



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

ALMIR ROGERIO EVANGELISTA DE SOUZA

**PRODUTIVIDADE E TEOR DE ÓLEO DE CULTIVARES DE GIRASSOL SOB
FERTIRRIGAÇÃO NITROGENADA EM DUAS SAFRAS AGRÍCOLAS**

MOSSORÓ

2018

ALMIR ROGERIO EVANGELISTA DE SOUZA

**PRODUTIVIDADE E TEOR DE ÓLEO DE CULTIVARES DE GIRASSOL SOB
FERTIRRIGAÇÃO NITROGENADA EM DUAS SAFRAS AGRÍCOLAS**

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

Linha de Pesquisa: Práticas Culturais; Nutrição de Plantas.

Orientador: Francisco Bezerra Neto, Prof. *Ph.D.*

Co-orientador: Aurélio Paes Barros Júnior, Prof. D. Sc.

MOSSORÓ

2018

©Todos os direitos estão reservados à Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do autor, 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 respectivo autor seja devidamente citado e mencionado os seus créditos bibliográficos.

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Bibliotecas
da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

S729p Souza, Almir Rogerio Evangelista de.
Produtividade e teor de óleo de cultivares de girassol sob fertirrigação nitrogenada em duas safras agrícolas / Almir Rogerio Evangelista de Souza. - 2018.
57 f. : il.

Orientador: Francisco Bezerra Neto.
Coorientador: Aurélio Paes Barros Júnior.
Tese (Doutorado) - Universidade Federal Rural do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em Fitotecnia, 2018.

1. Helianthus annuus L.. 2. Nutrição vegetal.
3. Agroeconomia. 4. Indicadores econômicos. I. Bezerra Neto, Francisco, orient. II. Barros Júnior, Aurélio Paes, co-orient. III. Título.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

ALMIR ROGERIO EVANGELISTA DE SOUZA

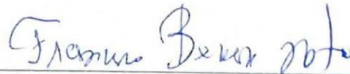
**PRODUTIVIDADE E TEOR DE ÓLEO DE CULTIVARES DE GIRASSOL SOB
FERTIRRIGAÇÃO NITROGENADA EM DUAS SAFRAS AGRÍCOLAS**

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

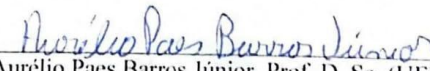
Linhas de Pesquisa: Práticas Culturais;
Nutrição de plantas.

Defendida em: 26 / 02 / 2018.

BANCA EXAMINADORA



Francisco Bezerra Neto, Prof. Ph.D. (UFERSA)
Presidente (Orientador)



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



Arthur Bernardes Cecílio Filho, Prof. D. Sc. (UNESP)
Membro Examinador



Karidja Kalliany Carlos de Freitas Moura, Prof. D. Sc. (FVJ)
Membro Examinador



Jaevesson da Silva, Pesquisador, D. Sc. (EMBRAPA)
Membro Examinador

A minha mãe, Noêmia Evangelista de Souza, por tantas horas de dedicação, ensinamentos e amor incondicional, que lamentavelmente não viveu para ver este trabalho, que em grande parte resultou do seu dom de muitos anos de amor.

Dedico!

Ao meu pai, Manoel Gregório de Souza, pela sabedoria, presença constante, e ensinamentos. Aos meus irmãos Adilberto, Antonio e Marcos Jr., as minhas cunhadas, sobrinhas (os) e aos demais familiares e amigos.

E com muito amor e carinho especial, a minha esposa, Denise Miranda Ferreira Souza, companheira de toda vida, pelos conselhos, compreensão e apoio. Ao nosso pequeno Albert, por tantos momentos usurpados de seu convívio e por tantas alegrias que nos traz.

Ofereço!

AGRADECIMENTOS

A *Cristo Jesus*, por estar comigo em todos os caminhos, iluminando meus passos e possibilitando o alcance de mais essa dádiva.

A *Universidade Federal Rural do Semi-Árido* e ao *Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia* pela possibilidade de realização do doutorado, no suporte físico e recursos humanos.

A *Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior* (CAPES) pelo apoio financeiro na realização dessa pesquisa. E o *Departamento de Tecnologia e Ciências Sociais* da *Universidade do Estado da Bahia*, pela concessão para qualificação profissional.

A empresa *Atlântica Sementes*[®] pela parceria no fornecimento de parte das sementes para condução dos experimentos.

Aos professores e *orientadores* Francisco Bezerra Neto e Aurélio Paes Barros Júnior, pelos ensinamentos, confiança e possibilidade de busca e aperfeiçoamento dos conhecimentos adquiridos.

Aos membros da banca por examinar e contribuir com excelência na melhoria da tese, D. Sc. Arthur Bernardes Cecílio Filho, D. Sc. Jaeverson da Silva e D. Sc. Karidja Kality Carlos de Freitas Moura.

A todos os professores (*PPGFITO*) que contribuíram na minha formação profissional, em especial aos professores: José Francismar, Lindomar Maria, Leilson Costa, Jeferson Luiz, Glauber Henrique e Daniel Valadão, solícitos em diversos momentos na realização dessa pesquisa.

Aos *servidores técnicos e auxiliares* da UFERSA, em especial: Paulo César Ferreira, Francisco das Chagas, Camila Diógenes, Priscila, Erika, Bruno, Odonil, Flabênio, Antônio, Alderi, Nanã e a todos, 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, no imensurável auxílio.

Aos *Engenheiros Agrônomos*, Francilene Tartaglia, Allysson Santos, Ênio Souza e Fernando Sarmento, admiráveis pela competência técnica, agradeço pela imensurável ajuda e conhecimentos compartilhados.

Aos meus *pais*, Manoel Gregório de Souza e Noêmia Evangelista de Souza (*in memoriam*), pelos constantes e indissolúveis ensinamentos e amor incondicional.

Agradeço a todos nessa rede de contribuições para o alcance de mais um ponto na fronteira do conhecimento.

“Para todas as realizações há um momento certo; existe sempre um tempo apropriado para todo o propósito debaixo do céu.” (Ec. 3:1)

RESUMO

SOUZA, Almir Rogerio Evangelista de. **Produtividade e teor de óleo de cultivares de girassol sob fertirrigação nitrogenada em duas safras agrícolas**. 2018. 57f. Tese (Doutorado em Agronomia: Fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Semi-árido (UFERSA), Mossoró-RN, 2018.

O girassol (*Helianthus annuus* L.) por sua ampla adaptação e utilização tem emergido no cenário mundial com significativo potencial econômico, principalmente na produção de aquênios e óleo. A expansão de áreas cultivadas com girassol em diversos países em condições semiárido tem exigido práticas adequadas de manejo de fertilização, assegurando produtividades e rentabilidades satisfatórias. As adubações nitrogenadas associadas à cultivares mais produtivas têm sido relatados com atenção especial, uma vez que, esses são componentes indispensáveis no sucesso do investimento. Neste sentido, foram conduzidos experimentos em duas safras agrícolas em fevereiro/maio de 2016 e 2017, para avaliar a produtividade de aquênios e óleo e a responsividade econômica de cultivares de girassol fertirrigadas com doses de nitrogênio no semiárido nordestino, Mossoró-RN. As parcelas foram constituídas por cinco doses (0, 30, 60, 90, 120 kg ha⁻¹) de adubação nitrogenada e nas subparcelas quatro cultivares de girassol (Aguará 06, Altis 99, Multissol e BRS 122). As doses de nitrogênio influenciaram positivamente o número, massa, produtividade de aquênios e óleo, com exceção para o teor de óleo das cultivares de girassol, nas duas safras agrícolas. A dose de N para a máxima produtividade de aquênios, para a Multissol e BRS 122 foi de 81,8 e 86,6 kg ha⁻¹ e para Altis 99 e Aguará 06 na dose de 120 kg ha⁻¹ de N, respectivamente, na safra agrícola de 2016. Em 2017, a Multissol e BRS 122 na dose de 100,7 e 92,8 kg ha⁻¹ e para a Altis 99 e a Aguará 06, com 120 kg ha⁻¹ de N. A dose de máxima eficiência econômica de N é de 60 e 70 kg ha⁻¹, para as cultivares Multissol e BRS 122. Para a produtividade de óleo, as doses máximas de 78,0 e 86,7 kg ha⁻¹ de N, para as cultivares BRS 122 e Aguará 06, a Multissol e Altis 99 na dose de 120 kg ha⁻¹ de N, na safra de 2016. Em 2017 a BRS 122 e Multissol obtiveram na dose de 88,6 e 99,1 kg ha⁻¹ de N, e a Altis 99 e a Aguará 06 com 120 kg ha⁻¹. A cultivar Aguará 06, obteve maior produtividade de aquênios e rendimento de óleo nas duas safras agrícolas. A margem líquida correspondeu ao aumento das doses de nitrogênio, atingindo uma margem líquida máxima de R\$ 366,89 ha⁻¹ na dose de 81 kg ha⁻¹ de N para a ‘BRS122’; para a ‘Multissol’ foi de R\$ 577,41 ha⁻¹ com 118 kg ha⁻¹ de N. Para a ‘Aguará 06’ (R\$ 2.124,00 ha⁻¹) e ‘Altis 99’ (R\$ 976,66 ha⁻¹) na dose de 120 kg ha⁻¹ de N, na

safra de 2016. Na safra de 2017, a ‘BRS 122’ obteve R\$ 190,90 ha⁻¹ na dose de 83,0 kg ha⁻¹ de N e a ‘Multissol’ alcançou R\$ 657,50 na dose de 85,0 kg ha⁻¹ de N; as cultivares ‘Aguará 06’ (R\$ 1.078,00 ha⁻¹) e ‘Altis 99’ (R\$ 957,14 ha⁻¹) na dose de 120 kg ha⁻¹ de N. A taxa de retorno e o índice de lucratividade foram positivos para todas as cultivares nas safras agrícolas.

Palavras-chave: *Helianthus annuus* L.. Nutrição vegetal. Agroeconomia. Indicadores econômicos.

ABSTRACT

SOUZA, Almir Rogerio Evangelista de. **Productivity and oil content of sunflower cultivars under nitrogen fertilization in two agricultural crops**. 2018. 57f. Thesis (D.Sc. in Phytotechny) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró-RN, 2018.

Sunflower (*Helianthus annuus* L.) due to its wide adaptation and use has emerged in the world scenario with significant economic potential, mainly in the production of achenes and oil. The expansion of cultivated areas with sunflower in several countries in semi-arid conditions has required adequate fertilization management practices, ensuring satisfactory yields and yields. The nitrogen fertilizations associated with the most productive cultivars have been reported with special attention, since these are indispensable components in the success of the investment. In this sense, experiments were conducted in two agricultural crops in February / May 2016 and 2017, to evaluate the productivity of achenes and oil and the economic responsiveness of fertirrigated sunflower cultivars with nitrogen doses in the northeastern semi-arid region, Mossoró-RN. The plots consisted of five doses (0, 30, 60, 90, 120 kg ha⁻¹) of nitrogen fertilization and in the subplots four sunflower cultivars (Aguará 06, Altis 99, Multissol and BRS 122). Nitrogen doses positively influenced the number, mass, yield of oil and oil, except for the oil content of the sunflower cultivars, in the two agricultural crops. The N dose for the maximum yield of achenes for 'Multissol' and 'BRS 122' was 81.8 and 86.6 kg ha⁻¹ and for 'Altis 99' and 'Aguará 06' at the dose of 120 kg ha⁻¹ of N, respectively, in the 2016 crop season. In 2017, 'Multissol' and 'BRS 122' at a dose of 100.7 and 92.8 kg ha⁻¹ and for Altis 99' and 'Aguará 06', with 120 kg ha⁻¹ of N. The dose of maximum economic efficiency of N is 60 and 70 kg ha⁻¹ for 'Multissol' and 'BRS 122' cultivars. For oil yield, the maximum doses of 78.0 and 86.7 kg ha⁻¹ of N for cultivars 'BRS 122' and 'Aguará 06', 'Multissol' and 'Altis 99' in the dose of 120 kg ha⁻¹ of N in the 2016 harvest. In 2017 'BRS 122' and 'Multissol' obtained in the dose of 88.6 and 99.1 kg ha⁻¹ of N, and 'Altis 99' and 'Aguará 06' with 120 kg ha⁻¹. The cultivar 'Aguará 06', obtained higher productivity of achenes and yield of oil in the two agricultural crops. The net margin corresponded to the increase in nitrogen rates, reaching a maximum net margin of R\$ 366.89 ha⁻¹ at the rate of 81 kg ha⁻¹ of N for 'BRS122'; for 'Multissol' was R\$ 577.41 ha⁻¹ with 118 kg ha⁻¹ of N. For 'Aguará 06' (R\$ 2,124.00 ha⁻¹) and 'Altis 99' (R\$ 976, 66 ha⁻¹) in the dose of 120 kg ha⁻¹ of N in the 2016 harvest. In the 2017 harvest, 'BRS 122' obtained R\$ 190.90 ha⁻¹ in the dose of 83.0 kg ha⁻¹ of N and 'Multisol' reached R\$ 657.50 at the dose of 85.0 kg ha⁻¹

of N; the cultivars 'Aguará 06' (R\$ 1,078.00 ha⁻¹) and 'Altis 99' (R\$ 957,14 ha⁻¹) in the dose of 120 kg ha⁻¹ of N. The rate of return and the index were positive for all cultivars in the agricultural crops.

Keywords: *Helianthus annuus* L.. Mineral Nutrition. Agroeconomics. Biofuels. Economic indicators

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I

- Figura 1** – Valores médios diário de precipitação pluviométrica (mm), temperatura média do ar (°C), umidade relativa do ar (%), radiação solar global ($\text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$) e fases fenológicas (emergência - VE, estágio reprodutivo - R1 e colheita - R9) correspondentes aos meses de fevereiro a maio das safras agrícolas de 2016 e 2017. Mossoró, RN, Brasil..... 21
- Figura 2** – Teor de nitrogênio na folha diagnóstica (A), safra agrícola (B), número de aquênios por capítulo nas safras agrícolas de 2016 (C) e 2017 (D) e massa de 1000 aquênios (E) de cultivares de girassol em função das doses de nitrogênio em Mossoró-RN, semiárido brasileiro. Mossoró-RN, UFERSA, 2018.....26
- Figura 3** – Produtividade de aquênios (A, B) e produtividade de óleo (C, D) de cultivares de girassol em função das doses de nitrogênio em Mossoró-RN, semiárido brasileiro. Mossoró-RN, UFERSA, 2018.....28
- Figura 4** – Produtividade de aquênios de cultivares de girassol em função de doses de nitrogênio, safra agrícola 2016 (A) e 2017 (B) no semiárido. Mossoró-RN. 30

CAPÍTULO II

- Figura 1** – Renda bruta (A, B) de girassol fertirrigado com doses de nitrogênio em duas safras agrícolas em condições semiárido, Mossoró-RN.....45
- Figura 2** – Renda líquida (A, B) e taxa de retorno (C, D) de cultivares de girassol fertirrigado com doses de nitrogênio, em duas safras agrícolas no semiárido brasileiro, Mossoró-RN, UFERSA, 2018.....49
- Figura 3** – Índice de lucratividade (A, B) de cultivares de girassol fertirrigado com doses de nitrogênio, em duas safras agrícolas no semiárido brasileiro, Mossoró-RN, UFERSA, 2018.....50

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I

- Tabela 1** Valores de F da análise conjunta de variância para teor de nitrogênio na folha diagnóstica (FD), número de aquênios por capítulo (NAC), massa de mil aquênios (M1000A), produtividade de aquênios (PA), produtividade de óleo (PO) e teor de óleo (TO) na produção de cultivares de girassol fertirrigado com doses de nitrogênio em duas safras agrícolas no município de Mossoró, semiárido brasileiro. Mossoró-RN, UFERSA, 2018.....24
- Tabela 2** Valores médios de massa de 1000 aquênios de cultivares de girassol em função do desdobramento da interação das safras agrícolas em função das cultivares. Mossoró-RN.....27

CAPÍTULO II

- Tabela 1** Valores médios diário de precipitação pluviométrica (mm), temperatura média do ar (°C), umidade relativa do ar (%), radiação solar global ($\text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$) e fases fenológicas (emergência - VE, estágio reprodutivo - R1 e colheita - R9) correspondentes aos meses de fevereiro a maio das safras agrícolas de 2016 e 2017, em condição semiárida. Mossoró, RN, UFERSA, 2018.....39
- Tabela 2** Análises químicas do solo da área experimental após a calagem e antes da semeadura das cultivares de girassol nas safras agrícolas (2016 e 2017), em condição semiárida. Mossoró-RN, UFERSA, 2018.....40
- Tabela 3** Produtividade média de cultivares de girassol fertirrigadas com nitrogênio em duas safras agrícolas, em condição semiárida. Mossoró, RN, UFERSA, 2018.....41
- Tabela 4** Valores de (F) para as variáveis renda bruta (RB), renda líquida (RL), taxa de retorno (TR) e índice de lucratividade (IL) na produção de cultivares de girassol fertirrigado com doses de nitrogênio em duas safras agrícolas no município de Mossoró, semiárido brasileiro. Mossoró-RN, UFERSA, 2018.....44
- Tabela 5** Custos totais na produção de um hectare de girassol fertirrigado com doses de

nitrogênio em duas safras agrícolas no semiárido brasileiro, Mossoró-RN, UFERSA, 2018.....	46
---	----

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO GERAL.....	14
CAPÍTULO I – RESPOSTA AGRONÔMICA DE CULTIVARES DE GIRASSOL À NITROGÊNIO EM FERTIRRIGAÇÃO		17
1	INTRODUÇÃO.....	19
2	MATERIAL E MÉTODOS.....	21
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	24
4	CONCLUSÕES.....	31
5	REFERÊNCIAS.....	32
CAPÍTULO II - INDICADORES ECONÔMICOS DA ADUBAÇÃO NITROGENADA EM CULTIVARES DE GIRASSOL		36
1	INTRODUÇÃO.....	38
2	MATERIAL E MÉTODOS.....	39
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	44
4	CONCLUSÕES.....	52
5	REFERÊNCIAS.....	53

1. INTRODUÇÃO GERAL

O girassol (*Helianthus annuus* L.), pertencente à família Asteraceae, é considerada a espécie comercial mais importante do gênero e uma das quatro culturas oleaginosas produtoras de óleo vegetal do mundo (FERNÁNDEZ MARTÍNEZ; PÉREZ-VICH; VELASCO, 2009; KAYA; KOLSARICI, 2013).

O girassol é cultivado em todos os continentes, desenvolvendo-se bem na maioria dos solos agricultáveis, sendo considerada uma planta rústica de ciclo curto, elevada qualidade e bom rendimento de óleo. No Brasil, a safra de 2016/17 ocupou área de cerca de 62,3 mil ha, concentrada principalmente no Estado do Mato Grosso, que representa a liderança nacional em área plantada e produtividade, 31.800 ha e 1.348 kg ha⁻¹ respectivamente (CONAB, 2017).

O teor (38-52%) e a qualidade do óleo de girassol, por vezes, superior ao de outras culturas, possibilitam ampla utilização pela indústria. Da composição do óleo de girassol, pode-se obter dois tipos, um com alto teor de ácido oleico (80-90%) e outro com alto teor de ácido linoleico (70-80%), possibilitando amplo uso como alimento e biocombustível, pois essas características mantêm suas composições de ácidos graxos, apesar de variações de ambiente.

O Brasil tem se destacado como segundo maior produtor e consumidor de biodiesel do mundo (BECKMAN et al., 2017). Possui clima e solo favoráveis para obter altas produções e suprir a demanda interna, tanto na produção do biodiesel quanto para as necessidades comestíveis, porém, ainda boa parte dos grãos e óleos de girassol consumidos no Brasil é importada de outros países.

No Estado do Rio Grande do Norte, o cultivo do girassol tem sido incentivado nos últimos anos, principalmente na região Oeste. Cultivado tanto no período chuvoso, em rotação as principais culturas cultivadas, quanto no seco, sob irrigação, principalmente após a demanda do Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (CAVALCANTE JÚNIOR et al., 2013). Diante do reduzido número de trabalhos de pesquisas relacionados ao cultivo de girassol na região, estudos acerca do manejo adequado com a cultura são fundamentais para amenizar e corrigir os problemas oriundos da baixa produtividade.

Neste sentido, Uchôa et al. (2011) abordaram que dentre as várias tecnologias a serem estudadas na cultura do girassol, a escolha de cultivares constitui um dos principais componentes do sistema de produção, sobretudo devido à interação genótipo e ambiente, sendo necessários ensaios em anos agrícolas, a fim de determinar o comportamento de

estabilidade agrônomo dos genótipos e sua adaptação às condições locais. De acordo com Nasim et al. (2015), a escolha adequada da cultivar mais produtiva e adaptada às condições da região consiste em tecnologia essencial para obter incremento na produtividade, especialmente por ser uma prática que não onera substancialmente o custo de produção.

Para introdução de cultivares mais produtivas, há necessidade de estudos relacionados à adubação, pois as cultivares de girassol apresentam respostas diferentes em função da adubação (HAN et al., 2015).

Nos pólos agrícolas de produção, principalmente no Nordeste, a irrigação localizada está normalmente associada à distribuição de fertilizantes solúveis via a técnica da fertirrigação, possibilitando melhor eficiência no uso de adubos solúveis, disponibilizando concentração e distribuição de íons na solução do solo em níveis ideais e prontamente disponíveis às plantas (SOUZA et al., 2014).

Com relação à fertilização do girassol, tem-se observado que a cultura acumula grandes quantidades de nutrientes, principalmente o nitrogênio, visto que este desempenha importante função no metabolismo e na produtividade da cultura (ZOBIOLE et al., 2010; ROCHA et al., 2014).

A deficiência de nitrogênio causa desordem nutricional, limitando a produção, enquanto seu excesso ocasiona decréscimo na porcentagem de óleo, aumento da incidência de pragas e doenças, afetando a produtividade final de aquênios (BISCARO et al., 2008; SANTOS; GRANGEIRO; WANDERLEY, 2013; GARCÍA-LÓPEZ et al., 2016).

Algumas pesquisas evidenciam aumento de produtividade de aquênios com doses de 40 a 130 kg ha⁻¹ de N (BISCARO et al., 2008; LOBO; GRASSI FILHO; BRITO, 2011; FREITAS et al., 2012; GUEDES FILHO et al., 2013; VASCONCELOS et al., 2015; SCHWERZ et al., 2016), devido principalmente a eficiência de uso do N por cultivar e a fatores ambientais.

Apesar do reconhecimento unânime do valor da cultura de girassol na estratégia de produção de óleo para o biodiesel, alimentação humana e o farelo como fonte de alimentação animal da região, tendo grande importância nutricional, econômica e social, por auxiliar na geração de emprego e renda da população rural, as produtividades obtidas são baixas. (SANTOS; GRANGEIRO; WANDERLEY, 2013).

Afim de fornecer subsídios ao cultivo do girassol no semiárido brasileiro, o objetivo dessa pesquisa foi determinar doses de máxima eficiência técnica e econômica de nitrogênio via fertirrigação e responsividade de cultivares de girassol em duas safras agrícolas.

REFERÊNCIAS

- BECKMAN, J. et al. Global Ethanol Mandates: Opportunities for US Exports of Ethanol and DDGS. **Electronic Outlook Report from the Economic Research Service**, n. BIO-05, 2017.
- BISCARO, G. A. et al. Adubação nitrogenada em cobertura no girassol irrigado nas condições de Cassilândia-MS. **Ciência e Agrotecnologia**, [s.l.], v. 32, n. 5, p.1366-1373, out. 2008.
- CAVALCANTE JÚNIOR, E. G. et al. Necessidade hídrica da cultura do girassol irrigado na chapada do Apodi. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 3, p. 261–267, mar. 2013.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos – v. 4 – safra 2017/18 – n. 10**. Brasília: CONAB, p. 171, 2017.
- FERNÁNDEZ-MARTÍNEZ, J. M.; PÉREZ-VICH, B.; VELASCO, L. Sunflower. **Oil Crops**, [s.l.], p.155-232, 2009.
- FREITAS, C. A. S. et al. Crescimento da cultura do girassol irrigado com diferentes tipos de água e adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, [s.l.], v. 16, n. 10, p.1031-1039, out. 2012.
- GARCÍA-LÓPEZ, J. et al. Yield response of sunflower to irrigation and fertilization under semi-arid conditions. **Agricultural Water Management**, [s.l.], v. 176, p.151-162, out. 2016.
- GUEDES FILHO, D. H. et al. Água disponível no solo e doses de nitrogênio no crescimento do girassol. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, [s.l.], v. 7, n. 3, p.201-212, jul. 2013.
- HAN, M. et al. The Genetics of Nitrogen Use Efficiency in Crop Plants. **Annual Review of Genetics**, [s.l.], v. 49, n. 1, p.269-289, nov. 2015.
- KAYA, M. D.; KOLSARICI, O. Seed yield and oil content of some sunflower (*Helianthus annuus* L.) hybrids irrigated at different growth stages. **African Journal of Biotechnology**, [s.l.], v. 10, n. 22, p. 4591-4595, may 2013.
- LOBO, T. F.; GRASSI FILHO, H.; BRITO, I. C. A. Efeito do nitrogênio na nutrição do girassol. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 27, n. 3, p. 380-391, may/june. 2011.
- NASIM, W. et al. Correlation studies on nitrogen for sunflower crop across the agroclimatic variability. **Environmental Science And Pollution Research**, [s.l.], v. 23, n. 4, p.3658-3670, 24 out. 2015.
- ROCHA, J. G. et al. Cinética de absorção de nitrogênio e acúmulo de frações solúveis nitrogenadas e açúcares em girassol. **Pesquisa Agropecuária Tropical (Agricultural Research in the Tropics)**, Goiânia, v. 44, n. 4, p. 10-15, out/dez. 2014.

SANTOS, J. F.; GRANGEIRO, J. I. T.; WANDERLEY, J. A. C. Comportamento produtivo do girassol em função de doses de nitrogênio. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 8, n. 2, p. 297-302, 2013.

SCHWERZ, F. et al. Avaliação do efeito de doses e fontes de nitrogênio sobre variáveis morfológicas, interceptação de radiação e produtividade do girassol. **Revista Ceres**, [s.l.], v. 63, n. 3, p.380-386, jun. 2016.

SOUZA, M. S. et al. Estado nutricional da melancia fertirrigada com doses de nitrogênio e fósforo. **Semina: Ciências Agrárias**, [s.l.], v. 35, n. 4, p.2301-2316, set. 2014.

UCHÔA, S. C. P. et al. Adubação de potássio em cobertura nos componentes de produção de cultivares de girassol. **Revista Ciência Agronômica**, [s.l.], v. 42, n. 1, p. 8-15, jan/mar. 2011.

VASCONCELOS, D. V. et al. Métodos de aplicação e doses de nitrogênio para a cultura do girassol. **Irriga**, Botucatu, v. 20, n. 4, p.667-679, out/dez. 2015.

ZOBIOLE, L. H. S. et al. Marcha de absorção de macronutrientes na cultura do girassol. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [s.l.], v. 34, n. 2, p.425-434, abr. 2010.

CAPÍTULO I

RESPOSTA AGRONÔMICA DE CULTIVARES DE GIRASSOL À NITROGÊNIO EM FERTIRRIGAÇÃO

RESUMO

O girassol é uma das oleaginosas mais importantes no mundo, cujos aquênios são valorizados em diversas cadeias na indústria, principalmente para extração e processamento do seu óleo, onde sua qualidade e estabilidade o torna de alto valor agregado para uso doméstico e industrial. Apesar de existir informações na literatura, as necessidades de nitrogênio para o girassol em condições semiáridas ainda não estão elucidadas. Em duas safras agrícolas, 2016 e 2017, foram conduzidos experimentos, visando avaliar a resposta produtiva de cultivares (Aguará 06; Altis 99; Multissol e BRS 122) de girassol submetido a doses de nitrogênio (0, 30, 60, 90 e 120 kg ha⁻¹), via fertirrigação em condições semiáridas brasileira. As doses de nitrogênio influenciaram positivamente o número, massa, produtividade de aquênios e óleo, com exceção para o teor de óleo das cultivares de girassol, nas duas safras agrícolas. A dose de N para a máxima produtividade de aquênios, para a Multissol e BRS 122 foi de 81,8 e 86,6 kg ha⁻¹ e para Altis 99 e Aguará 06 na dose de 120 kg ha⁻¹ de N, respectivamente, na safra agrícola de 2016. Em 2017, a Multissol e BRS 122 na dose de 100,7 e 92,8 kg ha⁻¹ e para a Altis 99 e a Aguará 06, com 120 kg ha⁻¹ de N. A dose fertirrigada de máxima eficiência econômica de N é de 60 e 70 kg ha⁻¹, para as cultivares Multissol e BRS 122. Para a produtividade de óleo, as doses máximas de 78,0 e 86,7 kg ha⁻¹ de N, para as cultivares BRS 122 e Aguará 06 e para as cultivares Multissol e Altis 99 na dose de 120 kg ha⁻¹ de N, na safra de 2016. Em 2017 a BRS 122 e Multissol obtiveram na dose de 88,6 e 99,1 kg ha⁻¹ de N, e a Altis 99 e a Aguará 06 na dose de 120 kg ha⁻¹. A cultivar Aguará 06, obteve maior produtividade de aquênios e rendimento de óleo nas duas safras agrícolas.

Palavras-chave: *Helianthus annuus* L. Fertirrigação Nitrogenada. Produtividade de Óleo. Biocombustível.

AGRONOMIC RESPONSE OF NITROGEN SUNFLOWER CULTIVARS IN FERTIRRIGATION

ABSTRACT

Sunflower is one of the most important oilseeds in the world, whose achenes are valued in several chains in the industry, mainly for extraction and processing of its oil, where its quality and stability makes it of high added value for domestic and industrial use. Although there is information in the literature, the nitrogen requirements for sunflower in semi-arid conditions are not yet clear. In two agricultural crops, 2016 and 2017, experiments were carried out to evaluate the productive response of sunflower cultivars (Aguará 06, Altis 99, Multissol and BRS 122) submitted to nitrogen doses (0, 30, 60, 90 and 120 kg ha⁻¹), via fertirrigation in Brazilian semi-arid conditions. Nitrogen doses positively influenced the number, mass, yield of achenes and oil, except for the oil content of the sunflower cultivars, in the two agricultural crops. The N dose for the maximum yield of achenes for Multissol and BRS 122 was 81.8 and 86.6 kg ha⁻¹ and for Altis 99 and Aguará 06 at the dose of 120 kg ha⁻¹ of N, respectively, in the 2016 crop season. In 2017, Multissol and BRS 122 at a dose of 100.7 and 92.8 kg ha⁻¹ and for Altis 99 and Aguará 06, with 120 kg ha⁻¹ of N. The fertirrigated dose of maximum economic efficiency of N is 60 and 70 kg ha⁻¹, for the cultivars Multissol and BRS 122. For the oil yield, the maximum doses of 78.0 and 86.7 kg ha⁻¹ of N for the cultivars BRS 122 and Aguará 06 and for the cultivars Multissol and Altis 99 at the dose of 120 kg ha⁻¹ of N in the 2016 harvest. In 2017 BRS 122 and Multissol obtained in the dose of 88.6 and 99.1 kg ha⁻¹ of N, and Altis 99 and Aguará 06 in the dose of 120 kg ha⁻¹. The cultivar Aguará 06 obtained higher productivity of achenes and yield of oil in the two agricultural crops.

Keywords: *Helianthus annuus* L.; Nitrogen Fertirrigation, Oil Productivity. Biofuel.

1. INTRODUÇÃO

O girassol (*Helianthus annuus* L.) é uma das culturas industriais de ampla demanda, para óleo comestível, indústria farmacêutica, química, cosmética e para produção de biocombustíveis, desempenhando importante função na economia mundial (USDA, 2017).

A crescente demanda por óleo e seus derivados, tem favorecido a expansão de cultivos de girassol em diversas regiões do mundo, e muitas dessas, em clima semiárido (LI et al., 2017). Na região semiárida brasileira, a expansão de cultivos dessa oleaginosa teve foco especial nos últimos anos, principalmente após a inserção na matriz energética nacional através do Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel.

O girassol possui característica singular, sua ampla adaptabilidade aos solos e as condições climáticas e o alto teor de óleo nos aquênios, são fatores que favoreceram a inserção dessa cultura em condições semiáridas.

Entretanto, o teor de óleo e a produtividade de aquênios na cultura do girassol, são fatores dependentes da cultivar e sua interação com o ambiente. Fatores climáticos como a temperatura do ar, radiação solar e precipitações pluviométricas influenciam no enchimento de aquênios e no ciclo total da cultura (THOMAZ et al., 2012; LI et al., 2017).

As maiores produtividades de girassol são obtidas através da escolha de cultivares mais adaptadas a região de cultivo e a combinação do balanço nutricional adequado existente no solo para cultura. Esses fatores (cultivares x nutrição) estão diretamente ligados, e geralmente resulta no sucesso ou não do seu cultivo do girassol em todo mundo (NASIM et al., 2016; CASTRO e LEITE, 2018).

Nesse equilíbrio nutricional, a adubação nitrogenada adequada, é fundamental para a cultura do girassol. O nitrogênio é um dos elementos mais requeridos pela cultura, pois, participa ativamente na síntese de compostos orgânicos e que formam estruturas vegetais, tais como, os aminoácidos, proteínas, ácidos nucleicos e moléculas de clorofilas (TAIZ et al., 2017).

A deficiência do N na cultura do girassol causa desordens nutricionais, comprometendo as funções metabólicas e fisiológicas, enquanto o excesso ocasiona decréscimo no teor de óleo, aumenta a incidência de pragas e doenças, além de prejuízos econômicos e de ordem ambiental (BISCARO et al., 2008).

As concentrações adequadas de N no solo e na planta refletem em importantes parâmetros agrônômicos na cultura do girassol, tais como o diâmetro de capítulos, número e

massa de aquênios, área foliar, fotossíntese, teor de óleo e produtividade (ALI; NOORKA, 2013).

Portanto, é fundamental determinar a dose ideal de N por cultivar, uma vez que, novos materiais exigentes e produtivos são disponibilizados no mercado, e esses requerem nutrição adequada para o crescimento vegetativo e respostas produtivas (ALVES et al., 2017).

Vários autores citam a importância da fertigação nitrogenada na produtividade de aquênios e para o teor de óleo na cultura do girassol (GRAHAM; VARCO, 2017; NASIM et al., 2016; SCHULTZ et al., 2018). No entanto, há poucos estudos no sentido de elucidar o desempenho produtivo de cultivares de girassol adubado com nitrogênio, no semiárido tropical nordestino em safras agrícolas.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o teor e a produtividade de óleo e aquênios de girassol fertirrigados com doses de nitrogênio em duas safras agrícolas na condição semiárida.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos em duas safras agrícolas, nos meses de fevereiro - maio de 2016 e 2017, na Fazenda Experimental Rafael Fernandes (5° 03'S e 37° 23'W e altitude de 18 m), pertencente à Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), situada no município de Mossoró-RN. A classificação climática de acordo com Köppen, é BSw^h, tropical semiárido muito quente e seco, predominando duas estações climáticas: uma chuvosa, geralmente nos meses de fevereiro a maio e uma seca de junho a janeiro, com temperatura média de 27,4 °C e precipitação pluviométrica com média de 673,9 mm (ESPÍNOLA SOBRINHO et al., 2011). Os dados meteorológicos médios e fases fenológicas do período de realização dos experimentos estão apresentados na Figura 1.

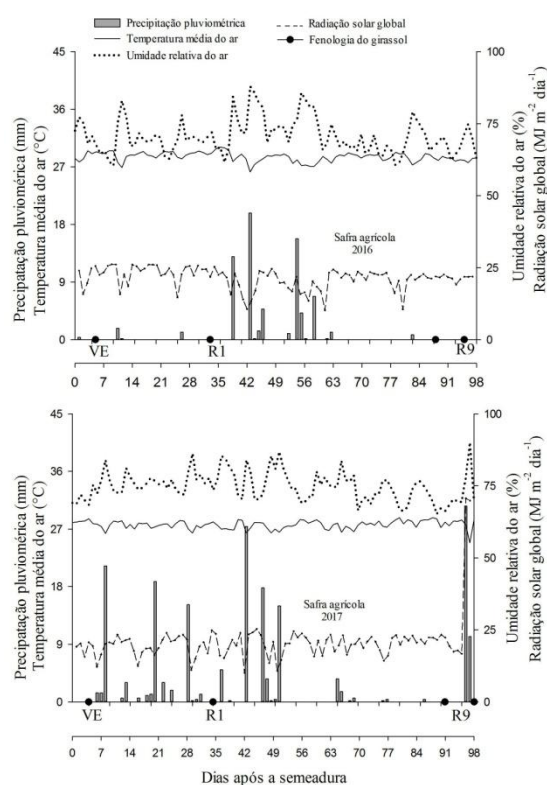


Figura 1 – Valores médios diário de precipitação pluviométrica (mm), temperatura média do ar (°C), umidade relativa do ar (%), radiação solar global ($\text{MJ m}^{-2} \text{dia}^{-1}$) e fases fenológicas (emergência - VE, estágio reprodutivo - R1 e colheita - R9) correspondentes aos meses de fevereiro a maio das safras agrícolas de 2016 e 2017. Mossoró, RN, Brasil.

O solo foi classificado como Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico, classe textural areia franca (EMBRAPA, 2013), com as seguintes características físicas: areia grossa = 660 g kg⁻¹; areia fina = 220 g kg⁻¹; silte = 20 g kg⁻¹; argila = 100 g kg⁻¹. Os resultados das análises químicas após a calagem na safra de 2016: pH em H₂O (1:2,5) = 5,9; M.O. = 7,52 g kg⁻¹; N = 0,42 g kg⁻¹; P = 2,21 mg dm⁻³; K⁺ = 27,1 mg dm⁻³; Ca²⁺ = 0,40 cmol_c dm⁻³; Mg²⁺ = 0,57 cmol_c dm⁻³; Al³⁺ = 0,0 cmol_c dm⁻³. E safra 2017: pH em H₂O (1:2,5) = 5,8; M.O. = 4,38 g kg⁻¹; N = 0,32 g kg⁻¹; P = 1,9 mg dm⁻³; K⁺ = 32,4 mg dm⁻³; Ca²⁺ = 1,40 cmol_c dm⁻³; Mg²⁺ = 0,70 cmol_c dm⁻³; Al³⁺ = 0,0 cmol_c dm⁻³.

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com tratamentos em parcelas subdivididas com quatro repetições. Nas parcelas foram avaliadas as doses de nitrogênio (0, 30, 60, 90 e 120 kg ha⁻¹ de N) e nas subparcelas as quatro cultivares de girassol (Aguará 06, Altis 99, Multissol e BRS 122).

O preparo do solo constou de aração, gradagem e calagem, que após 45 dias, procedeu-se a adubação de fundação, com base na análise de solo e conforme as recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. (RIBEIRO et al., 1999). A fonte de N utilizado foi à ureia, fornecido via água de irrigação, utilizando-se tanque de derivação produzido com tubo de PVC. As fertirrigações com N foram aplicadas 1/3 na semeadura e os 2/3 parcelados na fase reprodutiva R₁, com o surgimento de pequeno broto floral no ápice e R₃, quando o alongamento do broto floral se encontrava a uma distância maior que 2,0 cm acima da última folha, o parcelamento das doses de N foram correspondentes aos tratamentos, respectivamente.

O fósforo foi aplicado na forma de superfosfato simples, 70 kg ha⁻¹ de P₂O₅, na cova de semeadura, na adubação de fundação. O potássio na forma de KCl, 70 kg ha⁻¹ de K₂O, aplicado via fertirrigação conforme as aplicações nitrogenadas.

As parcelas foram constituídas de quatro linhas de plantas com espaçamento de 0,7 m entre linhas e de 0,3 m entre plantas, totalizando área de 12,6 m². Como área útil foi considerada as duas linhas centrais, descartando uma planta em cada extremidade das linhas.

As principais características agronômicas das cultivares são: Aguará 06 possui maturação de colheita de 110 a 120 dias, aquênios estriados com teor de óleo de 44 a 49%. A Altis 99 possui ponto de colheita de 110 a 125 dias, aquênios negros com teor de óleo entre 43 a 50%, ambas cedidas pela empresa Atlântica Sementes[®]. A cultivar Multissol possui ciclo de 115 a 130 dias, aquênios pretos rajados de branco com teor de óleo de 39 a 50%, desenvolvida pela Coordenadoria de Assistência Técnica Integral (CATI). O cv. BRS 122

possui ciclo de 85 a 100 dias, aquênios pretos com listras cinza, teor de óleo entre 40 a 44%, desenvolvida pela Embrapa.

O sistema de irrigação foi o localizado por gotejamento, com espaçamento de 0,3 m entre emissores e vazão média de 1,5 L h⁻¹, utilizando lâmina de irrigação diária, considerando-se as precipitações pluviométricas e a evapotranspiração da cultura (mm) em suas fases fenológicas (ALLEN, 1998; CAVALCANTE JUNIOR et al., 2013). As precipitações pluviométricas durante o ciclo fenológico do girassol acumularam 73 mm em 2016 e 188,4 mm em 2017, respectivamente.

A semeadura do girassol no primeiro ano agrícola foi realizada em 23 de fevereiro de 2016, enquanto a segunda foi realizada em 24 de fevereiro de 2017, realizada manualmente à uma profundidade de 4 centímetros, utilizando 3 sementes por cova. O desbaste foi realizado aos 10 dias após a semeadura, deixando uma planta por cova.

Em 2016, a colheita foi realizada no estágio fenológico R9, que correspondeu a 88 dias após a semeadura (DAS) para as cultivares BRS 122 e Multissol e aos 95 DAS para as cultivares Altis 99 e Aguará 06. Em 2017, para a BRS 122 e Multissol aos 90 DAS, e Altis 99 e Aguará 06 aos 98 DAS, ou seja, quando as brácteas, capítulo e o caule apresentaram coloração castanho escuro e teor de umidade dos aquênios em aproximadamente 14 e 18%.

A colheita, trilha e limpeza dos aquênios foram realizadas manualmente. As características avaliadas foram: a) folha diagnóstica, foram coletadas 28 folhas por parcela, coletando a quinta folha expandida abaixo do capítulo na fase inicial do florescimento e analisadas conforme a metodologia para digestão ácida sulfúrica descrita em Malavolta; Vitti; Oliveira (1997); b) número de aquênios por capítulo, conforme Ribeiro et al. (2011); c) massa de mil aquênios, em gramas por parcela; d) produtividade de aquênios (kg ha⁻¹), foi calculado pela massa de aquênios da parcela útil, e extrapolado pela área de um hectare. Para determinação do teor de água nos aquênios, foi utilizada uma amostra de 200 g, a fim de obter a produtividade corrigida para 11% de umidade; e) teor de óleo, em porcentagem. A extração de óleo usando hexano por extrator de Soxhlet, realizada por seis horas (YANIV et al., 1998); f) A produtividade de óleo foi determinada a partir do teor de óleo nos aquênios e da produtividade de aquênios, corrigindo-se os valores para 11% de umidade; g) Para determinar a dose econômica do nitrogênio para a produtividade de aquênios de girassol, foi realizado conforme Rajj (1991) e Natale et al. (2011). Considerou-se o preço médio por kg de aquênios comprado por atacadistas, referentes às safras de 2016 e 2017. O custo do kg de nitrogênio, cuja fonte foi à ureia (45% de N) foi R\$ 3,15 e R\$ 3,33 (por kg do elemento) nas respectivas safras. Na dose de máxima econômica foi utilizada a seguinte relação de equivalência: kg de

nitrogênio aplicado/kg de aquênios comercializado, igual a R\$ 3,15/R\$ 2,00 = R\$ 1,575 e 3,33/R\$2,00 = 1,665, respectivamente. A cotação do US\$ 1,00 foi correspondente a R\$ 3,59 na safra de 2016 e de US\$ 3,23 em 2017.

As doses de máxima eficiência econômica (MEE) foram calculadas com base na derivada da equação de regressão entre a produção de aquênios e as doses de nitrogênio aplicadas, tornando-a igual à relação de troca, ou seja: $dy/dx = a_1 + 2a_2x =$ relação de troca. A dose econômica (x') foi calculada por: $x' = (A_1 - \text{relação de troca})/2 \cdot (-A_2)$.

Os dados foram submetidos à análise de variância em cada safra agrícola (2016 e 2017), através do programa Sisvar, versão 5.6 (FERREIRA, 2011). Posteriormente, análise conjunta foi realizada para as características com homogeneidade de variâncias entre as safras. (PIMENTEL GOMES, 2009).

As análises de regressão foram realizadas com o aplicativo *Table Curve 2D*, versão 5.01, criado por Jandel Scientific (1992). Para comparação entre as safras agrícolas, foi utilizado o teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Interação significativa entre safra, doses de N e cultivares foi registrada para número de aquênios por capítulo, produtividade de aquênios e óleo, bem como, interação dupla entre doses de N e cultivares, entre doses de N e safras agrícolas para o teor de N na folha diagnóstica e teor de óleo nos aquênios, e entre cultivares e safras agrícolas para massa de mil aquênios (Tabela 1).

Tabela 1 – Valores de F da análise conjunta de variância para teor de nitrogênio na folha diagnóstica (FD), número de aquênios por capítulo (NAC), massa de mil aquênios (M1000A), produtividade de aquênios (PA), produtividade de óleo (PO) e teor de óleo (TO) na produção de cultivares de girassol fertirrigado com doses de nitrogênio em duas safras agrícolas no município de Mossoró, semiárido brasileiro. Mossoró-RN, UFERSA, 2018.

Causas de Variação	GL	F					
		FD	NAC	M1000A	PA	PO	TO
Blocos (Safras)	6	2,38 ^{ns}	1,49 ^{ns}	1,50 ^{ns}	3,60 ^{ns}	5,08 ^{ns}	0,31 ^{ns}
Safras	1	9,15**	6,15*	20,11**	2,36 ^{ns}	6,22*	8,89**
Dose	4	215,04**	26,90**	13,39**	53,00**	60,97**	1,12 ^{ns}
Doses x Safras	4	8,88**	9,46**	1,29 ^{ns}	3,50*	3,18*	0,40*
Cultivar	3	1,87 ^{ns}	22,17**	3,81**	16,07**	16,95**	14,10**

Cultivares x Safras	3	0,42 ^{ns}	4,53**	16,69**	1,15 ^{ns}	1,58 ^{ns}	1,22 ^{ns}
Cultivares x Doses	12	3,56**	1,35 ^{ns}	1,10 ^{ns}	1,92*	1,56 ^{ns}	0,84*
Safras x Doses x Cultivares	12	1,21 ^{ns}	4,04**	1,68 ^{ns}	2,78**	2,10*	0,72 ^{ns}
C.V. 1 (%)		7,15	23,61	20,79	23,72	22,27	6,29
C.V. 2 (%)		7,61	24,56	20,69	23,17	26,25	9,86
Média geral		42,2	508,22	45,78	1.115,43	532,56	47,63

ns: não significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F; **: significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F e *: significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F; GL: graus de liberdade; CV: coeficiente de variação.

Os teores de N foliar aumentaram com as doses de nitrogênio fertirrigado, estando na faixa considerada adequada (35 a 50 g de N kg⁻¹ MS, segundo Castro e Oliveira (2005), para as doses de 30 a 120 kg ha⁻¹ de N, nas cultivares e nas safras agrícolas (Figura 2A e 2B). Nas plantas que não receberam adubação nitrogenada, os teores foliares estavam abaixo do ideal, o que pode ser justificado pelo baixo teor de matéria orgânica presente no solo, refletindo em sintomas visuais característicos da deficiência de N, como redução do desenvolvimento das plantas, clorose uniforme no limbo foliar nas folhas basais e senescência, redução no tamanho do receptáculo afetando o número e o peso de aquênios.

As cultivares responderam de modo diferente conforme as doses de N, porém, foram semelhantes nas safras agrícolas para o número de aquênios por capítulo (Figura 2C). Na dose de 74 e 106 kg ha⁻¹ de N as cultivares Multissol e BRS 122 alcançaram máximos de 473 e 533 aquênios por capítulo, respectivamente, ocorrendo decréscimos quando maiores doses de N foram fertirrigadas, enquanto as cultivares Aguará 06 e Altis 99 continuaram responsivas ao N, na safra de 2016.

Resultados semelhantes foram obtidos em 2017, para as cultivares Multissol e BRS 122 a dose aproximada de 96 kg ha⁻¹ de N e teor de N na folha de 37,8 e 41,3 g kg⁻¹, foram correspondentes a obtenção de máximo número de aquênios por capítulo, de 454 e 473 respectivamente. A Aguará 06 e Altis 99 responderam em número de aquênios conforme aplicação de N, na dose de 120 kg ha⁻¹ de N valores de 941 e 733 aquênios, sendo equivalente a um aumento de 614 e 413 aquênios por capítulo, com as doses fertirrigadas, respectivamente (Figura 2D).

A importância do N também foi evidente para massa de mil aquênios, promovendo incremento linear, na dose zero de N fertirrigado (38,4 g) e em 120 kg ha⁻¹ (51,6 g) (Figura 2E). Com um incremento de 6,39% para cada 30 kg ha⁻¹ de N aplicado.

Houve diferença entre as cultivares para massa de 1000 aquênios nas safras agrícolas (Tabela 1). A cultivar Aguará 06 obteve maior massa de 1000 aquênios entre as cultivares, na safra de 2016, e na safra de 2017, as cultivares Multissol e BRS 122 obtiveram maior massa, porém, não diferindo entre si. A Altis 99, não diferiu nas safras agrícolas, mantendo a estabilidade de massa de aquênios.

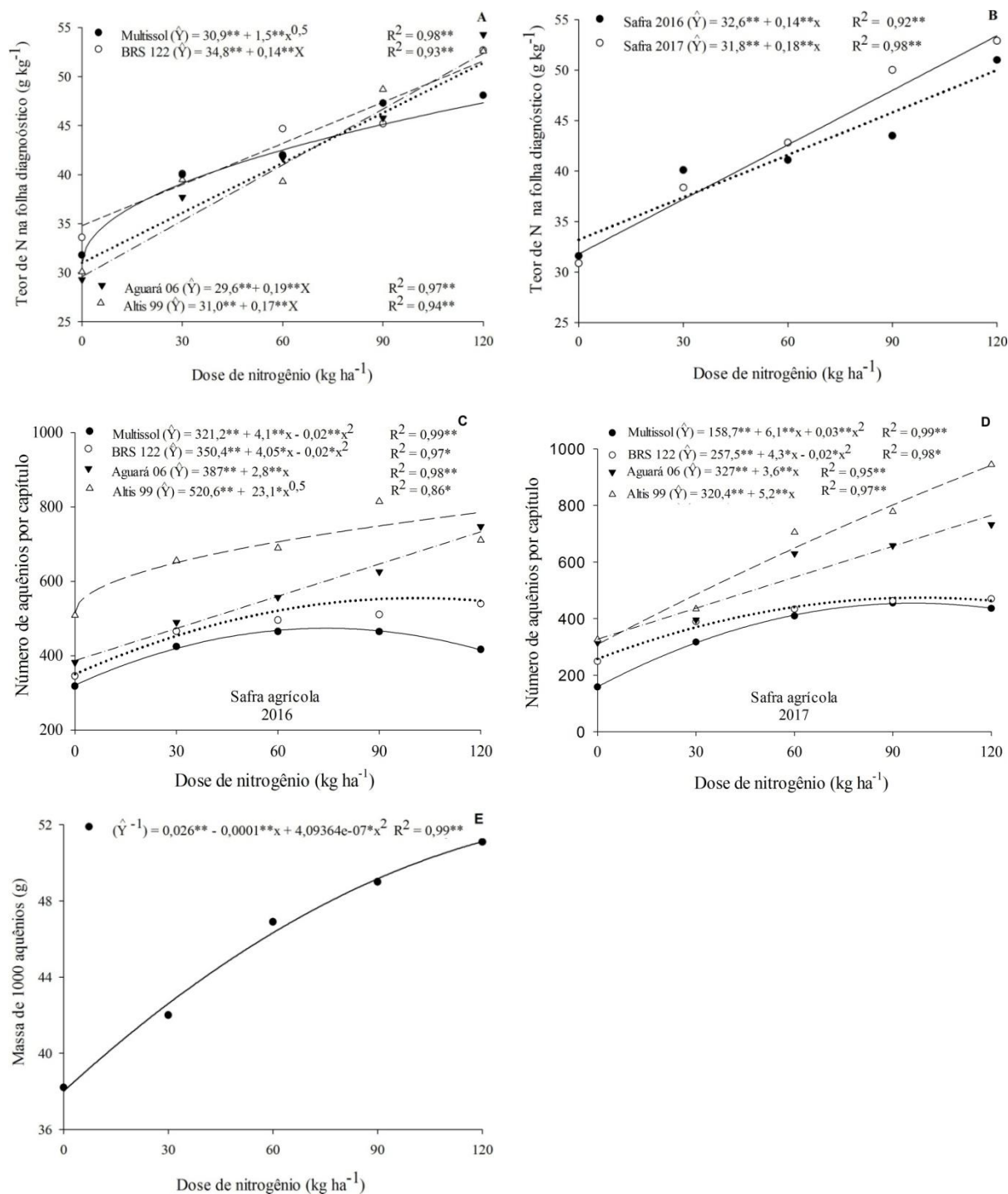


Figura 2 - Teor de nitrogênio na folha diagnóstica (A), safra agrícola (B), número de aquênios por capítulo nas safras agrícolas de 2016 (C) e 2017 (D) e massa de 1000 aquênios

(E) de cultivares de girassol em função das doses de nitrogênio em Mossoró-RN, semiárido brasileiro. Mossoró-RN, UFERSA, 2018.

Tabela 2 - Valores médios de massa de 1000 aquênios de cultivares de girassol em função do desdobramento da interação das safras agrícolas em função das cultivares. Mossoró-RN.

Safras agrícolas	*Cultivares			
	Multissol	BRS 122	Aguará 06	Altis 99
	Massa de 1000 aquênios (g)			
2016	39,3 Bc	39,2 Bc	48,8 Aa	42,3 Ab
2017	58,2 Aa	54,5 Aa	42,6 Bb	41,3 Ab

*Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si, maiúscula na coluna e minúscula na linha, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O incremento na massa de mil aquênios pode ser atribuído às funções do N no metabolismo de síntese de compostos de reserva nas sementes. Os resultados obtidos corroboram os de Santos et al. (2016), que estudaram o efeito da adubação nitrogenada na produção de girassol, cultivar BRS 122, e relataram ganho em massa de 8,45% para cada 20 kg ha⁻¹ de N. Por vez, Lobo, Grassi Filho e Coelho (2012), obtiveram resultado com adubação nitrogenada no híbrido H251, e relataram aumento de 23,8% nas doses de 50 a 300 kg ha⁻¹ de N na massa de 1000 aquênios. Soares et al. (2016), também verificaram resposta linear da adubação nitrogenada para a massa de mil aquênios com dose de 100 kg de N ha⁻¹. Para Schwerz et al. (2016) e Silva et al. (2017), a dose correspondente para maior massa de aquênios foi a de 100 e 120 kg ha⁻¹ de N, respectivamente.

Além de fatores genéticos, a massa de 1000 aquênios pode ser modificada por fatores ambientais (DOSIO et al., 2000). Na safra de 2017, a temperatura média não superior a 28 °C, índice pluviométrico de 188,4 mm, distribuído com regularidade no ciclo da cultura e radiação solar global de 20,7 MJ m⁻² dia⁻¹ (Figura 1), possivelmente, influenciaram na duração do ciclo total da cultura, possibilitando maior acúmulo e disponibilidade de reservas provenientes de fotoassimilados, favorecendo o incremento na massa de aquênios, conforme também relatado em outras pesquisas (DOSIO; TARDIEU; TURC, 2011 AGUIRREZÁBAL et al., 2015).

O comportamento diferencial do número e massa de aquênios das cultivares refletiu na produtividade de aquênios. Para as cultivares Multissol e BRS 122, a produtividade máxima alcançada foi nas doses fertirrigadas de 81,8 e 86,6 kg ha⁻¹ de N, alcançando 1.331,0 e 1.421,5

kg ha⁻¹, respectivamente, inferindo decréscimo com a aplicação de doses superiores. Para a ‘Altis 99’ e ‘Aguará 06’, a produtividade foi linear conforme as doses aplicadas, com uma relação de kg de N aplicado por kg de aquênios produzidos de 9,70 e 6,15, respectivamente. Semelhantemente, na safra de 2017, as doses de 100,7 e 92,8 kg ha⁻¹ de N proporcionaram produtividades máximas para a ‘Multissol’ (1.385,9) e ‘BRS 122’ (1.128,0 kg ha⁻¹) de aquênios, respectivamente; enquanto a ‘Altis 99’ e a ‘Aguará 06’, foram responsivas até às maiores doses de N (Figuras 3A e 3B). O comportamento produtivo das cultivares frente aos requerimentos da adubação nitrogenada foram semelhantes nas safras agrícolas.

A produtividade de óleo foi semelhante nas safras agrícolas (Figuras 3C e 3D). Em 2016, comportamentos diferentes entre as cultivares foram obtidos conforme as doses de N. Na dose de 78 kg ha⁻¹ de N e teor foliar de 32,5 g kg⁻¹ de N, a BRS 122 obteve produtividade estimada de 633,30 kg ha⁻¹, e na dose 120 kg ha⁻¹ de N com N foliar de 50 g kg⁻¹, as cultivares Multissol (559) e a Altis 99 (880 kg ha⁻¹). À Aguará 06, na dose de 86,7 kg ha⁻¹ de N e teor foliar de 36,1 g kg⁻¹ de N, alcançou 713,6 kg ha⁻¹. Na safra de 2017, as doses 88,6 e 99,1 kg ha⁻¹ de N e teor foliar de 36,9 e 41,3 g kg⁻¹ de N, corresponderam às produtividades para BRS 122 (561,40) e Multissol (609,30), kg ha⁻¹, respectivamente. A Altis 99 (746) e Aguará 06 (998,5 kg ha⁻¹) com teor foliar de 50,2 g kg⁻¹ de N, na dose de 120 kg ha⁻¹.

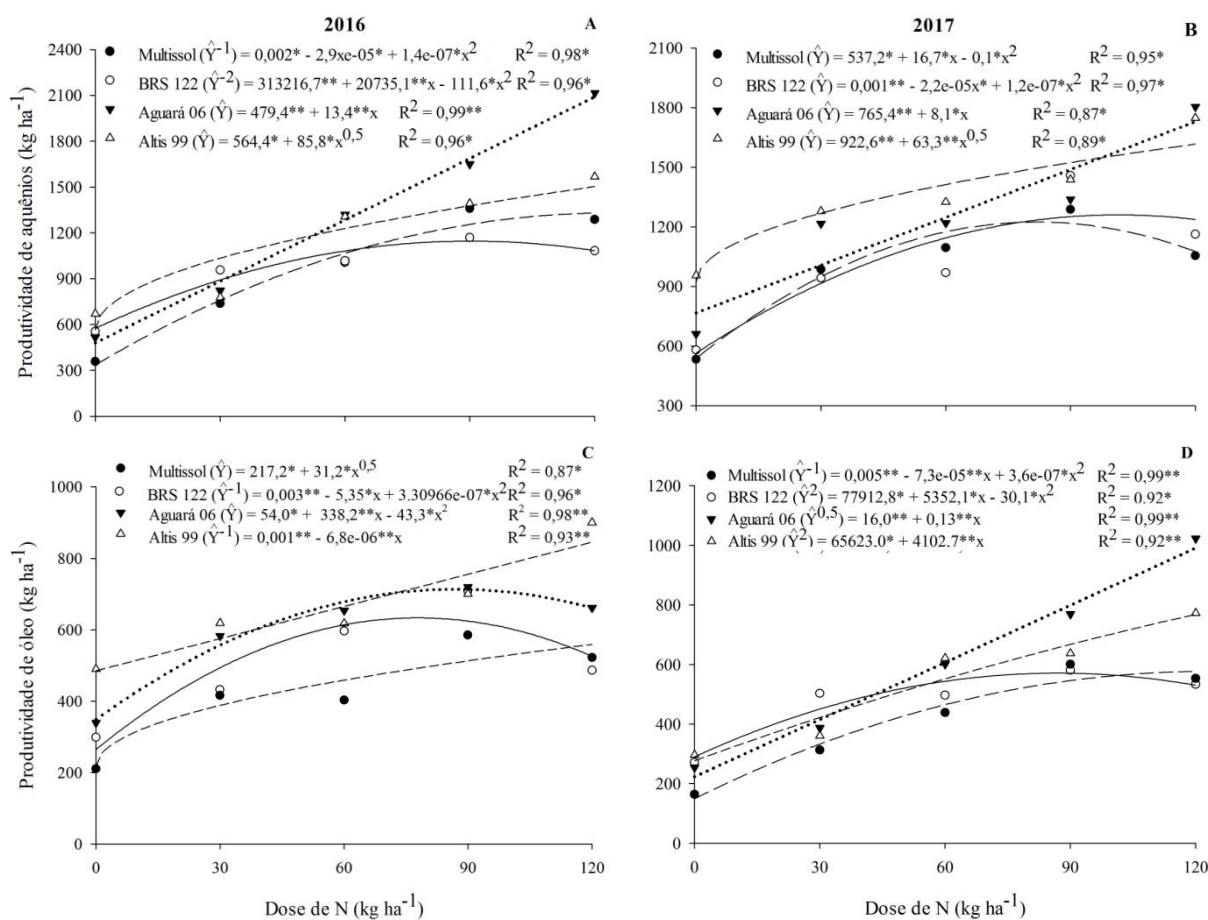


Figura 3 - Produtividade de aquênios (A, B) e produtividade de óleo (C, D) de cultivares de girassol em função das doses de nitrogênio em Mossoró-RN, semiárido brasileiro. Mossoró-RN, UFERSA, 2018.

O teor de óleo nos aquênios entre BRS 122, Aguará 06 e Altis 99 não diferiram, apresentando 50, 48,2 e 47,7%, respectivamente, os quais diferiram da Multissol, 43,1%. Estes resultados estão de acordo aos observados por outros autores, que também observaram efeito de doses de N no girassol (NASIM et al., 2012; AWAIS et al., 2013; ANDRIANASOLO et al., 2016).

As recomendações de adubação nitrogenada, para a cultura do girassol, são diferentes conforme as regiões do país. Quaggio e Ungaro (1997) recomendam para o estado de São Paulo, a aplicação de 50 kg ha⁻¹ de N, enquanto Ribeiro et al. (1999), recomendam para o estado de Minas Gerais, 60 kg ha⁻¹ de N. Porém, resultados de pesquisas diferem quanto a recomendação para a cultura do girassol nas condições do semiárido brasileiro. Oliveira et al. (2012) obtiveram na dose de 80 kg ha⁻¹ de N a melhor resposta produtiva para a cultivar Embrapa 122/V2000. Para Soares et al. (2016) e Braga et al. (2018) a dose de 100 e 120 kg ha⁻¹ de N foram as doses que proporcionaram maiores produtividades, respectivamente. A interação entre genótipos e disponibilidade de N no solo, tem sido frequentemente observada como elementos responsáveis pela produtividade (KIANI et al., 2016; SCHWERZ et al., 2016; SILVA et al., 2017).

Para as doses de máxima eficiência econômica (MEE), foram obtidos 60,9 e 64,5 kg ha⁻¹ de N para as cultivares Multissol (1.177,9) e a BRS 122 (1.160,6 kg ha⁻¹) na safra de 2016 (Figura 4A). Ao relacionarmos a produtividade obtida de MEE com a testemunha, a utilização das doses de N, apresentaram resposta para Multissol (14 kg ha⁻¹) de aquênios por kg ha⁻¹ de N e para a BRS 122 (8,9 kg kg⁻¹). Em 2017, as doses para MEE das cultivares Multissol (75,1 kg ha⁻¹ de N) e BRS 122 (69,1 kg ha⁻¹ de N) foram semelhantes, com produtividade estimada de 1.227,3 e 998,8 kg ha⁻¹ de aquênios, equivalentes a resposta produtiva por kg de N aplicado de 8,5 e 5,9 kg de aquênios, respectivamente (Figura 4B).

Na utilização da dose de MEE, ocorreu redução de aproximadamente 25% da dose máxima efetiva de N para as cultivares, e as produtividades obtidas com as diferentes doses econômicas estiveram próximas das produtividades máximas para as cultivares Multissol e BRS 122, reduzindo custos e as perdas de N para o ambiente.

Dados de pesquisas reportam recomendações de doses acima de 90 kg ha⁻¹ de N para as cultivares mais produtivas de girassol, nas condições de semiárido (GUEDES FILHO et al.,

2015; VASCONCELOS et al., 2015; SANTOS et al., 2016). No entanto, os manuais de calagem e adubação com recomendações para o cultivo do girassol, e utilizados nessa região, são destinados a outras regiões brasileiras, como o de São Paulo (Rajj et al., 1996), Minas Gerais (Ribeiro et al., 1999), Cerrado brasileiro (Souza; Lobato, 2004) e o de Santa Catarina e Paraná (CQFS, 2016). Os quais, recomendam doses até 55% menores de N, em relação as obtidas e recomendadas para a condição semiárida.

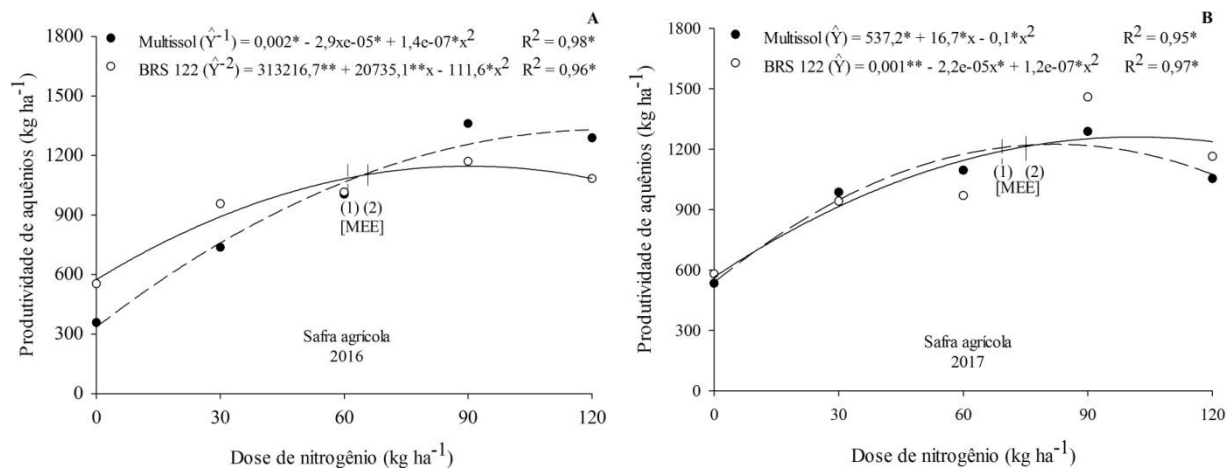


Figura 4 - Produtividade de aquênios de cultivares de girassol em função de doses de máxima eficiência econômica de nitrogênio, safra agrícola 2016 (A) e 2017 (B) em Mossoró-RN, semiárido brasileiro. Mossoró-RN, UFERSA, 2018.

Com a obtenção das doses de MEE de N das cultivares Multissol e BRS 122, foi obtido a receita prevista nas duas safras agrícolas. Subtraindo-se o custo do adubo nitrogenado em quilograma de aquênios, na safra de 2016, a cultivar Multissol, alcançou receita líquida de ordem de R\$ 1.514 e a BRS 122 de R\$ 1.157,04. Nessa perspectiva, em 2017, a receita líquida obtida com o cv. Multissol na dose de MEE de N, 75,1 kg ha⁻¹ (R\$ 1.130,11). E para a BRS 122, na dose de 69,1 kg ha⁻¹ de N (R\$ 815,49 ha⁻¹). Os resultados obtidos corroboram com Rasool et al. (2013) em condições semiáridas.

4. CONCLUSÕES

As doses de nitrogênio influenciaram positivamente o número, massa, produtividade de aquênios e óleo, com exceção para o teor de óleo das cultivares de girassol, nas duas safras agrícolas.

A dose de N para a máxima produtividade de aquênios, para a Multissol e BRS 122 foi de 81,8 e 86,6 kg ha⁻¹ e para Altis 99 e Aguará 06 na dose de 120 kg ha⁻¹ de N, respectivamente, na safra agrícola de 2016. Em 2017, a Multissol e BRS 122 na dose de 100,7 e 92,8 kg ha⁻¹ e para a Altis 99 e a Aguará 06, com 120 kg ha⁻¹ de N. A dose de máxima eficiência econômica de N é de 60 e 70 kg ha⁻¹, para as cultivares Multissol e BRS 122.

Para a produtividade de óleo, as doses máximas de 78,0 e 86,7 kg ha⁻¹ de N, para as cultivares BRS 122 e Aguará 06, a Multissol e Altis 99 na dose de 120 kg ha⁻¹ de N, na safra de 2016. Em 2017 a BRS 122 e Multissol obtiveram na dose de 88,6 e 99,1 kg ha⁻¹ de N, e a Altis 99 e a Aguará 06 com 120 kg ha⁻¹.

A cultivar Aguará 06, obteve maior produtividade de aquênios e rendimento de óleo nas duas safras agrícolas.

REFERÊNCIAS

- AGUIRREZÁBAL, L. et al. Improving grain quality: ecophysiological and modeling tools to develop management and breeding strategies. In: **Crop Physiology**. [s.l.] Elsevier, p. 423–465, 2015.
- ALI, A.; NOORKA, I. R. Nitrogen and phosphorus management strategy for better growth and yield of sunflower (*Helianthus annuus* L.) hybrid. **Soil & Environment**, v. 32, n. 1, p. 44-48, 2013.
- ALLEN, R. G. et al. Crop evapotranspiration -Guidelines for computing crop water requirements. **Rome: FAO**, p. 30–50, 1998.
- ALVES, L. S. et al. Different nitrogen and boron levels influence the grain production and oil content of a sunflower cultivar. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 39, n. 1, p. 59-66, 2017.
- ANDRIANASOLO, F. N. et al. Source and sink indicators for determining nitrogen, plant density and genotype effects on oil and protein contents in sunflower achenes. **Field crops research**, v. 192, n.1, p. 33-41, 2016.
- AWAIS, M. et al. Narrow plant spacing and nitrogen application enhances sunflower (*Helianthus annuus* L.) productivity. **Pakistan Journal of Agricultural Sciences**, v. 50, n. 4, p. 689-697, 2013.
- BISCARO, G. A. et al. Adubação nitrogenada em cobertura no girassol irrigado nas condições de Cassilândia-MS. **Ciência e Agrotecnologia**, [s.l.], v. 32, n. 5, p. 1366-1373, 2008.
- BRAGA, D. F. et al. Nitrogen and phosphorus fertilization of sunflower crop in alkaline Cambisol. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 22, n. 2, p. 101-106, 2018.
- CASTRO, C.; LEITE, R. M. V. B. C. Main aspects of sunflower production in Brazil. **Ocl**, [s.l.], v. 25, n. 1, p. 104-115, 2018.
- CASTRO, C.; OLIVEIRA, F.A. **Nutrição e adubação do girassol**. In: LEITE, R.M.V.B.C.; BRIGHENTI, A.M. & CASTRO, C. Girassol no Brasil. Londrina, p. 317- 373, 2005.
- CAVALCANTE JUNIOR, E. G. et al. Necessidade hídrica da cultura do girassol irrigado na chapada do Apodi. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.17, n.3, p. 261-267, 2013.
- CQFS, Comissão de Química e Fertilidade do Solo -. **Manual de Calagem e Adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 11. ed. Porto Alegre: SBCS, p. 376, 2016.
- DOSIO, G. A. A.; TARDIEU, F.; TURC, O. Floret initiation, tissue expansion and carbon availability at the meristem of the sunflower capitulum as affected by water or light deficits. **New Phytologist**, v. 189, n. 1, p. 94-105, 2011.

DOSIO, G. A.; ANDRADE, F. H., PEREYRA, V. Solar Radiation Intercepted during Seed filling and oil production in two sunflower hybrids. **Crop Science**, v. 40, n. 6, p. 1637-1644, 2000.

EMBRAPA Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Centro Nacional de Pesquisa de Solos: Rio de Janeiro, p. 353, 2013.

ESPÍNOLA SOBRINHO, J. et al. Climatologia da precipitação no município de Mossoró - RN. Período: 1900-2010. **XVII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia**. Guarapari - ES, p. 1-6, 2011.

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

GRAHAM, C. J.; VARCO, J. J. The Effects of Stabilized Urea and Split-Applied Nitrogen on Sunflower Yield and Oil Content. **American Journal of Plant Sciences**, [s.l.], v. 08, n. 08, p.1842-1854, 2017.

GUEDES FILHO, D. H. et al. Componentes de produção e rendimento do girassol sob irrigação com águas salinas e adubação nitrogenada. **IRRIGA**, v. 20, n. 3, p. 514-527, 2015.

JANDEL SCIENTIFIC. **Table Curve 2D**: curve fitting software. Corte Madera: Jandel Scientific, p. 280, 1992.

KIANI, M. et al. Effect of the interaction of water and nitrogen on sunflower under drip irrigation in an arid region. **Agricultural Water Management**, v. 171, p. 162-172, n.1, 2016.

LI, W. P. et al. The Quality of Sunflower Seed Oil Changes in Response to Nitrogen Fertilizer. **Agronomy Journal**, [s.l.], v. 109, n. 6, p. 2499-2507, 2017.

LOBO, T. F.; GRASSI FILHO, H.; COELHO, H. A. Efeito da adubação nitrogenada na produtividade do girassol. **Científica**, v. 40, n. 1, p. 59-68, 2012.

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

NASIM, W. et al. Effect of nitrogen on yield and oil quality of sunflower (*Helianthus annuus* L.) hybrids under sub humid conditions of Pakistan. **American Journal of Plant Sciences**, v. 3, n. 02, p. 243-251, 2012.

NATALE, W. et al. Dose econômica de calcário na produtividade de caramboleiras. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, n. 4, p. 1294-1299, 2011.

OLIVEIRA, J. T. L. et al. Fitomassa de girassol cultivado sob adubação nitrogenada e níveis de água disponível no solo. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 6, n. 1, p. 23-32, 2012.

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

QUAGGIO, J. A.; UNGARO, M. R. G. Girassol. In: VAN RAIJ, B.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: IAC, p. 198, 1997.

RAIJ, B. V. et al. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**, 2.ed. Campinas, Instituto Agrônomo & Fundação IAC, p. 285, 1996, (Boletim técnico, 100).

RAIJ, B. V. **Fertilidade do solo e adubação**. Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, Piracicaba (Brasil), p. 243, 1991.

RASOOL, F. U. et al. Nutritional yield and economic responses of sunflower (*Helianthus annuus* L.) to integrated levels of nitrogen, sulphur and farmyard manure. **Journal of Agricultural Sciences**, v. 8, n. 1, p. 1-11, 2013.

RIBEIRO, A. C. et al. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª. Aproximação**. Comissão de Fertilidade do solo do estado de Minas Gerais, CFSEMG, p. 159, 1999.

RIBEIRO, M. D. F. et al. Agronomic performance of sunflower crop in the Southeastern region of Paraná, Brazil. **Bragantia**, v. 70, n. 3, p. 550-560, 2011.

SANTOS, J. B. D. et al. Irrigation with saline water and nitrogen in production components and yield of sunflower. **Revista Caatinga**, v. 29, n. 4, p. 935-944, 2016.

SCHULTE, L. R. et al. Increased growing temperature reduces content of polyunsaturated fatty acids in four oilseed crops. **Industrial Crops And Products**, [s.l.], v. 51, p. 212-219, 2013.

SCHULTZ, E. et al. Response of Sunflower to Nitrogen and Phosphorus in North Dakota. **Agronomy Journal**, [s.l.], v. 110, n. 2, p. 685-696, 2018.

SCHWERZ, F. et al. Avaliação do efeito de doses e fontes de nitrogênio sobre variáveis morfológicas, interceptação de radiação e produtividade do girassol. **Revista Ceres**, v. 63, n. 3, p. 380-386, 2016.

SILVA, S. et al. Growth and biomass of sunflower under different nitrogen levels and available water in the soil of a semi-arid region. **Australian Journal of Crop Science**, v. 11, n. 1, p. 32-37, 2017.

SOARES, L. E. et al. Crescimento e produtividade do girassol sob doses de nitrogênio e fósforo. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável (RBAS)**, v. 6, n. 2, p. 19-25, 2016.

SOUSA, D.M.G.; LOBATO, E. **Cerrado: correção do solo e adubação**. Planaltina: Embrapa Cerrados, p. 416, 2004.

TAIZ, L. et al. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. Porto Alegre: Arned, p. 858, 2017.

THOMAZ, G. L. et al. Produção do girassol e teor de óleo nos aquênios em função da temperatura do ar, precipitação pluvial e radiação solar. **Ciência Rural**, v. 42, n. 8, p. 1380-1385, 2012.

USDA, United States Department Of Agriculture. **Oilseeds: World Markets and Trade**. 2017. Disponível em: <<https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/oilseeds.pdf>>. Acesso em: 09 jan. 2018.

VASCONCELOS, D. V. et al. Métodos de aplicação e doses de nitrogênio para a cultura do girassol. **IRRIGA**, v. 20, n. 4, p. 667, 2015.

YANIV, Z. et al. Oil and fatty acid changes in Sinapis and Crambe seeds during germination and early development. **Industrial Crops And Products**, v. 9, n. 1, p. 1-8, 1998.

CAPÍTULO II

INDICADORES ECONÔMICOS DA ADUBAÇÃO NITROGENADA EM CULTIVARES DE GIRASSOL

RESUMO

O girassol é uma das mais importantes oleaginosas do mundo. Porém, o cultivo em regiões semiáridas exige análise do custos de produção e rentabilidade, assegurando tomadas de decisão eficazes, voltados aos procedimentos e técnicas de exploração agrícola. Em duas safras agrícolas, 2016 e 2017, foram conduzidos experimentos, visando avaliar os indicadores econômicos de cultivares de girassol (Aguará 06; Altis 99; Multissol e BRS 122) submetidas a doses de nitrogênio (0; 30; 60; 90 e 120 kg ha⁻¹), via fertirrigação em condições semiáridas. A margem líquida correspondeu ao aumento das doses de nitrogênio (N), atingindo uma margem líquida máxima na safra de 2016 de R\$ 366,89 ha⁻¹ na dose de 81 kg ha⁻¹ de N para a ‘BRS 122’; R\$ 577,41 ha⁻¹ com 118 kg ha⁻¹ de N para a ‘Multissol’; e para a ‘Aguará 06’ (R\$ 2.124,00 ha⁻¹) e ‘Altis 99’ (R\$ 976,66 ha⁻¹) na dose de 120 kg ha⁻¹ de N. Na safra de 2017, a ‘BRS 122’ obteve R\$ 190,90 ha⁻¹ na dose de 83 kg ha⁻¹ de N e a ‘Multissol’ alcançou R\$ 657,50 na dose de 85 kg ha⁻¹ de N; as cultivares ‘Aguará 06’ (R\$ 1.078,00 ha⁻¹) e ‘Altis 99’ (R\$ 957,14 ha⁻¹) na dose de 120 kg ha⁻¹ de N. A taxa de retorno e o índice de lucratividade foram positivos para todas as cultivares em ambas as safras agrícolas.

Palavras-chave: *Helianthus annuus* L. Análise Econômica. Semiárido.

ECONOMIC INDICATORS OF NITROGEN FERTILIZATION IN SUNFLOWER CULTIVARS

ABSTRACT

Sunflower is one of the most important oilseeds in the world. However, cultivation in semi-arid regions requires analysis of the cost of production and profitability, ensuring effective decision-making, focused on farming procedures and techniques. In two agricultural crops, 2016 and 2017, experiments were carried out to evaluate the economic indicators of sunflower cultivars (Aguará 06, Altis 99, Multissol and BRS 122) submitted to nitrogen doses (0, 30, 60, 90 and 120 kg ha⁻¹), via fertirrigation in Brazilian semi-arid conditions. The net margin corresponded to the increase in nitrogen rates, reaching a maximum net margin of R\$ 366.89 ha⁻¹ at the rate of 81 kg ha⁻¹ of N for 'BRS122'; for 'Multissol' was R\$ 577.41 ha⁻¹ with 118 kg ha⁻¹ of N. For 'Aguará 06' (R\$ 2,124.00 ha⁻¹) and 'Altis 99' (R\$ 976, 66 ha⁻¹) in the dose of 120 kg ha⁻¹ of N in the 2016 harvest. In the 2017 harvest, 'BRS 122' obtained R\$ 190.90 ha⁻¹ in the dose of 83.0 kg ha⁻¹ of N and 'Multisol' reached R\$ 657.50 at the dose of 85.0 kg ha⁻¹ of N; the cultivars 'Aguará 06' (R\$ 1,078.00 ha⁻¹) and 'Altis 99' (R\$ 957,14 ha⁻¹) in the dose of 120 kg ha⁻¹ of N. The rate of return and the index were positive for all cultivars in the agricultural crops.

Key words: *Heliantus annus* L. Economic Analysis. Semi-arid.

1. INTRODUÇÃO

O girassol (*Helianthus annuus* L.) é uma das principais oleaginosas no cenário econômico mundial, já que favorece uma ampla diversidade de uso e principalmente para a produção de óleo de alta qualidade (CASTRO; LEITE, 2018). Ocupando área de cultivo em todos os continentes, com cerca de 26,2 milhões de hectares (FAO, 2018), a cultura do girassol representa grande potencial no fornecimento de matéria-prima para a produção de biocombustíveis, uma vez que esta contribui com cerca de 13% de todo óleo vegetal produzido no mundo (USDA, 2018).

O Brasil vem gradativamente expandindo suas áreas de produção, visando reduzir as importações de aquênios, óleo, farelo e demais subprodutos do girassol, tendo em vista que as áreas atuais de cultivo são incipientes para suprir a demanda crescente interna, representado por 0,5% da área em produção mundial (USDA, 2018).

Por sua vez, resultados provenientes de trabalhos de pesquisa desenvolvidos no país, demonstram a existência de um importante potencial, que garante o desenvolvimento da produção do girassol em diversas épocas e localidades durante o ano agrícola (CAPONE et al., 2012; SIMÕES et al., 2018). Esta característica possibilita o cultivo em épocas diferentes das principais culturas já consolidadas, não sendo necessária a substituição, mas sim complementando o uso da terra, das máquinas, equipamentos, indústria de processamento, meio de transporte e armazenagem (PERSON, 2013).

No tocante à rentabilidade, a cultura do girassol tem apresentado importantes resultados em diversas regiões de cultivo (SILVA et al., 2007; SANTOS et al., 2013; TARSINATO et al., 2016). No Nordeste brasileiro, o girassol em sucessão a outras culturas, mostra-se como uma alternativa importante para o agricultor, pois visa a redução da ociosidade de áreas irrigadas, cobrir os custos fixos operacionais do cultivo principal, otimizando a utilização da terra, sistema de irrigação e mão de obra, além de possibilitar a obtenção de margem líquida com a produção de aquênios e óleo na entressafra.

Porém, diferentemente das principais regiões produtoras de girassol no Brasil, nas quais raramente a cultura é irrigada, o cultivo na região Nordeste brasileira e, principalmente, em condições semiáridas, torna-se necessário o uso de sistemas de irrigação, os quais têm sido frequentemente associados ao uso de nutrientes através da técnica de fertirrigação, principalmente com o uso de fertilizantes solúveis, dentre eles, os nitrogenados (SINCIK; GOKSOY; DOGAN, 2013).

O nitrogênio (N) é o elemento principal para o crescimento e produtividade do girassol (KIANI et al., 2016). Várias pesquisas enfatizam o efeito de diferentes doses de N sobre a biomassa total do girassol e sua relação na biossíntese de proteínas e óleo (WABEKWA et al., 2012; SINCIK et al., 2013). Porém, quando não há manejo adequado, a adubação nitrogenada é considerada um dos fatores que mais onera os custos de produção.

Assim, é conveniente mencionar que a determinação de custos de produção se constitui em instrumento de significativa importância na agricultura, não somente como capaz de oferecer elementos necessários à análise de rentabilidade da unidade de produção, mas também como parâmetro de tomada de decisão e de capitalização do setor rural.

Nesse sentido, o objetivo do trabalho foi determinar os indicadores econômicos de cultivares de girassol fertirrigadas com doses de nitrogênio em duas safras agrícolas, em condições semiáridas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram realizados nas safras de 2016 e 2017 (fevereiro a maio), conduzidos em campo na Fazenda Experimental Rafael Fernandes (5°03'S, 37°23'W, 18 m de altitude), pertencente à Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), situada no município de Mossoró-RN. A classificação climática, de acordo com Köppen, é BSw^h, tropical semiárido, muito quente e seco, predominando duas estações climáticas: uma chuvosa, geralmente nos meses de fevereiro a maio e uma seca de junho a janeiro, com temperatura média de 27,4 °C e precipitação pluviométrica com média de 673,9 mm (ESPÍNOLA SOBRINHO et al., 2011). Os dados meteorológicos médios do período de realização dos experimentos são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Precipitação pluviométrica acumulada (mm) e valores médios mensais de temperatura média do ar (°C), umidade relativa do ar (%), radiação solar global (MJ m⁻² dia⁻¹), correspondentes aos meses de fevereiro a maio das safras agrícolas de 2016 e 2017, em condição semiárida. Mossoró, RN, UFERSA, 2018.

Safras Agrícolas	Precipitação Pluviométrica (mm)	Temperatura Média do Ar (°C)	Umidade Relativa do Ar (%)	Radiação Solar Global (MJ m ⁻² dia ⁻¹)
Fevereiro/2016	0,4	28,6	72,4	21,9
Março/2016	3,2	29,1	68,8	23,5
Abril/2016	68,6	28,2	75,1	19,1
Maió/2016	0,8	28,4	67,6	21,2
Médias	73,0*	28,5	70,9	21,4
Fevereiro/2017	3,6	28,2	69,5	19,0

Março/2017	76,0	27,5	76,2	19,3
Abril/2017	67,0	27,4	76,9	19,8
Maió/2017	41,8	27,8	72,0	23,4
Médias	188,4*	27,7	73,6	20,3

*Precipitação pluviométrica acumulada.

O solo foi classificado como Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico, classe textural areia franca (EMBRAPA, 2013). Com as seguintes características físicas: areia grossa = 660 g kg⁻¹; areia fina = 220 g kg⁻¹; silte = 20 g kg⁻¹; argila = 100 g kg⁻¹; e as químicas, após a calagem (SILVA, 2009), são descritas na Tabela 2.

Tabela 2 – Análises químicas do solo da área experimental após a calagem e antes da semeadura das cultivares de girassol em duas safras agrícolas (2016 e 2017), em condição semiárida. Mossoró-RN, UFERSA, 2018.

	pH	MO*	N	P	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺
Safra	H ₂ O	g kg ⁻¹	g kg ⁻¹	-----mg dm ⁻³ -----		---cmol _c dm ⁻³ ---		
2016	5,90	7,52	0,42	2,21	27,10	0,40	0,57	0,00
2017	5,80	4,38	0,32	1,90	32,40	1,40	0,70	0,00

*MO = matéria orgânica.

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, em parcelas subdivididas, com quatro repetições. Nas parcelas, foram avaliadas as doses de nitrogênio (0; 30; 60; 90 e 120 kg ha⁻¹ de N) e, nas subparcelas, as quatro cultivares de girassol (Aguará 06, Altis 99, Multissol e BRS 122). As parcelas foram constituídas por quatro linhas de plantas, com espaçamento de 0,7 m entre linhas e de 0,3 m entre plantas, totalizando área de 12,6 m². Como área útil, foi considerada as duas linhas centrais, descartando uma planta em cada extremidade das linhas.

O preparo do solo constou de aração, calagem e gradagem. Após 45 dias, procedeu-se a adubação de fundação, com base na análise de solo e conforme as recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais (RIBEIRO et al., 1999). A fonte de N utilizado foi a ureia (45% de N), fornecida via água de irrigação, utilizando-se tanque de derivação produzido com tubo de PVC.

As doses de N foram parceladas em três aplicações iguais, sendo um terço da dose na semeadura e as demais aplicadas nas fases reprodutivas R1 (inflorescência apresentava-se visível) e R3 (broto floral encontrava-se a uma distância maior que 2 cm da última folha). O fósforo foi aplicado manualmente na cova de plantio, em aplicação única em fundação, utilizando-se o superfosfato simples (18%), 70 kg ha⁻¹ de P₂O₅. O potássio foi aplicado na

dose de 70 kg ha⁻¹ de K₂O (60% K₂O), na forma de cloreto de potássio (KCl), fertirrigado em três aplicações iguais junto ao N.

A semeadura foi realizada de forma manual em 23/02/2016 (primeira safra) e 24/02/2017 (segunda safra), a uma profundidade de quatro centímetros, utilizando três sementes por cova. O desbaste foi realizado aos dez dias após a semeadura deixando uma planta por cova.

A colheita manual foi realizada na fase final de maturação fenológica (R9), quando as brácteas, o dorso do capítulo e o caule apresentaram coloração castanho a castanho-escuro. Essa fase foi correspondente a 88 dias após a semeadura (DAS) para as cultivares BRS 122 e Multissol e aos 95 DAS para as cultivares Altis 99 e Aguará 06 na safra de 2016. Em 2017, para a BRS 122 e Multissol aos 90 DAS, e Altis 99 e Aguará 06 aos 98 DAS. A trilha e limpeza dos aquênios foram realizadas manualmente. A produtividade foi calculada quando a umidade dos aquênios encontrava-se em média 13%, Tabela 3.

Tabela 3 – Produtividade média de cultivares de girassol fertirrigadas com doses de nitrogênio em duas safras agrícolas, em condição semiárida. Mossoró, RN, UFERSA, 2018.

Doses de N (kg ha ⁻¹)	Produtividade de aquênios (kg ha ⁻¹)			
	Safra Agrícola 2016			
	Multissol	BRS 122	Aguará 06	Altis 99
0	356,75	553,0	516,75	668,75
30	736,50	956,75	822,25	776,75
60	1005,25	1015,75	1319,25	1306,50
90	1360,75	1170,50	1651,50	1392,50
120	1288,50	1083,50	2116,75	1567,70
Safra Agrícola 2017				
0	532,20	580,25	660,25	954,50
30	986,25	941,50	1216,00	1279,50
60	1095,00	969,00	1220,00	1325,00
90	1287,75	1459,00	1338,00	1438,00
120	1054,00	1163,00	1805,25	1748,50

Os indicadores econômicas foram utilizados com a finalidade de avaliar os tratamentos. Estimaram-se os custos de produção de um hectare de girassol sob doses de N via fertirrigação em duas safras agrícolas, calculados e analisados ao final de cada processo produtivo, adaptando-se a metodologia proposta pela Conab (2010).

Os custos variáveis para o cultivo do girassol contemplaram as despesas de custeio da lavoura (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 e arrendamento.

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:

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

Os juros do financiamento foram os decorrentes 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⁻¹), calculados conforme Equação 2.

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

O calculo para a depreciação das benfeitorias/instalações, foi obtido através do dimensionamento de sistema de irrigação para um hectare de girassol, conforme a densidade de plantas, sendo necessários 14.300 metros de fitas gotejadoras de polietileno de baixa densidade, com emissores espaçados em 0,30 m e diâmetro nominal de 16 mm (valor = R\$ 0,24 m⁻¹), os tubos e conexões em PVC (valor = R\$ 2.986,50 ha⁻¹). Conforme Cunha et al. (2012) a vida útil aproximada da fita gotejadora é de dois anos e dos tubos e conexões de dezesseis anos em condições semiáridas. Dessa maneira, a depreciação do sistema foi calculada conforme Equação 3.

$$\text{Depreciação (R\$ ha}^{-1}\text{)} = \left(\frac{\text{Valor do bem novo (R\$ ha}^{-1}\text{)}}{\text{Vida útil do bem (dias)}} \right) \times \text{Ciclo da cultura (dias)} \quad 3)$$

A manutenção do sistema de irrigação e das instalações, torna-se um processo essencial e gradual para maior vida útil e eficiência de uso. Para o cálculo de manutenção com taxa definida em 1% a Conab (2010), estabeleceu o emprego da Equação 4.

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

Dados da Conab (2010) enfatizam que o investimento do produtor deve ser remunerado e utiliza o percentual de 6% ao ano para a taxa de retorno, análogo ao capital investido a outras formas opcionais (Equação 5).

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

Para o arrendamento da terra, que é um dos fatores de produção, considerou-se para efeito de cálculo o arrendamento por hectare estabelecido na região Oeste Potiguar-RN (R\$ 1.200,00 ha⁻¹ ano⁻¹), Equação 6.

$$\text{Arrendamento (R\$ ha}^{-1}\text{)} = \text{Valor do arrendamento (R\$ ha}^{-1}\text{)} \times \left(\frac{\text{Ciclo da cultura (dias)}}{365 \text{ dias}} \right) \quad 6)$$

A renda bruta (RB) foi mensurada através do valor pago por quilograma de aquênios no município de Mossoró-RN, R\$ 2,00 kg, em ambas as safras, a RB foi equivalente ao valor do kg de aquênios pela produtividade por hectare.

A renda líquida (RL) foi calculada através da diferença entre a renda bruta (RB) e os custos totais (CT) da produção de aquênios.

A taxa de retorno (TR) foi determinada a partir da relação entre a RB (valor da produção) e os CT, sendo correspondente ao capital obtido para cada real (R\$) aplicado no cultivo do girassol em condições semiárido. O índice de lucratividade (IL) é a relação entre a RL e a RB, sendo expresso em porcentagem.

Os dados foram submetidos à análise de variância em cada safra agrícola (2016 e 2017), através do programa Sisvar, versão 5.6 (FERREIRA, 2011). Posteriormente, análise conjunta foi realizada para as características com homogeneidade de variâncias entre as safras (PIMENTEL GOMES, 2009).

As análises de regressão foram realizadas com o aplicativo *Table Curve 2D*, versão 5.01, criado por Jandel Scientific (1992).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a análise conjunta dos experimentos, houve interação tripla para a renda bruta, renda líquida, taxa de retorno e índice de lucratividade (Tabela 4).

Tabela 4 - Valores de (F) para as variáveis renda bruta (RB), renda líquida (RL), taxa de retorno (TR) e índice de lucratividade (IL) na produção de cultivares de girassol fertirrigado com doses de nitrogênio em duas safras agrícolas no município de Mossoró, semiárido brasileiro. Mossoró-RN, UFERSA, 2018.

Causas de variação	GL	F			
		RB	RL	TR	IL
BLOCOS (Safras)	6	3,29 ^{ns}	3,28 ^{ns}	2,17 ^{ns}	0,73 ^{ns}
Safras	1	1,97 ^{ns}	12,84*	26,62**	167,02*
Dose	4	51,84**	36,42**	51,39**	342,42*
Dose*Safra	4	3,25*	3,10*	4,95**	56,01*
Cultivar	3	15,80**	15,82**	18,67**	83,25*
Cultivar*Safra	3	0,97 ^{ns}	0,97 ^{ns}	1,56 ^{ns}	1,16 ^{ns}
Cultivar*Dose	12	1,87*	1,87*	2,46**	20,16*
Safra*Dose*Cultivar	12	2,81**	2,81*	3,13**	9,96**
CV 1 (%)		24,30	12,5	20,09	23,6
CV 2 (%)		23,14	11,9	20,22	22,4
Média geral		2.226,75	430,96	1,23	44,45

ns: não significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F; **: significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F e *: significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F; GL: graus de liberdade; CV: coeficiente de variação.

Com as variações produtivas, entre as cultivares de girassol fertirrigadas com doses de nitrogênio, nas safras agrícolas, verificou-se a necessidade da análise econômica para a cultura nas condições de cultivo, tendo em vista, a inexistência de trabalhos para um aporte mais eficaz de investimento em plantios comerciais.

Para renda bruta, a dose estimada de 81,8 kg ha⁻¹ de N na cultivar Multissol, proporcionou valor máximo de R\$ 2.662,0 ha⁻¹, e a dose de 120 kg ha⁻¹ de N na Aguará 06 e

Altis 99 obteve-se R\$ 4.175,40 ha⁻¹ e R\$ 3.144,31 ha⁻¹, respectivamente. Para a BRS 122 a renda bruta média foi de R\$ 1.923,0 ha⁻¹, na safra de 2016 (Figura 1A). Na safra de 2017 a dose estimada de 92,1 kg ha⁻¹ de N possibilitou renda bruta de R\$ 2.584,54 ha⁻¹ para a BRS 122, e na dose de 120 kg ha⁻¹ de N as cultivares Aguará 06 e Altis 99 obtiveram R\$ 3.396,08 ha⁻¹ e R\$ 2.850,75 ha⁻¹ respectivamente, enquanto que a Multissol obteve-se renda média de R\$ 1.941,35 ha⁻¹ (Figura 1B). A renda bruta correspondente à safra de 2017, foi relativamente menor que em 2016, porém semelhantes, uma vez que, o preço pago por quilo de aquênios se manteve estável.

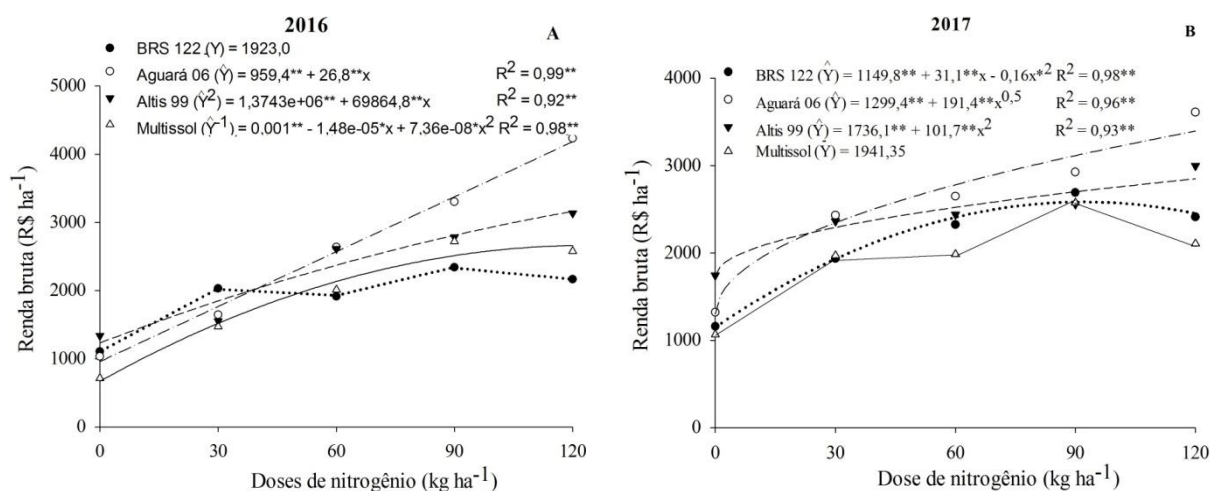


Figura 1 - Renda bruta (A, B) de girassol fertirrigado com doses de nitrogênio em duas safras agrícolas em condições semiárido, Mossoró-RN.

Na Tabela 5 verificam-se os coeficientes técnicos e os preços utilizados nos custos totais na produção de um hectare de girassol fertigado com doses de nitrogênio em duas safras agrícolas. Os custos totais (fixos e variáveis) e operacionais, referentes às safras agrícolas, obtiveram custo peculiar e variável entre as cultivares, devido aos preços das sementes e em função das doses de nitrogênio nas safras agrícolas.

Os custos estimados em relação às doses de N, utilizadas em 2016: R\$ 1.521,84 ha⁻¹ (ausência de adubação nitrogenada); R\$ 1.590,15 ha⁻¹ (30 kg ha⁻¹ de N); R\$ 1.658,47 ha⁻¹ (60 kg ha⁻¹ de N); R\$ 1.726,39 ha⁻¹ (90 kg ha⁻¹ de N) e R\$ 1.796,75 ha⁻¹ (120 kg ha⁻¹ de N). Em 2017, por sua vez foram de: R\$ 1.638,55 ha⁻¹ (ausência de adubação nitrogenada); R\$ 1.758,83 ha⁻¹ (30 kg ha⁻¹ de N); R\$ 1.834,12 ha⁻¹ (60 kg ha⁻¹ de N); R\$ 1.909,41 ha⁻¹ (90 kg ha⁻¹ de N) e R\$ 1.989,31 ha⁻¹ (120 kg ha⁻¹ de N).

A adubação nitrogenada representou: 4,1, 7,9, 11,3 e 14,4% do custo final, respectivamente nas doses de 30, 60, 90 e 120 kg ha⁻¹ de N em 2016. E em 2017, nas doses de 30 (4,2%), 60 (8,1%), 90 (11,6%) e 120 kg ha⁻¹ de N (14,8%).

Tabela 5 - Custos totais na produção de um hectare de girassol fertirrigado com doses de nitrogênio em duas safras agrícolas no semiárido brasileiro, Mossoró-RN, UFERSA, 2018.

Discriminação	Unid.	Safrá 2016		Safrá 2017	
		Quant.	R\$	Quant.	R\$
I – Despesas de custeio da lavoura					
1 – Máquinas					
Trator com grade aradora	h	1,50	165,00	1,50	165,00
2 – Mão de obra					
Distribuição de fitas gotejadoras	diária	2,00	80,00	2,00	100,00
Semeadura manual	diária	1,00	40,00	1,00	50,00
Irrigação ou fertirrigação	h	74,80	127,16	52,70	89,59
Capinas	diária	1,00	40,00	2,00	100,00
Colheita manual dos capítulos	diária	1,00	40,00	1,00	50,00
Trilha e limpeza manual	diária	3,00	120	3,00	150
3 – Sementes					
Multissol	kg	4,00	52,00	4,00	60,00
Aguará 06	kg	4,00	48,00	4,00	56,00
Altis 99	kg	4,00	40,00	4,00	50,80
BRS 122	kg	4,00	32,00	4,00	40,00
4 – Fertilizantes					
Calcário	kg	950,00	180,50	950,00	180,50
Ureia (45% N) - 120 kg ha ⁻¹ de N	kg	266,60	261,27	266,60	287,93
Cloreto de potássio (70 kg ha ⁻¹)	kg	116,60	118,93	116,60	137,59
Borax (1 kg ha ⁻¹ de B)	kg	1	24,00	1	27,70
5 – Agrotóxicos					
Thiametoxam (10 g/kg)	g	0,20	6,70	0,20	6,70
6 – Outros					
Análise de solo	unid.	1,00	35,00	1,00	35,00
Subtotal (A)			1.238,56		1.389,51
II - Outras despesas					
7 – Despesas administrativas (3% do custeio da lavoura)			37,16		41,69

8 – Assistência técnica (2% do custeio da lavoura)	24,77	27,79
9 – Imposto territorial rural (R\$ 10,00 ano ⁻¹)	2,47	2,68
Subtotal (B)	64,39	72,16
III – Despesas financeiras		
10 – Juros do financiamento (7,49% ano ⁻¹)	22,87	27,94
Subtotal (C)	22,87	27,94
Custo variável (A+B+C=D)	1.325,83	1489,61
IV – Depreciações		
11 – Depreciação de instalações*	54,55	60,80
Subtotal (E)	54,55	60,80
V – Outros custos fixos		
12 – Manutenção de instalações (1% ano ⁻¹)	18,20	19,81
Subtotal (F)	18,20	19,81
Custo fixo (E+F=G)	72,75	80,62
Custo operacional (D+G=H)	1398,57	1570,23
VI – Renda de fatores		
13 – Remuneração sobre o capital fixo (6% ano ⁻¹)	102,29	100,18
14 – Arrendamento (R\$ 1.200,00 ha ⁻¹ ano ⁻¹)	295,89	318,90
Subtotal (I)	398,18	419,08
Custo total (H+I=J)	Safra/16	Safra/17
120 kg ha ⁻¹ de N	1.796,75	1.989,31
90 kg ha ⁻¹ de N	1.726,39	1.909,41
60 kg ha ⁻¹ de N	1.658,47	1.834,12
30 kg ha ⁻¹ de N	1.590,15	1.758,83
0 kg ha ⁻¹ de N	1.521,84	1.638,55

* fitas gotejadoras de polietileno de baixa densidade (14.300m), com emissores espaçados em 0,30 m e diâmetro nominal de 16 mm (vida útil = 2 anos; valor = R\$ 0,24 m⁻¹); tubos e conexões em PVC (vida útil = 16 anos; valor do bem novo = R\$ 2.986,50 ha⁻¹)

Os custos de produção por cultivar foram variáveis nas safras agrícolas, devido aos preços das sementes adicionados ao custo total de produção, em 2016 a variação para Altis 99, foi de R\$ 1.561,24 ha⁻¹ (ausência de adubação nitrogenada + sementes ha⁻¹) a R\$ 1.836,75 ha⁻¹ (120 kg ha⁻¹ de N + sementes ha⁻¹); Aguará 06, R\$ 1.569,24 ha⁻¹ a R\$ 1.844,75 ha⁻¹; Multissol, R\$ 1.573,24 ha⁻¹ a R\$ 1.848,75 ha⁻¹; BRS 122, R\$ 1.553,24 ha⁻¹ a R\$ 1.828,75 ha⁻¹ respectivamente. Em 2017 para Altis 99, foi de R\$ 1.689,35 ha⁻¹ a R\$ 2.010,11 ha⁻¹; Aguará 06, de R\$ 1.694,55 ha⁻¹ a R\$ 2.045,31 ha⁻¹; Multissol, de R\$ 1.706,95 ha⁻¹ a R\$ 2.057,71 ha⁻¹ e a BRS 122, a variação foi de R\$ 1.678,55 ha⁻¹ a R\$ 2.029,31 ha⁻¹. Constata-se que, as

sementes em segmentos de insumos, responderam por 3,61% do custo operacional da exploração. E na aquisição de sementes dentre as cultivares, a Multissol foi a que mais onerou, com cerca de 4,0%.

Levantamentos obtidos pela Epamig (2018), com os custos operacionais totais por hectare da produção do girassol, na safra de 2014/2015, no triângulo mineiro (MG), o custo estimado foi de R\$ 840,00 ha⁻¹. Enquanto em Campo Novos do Parecis (MT), Tarsinato et al. (2016) obtiveram custos de R\$ 1.391,72 ha⁻¹, nesses levantamentos os custos com insumos (≈ 50%) foi o fator que mais onerou o cultivo do girassol, seguida pelas operações mecanizadas (33%) e operações manuais (9,2%).

Valores semelhantes foram obtidos para produção fertirrigada de girassol no semiárido brasileiro, dentre os fatores que mais oneraram nessa condição de cultivo, foi à demanda por mão de obra na semeadura, capina, manejo do sistema de irrigação, colheita, trilha e limpeza dos aquênios, contribuindo para o aumento do custo operacional, em 2016 (17,81%) e 2017 (22,62%). O custo de oportunidade em 2016, foi de R\$ 295,89 ha⁻¹ (16,03%) e em 2017 de R\$ 318,90 ha⁻¹ (16,51%), a depreciação das benfeitorias/instalações de 3,0% (2016) e 3,11% (2017), com variações entre safras de 0,5% (Tabela 1).

A baixa mecanização associado ao não uso de herbicidas característico da agricultura familiar nordestina, favoreceu a margem operacional apresentada entre as épocas de cultivos, a utilização de mão de obra familiar nas pequenas e médias propriedades nas etapas de produção, colheita e beneficiamento, possibilitará dissolver o custo que onera a produção do girassol e retribuir maior renda líquida familiar.

Além disso, a utilização do girassol em sistemas de rotação de culturas, já é prática estabelecida, que reduz os custos de produção e a ociosidade de áreas produtivas. A sucessão de cultivos em áreas de melão é uma prática favorável, utilizando adubação residual de camadas mais profundas e melhorando a qualidade do solo, tendo em vista que, os custos de produção de 1 hectare de melão está estimado em R\$ 17.795,50 ha⁻¹ e o cultivo do girassol na entressafra, possibilitará cobrir parte dos custos operacionais. (SANTOS et al., 2018).

Para o cultivo de outras oleaginosas em sucessão, além do ciclo produtivo, a Conab (2017) estima custo de produção para mamona em Irecê-BA, (R\$ 1.893,30 ha⁻¹), soja e algodão em pluma, Barreiras – BA (R\$ 2844,72 ha⁻¹ e R\$ 6.847,07 ha⁻¹), respectivamente.

Ao subtrair os custos operacionais totais pela receita bruta da atividade obtemos a margem líquida do produtor. Na safra de 2016, a renda líquida foi crescente até a dose de 81,0 e 118,0 kg ha⁻¹ de N para as cultivares BRS 122 (R\$ 366,89 ha⁻¹) e Multissol (R\$ 577,41 ha⁻¹), e aumento correspondente às doses (0 a 120 kg N ha⁻¹) para Aguará 06 (R\$ 2.124,00 ha⁻¹) e

Altis 99 (R\$ 976,66 ha⁻¹). Nas safras agrícolas, as cultivares não fertirrigadas com nitrogênio, apresentaram renda líquida negativa, exceto a cultivar Altis 99, na safra de 2017, obteve R\$ 184,50 ha⁻¹ (ausência de adubação nitrogenada) a R\$ 957,14 ha⁻¹ (120 kg N ha⁻¹), a Aguará 06 obteve incremento linear entre as fertirrigações com renda de R\$ 1.078,0 ha⁻¹ (120 kg N ha⁻¹), a BRS 122, R\$ 190,90 ha⁻¹ até a dose máxima de 83,50 kg ha⁻¹ de N e a Multissol, R\$ 657,50 ha⁻¹ (85,20 kg N ha⁻¹) (Figura 4A e 4B).

A renda líquida obtida pelas cultivares foi semelhante nas safras agrícolas, exceto para Aguará 06 (R\$ 1.046,0 ha⁻¹) e BRS 122 (R\$ 175,99 ha⁻¹), correspondentes a maior renda em 2016.

Para taxa de retorno na produção de aquênios das cultivares de girassol, em 2016, as doses máximas de 79,0 e 82,0 kg ha⁻¹ de N foram correspondentes para a BRS 122 (1,13) e Multissol (1,29). No entanto, a fertirrigação nitrogenada não influenciou a taxa de retorno para as cultivares Aguará 06 e Altis 99, nas duas safras agrícolas, uma vez que, a produtividade e as rendas obtidas aumentaram conforme as doses utilizadas. Em 2017, as maiores taxas de retorno foram obtidas com as doses de 81,0 e 109,0 kg ha⁻¹ de N para a BRS 122 (1,19) e Multissol (1,27) (Figura 5B).

Com base nos dados, verificando a existência de retorno positivo nas condições de cultivo fertirrigado do girassol, entretanto, com remuneração menor que a de outras formas de aplicação do capital (custo de oportunidade), uma forma de redução de custos e aumento da margem líquida, é o investimento na atividade do girassol nos períodos de entre safra, o qual será vantajoso para o produtor, cobrindo os custos variáveis deste cultivo e parte dos custos fixos investidos na atividade principal, existindo contribuição na ciclagem de nutrientes da safra anterior e mantendo o solo coberto, favorecendo o sistema conservacionista do solo agrícola.

Conclusões reportadas por Silva et al. (2007), verificaram viabilidade técnica e econômica na produção de girassol em condições irrigadas, e que o aumento da produtividade viabiliza o investimento necessário.

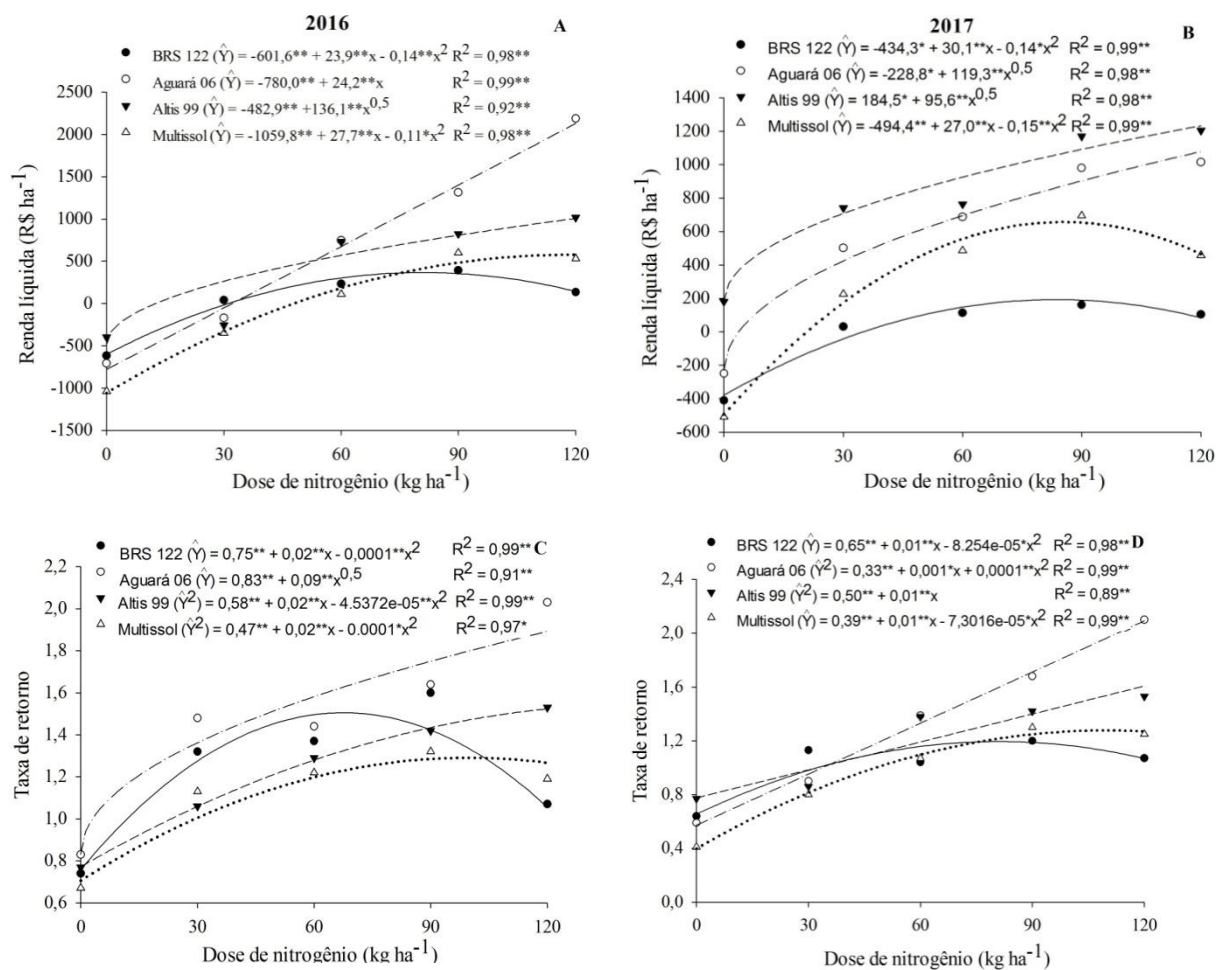


Figura 2 - Renda líquida (A, B) e taxa de retorno (C, D) de cultivares de girassol fertirrigado com doses de nitrogênio, em duas safras agrícolas no semiárido brasileiro, Mossoró-RN, UFERSA, 2018.

O maior índice de lucratividade na safra de 2016 foi obtido na dose de 81,0 e 94,0 kg ha⁻¹ de N para as cultivares BRS 122 (28,74%) e Multissol (25,8%). À Aguará 06 e Altis 99 resultaram em aumento linear, conforme as doses de N (0 a 120 kg ha⁻¹ de N), nas duas safras agrícolas. Semelhantemente em 2017, as doses de 93,0 e 81,0 kg ha⁻¹ de N, corresponderam aos maiores índices de lucratividade para a BRS 122 (37,81%) e Multissol (24,78%), respectivamente (Figura 5).

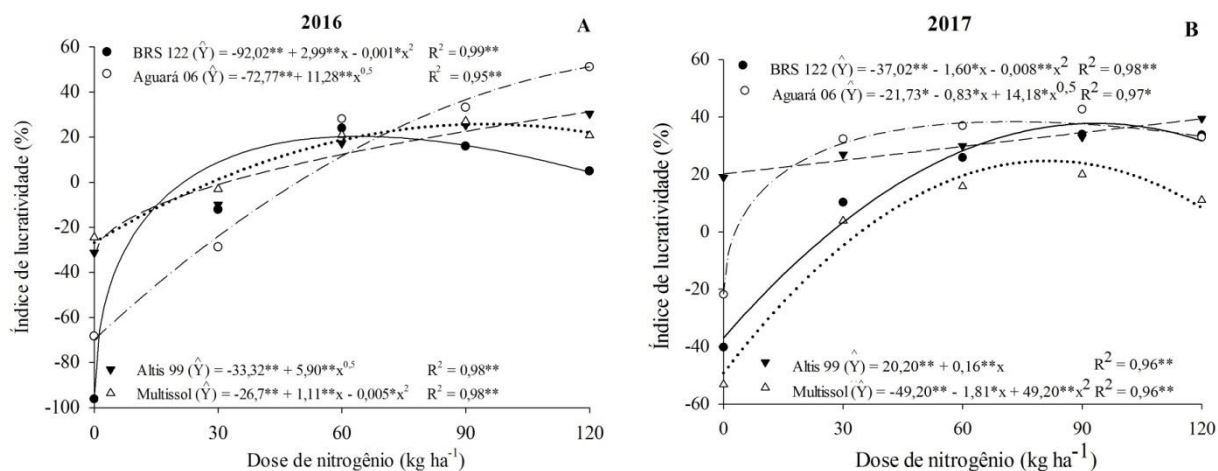


Figura 3 - Índice de lucratividade (A, B) de cultivares de girassol fertirrigado com doses de nitrogênio, em duas safras agrícolas no semiárido brasileiro, Mossoró-RN, UFERSA, 2018.

Ressalta-se que, além da viabilidade técnica e econômica na produção de aquênios, obtido nesse estudo, a cultura do girassol possibilita aumento da renda na agricultura familiar nessa região geográfica, possibilitando maior produção de mel (SIMIONI et al., 2015), viabilizando a produção animal, na substituição parcial de suplementação proteica da soja por farinha de girassol (JUNQUEIRA et al., 2010; OLIVEIRA et al., 2016), além de ser utilizada como cultivo em rotação e sucessão em áreas de produção de melão e de outras culturas, reciclando os nutrientes do solo, melhorando a qualidade do solo, reduzindo a ociosidade de áreas agrícolas entre safras e aumentando a renda per capita dos agricultores.

4. CONCLUSÕES

A margem líquida correspondeu ao aumento das doses de nitrogênio, atingindo uma margem líquida máxima de R\$ 366,89 ha⁻¹ na dose de 81 kg ha⁻¹ de N para a ‘BRS122’; para a ‘Multissol’ foi de R\$ 577,41 ha⁻¹ com 118 kg ha⁻¹ de N. Para a ‘Aguará 06’ (R\$ 2.124,00 ha⁻¹) e ‘Altis 99’ (R\$ 976,66 ha⁻¹) na dose de 120 kg ha⁻¹ de N, na safra de 2016.

Na safra de 2017, a ‘BRS 122’ obteve R\$ 190,90 ha⁻¹ na dose de 83,0 kg ha⁻¹ de N e a ‘Multissol’ alcançou R\$ 657,50 na dose de 85,0 kg ha⁻¹ de N; as cultivares ‘Aguará 06’ (R\$ 1.078,00 ha⁻¹) e ‘Altis 99’ (R\$ 957,14 ha⁻¹) na dose de 120 kg ha⁻¹ de N.

A taxa de retorno e o índice de lucratividade foram positivos para todas as cultivares nas safras agrícolas.

REFERÊNCIAS

- ALLEN, R. G. et al. Crop evapotranspiration -Guidelines for computing crop water requirements. **Rome: FAO**, p. 30–50, 1998.
- CAPONE, A. et al. Desempenho agrônômico de cultivares de girassol no sul do Estado Tocantins. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v.3, n. 3, p.13-23, ago. 2012.
- CASTRO, C.; LEITE, R. M. V. B. C. Main aspects of sunflower production in Brazil. **Ocl**, [s.l.], v. 25, n.1, p. 104-115, jan. 2018.
- CAVALCANTE JUNIOR, E. G. et al. Necessidade hídrica da cultura do girassol irrigado na chapada do Apodi. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.17, n. 3, p. 261-267, 2013.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos – v. 4 – safra 2017/18 – n. 10**. Brasília: CONAB, p. 171, 2017.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Custos de produção agrícola: a metodologia da CONAB**. Brasília: CONAB, p. 60, 2010.
- CUNHA, J. L. O. et al. 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.
- EL-SATAR, M. A. A.; AHMED, A. A.; HASSAN, T. H. A. Response of seed yield and fatty acid compositions for some sunflower genotypes to plant spacing and nitrogen fertilization. **Information Processing In Agriculture**, v. 4, n. 3, p. 241-252, 2017.
- EMBRAPA Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Centro Nacional de Pesquisa de Solos: Rio de Janeiro, p. 353, 2013..
- EPAMIG. **Custo de produção do girassol no estado de Minas Gerais: Safra 2014\15**. 2015. Disponível em: <<http://www.biomercado.com.br/imagens/publicacao/arquivo133.pdf>>. Acesso em: 31 jan. 2018.
- ESPÍNOLA SOBRINHO, J. et al. Climatologia da precipitação no município de Mossoró - RN. Período: 1900-2010. **XVII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia**. Guarapari – ES, p. 1-6, 2011.
- FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Faostat: production crops (sunflower)**. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data>>. Acesso em: 22 jan. 2018.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n.6, p. 1039-1042, 2011.
- JANDEL SCIENTIFIC. **Table Curve 2D: curve fitting software**. Corte Madera: Jandel Scientific, p. 280, 1992.
- JUNQUEIRA, O. M. et al. Avaliação técnica e econômica da matriz nutricional da enzima fitase em rações contendo farelo de girassol para poedeiras comerciais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 10, p. 2200-2206, 2010.
- KIANI, M. et al. Effect of the interaction of water and nitrogen on sunflower under drip irrigation in an arid region. **Agricultural Water Management**, v. 171, p.162-172, n.1, 2016.
- OLIVEIRA, V. R. M. et al. Sunflower meal as a nutritional and economically viable substitute for soybean meal in diets for free-range laying hens. **Animal Feed Science And Technology**, v. 220, n. 1, p. 103-108, 2016.

- PERSON, L. C. Ótima opção para o agronegócio brasileiro. **AgroAnalysis**, v. 33, n. 02, p. 27-28, 2013.
- PIMENTEL GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 15. ed. Piracicaba: FEALQ, p. 451, 2009.
- RIBEIRO, A. C. et al. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª. Aproximação**. Comissão de Fertilidade do solo do estado de Minas Gerais, CFSEMG, p. 159, 1999.
- SANTOS, M. F. R.; RAIHER, A. P. Desempenho econômico da cultura do girassol em sistemas de agricultura familiar do sudeste paranaense. **Ciência Rural**, v. 43, n. 5, p. 786-791, 2013.
- SANTOS, T. L. et al. Cleaner fruit production with green manure: The case of Brazilian melons. **Journal of Cleaner Production**, v. 1, n. 1, p. 01-23, 2018.
- SILVA, F. C. (Ed.). **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2. ed. rev. ampl. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 627 p.
- SILVA, M. L. O. et al. Viabilidade técnica e econômica do cultivo de safrinha do girassol irrigado na região de Lavras, MG. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, n. 1, p. 200-205, 2007.
- SIMIONI, L. C. et al. Plant-pollinator interactions in *Crambe abyssinica* Hochst. (Brassicaceae) associated with environmental variables. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 87, n. 1, p. 137-145, 2015.
- SIMÕES, W. L. et al. Morphophysiological and productive responses of sunflower varieties to irrigation. **Revista Caatinga**, [s.l.], v. 31, n. 1, p.143-150, mar. 2018.
- SINCIK, M.; GOKSOY, A. T; DOGAN, R. Responses of sunflower (*Helianthus annuus* L.) to irrigation and nitrogen fertilization rates. **Zemdirbyste-Agriculture**. v. 100, n. 1, v. 151-158, 2013.
- TARSITANO, R. A. et al. Custos e rentabilidade da produção de girassol no estado do Mato Grosso, Brasil. **Revista ESPACIOS**, v. 37, n. 12, p. 26-35, 2016.
- USDA, United States Department of Agriculture - **World Agricultural Production**. 2018. Disponível em: <<https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/production.pdf>>. Acesso em: 26 jan. 2018.
- WABEKWA, J. W.; DEGRI, M. M.; DANGARI, L. C. The Effects of nitrogen mineral on yield performance of sunflower (*Helianthus Annuus* L.) in Bauchi State, Nigeria. **Journal of Environmental Issues and Agriculture in Developing Countries**, v. 4, n. 3, p. 56-61, 2012.