a produtividade de fibras sem fertilizante nitrogenado;  $Q_{Na}$  é a quantidade de N aplicado, em quilograma.

Eficiência fisiológica (EF) =  $(PB_{cN} - PB_{sN}) / (AN_{cN} - AN_{sN})$  dada em  $kg\ kg^{-1}$ , em que  $PB_{cN}$  é a produção biológica (parte aérea total) com fertilizante nitrogenado;  $PB_{sN}$  é a produção biológica sem fertilizante nitrogenado;  $AN_{cN}$  é o acúmulo de N na parte aérea total com aplicação de fertilizante nitrogenado;  $AN_{sN}$  é o acúmulo de N na parte aérea total sem aplicação de fertilizante nitrogenado;

Eficiência agrofisiológica (EAF) =  $(PF_{cN} - PF_{sN}) / (AN_{cN} - AN_{sN})$  dada em  $kg\ kg^{-1}$ , em que  $PF_{cN}$  é a produtividade de fibras com fertilizante nitrogenado;  $PF_{sN}$  é a produtividade de fibras sem fertilizante nitrogenado;  $AN_{cN}$  é o acúmulo de N na parte aérea total com aplicação de fertilizante nitrogenado;  $AN_{sN}$  é o acúmulo de N na parte aérea total sem aplicação de fertilizante nitrogenado.

Eficiência de recuperação (ER) =  $(AN_{cN} - AN_{sN} / Q_{Na}) \times 100$  foi dada em porcentagem, em que  $AN_{cN}$  é o acúmulo de N na parte aérea total com fertilizante nitrogenado;  $AN_{sN}$  é o acúmulo de N na parte aérea total sem fertilizante nitrogenado;  $Q_{Na}$  é a quantidade de N aplicado em quilograma.

O índice de colheita foi obtido pelo quociente entre produtividade de algodão em caroço ( $kg\ ha^{-1}$ ) e a produtividade de matéria seca total da parte aérea ( $kg\ ha^{-1}$ ).

### **2.3 Análise estatística**

Os dados foram submetidos à análise de variância em cada safra agrícola (2016 e 2017). Posteriormente, procedeu-se à análise conjunta dos dados, quando eles atenderam aos critérios propostos por Pimentel Gomes (2009). Utilizou-se análise de regressão para os dados quantitativos e teste de Tukey ( $p < 0,05$ ) para os qualitativos. As análises foram realizadas por meio do programa SISVAR 5.4 (FERREIRA, 2011).

### 3 RESULTADOS

A homogeneidade de variâncias entre as safras foi atendida para todas as variáveis avaliadas, conseqüentemente procedeu-se à análise conjunta entre as safras. Houve efeito da interação de cultivar e dose para massa da matéria seca da parte aérea e acúmulo total de N na planta.

O fator cultivar influenciou o índice de colheita. A interação entre safra e cultivar influenciou a eficiência agrônômica, a eficiência agrofisiológica e a eficiência de recuperação de N. A interação de dose e safra influenciou a eficiência agrônômica no uso de N. A interação de dose e cultivar influenciou a eficiência de recuperação de N. A eficiência fisiológica de N não sofreu influência dos fatores estudados.

#### 3.1 Produção de matéria seca e acúmulo de N

A máxima matéria seca da parte aérea produzida pelas cultivares Rubi, Safira, Topázio e Verde de 8.773,1; 9.049,8; 10.294,8 e 8.405,1 kg ha<sup>-1</sup> foram obtidas com as doses de 163; 166; 180 e 159 kg ha<sup>-1</sup> de N, respectivamente (Figura 3A).

O conteúdo de nitrogênio na matéria seca total da parte aérea foi crescente com o aumento das doses de nitrogênio (Figura 3B). As cultivares Rubi, Safira, Topázio e Verde acumularam, respectivamente, um máximo de 144; 149; 155 e 144 kg ha<sup>-1</sup> de N na parte aérea com a dose de 200 kg ha<sup>-1</sup>, valores respectivamente 47, 56, 62 e 49% superiores ao N acumulado na ausência de adubação nitrogenada (dose zero).

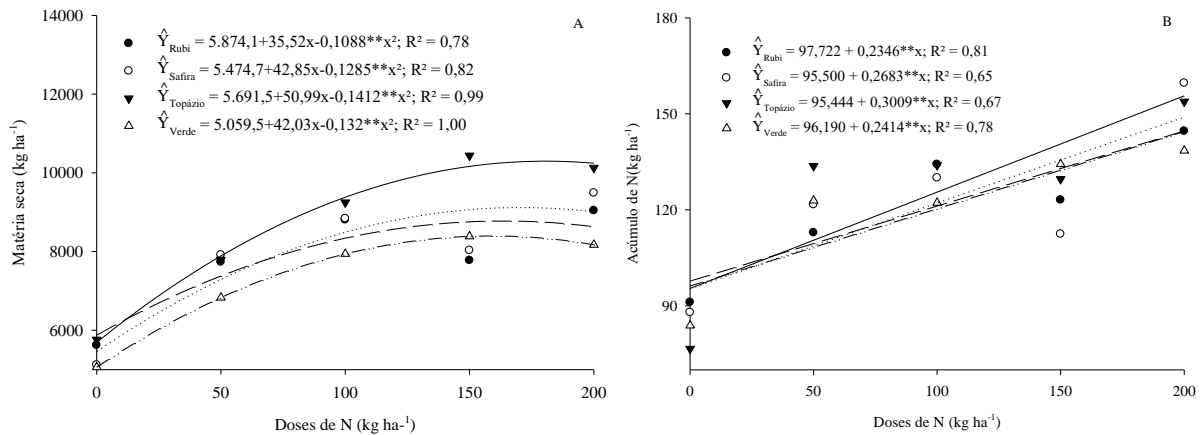


Figura 3. Massa da matéria seca (A) e conteúdo de nitrogênio (B) acumulado na parte aérea de cultivares de algodão colorido irrigado com doses de nitrogênio em duas safras agrícolas, 2016 e 2017, Mossoró-RN, 2018.

As cultivares de algodão colorido acumularam, em média, 122,3 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio durante seu ciclo produtivo (Tabela 2). As sementes foram as estruturas que mais acumularam N e as fibras as com menor acúmulo. De todo o N acumulado pelas plantas, 56,3% foram direcionados para sementes, 29% para folhas, 10,6% para caule + cápsulas e apenas 3,8% para as fibras.

As cultivares acumularam valores semelhantes de N em suas estruturas, com exceção do N acumulado nas fibras, para o qual a cultivar Topázio apresentou acúmulo superior às demais cultivares. A cultivar Verde teve o menor acúmulo de N nas fibras, acumulando aproximadamente metade do N acumulado pela Topázio.

De todo o N acumulado pelo algodoeiro na parte aérea (122 kg ha<sup>-1</sup>), 60,3% são exportados da lavoura por meio do produto colhido (semente + fibras) e apenas 39,7% retornam ao solo por meio das folhas, caules e cápsulas.

Tabela 2. Distribuição do N acumulado na parte aérea de cultivares de algodão naturalmente colorido irrigado com diferentes doses de nitrogênio em duas safras agrícolas, Mossoró-RN, 2018.

Cultivar	Caule	Folha	Fibra (kg ha <sup>-1</sup> )	Semente	Total
Rubi	12,5	35,7	4,1	68,7	121,1
Safira	13,0	35,0	4,7	69,4	122,3
Topázio	13,9	35,5	6,7	69,2	125,5
Verde	12,7	35,7	3,2	68,5	120,3
Média*	13,0	35,5	4,7	68,9	122,3

\* Média das cinco doses de nitrogênio em duas safras agrícolas; Acúmulo de N em uma população de 71.428 plantas ha<sup>-1</sup>.

### 3.2 Eficiência no uso de nitrogênio

A eficiência agronômica no uso de N pela cultura do algodoeiro colorido decresceu com o aumento das doses de nitrogênio, com maior eficiência na safra de 2017 (Figura 4A). Na safra de 2016, maior eficiência agronômica foi obtida com a dose de 50 kg ha<sup>-1</sup> de N (4,7 kg kg<sup>-1</sup>) e menor com a dose de 200 kg ha<sup>-1</sup> de N (2,6kg kg<sup>-1</sup>). O uso de 200 kg ha<sup>-1</sup> de N reduziu em 43,5% a eficiência agronômica no uso de N.

Na safra de 2017, maior eficiência agronômica foi obtida com a dose de 50 kg ha<sup>-1</sup> de N (8,8 kg kg<sup>-1</sup>) e menor com a dose de 200 kg ha<sup>-1</sup> de N (1,6 kg kg<sup>-1</sup>). O uso de 200 kg ha<sup>-1</sup> de N reduziu em 81,9% a eficiência agronômica no uso de N.

A eficiência de recuperação de nitrogênio pelas cultivares de algodão colorido decresceu com o aumento das doses de nitrogênio (Figura 4B). Doses maiores de N resultaram em menor recuperação de N pelo algodoeiro colorido.

Maior eficiência de recuperação de N foi obtida na dose de 50 kg ha<sup>-1</sup> de N, com 47,3; 77,8; 116,6 e 84,3% do N recuperado pelas cultivares Rubi, Safira, Topázio e Verde, respectivamente. Menor recuperação de N ocorreu com a dose de 200 kg ha<sup>-1</sup> N, com 22; 23; 23,7 e 22,5% do N recuperado pelas cultivares Rubi, Safira, Topázio e Verde, respectivamente.

A cultivar que apresentou maior capacidade de recuperação de nitrogênio foi a Topázio, seguida pela Verde e Safira. A Rubi foi a que menos conseguiu recuperar o N aplicado ao solo.

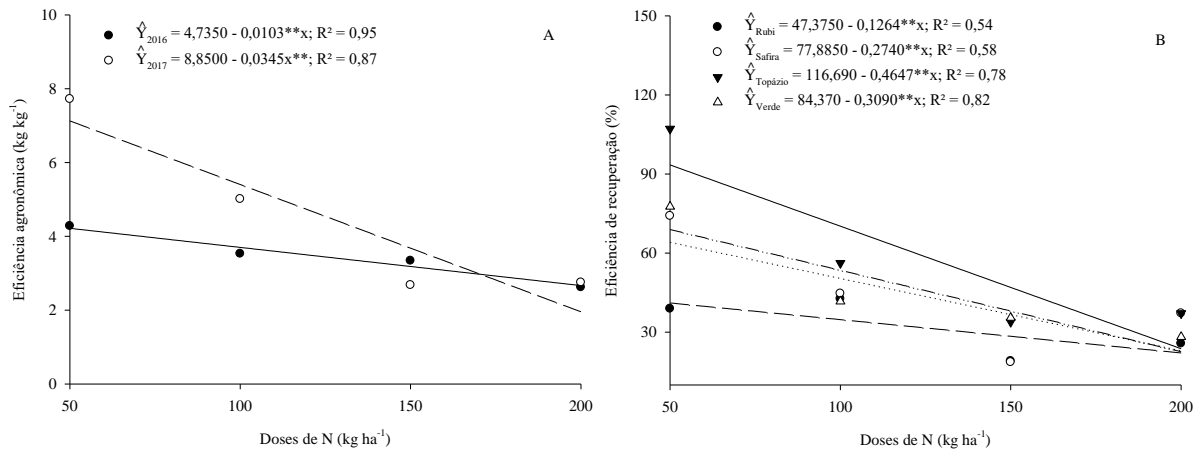


Figura 4. Eficiência agrônômica no uso de N (A) e eficiência de recuperação de N (B) por cultivares de algodão naturalmente colorido irrigado com doses de nitrogênio em duas safras agrícolas, 2016 e 2017, Mossoró-RN, 2018.

Na safra de 2016, maior eficiência agrônômica no uso de N foi obtida com as cultivares Safira e Topázio (4,4 e 4,5 kg kg<sup>-1</sup>, respectivamente) e menor eficiência agrônômica com as cultivares Rubi e Verde (2,9 e 2,1 kg kg<sup>-1</sup>, respectivamente) (Tabela 3).

Na safra de 2017, maior eficiência agrônômica no uso de N foi obtida com a cultivar Topázio (7,4 kg kg<sup>-1</sup>). As cultivares Rubi e Safira obtiveram eficiência agrônômica intermediária (3,4 e 4,3kg kg<sup>-1</sup>, respectivamente) e menor eficiência foi obtida com a cultivar Verde (2,7 kg kg<sup>-1</sup>). Entre as safras agrícolas, a cultivar Topázio obteve maior eficiência na safra de 2017.

Maior eficiência agrofisiológica, na safra de 2016, ocorreu com as cultivares Topázio, Safira e Rubi, respectivamente, e menor com a Verde, a qual produziu 30,7% menos fibra por quilograma de N acumulado na parte aérea quando comparada à média das demais cultivares.

Maior eficiência agrofisiológica foi obtida na safra de 2017 com as cultivares Rubi, Safira e Topázio (média de 13,1 kg kg<sup>-1</sup>) e menor com a cultivar Verde (5,4 kg kg<sup>-1</sup>), a qual produziu 58,5% menos fibra por kg de N acumulado na parte aérea quando comparada à média das demais cultivares.

Na safra de 2016, a eficiência de recuperação de N variou de 36,3 a 52,4% entre as cultivares, com valor médio de 43,57%. Maior eficiência de recuperação foi obtida com a cultivar Topázio e menor com a cultivar Rubi.

Na safra de 2017, a eficiência de recuperação de N variou de 25,1 a 51,2%, com valor médio de 38,8%. Maior eficiência de recuperação de N foi obtida com a cultivar Topázio e a menor com a Rubi. As cultivares Rubi e Safira obtiveram maior eficiência na safra de 2016.

O índice de colheita variou entre 0,32 e 0,38, com média de 0,34. Maior índice de colheita foi alcançado com a cultivar Topázio.

Tabela 3. Eficiência do uso de N por cultivares de algodão naturalmente colorido irrigado com diferentes doses de nitrogênio, em duas safras agrícolas, Mossoró, RN, 2018.

Cultivar	EA		EAF		ER		IC
	(kg fibra/kg N)		(kg fibra/kg N)		(%)		
	2016	2017	2016	2017	2016	2017	
Rubi	2,9 Ab	3,4 Abc	7,5 Ba	12,9 Aa	36,3 Ab	25,1 Bb	0,32 b
Safira	4,4 Aa	4,3 Ab	7,8 Ba	13,1 Aa	46,7 Aab	32,3 Bb	0,34 b
Topázio	4,5 Ba	7,4 Aa	8,1 Ba	13,4 Aa	52,4 Aa	51,2 Aa	0,38 a
Verde	2,1 Ab	2,7 Ac	4,9 Ba	5,4 Ab	38,9 Aab	46,7 Aa	0,34 b

Letras minúsculas iguais na coluna e maiúsculas iguais na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade. EA: eficiência agrônômica; EAF: eficiência agrofisiológica; ER: eficiência de recuperação; IC: índice de colheita.



#### 4 DISCUSSÃO

As plantas de algodão que cresceram na ausência da adubação nitrogenada apresentavam baixo porte, menor número de folhas, de ramos reprodutivos e baixo número de capulhos, o que resultou em menor produção de matéria seca (Figura 3A). Com o aumento das doses de N, as plantas apresentavam maior volume de folhas, ramos e capulhos. Entre as doses de 100 e 150 kg ha<sup>-1</sup> de N, as plantas possuíam desenvolvimento similar quanto ao tamanho e forma. Na dose de 200 kg ha<sup>-1</sup> de N, as plantas apresentaram maior altura e maior número de folhas, porém menor número de capulhos.

O aumento nas doses de N, além de ocasionar acréscimo na produção de matéria seca, aumentou o acúmulo de N no algodoeiro (Figura 3B), o que também foi verificado por Zhang et al. (2012), Xiaoping et al. (2008), Araújo et al. (2013) e Rochester (2011).

O acúmulo total de N no algodão colorido variou de 132,6 a 112,0 kg ha<sup>-1</sup> nas safras de 2016 e 2017, com média de 122,3 kg ha<sup>-1</sup>. Esses valores estão dentro da margem de acúmulo encontrada por outros autores, como Du et al. (2016), 128 a 241 kg ha<sup>-1</sup> de N, e Rochester (2011), 101 e 162 kg ha<sup>-1</sup> N, para o algodão branco. Porém, é menor do valor encontrado por Lou et al. (2018), de 323,2 kg ha<sup>-1</sup> de N, utilizando, porém, altas doses de N.

Na ausência de N, as plantas apresentavam sintomas visuais de deficiência de N, como clorose, redução na altura, no tamanho e número de folhas e da quantidade de capulhos, sintomas amenizados com o aumento nas doses de N. A partir da dose de 100 kg ha<sup>-1</sup> de N, não se verificou mais deficiência visual de N.

O efeito positivo na produtividade do algodoeiro com a adubação nitrogenada (Figura 2) se deve ao fato de N ser um nutriente presente em estruturas essenciais das plantas, como na clorofila, nas proteínas e nos ácidos

nucléicos (TAIZ; ZEIGER, 2013). Assim, na ausência ou menor disponibilidade de N, as plantas não conseguem realizar processos fisiológicos básicos, como a produção de energia.

O N absorvido pelo algodoeiro foi direcionado principalmente às estruturas reprodutivas (60,2%) em detrimento das estruturas vegetativas (39,4%) (Tabela 2). Esses resultados foram obtidos também por Yang et al (2013) e Tang et al. (2012). Maior acúmulo de N nas estruturas reprodutivas pode ter ocorrido porque a coleta da matéria seca foi realizada no final do ciclo das plantas, quando muitas folhas senesceram e muito do N armazenado na planta havia sido translocado para os órgãos reprodutivos, para produção de sementes e fibra (ROSOLEM et al., 2012; YANG et al., 2013 e TANG et al., 2012).

Maior acúmulo de N na parte aérea do algodoeiro ocorreu safra de 2016, que foi 15,8; 25,7; 12; 79,3 e 18,3% superior a 2017 para caule, folha, fibra e massa seca da parte aérea, respectivamente (Tabela 2). Menor acúmulo de N pelo algodoeiro na safra de 2017 pode se dever à maior precipitação ocorrida nos primeiros 30 dias após a semeadura (Figura 1), período em que  $\frac{3}{4}$  da dose de N foram aplicadas, o que pode ter ocasionado perda de N por lixiviação. Esses resultados corroboram com os obtidos por Stamatiadis et al. (2016), os quais obtiveram diferença de 20% na absorção de N entre uma estação e outra, creditando essa diferença à maior precipitação pluviométrica ocorrida no início do ciclo da cultura, a qual influenciou o nível de N no solo (nitrato).

A eficiência agrônômica para uso de N e eficiência de recuperação de N decresceram com o aumento nas doses de N (Figura 4A e 4B), corroborando com os resultados obtidos por Stamatiadis et al. (2016), Zhang et al. (2012), Devkota et al. (2013), Rochester (2011) e Lou et al. (2018). Altas doses de N aplicada ao solo são consideradas o principal fator que afeta negativamente a eficiência de uso de N na cultura do algodão (STAMATIADIS et al., 2016; ROCHESTER, 2011). A relação negativa entre EUN e doses de N é devido ao fornecimento

de N exceder a capacidade de assimilação de N pelas plantas (MEISINGER et al., 2008), ocorrendo a perda do excesso N não absorvido para o ambiente.

A eficiência agronômica para uso de N (Figura 4A) foi, em média, de 6,7 kg kg<sup>-1</sup> na menor dose de N aplicada (50 kg ha<sup>-1</sup>) e 2,13 kg kg<sup>-1</sup> na maior dose de N (200 kg ha<sup>-1</sup>). Para algodão em caroço, Devkota et al. (2013) obtiveram média de 5,5 e 14,1 kg kg<sup>-1</sup> em duas safras, respectivamente, e Lou et al. (2018) obtiveram a média de 6,3 kg kg<sup>-1</sup> para algodão em caroço fertirrigado, em duas safras.

A eficiência de recuperação de nitrogênio decresceu com o aumento nas doses de N (Figura 4B), apresentando, em média, 81,5% na dose de 50 kg ha<sup>-1</sup> de N e 22,8% na dose de 200 kg ha<sup>-1</sup> N. Alguns autores encontram eficiência média de recuperação de N no algodão de 49,1% (LOU et al., 2018) 57% (ARAÚJO et al., 2013), 18,3% (ZHANG et al., 2012) e entre 44% e 24% (DEVKOTA et al., 2013).

A baixa eficiência de recuperação de N, em média de 22,8%, na dose de 200 kg N ha<sup>-1</sup> implicou grandes perdas de N para o ambiente (77,2%), evidenciando que o aumento na dose de N aplicado diminui a recuperação de N pelas plantas de algodão colorido. A aplicação de 200 kg ha<sup>-1</sup> de N ocasionou perda de 77,2% de N aplicado, o que provavelmente se deve à volatilização da amônia, pois, segundo Tian et al. (2017), existe correlação linear positiva entre o aumento nas doses de nitrogênio e a volatilização da amônia.

A eficiência agrofisiológica variou de 7,1 a 11,2 kg kg<sup>-1</sup>, na safra 2016 e 2017, respectivamente (Tabela 3). Rochester (2011) encontraram valor médio de 12,5 kg kg<sup>-1</sup> e Stamatiadis et al. (2016) obtiveram 6,9 e 8,8 kg kg<sup>-1</sup>, na safra de 2008 e 2009, respectivamente. Para produção de 100 kg de fibra colorida, foi necessário o acúmulo de 13,3; 12,7; 12,2 e 20,3 kg N em 2016 e 7,7; 7,5; 7,4 e 18,2 kg N em 2017, para as cultivares Rubi, Safira, Topázio e Verde, respectivamente.

Na safra de 2017, a eficiência agrofisiológica, foi, em média, 30% superior a 2016, com maior produção de fibra pela mesma quantidade de N acumulado. Isso porque, com maior precipitação em 2017 (Figura 1), maior quantidade de N foi perdida por lixiviação, de maneira que as plantas direcionaram maior quantidade do N absorvido para produção de fibras e caroço, em vez de produzir folhas e galhos.

A cultivar Topázio obteve maior eficiência de recuperação N (Figura 4B), maior eficiência agrofisiológica (Tabela 3), maior acúmulo de N na planta e na fibra e maior índice de colheita (Tabela 3), resultados traduzidos em maior produtividade de fibra (Figura 2). A cultivar Verde obteve menor acúmulo de N na planta (Figura 3B), nas fibras (Tabela 2), menor eficiência agrônômica no uso de N e agrofisiológica (Tabela 3), o que resultou em menor produtividade de fibra (Figura 2).

Os melhores resultados obtidos com a cultivar Topázio provavelmente se devem à sua superioridade genética, visto que ela é originária de uma cultivar de fibra branca de alta produtividade de fibra, a Delta Opal (BELTRÃO, 2003). As cultivares Rubi, Safira e Verde são originárias de cultivares com menor seleção genética para produtividade de fibra (CARVALHO et al., 2011) e, assim, com menor resposta à adubação nitrogenada.

A eficiência de uso de N decresceu com o aumento nas doses de N, o que comprova que altas doses de N ocasionam grandes perdas de N do sistema solo-planta (WEI et al., 2012; STAMATIADIS et al., 2016). O elevado nível de perda de N, além de ocasionar problemas ambientais, aumenta o custo de produção, reduzindo os lucros do produtor. Assim, é de grande importância a seleção de cultivares com maior eficiência para o uso do N, permitindo altas produtividades com menor quantidade de N.

## 5 CONCLUSÕES

O nitrogênio acumulado no algodoeiro colorido é direcionado, em ordem decrescente, para sementes (56,3%), folhas (29%), caules (10,6%) e fibras (3,8%).

A eficiência agronômica no uso de N e a eficiência de recuperação de N decrescem com aumento nas doses de N.

A cultivar BRS Topázio é a mais responsiva à adubação nitrogenada, com maior produção de massa seca, maior acúmulo de N, maior eficiência no uso do N e maior índice de colheita.

A cultivar Verde é a menos responsiva à adubação nitrogenada, com menor produção de massa seca, menor acúmulo de N e menor eficiência agronômica e agrofisiológica no uso do N.

## REFERÊNCIAS

- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 300 p. (FAO Irrig. and Drain. Paper, n. 56).
- ALVES, W. W. A.; AZEVEDO, C. A. V.; DANTAS NETO, J.; SOUSA, J. T.; LIMA, V. L. A. de. Águas residuárias e nitrogênio: efeito na cultura do algodão marrom. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Pombal, v. 4, n. 1, p. 16-23, 2009.
- ARAÚJO, E. O; CAMACHO, M. A.; VINCENSI, M. M. Nitrogen use efficiency by cotton varieties. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 36, n. 1, p. 10-16, 2013.
- BALIGAR, V.C.; BENNETT, O.L. NPK - fertilizer efficiency - a situation analysis for the tropics. **Fertilizer Research**, Dordrecht, v. 10, p. 147-164, 1986.
- BELTRÃO, N. E. M. **Escolha de uma cultivar de algodão herbáceo para a agricultura familiar**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2003. 3p. (Embrapa Algodão. Comunicado Técnico, 201).
- CARMO FILHO, F.; OLIVEIRA, O. F. **Mossoró: um município do semiárido: caracterização climática e aspecto florístico**. Mossoró: UFERSA, 1989. 62 p. (Coleção Mossoroense, 672, série B).
- CARVALHO, L. P.; ANDRADE, F. P.; SILVA FILHO, J. L. Cultivares de algodão colorido no Brasil. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, v. 15, n. 1, p. 37-44, 2011.
- CARVALHO, M. C. S.; FERREIRA, G. B. **Calagem e adubação do algodoeiro no cerrado**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2006. 36 p. (Circular técnica, 92).
- CARVALHO, M. C. S.; LEANDRO, W. M.; FERREIRA, A. C.; BARBOSA, K. A. **Sugestão de adubação nitrogenada do algodoeiro para o estado de Goiás com base em resultados de pesquisa**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2006. 4p. (Comunicado Técnico, 268).
- DEVKOTA, M.; MARTIUS, C.; LAMERS, J. P. A.; SAYRE, K. D.; DEKOTA, K. P.; VLEK, P. L. G. Tillage and nitrogen fertilization effects on yield and nitrogen use efficiency of irrigated cotton. **Soil & Tillage Research**, v. 134, p. 72–82, 2013.
- DONG, H.; KONG, X.; LI, W.; TANG, W.; ZHANG, D. Effects of plant density and nitrogen and potassium fertilization on cotton yield and uptake of major nutrients in two fields with varying fertility. **Field Crops Research**, v. 119, p. 106–113, 2010.
- DU, X.; CHEN, B.; ZHANG, Y.; ZHAO, W.; SHEN, T., ZHOU, Z.; MENG, Y. Nitrogen use efficiency of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) asinfluenced by wheat–cotton cropping systems. **European Journal of Agronomy**, v. 75, p. 72-79, 2016.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 3. ed. rev. amp. Brasília: Embrapa, 2013. 353 p.

FAGERIA, K. N. Otimização da eficiência nutricional na produção das culturas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 2, p. 6-16, 1998.

FAGERIA, N. K.; BALIGAR, V. C. Enhancing nitrogen use efficiency in crop plants. **Advances in Agronomy**, v. 88, p. 97-185, 2005.

FAGERIA, N. K.; SANTOS, A. B.; CUTRIM, V. A. Produtividade de arroz irrigado e eficiência de uso do nitrogênio influenciadas pela fertilização nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 7, p. 1029-1034, 2007.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

LIMA, M. M.; AZEVEDO, C. V.; BELTRÃO, N. E. M.; LIMA, V. L. A.; NASCIMENTO, M. B. H.; FIGUEIRÊDO, I. C. M. Níveis de adubação nitrogenada e bioestimulante na produção e qualidade do algodão BRS Verde. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 10, n. 3, p. 619-623, 2006.

LI, P.; DONG, H.; ZHENG, C.; SUN, M.; LIU, A.; WANG, G.; LIU, S.; ZHANG, S.; CHEN, J.; LI, Y.; PANG, C.; ZHAO, X. Optimizing nitrogen application rate and plant density for improving cotton yield and nitrogen use efficiency in the North China Plain. **PLoS ONE**, v. 12, n. 10, p. 1-15, 2017a.

LI, P.; DONG, H.; LIU, A.; LIU, J.; SUN, M.; LI, Y.; LIU, S.; ZHAO, X.; MAO, S. Effects of Nitrogen Rate and Split Application Ratio on Nitrogen Use and Soil Nitrogen Balance in Cotton Fields. **Pedosphere**, v. 27, n. 4, p. 769-777, 2017b.

LOU, Z.; LIU, H.; LI, W.; ZHAO, Q.; DAI, J.; TIAN, L.; DONG, H. Effects of reduced nitrogen rate on cotton yield and nitrogen use efficiency as mediated by application mode or plant density. **Field Crops Research**, v. 218, p. 150-157, 2018.

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

MEISINGER, J. J.; SCHEPERS, J. S.; RAUN, W. R. Crop nitrogen requirement and fertilization, nitrogen in agricultural systems, Agronomy Monograph 49. ASA, Madison, WI, p. 563-612, 2008.

OLIVEIRA, J. B.; FILHO, C. S.; Considerações sobre a produção do algodão colorido e a importância do Consórcio Natural Fashion como último elo da cadeia produtiva. In: X Congresso Internacional de Custos - Florianópolis, SC, Brasil - 28 a 30 de novembro de 2005.

PIMENTEL GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 15. ed. Piracicaba: FEALQ, p. 451, 2009.

REIS JUNIOR, R. A.; SILVA, D. R. G.; ÁVILA, F. W.; ÁVILA, P. A.; SOARES, D. A.; FAQUIN, V. Productivity and agronomic efficiency of cotton plants in response to nitrogen and sulfur supply. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 7, n. 4, p. 555-561, 2012.

RIBEIRO, A. C. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª. Aproximação. Comissão de Fertilidade do solo do estado de Minas Gerais, 1999.

ROCHESTER, I. J. Assessing internal crop nitrogen use efficiency in high-yielding irrigated cotton. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 90, p. 147-156, 2011.

ROCHESTER, I. J.; CEENEY, S.; MAAS, S.; GORDON, R.; HANNA, L.; HILL, J. Monitoring nitrogen use efficiency in cotton crops. **Australian Cotton Grower**, v. 30, n. 2, p. 42-43, 2009.

ROSOLEM, C. A.; ECHER, F. R.; LISBOA, I. P.; BARBOSA, T. S. Acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio pelo algodoeiro sob irrigação cultivado em sistemas convencional e adensado. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 36, p. 457-466, 2012.

SANTOS, A. M. F.; SOARES, R. S.; SANTOS, R. K. B.; PERDIGÃO, M. L. P. B. Marketing Verde: O caso do algodão colorido na Paraíba trabalhado pela CoopNatural de maneira ecológica. In: IX Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia: gestão, inovação e tecnologia para a sustentabilidade, 2012.

STAMATIADIS, S.; TSADILAS, C.; SAMARAS, V.; SCHEPERS, J. S.; ESKRIDGE, K. Nitrogen uptake and N-use efficiency of Mediterranean cotton undervaried deficit irrigation and N fertilization. **European Journal of Agronomy**, v. 73, p. 144-151, 2016.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. [tradução: Armando Molina Divan Junior ...et al.]; revisão técnica: Paulo Luiz de Oliveira. - 5. ed. - Porto Alegre: Artmed, 2013. 918p.

TANG, H. Y.; YANG, G. Z.; ZHANG, X. L.; SIDDIQUE, K. Improvement of fertilizer N recovery by allocating more N for later application in cotton (*Gossypium hirsutum* L.). **International Journal of Basic and Applied Sciences**, v. 12, p. 32-37, 2012.

TIAN, X.; GENG, J.; GUO, Y.; LIL, C.; ZHANG, M.; CHEN, J. Controlled-release urea decreased ammonia volatilization and increased nitrogen use efficiency of cotton. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, v. 180, p. 667-675, 2017.

WEI, C. Z.; MA, T. F.; WANG, X. J.; WANG, J. The fate of fertilizer N applied to cotton in relation to irrigation methods and N dosage in arid area. **Journal of Arid Land**, v. 4, n. 3, p. 320-329, 2012.

XIAOPING, X.; YIZHUO, S.; WENQI, G.; ZHIGUO, Z. Accumulation characteristics of biomass and nitrogen and critical nitrogen concentration dilution model of cotton reproductive organ. **Acta Ecologica Sinica**, v. 28, n. 12, p. 6204-6211, 2008.

YANG, G-Z.; CHU, K-Y.; TANG, H-Y.; NIE, Y-C.; ZHANG, X-L. Fertilizer  $^{15}\text{N}$  accumulation, recovery and distribution in cotton plant as affected by N rate and split. **Journal of Integrative Agriculture**, v. 12, n. 6, p. 999-1007, 2013.

ZHANG, D.; LI, W.; XIN, C.; TANG, W.; ENEJI, A. E.; DONG, H. Lint yield and nitrogen use efficiency of field-grown cotton vary with soil salinity and nitrogen application rate. **Field Crops Research**, v. 138, p. 63-70, 2012.