



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

MARCONI SEABRA FILHO

**MANEJO DA SUPRESSÃO E DAS FREQUÊNCIAS DE IRRIGAÇÃO E DA
FERTIRRIGAÇÃO NITROGENADA NA CULTURA DO GIRASSOL**

FORTALEZA

2017

MARCONI SEABRA FILHO

**MANEJO DA SUPRESSÃO E DAS FREQUÊNCIAS DE IRRIGAÇÃO E DA
FERTIRRIGAÇÃO NITROGENADA NA CULTURA DO GIRASSOL**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Engenharia Agrícola. Área de Concentração: Irrigação e Drenagem.

Orientador: Prof. Dr. Benito Moreira de Azevedo.

FORTALEZA

2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

S445m Seabra Filho, Marconi.

Manejo da supressão e das frequências de irrigação e da fertirrigação nitrogenada na cultura do girassol /
Marconi Seabra Filho. – 2017.
110 f. : il. color.

Tese (doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-
Graduação em Engenharia Agrícola, Fortaleza, 2017.

Orientação: Prof. Dr. Benito Moreira de Azevedo.

Coorientação: Prof. Dr. Luis Gonzaga Pinheiro Neto.

1. Helianthus annuus. 2. Turno de rega. 3. Lâmina de irrigação. 4. Adubação nitrogenada. I. Título.
CDD 630

MARCONI SEABRA FILHO

MANEJO DA SUPRESSÃO E DAS FREQUÊNCIAS DE IRRIGAÇÃO E DA
FERTIRRIGAÇÃO NITROGENADA NA CULTURA DO GIRASSOL

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Engenharia Agrícola. Área de Concentração: Irrigação e Drenagem.

Aprovada em: ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Benito Moreira de Azevedo (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Luis Gonzaga Pinheiro Neto (Coorientador)
IFCE Campus Sobral

Prof. Dr. Marco Antônio Rosa de Carvalho
IFCE Campus Sobral

Prof.^a Dr.^a Denise Vieira Vasconcelos
IFPA Campus Bragança

Prof. Dr. Carlos Newdmar Vieira Fernandes
IFCE Campus Iguatu

Prof. Dr. Guilherme Vieira do Bomfim
Pesquisador PNPd – CAPES

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal do Ceará, em especial, ao Departamento de Engenharia Agrícola, pela oportunidade da realização deste Curso.

Ao Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia, em especial, à Diretoria, pela liberação para concretização do Curso.

Ao Prof. Dr. Benito, pela orientação, amizade e por contribuir para a melhoria de minha formação profissional, através dos ensinamentos transmitidos.

Ao Prof. Dr. Luís Gonzaga Pinheiro Neto, pela coorientação, ensinamentos, amizade e consultas durante o desenvolvimento do trabalho.

Aos meus pais, Marconi Seabra Lima (*in memoriam*) e Idalina Silva Thé Seabra, pela minha formação, dedicação e incentivo à realização do Curso.

Aos colegas da Pós-Graduação, que direta ou indiretamente contribuíram para a realização do trabalho. Em particular, ao colega Paulo, que muito contribuiu nos trabalhos de coleta dos dados de campo.

À minha companheira, Dra. Nara, que muito me incentivou e colaborou para tal fim.

Aos docentes do Departamento de Engenharia Agrícola, pelos ensinamentos transmitidos.

A todos os funcionários da Estação Meteorológica da Universidade Federal do Ceará, que, de uma maneira ou de outra, contribuíram para a concretização deste trabalho.

RESUMO

A cultura do girassol é uma importante alternativa para a agricultura irrigada da região Nordeste. É explorada de maneira rústica, além de provocar pouco desgaste ao solo quando comparado a outras culturas. No presente trabalho, objetivou-se avaliar os efeitos de diferentes frequências e períodos de supressão da irrigação e do parcelamento da fertirrigação com nitrogênio. Foram conduzidos três experimentos na área experimental da Estação Meteorológica da Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Ceará. O sistema de irrigação utilizado na condução dos experimentos foi do tipo gotejamento superficial. O delineamento utilizado no Experimento I (supressão da irrigação) foi o de blocos ao acaso, com seis tratamentos e quatro repetições. Para os Experimentos II e III (frequências da irrigação e da fertirrigação com nitrogênio, nesta ordem), o delineamento utilizado foi o de blocos ao acaso, com cinco tratamentos e cinco repetições. No Experimento I, os tratamentos aplicados foram: aos 45 dias após a semeadura (DAS); 52 (DAS); 59 (DAS); 66 (DAS); 73 (DAS) e 80 (DAS). No Experimento II, os tratamentos aplicados foram: F2 (uma irrigação de 2 em 2 dias); F4 (uma irrigação de 4 em 4 dias); F6 (uma irrigação de 6 em 6 dias); F8 (uma irrigação de 8 em 8 dias) e F10 (uma irrigação de 10 em 10 dias). No Experimento III, os tratamentos aplicados foram: FN2 (2 aplicações de N no ciclo); FN4 (4 aplicações de N no ciclo); FN8 (8 aplicações de N no ciclo); FN16 (16 aplicações de N no ciclo) e FN32 (32 aplicações de N no ciclo), respectivamente. Foram analisadas as seguintes variáveis respostas: massa de mil sementes (M1000S), produtividade (PROD), massa seca do capítulo (MS CAP), massa seca do caule (MS Caule), massa seca da folha (MS Folha), teor de óleo das sementes (TOS), potencial de produção de óleo (PPO), eficiência do uso da água na produção de semente (EUA_s), eficiência do uso da água na produção de óleo (EUA_o) e área foliar (AR Foliar). No Experimento I, as diferentes épocas de supressões da irrigação influenciaram estatisticamente a M1000S, a PROD, o TOS e a PPO do híbrido de girassol BRS 323. Foi observado o padrão de variação linear nas variáveis M1000S, PROD e TOS, e o padrão de variação quadrático na variável PPO. A máxima produtividade foi estimada em 2.370,30 kg ha⁻¹, com a lâmina de irrigação acumulada no período de 528,87 mm. No Experimento II, o tratamento F2 foi o que proporcionou melhor produtividade para as condições avaliadas, estimada em 2.051,28 kg ha⁻¹. No Experimento III, a frequência de aplicação de N que maximizou a produtividade foi de 32 aplicações no ciclo, estimada em 2.261,99 kg ha⁻¹.

Palavras-chave: *Helianthus annuus*. Turno de rega. Lâmina de irrigação. Adubação nitrogenada.

ABSTRACT

Sunflower cultivation is an important alternative for irrigated agriculture in the Northeast Brazil region. It is explored in a rustic way and also causes little soil waste when compared to other cultures. The present work had as main objective to evaluate the effects of different frequencies, interval of irrigation suppression and nitrogen fertigation in sunflower harvest. The experiments were conducted in the meteorological station of the Federal University of Ceará in Fortaleza, Ceará, Brazil. The irrigation system used in the experiments was drip irrigation. The design used in Experiment I (irrigation suppression) consisted of a completely randomized block design, with six treatments and four replications. For Experiments II and III (irrigation frequency of fertigation with nitrogen, in this order), the design used consisted of a completely randomized block design, with five treatments and five replications. The treatments adopted were: 45 days after sowing (DAS); 52 DAS; 59 DAS; 66 DAS; 73 DAS and 80 DAS. For Experiment II, the applied treatments were: F2 (irrigation every 2 days); F4 (irrigation every 4 days); F6 (irrigation every 6 days); F8 (irrigation every 8 days); F10 (irrigation every 10 days). For Experiment III, the treatments were: FN2 (2 irrigations in cycle); FN4 (4 irrigations in cycle); FN8 (8 irrigations in cycle); FN16 (16 irrigations in cycle) and FN32 (32 irrigations in cycle), respectively. The following variables were analyzed: mass of a thousand seeds (M1000S), productivity (PROD), capitulum (inflorescence flower) dry mass (PS CAP), stem dry mass (PS Caule), leaf dry mass (PS Folha), seed oil content (TOS), potential of seed oil production (PPO), water use efficiency in seed production (EUA_s), water use efficiency in oil production (EUA_o) and leaf area (AR Foliar). In Experiment I, irrigation suppression affected M1000S, PROD, TOS and PPO for hybrid BRS 323 with linear polynomial mathematical adjustment for M1000S, PROD and TOS and quadratic adjustment for PPO with maximum yield of 2,370.30 kg ha⁻¹ and irrigation depth of 528.87 mm in total period. In Experiment II, the F2 treatment resulted in better production for the studied conditions and 2,051.28 kg ha⁻¹. In Experiment III, N application for maximum productivity was 19.27 irrigations per cycle with 2,261.99 kg ha⁻¹ crop yield.

Keywords: *Helianthus annuus*. Irrigation interval. Irrigation depth. Nitrogen fertilization.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	– Fases de desenvolvimento da planta de girassol	19
Figura 2	– Regiões de adaptação	25
Figura 3	– Localização da área experimental (Estação Meteorológica da Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Ceará, 2015)	37
Figura 4	– Área experimental com subdivisões para implantação dos três experimentos com a cultura do girassol, Fortaleza, Ceará, 2015	38
Figura 5	– Híbrido de girassol “BRS 323” na fase de floração (A) e seus aquênios (B), na área experimental, Fortaleza, CE, 2015.....	40
Figura 6	– Subsolação da área.....	41
Figura 7	– Subsolador.....	41
Figura 8	– Aração	41
Figura 9	– Gradagem	41
Figura 10	– Nivelamento	41
Figura 11	– Área pronta.....	41
Figura 12	– Bomba centrífuga acoplada a um motor de 1/3 de CV	42
Figura 13	– Cabeçal de controle e sistema de injeção de fertilizantes, Fortaleza, Ceará, 2015.....	42
Figura 14	– Motobomba periférica de 1/2 CV, Fortaleza, Ceará, 2015	43
Figura 15	– Linhas de derivação e laterais de uma unidade experimental, Fortaleza, Ceará, 2015.....	44
Figura 16	– Emissor autocompensante inserido na fita gotejadora, Fortaleza, Ceará, 2015.	44
Figura 17	– Distribuição dos tratamentos nas parcelas dos três experimentos com a cultura do girassol Fortaleza, Ceará, 2015	45
Figura 18	– Adubação de fundação (sulco), Fortaleza, Ceará, 2015.....	47
Figura 19	– Estande de plantas após desbaste e capina, Fortaleza, Ceará, 2015.....	48
Figura 20	– Formigas cortadeiras (<i>Atta laevigata</i>), Fortaleza, Ceará, 2015.....	49
Figura 21	– Esquema do experimento com supressão de irrigação, com seis tratamentos e quatro blocos, Fortaleza, Ceará, 2015	50
Figura 22	– Esquema do experimento com frequência de irrigação, com cinco tratamentos e cinco repetições, Fortaleza, Ceará, 2015	51
Figura 23	– Esquema do experimento com frequência de fertirrigação de N, com cinco tratamentos e cinco blocos, Fortaleza, Ceará, 2015	52

Figura 24 – Medidor de área foliar Li-300, Licor, Lincoln, USA.....	53
Figura 25 – Contagem (A) e pesagem (B) das sementes para mensuração da massa de mil sementes do girassol. UFC, Fortaleza, CE, 2015	53
Figura 26 – Mensuração do teor de óleo dos aquênios de girassol pelo método Soxhlet: (A) maceração das sementes; sementes maceradas envoltas em papel de filtro (B); adição do solvente hexano (C); Soxhlet em funcionamento (D); retro evaporador rotatório (E); óleo das sementes ao término da extração (F), Fortaleza, CE, 2015	55
Figura 27 – Massa de mil sementes (M1000S) do híbrido de girassol BRS 323, em função da supressão da irrigação, Fortaleza, Ceará, 2015	58
Figura 28 – Produtividade (PROD) do híbrido de girassol BRS 323 em função da supressão da irrigação, Fortaleza, Ceará, 2015	59
Figura 29 – Massa seca do capítulo (MS CAP) do híbrido de girassol BRS 323 em função da supressão da irrigação, Fortaleza, Ceará, 2015	61
Figura 30 – Massa seca do caule (MS Caule) do híbrido de girassol BRS 323 em função da supressão da irrigação, Fortaleza, Ceará, 2015	62
Figura 31 – Massa seca da folha (MS Folha) do híbrido de girassol BRS 323 em função da supressão da irrigação, Fortaleza, Ceará, 2015	64
Figura 32 – Teor de óleo das sementes (TOS) do híbrido BRS 323 em função da supressão da irrigação, Fortaleza, Ceará, 2015	65
Figura 33 – Potencial de Produção de óleo (PPO) do hídrico de girassol BRS 323 em função da supressão da irrigação, Fortaleza, Ceará, 2015	67
Figura 34 – Eficiência do uso da água na produção de sementes (EUA _s) do hídrico de girassol BRS 323 em função da supressão da irrigação, Fortaleza, Ceará, 2015	68
Figura 35 – Eficiência do uso da água na produção de óleo (EUA _o) do hídrico de girassol BRS 323 em função da supressão da irrigação, Fortaleza, Ceará 2015	69
Figura 36 – Massa de mil sementes (M1000S) do híbrido de girassol BRS 323 em função da frequência da irrigação, Fortaleza, Ceará, 2015	71
Figura 37 – Produtividade (PROD) do híbrido de girassol BRS 323 em função da frequência da irrigação, Fortaleza, Ceará, 2015	72
Figura 38 – Teor de óleo das sementes (TOS) do híbrido de girassol BRS 323 em função da frequência da irrigação, Fortaleza, Ceará, 2015	74

Figura 39 – Potencial de produção de óleo (PPO) do híbrido de girassol BRS 323, em função da frequência da irrigação, Fortaleza, Ceará, 2015	75
Figura 40 – Massa seca do capítulo (MS CAP) do híbrido de girassol BRS 323 em função da frequência da irrigação, Fortaleza, Ceará, 2015	77
Figura 41 – Massa seca do caule (MS Caule) do híbrido de girassol BRS 323 em função da frequência da irrigação, Fortaleza, Ceará, 2015	78
Figura 42 – Massa seca da folha (MS Folha) do híbrido de girassol BRS 323 em função da frequência da irrigação, Fortaleza, Ceará, 2015	79
Figura 43 – Área foliar (AR Foliar) do híbrido de girassol BRS 323 em função da frequência da irrigação, Fortaleza, Ceará, 2015	81
Figura 44 – Massa de mil sementes (M1000S) do híbrido de girassol BRS 323 em função do número de aplicações de N via fertirrigação, Fortaleza, Ceará, 2015.....	83
Figura 45 – Produtividade (PROD) do híbrido de girassol BRS 323 em função do número de aplicações de N via fertirrigação, Fortaleza, Ceará, 2015	85
Figura 46 – Teor de óleo das sementes (TOS) do híbrido de girassol BRS 323 em função do número de aplicações de N via fertirrigação, Fortaleza, Ceará, 2015.....	88
Figura 47 – Massa seca do capítulo (MS CAP) do híbrido de girassol BRS 323 em função do número de aplicações de N via fertirrigação, Fortaleza, Ceará, 2015.....	89
Figura 48 – Massa seca da folha (MS Folha) do híbrido de girassol BRS 323 em função do número de aplicações de N via fertirrigação, Fortaleza, Ceará, 2015.....	91
Figura 49 – Área foliar (AR Foliar) do híbrido de girassol BRS 323 em função do número de aplicações de N via fertirrigação, Fortaleza, Ceará, 2015.....	92

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Fases de desenvolvimento vegetativo da cultura do girassol.....	19
Quadro 2 – Fases de desenvolvimento reprodutivo da cultura do girassol.....	20
Quadro 3 – Indicações de cultivo	25
Quadro 4 – Épocas de semeadura	26

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	– Evolução da área plantada, produção e produtividade do girassol no Nordeste	17
Tabela 2	– Principais características do híbrido BRS 323	24
Tabela 3	– Valores médios mensais das variáveis: temperatura máxima e mínima, umidade relativa do ar, velocidade do vento e de totalização mensal da precipitação durante a condução dos ensaios, Fortaleza, CE, 2015	38
Tabela 4	– Características físico-hídricas do solo da área experimental, Fortaleza, CE, 2015	39
Tabela 5	– Características químicas do solo da área experimental, Fortaleza, CE, 2015	39
Tabela 6	– Supressão da irrigação correspondente a cada tratamento e lâminas totais aplicadas	50
Tabela 7	– Frequência da irrigação para cada tratamento	51
Tabela 8	– Frequência de fertirrigação com nitrogênio, correspondente a cada tratamento, durante o ciclo do girassol	52
Tabela 9	– Resumo da análise de regressão para as variáveis: massa de mil sementes (M1000S); produtividade (PROD); massa seca do capítulo (MS CAP); massa seca do caule (MS Caule); massa seca da folha (MS Folha); teor de óleo das sementes (TOS); potencial de produção de óleo (PPO); eficiência do uso da água na produção de sementes (EUA _s) e eficiência do uso da água na produção de óleo (EUA _o), em função das supressões da irrigação, Fortaleza, Ceará, 2015	57
Tabela 10	– Resumo da análise de variância da regressão para as variáveis: massa de mil sementes (M1000S); produtividade (PROD); teor de óleo das sementes (TOS); potencial de produção de óleo (PPO); massa seca do capítulo (MS CAP); massa seca do caule (MS Caule); massa seca da folha (MS Folha) e área foliar (AR Foliar), em função das frequências da irrigação, Fortaleza, Ceará, 2015	70
Tabela 11	– Resumo do quadro da análise de variância da regressão para as variáveis: massa de mil sementes (M1000S); produtividade (PROD); teor de óleo das sementes (TOS), massa seca do capítulo (MS CAP); massa seca da folha (MS Folha); e área foliar (AR Foliar), em função do número de aplicações de N via fertirrigação, Fortaleza, Ceará, 2015	82

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	REVISÃO DE LITERATURA	16
2.1	Aspectos agronômicos da cultura	16
2.2	Relatos sobre o comportamento da cultura do girassol em alguns estados da região Nordeste	17
2.3	Biodiesel no Brasil e no Ceará.....	17
2.4	Classificação botânica da cultura	18
2.5	Fases de desenvolvimento da cultura do girassol	19
2.5.1	<i>Fase vegetativa.....</i>	<i>19</i>
2.5.2	<i>Fase reprodutiva.....</i>	<i>20</i>
2.6	Diferentes usos da cultura do girassol	20
2.7	Potencialidades do girassol na alimentação animal	21
2.8	Subprodutos de girassol.....	22
2.8.1	<i>Silagem de girassol.....</i>	<i>22</i>
2.8.2	<i>Farelo de girassol.....</i>	<i>23</i>
2.8.3	<i>Torta de girassol.....</i>	<i>23</i>
2.9	Características do híbrido BRS 323.....	24
2.9.1	<i>O híbrido</i>	<i>24</i>
2.9.2	<i>Regiões de adaptação</i>	<i>24</i>
2.9.3	<i>Indicações de cultivo</i>	<i>25</i>
2.9.4	<i>Épocas de semeadura</i>	<i>26</i>
2.10	Exigências de solo e clima em relação ao rendimento da cultura do girassol.....	26
2.10.1	<i>Temperatura</i>	<i>27</i>
2.10.2	<i>Solo.....</i>	<i>28</i>
2.11	Exigências hídricas e o efeito do manejo da irrigação nos componentes da produção.....	29
2.12	Exigências de fertilizantes e adubação de N na cultura do girassol	32
2.12.1	<i>Nitrogênio (N).....</i>	<i>32</i>
2.13	Fertirrigação	35
3	METODOLOGIA	37
3.1	Caracterização da área experimental.....	37
3.1.1	<i>Localização da área experimental</i>	<i>37</i>

3.1.2	<i>Área experimental</i>	37
3.1.3	<i>Caracterização do clima</i>	38
3.1.4	<i>Caracterização do solo</i>	38
3.2	Cultura utilizada	40
3.3	Preparo da área	40
3.4	Sistema de irrigação	42
3.5	Manejo da irrigação	44
3.6	Manejo da adubação, implantação e condução dos ensaios	46
3.7	Delineamento experimental	49
3.8	Detalhamento dos ensaios	49
3.8.1	<i>Experimento I: Supressão da Irrigação</i>	49
3.8.2	<i>Experimento II: Frequência da Irrigação</i>	50
3.8.3	<i>Experimento III: Frequência de Fertirrigação com Nitrogênio</i>	51
3.9	Variáveis analisadas	52
3.9.1	<i>Variável de crescimento</i>	52
3.9.1.1	Área foliar.....	52
3.9.2	<i>Variáveis de produção</i>	53
3.9.2.1	Massa de mil sementes	53
3.9.2.2	Produtividade.....	54
3.9.2.3	Massa seca do capítulo, do caule e da folha.....	54
3.9.2.4	Teor de óleo das sementes	54
3.9.2.5	Potencial de produção de óleo	55
3.9.2.6	Eficiência do uso da água na produção de sementes.....	55
3.9.2.7	Eficiência do uso da água na produção de óleo.....	56
3.10	Análises estatísticas	56
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	57
4.1	Experimento I: Supressão da Irrigação	57
4.1.1	<i>Análise de regressão</i>	57
4.1.2	<i>Massa de mil sementes (M1000S)</i>	57
4.1.3	<i>Produtividade (PROD)</i>	59
4.1.4	<i>Massa seca do capítulo (MS CAP)</i>	61
4.1.5	<i>Massa seca do caule (MS Caule)</i>	62
4.1.6	<i>Massa seca da folha (MS Folha)</i>	63
4.1.7	<i>Teor de óleo das sementes (TOS)</i>	65

4.1.8	<i>Potencial de produção de óleo (PPO)</i>	66
4.1.9	<i>Eficiência do uso da água na produção de semente (EUA_s)</i>	67
4.1.10	<i>Eficiência do uso da água na produção de óleo (EUA₀)</i>	69
4.2	Experimento II: Frequência da Irrigação	70
4.2.1	<i>Análise de regressão</i>	70
4.2.2	<i>Massa de mil sementes (M1000S)</i>	71
4.2.3	<i>Produtividade (PROD)</i>	72
4.2.4	<i>Teor de óleo das sementes (TOS)</i>	74
4.2.5	<i>Potencial de produção de óleo (PPO)</i>	75
4.2.6	<i>Massa seca do capítulo (MS CAP)</i>	76
4.2.7	<i>Massa seca do caule (MS Caule)</i>	77
4.2.8	<i>Massa seca da folha (MS Folha)</i>	79
4.2.9	<i>Área foliar (AR Foliar)</i>	80
4.3	Experimento III: Frequência de Fertirrigação com Nitrogênio	82
4.3.1	<i>Análise de regressão</i>	82
4.3.2	<i>Massa de mil sementes (M1000S)</i>	82
4.3.3	<i>Produtividade (PROD)</i>	85
4.3.4	<i>Teor de óleo das sementes (TOS)</i>	87
4.3.5	<i>Massa seca do capítulo (MS CAP)</i>	89
4.3.6	<i>Massa seca da folha (MS Folha)</i>	91
4.3.7	<i>Área foliar (AR Foliar)</i>	92
5	CONCLUSÃO	94
	REFERÊNCIAS	96

1 INTRODUÇÃO

O girassol (*Helianthus annuus L.*) teve sua origem na América do Norte, principalmente no sudoeste dos Estados Unidos e no norte do México. A cultura alcançou sua maior importância na segunda Grande Guerra Mundial, oportunidade em que era utilizada como oleaginosa para produção de óleo comestível. A antiga União Soviética, principalmente na Ucrânia, foi uma região grande produtora mundial por um longo período.

O cultivo do girassol é de grande importância econômica como uma fonte alternativa de insumo para a produção de biodiesel e uma possibilidade de resgate econômico e social das famílias rurais. Vislumbrando essas duas possibilidades, o Governo do Estado do Ceará implantou o Programa Biodiesel do Ceará.

De certo modo, a utilização de subprodutos, como os restos culturais aproveitados como forragem para pequenos animais, principalmente para ovinos e caprinos, assim como a possibilidade da utilização do farelo e torta de girassol, faz com que a cultura assumam um papel economicamente importante, devido ao grande volume disponível, além, da versatilidade de sua utilização, podendo proporcionar fonte de renda adicional aos produtores.

O aperfeiçoamento do manejo de irrigação passou a ser uma necessidade, tendo em vista o desenvolvimento gradativo das áreas cultivadas, em virtude do aumento populacional, somado a carência de recursos hídricos, decorrente da má distribuição pluviométrica, em especial, na região Nordeste.

Fator importante para a cultura do girassol, a frequência de irrigação, via de regra, varia conforme o clima, condições de solo, variedade e estágio de desenvolvimento da cultura, além de estar diretamente relacionada à produtividade.

A região semiárida do Nordeste brasileiro é frequentemente afetada por um baixo regime pluvial e irregular ao longo do ano, fatos que atingem significativamente as produtividades das culturas, justificando a necessidade de se recorrer à prática racional de manejo da irrigação com ou sem reposição hídrica, frequência de aplicação e o parcelamento da fertirrigação com nitrogênio, com o intuito de amenizar e corrigir os problemas advindos com as inadequadas práticas de manejos utilizadas.

A fertirrigação é uma técnica que potencializa a utilização da água e nutrientes, por aplicá-los na forma, tempo e quantidade necessária. Ademais, possibilita o máximo parcelamento de nutrientes, reduzindo a utilização de maquinários e mão de obra, independentemente de fatores climáticos.

Em função de se estabelecer um manejo eficiente da irrigação e da fertirrigação nitrogenada para acultura, o presente ensaio teve como objetivo geral avaliar a resposta do girassol aos efeitos de diferentes frequências e períodos de supressão da irrigação, assim como do parcelamento da fertirrigação com nitrogênio, nas condições edafoclimáticas do litoral cearense.

As informações geradas com a pesquisa para os três ensaios foram:

- 1) O momento de supressão da irrigação entre S73 DAS (dias após a semeadura) e S80 DAS ocasionou a melhor resposta para as variáveis estudadas;
- 2) A frequência de irrigação F2 proporcionou a melhor produtividade, de 2.051,28 kg ha⁻¹;
- 3) A frequência de aplicação de N que maximizou a produtividade (2.261,99 kg ha⁻¹) foi de 19,27 aplicações durante o ciclo.

Estes resultados poderão contribuir com o desenvolvimento técnico-científico, de forma a estimular o cultivo e expandir as fronteiras agrícolas.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Aspectos agronômicos da cultura

Pesquisas recentes indicam que os girassóis existentes na agricultura comercial, fazem parte de uma rede de melhoramento genético extremamente peculiar, ou seja, oriundos todos de uma única domesticação, e não da variabilidade de diversas plantas domesticadas de maneira independente como se pensava anteriormente. Provavelmente o seu centro de origem é o México, como parece indicar uma descoberta feita em Tabasco, México (LENTZ *et al.*, 2001), e, também, em alguns estudos anteriores de Putt (1997).

O girassol apresenta heliotropismo que é um comportamento vegetal que fazem com que alguns tipos de flores se voltem em direção ao sol, característica presente no girassol. Por isso, ele tem esse nome, porque suas flores giram para buscar a luz solar (OLIVEIRA; CASTIGLIONI; CARVALHO, 2005). Mas, esse comportamento não acontece sempre, no girassol o heliotropismo ocorre até antes da floração, depois de desenvolvida a flor não se move mais, porque o capítulo fica muito pesado para realizar a planta esse movimento. Na maioria dos casos, quando a flor termina de brotar estará voltada para o leste onde nasce o sol (ACOSTA, 2009).

Segundo Castro e Oliveira (2005), o girassol é também excelente para rotatividade de culturas, principalmente com os grãos. Em áreas onde se faz rotação de culturas, observou-se um ganho de produtividade de 10% nas lavouras de soja e entre 15 e 20% nas de milho.

O girassol tem uma capacidade grande de beneficiar a estrutura e de reciclar nutrientes no perfil do solo, contribuindo para a manutenção de sua fertilidade, por causa de seu sistema radicular pivotante (LEITE; PAULA JÚNIOR; VENZON, 2007). O sistema radicular do girassol ocupa uma área significativa, ele se expande e cresce bastante em profundidade, com isso ele faz com que traga esses nutrientes para as camadas mais superficiais.

O girassol apresenta-se como uma cultura resistente, adaptando-se às mais diversas condições de clima e solo, e, quando cultivada em sistema de sequeiro, seu desempenho está diretamente relacionado à escolha da época de semeadura, do genótipo e da fertilidade do solo (LEITE *et al.*, 2007).

Monteiro, Silva e Andrade Júnior (2010), ao estudarem o potencial agroclimático do girassol no estado do Ceará, recomendam o cultivo para as condições de sequeiro os meses

que vão do período entre cinco de novembro a quinze de março, pois os regimes de chuvas concentram-se entre os meses de dezembro a maio, sendo mais acentuado em algumas regiões. Para os municípios situados ao norte, é recomendado que o plantio do girassol seja efetuado, preferencialmente, de 25 de dezembro a 15 de fevereiro, uma vez que o período chuvoso nessa região se estende durante os meses de abril a maio, coincidindo com a fase crítica da cultura.

2.2 Relatos sobre o comportamento da cultura do girassol em alguns estados da região Nordeste

Diante da safra entre 2008 a 2013, foram encontrados relatos sobre o comportamento da cultura do girassol em alguns estados da região Nordeste, conforme Tabela 1.

Tabela 1 – Evolução da área plantada, produção e produtividade do girassol no Nordeste

Safra	Área (ha)	Produção (t)	Produtividade (kg ha ⁻¹)	Estado
2008/2009	1.672	1.280	776	Ceará
	2.533	1.462	492	Rio Grande do Norte
2009/2010	1.230	838	742	Ceará
	310	155	500	Rio Grande do Norte
2010/2011	1.619	1.131	699	Ceará
2011/2012	30	07	233	Ceará
2012/2013	15	13	867	Ceará

Fonte: Ribeiro (2014, p. 30).

2.3 Biodiesel no Brasil e no Ceará

No Brasil, os estudos sobre a produção de biocombustíveis, combustíveis produzidos a partir da biomassa, estão sendo desenvolvidos e bem aceitos no mercado, principalmente, o biodiesel, diesel produzido a partir de biomassa de vegetais oleaginosas (PARENTE, 2003).

Essa produção vem ascendendo com um grande potencial, merecendo cuidados especiais para que possa alcançar a sua sustentabilidade. A dinâmica do setor tem proporcionado incrementos na renda de milhares de famílias de pequenos produtores rurais que produzem matérias-primas, principalmente, no semiárido nordestino, permitindo inclusão social dessas populações (OLIVEIRA *et al.*, 2010).

O estado do Ceará, atualmente, apresenta uma grande aptidão no desenvolvimento dos biocombustíveis, nos últimos anos percebeu-se que o governo investiu com interesse no desenvolvimento do biodiesel. Nesse sentido, estudou-se sobre o desenvolvimento do biodiesel e socializar esse conhecimento. Foi realizado estudo de caso sobre o desenvolvimento do biodiesel no estado. Os resultados demonstraram que o Ceará é pioneiro na produção de biodiesel e prioriza a produção desse biocombustível com seu programa estadual, em consenso com o Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB), justificando a visão social, ambiental e econômica (HOLANDA, 2004).

A oleaginosa mais cultivada no estado do Ceará é a mamona. A partir do ano de 2010, começou-se a plantar mais dois tipos de oleaginosas: o girassol e algodão. A geração de emprego aumentou, fortaleceu a agricultura familiar, a agroecologia, tornando-se uma nova matriz energética viável para o estado (MENEZES; BERNARDO, 2017).

Em 2008, foi inaugurada a Usina de Biodiesel, no município de Quixadá, que é considerada a mais moderna do Brasil, com capacidade de produção de 57 mil litros de biodiesel por ano. 30% desta produção serão destinados ao consumo interno e o restante a outros estados do Nordeste. Existem 8.529 agricultores que cultivam mamona e girassol em 161 municípios cearenses cadastrados para fornecer matéria-prima para o biodiesel. A usina de Quixadá tem capacidade para processar todas as variedades possíveis de produção de biodiesel, incluindo até o óleo de cozinha que poderá ser reaproveitado (CEARÁ, 2011).

2.4 Classificação botânica da cultura

O girassol (*Helianthus annuus L.*) é uma dicotiledônea anual, pertencente à ordem *Asterales* e família *Asteraceae*. O gênero deriva do grego *helios*, que significa sol, e de *anthus*, que significa flor, ou “flor do sol” que gira seguindo, o movimento do sol. É um gênero complexo, compreendendo 49 espécies e 19 subespécies anuais e 37 perenes (CAVASIN JÚNIOR, 2001).

O girassol apresenta um sistema radicular profundo, chegando a 2,00 m de profundidade, geralmente com inúmeras raízes secundárias, caule tipicamente não ramificado, ereto e cilíndrico; altura variando de 1,00 a 2,20 m; diâmetro da haste de 2,00 a 5,00 cm, folhas inferiores opostas e superiores geralmente alternadas com três nervuras principais de coloração variando de verde escuro a verde amarelo; inflorescência em capítulos, formadas por inúmeras flores, situadas em um receptáculo discoidal; flores do tipo ligulada e tubulosa;

o fruto apresenta coloração diversificada; planta alógama de polinização entomófila; o ciclo vegetativo varia de 90 a 130 dias (CALEGARI *et al.*, 1993).

2.5 Fases de desenvolvimento da cultura do girassol

A descrição das fases de desenvolvimento do girassol é aquela determinada por Schneiter e Miller (1981), que divide em duas fases: vegetativa e reprodutiva (Figura 1).

Figura 1 – Fases de desenvolvimento da planta de girassol



Dessa forma, são descritas, a seguir, as fases vegetativa e reprodutiva que fazem parte do desenvolvimento da planta de girassol.

2.5.1 Fase vegetativa

Compreende as fases de germinação e emergência da plântula até o início do aparecimento do broto floral (inflorescência), como demonstra o Quadro 1.

Quadro 1 – Fases de desenvolvimento vegetativo da cultura do girassol

Fases	Descrição da planta
VE	Refere-se ao período entre o plantio, considerando teor de umidade suficiente no solo, até o aparecimento da primeira folha acima dos cotilédones, que deve apresentar no máximo 4 cm de comprimento.
V-1, V-2, V-3, V-m	Refere-se à fase de formação de folhas. Pode ser dividida de acordo com o número de folhas com comprimento maior que 4 cm. Na avaliação, deve-se levar em conta o número de folhas ausentes por terem sido quebradas ou eliminadas.

Fonte: Adaptado Castiglioni *et al.* (1997).

2.5.2 Fase reprodutiva

Esta fase inclui o aparecimento do botão floral até a maturação fisiológica dos aquênios (Quadro 2).

Quadro 2 – Fases de desenvolvimento reprodutivo da cultura do girassol

Fases	Descrição da planta
R ₁	Refere-se à fase, em que olhando a planta de cima, observa-se um pequeno broto floral e não broto de folhas (vegetativo). Nesse ponto, as brácteas ao redor do botão floral são semelhantes a uma estrela, porém com vários ápices.
R ₂	Refere-se à primeira fase de alongamento do broto floral distanciando-se de 0,5 a 2,0 cm da última folha. Considera-se como última folha aquela que está unida ao caule.
R ₃	Refere-se à segunda fase de alongamento do broto floral encontrando-se a uma distância maior que 2,0 cm acima da última folha.
R ₄	Refere-se à primeira fase do florescimento. Caracteriza-se por apresentar as primeiras flores liguladas que, frequentemente, são de cor amarela.
R ₅ (R _{5,1}) (R _{5,2}) (R _{5,3})	Refere-se à segunda fase do florescimento. Pode ser dividida em subfases, conforme a percentagem de flores tubulares do capítulo que estão liberando pólen nu ou aberto. R _{5,1} (10%) das flores do capítulo estão abertas, R _{5,2} (20%), ... R _{5,5} (50%) floração plena.
R ₆	Refere-se à terceira fase do florescimento. Caracteriza-se por ter ocorrido a abertura de todas as flores tubulares e as flores liguladas estão murchas.
R ₇	Refere-se à primeira fase de desenvolvimento de aquênios. O dorso do capítulo converte-se de uma cor verde para uma cor amarelo claro.
R ₈	Refere-se à segunda fase de desenvolvimento de aquênios. O dorso do capítulo torna-se amarelo escuro e as brácteas ainda estão verdes.
R ₉	Refere-se à fase de maturação dos aquênios. As brácteas estão entre as cores amarela e castanho.

Fonte: Adaptado Castiglioni *et al.* (1997).

2.6 Diferentes usos da cultura do girassol

O girassol é cultivado no mundo como fonte de óleo comestível, sendo a terceira cultura anual com maior produção de óleo no mundo. Entre as culturas anuais, o girassol é responsável por 16% da produção mundial de óleo, enquanto a soja atende por 46% da produção. Por outro lado, considerando as principais culturas produtoras de óleo (culturas anuais e perenes), o girassol responde por 9%, logo após a palma de óleo (dendê) com 35%, a soja com 26% e a canola com 15% (EMBRAPA SOJA, [2014?]).

O óleo de girassol destaca-se por suas excelentes características nutricionais e funcionais à dieta humana. Possui alta relação de ácidos graxos poliinsaturados/saturados (65%/11%), em média, sendo que o teor de poliinsaturadas é constituído, em sua quase

totalidade, pelo ácido linoleico. Ácidos graxos essenciais são aqueles que, contrariamente a todos os outros, não podem ser sintetizados pelo organismo humano, por meio de vias metabólicas próprias. Estes ácidos graxos, não produzidos pelo organismo, devem ser ingeridos por meio dos alimentos, e o girassol produz em abundância. Recentemente, tem sido introduzido no mercado o girassol rico em ácido graxo oleico (girassol alto oleico). A presença dos ácidos, além de trazer os benefícios à saúde, confere ao óleo alto grau de estabilidade oxidativa, sendo bastante procurado pela indústria de alimentos (EMBRAPA SOJA, [2014?]).

Além dessas vantagens diretas, existe a possibilidade de produção integrada de mel de excelente qualidade, uma vez que a flor de girassol é bastante atrativa para abelhas. A lavoura também é beneficiada pela melhor polinização realizada pelas abelhas, favorecendo maior produção de grãos. Outro mercado que vem despertando grande interesse entre a população é o de girassol ornamental, que pode ser utilizado em jardins ou como flor de corte, com grande aceitação no mercado de floricultura (EMBRAPA SOJA, [2014?]).

O óleo de girassol poderá ser uma alternativa viável para a obtenção de biodiesel para o uso em motores estacionários, máquinas agrícolas e veículos automotivos e com grande vantagem de não poluir o ambiente. No entanto, o óleo de girassol é utilizado, principalmente, como óleo comestível, visto que o mesmo é de excelente qualidade industrial e nutricional (CASTRO *et al.*, 1996).

2.7 Potencialidades do girassol na alimentação animal

O girassol (*Helianthus annuus L.*) apresenta elevada importância, pois produz óleo de boa qualidade e alto valor nutricional como alimento funcional tanto para alimentação humana, quanto de ruminantes, suínos e aves (VILLALBA, 2008).

O girassol também pode ser fonte de proteína para alimentação animal na forma de farelo e até como silagem. Os farelos constituem importante fonte de proteína para alimentação animal, formados por aproximadamente 44% de proteína bruta, rico em ferro e cálcio, vitamina A e do complexo B com valor biológico elevado (60%) alto teor de metionina e sulfarados, mas com menor teor de lisina, comparado com a soja. Estudos realizados no Brasil e demais países produtores de girassol têm demonstrado a eficiência nutricional da torta de girassol na formulação de rações para nutrição animal (EMBRAPA SOJA, [2014?]).

Não se pode esquecer também do mercado de grãos para alimentação de pássaros, essa finalidade, o mercado prefere grãos rajados de preto e branco e o mercado de grãos para confeitaria, para confecção de pães, bolos, biscoitos, etc., ou para ser consumido torrado.

2.8 Subprodutos de girassol

Atualmente, a maioria dos subprodutos utilizados na alimentação de ruminantes é resultante do processamento da indústria alimentícia e têxtil, sendo a sua importância em regiões próximas a essas indústrias e quando o suprimento de grãos está baixo ou seus preços elevados (GRASSER *et al.*, 1995).

Entretanto, com a política dos biocombustíveis espera-se uma maior quantidade de subprodutos para a alimentação animal, desta forma, o aproveitamento destes subprodutos assume um papel economicamente importante devido ao grande volume disponível assim como a versatilidade de sua utilização, basicamente sob a forma de insumos para a alimentação animal (RODRIGUEZ; SOUSA; CASTRO, 2009).

2.8.1 Silagem de girassol

Em média, os diferentes genótipos de girassol têm produzidos silagens com bom padrão de fermentação. O teor de matéria seca (MS) gira em torno de 26% para cortes com plantas apresentando cerca de 90% dos grãos maduros. E por influência de pH mais altos, quando comparados ao silo de milho ou sorgo, resulta em maiores teores proteicos do girassol. O consumo das dietas contendo silagem de girassol é alto na maioria dos relatos de literatura, sendo um produto de ótima palatabilidade e bem aceito pelos animais (GONÇALVES; TOMICH; PEREIRA, 2000).

Ribeiro *et al.* (2002) afirmam que o uso da silagem do girassol como fonte única de volumoso pode ser uma ótima opção para a engorda de ovinos, pois ovelhas alimentadas com esta silagem apresentaram maiores ganhos de peso e rendimento de carcaça do que ovelhas alimentadas com silagens de milho e sorgo.

Por fim, Mello e Nörnberg (2004) reafirmam que as silagens de girassol apresentam maiores valores proteicos que as silagens de sorgo e milho.

2.8.2 Farelo de girassol

O farelo de girassol é um subproduto da indústria de óleos vegetais, resultante da extração mecânica ou por solventes orgânicos de semente de girassol (PIGHNELLI, 2007). É caracterizado como um concentrado proteico de boa qualidade capaz de compor as rações de diferentes espécies animais, podendo ser encontrado na forma moída, floculada ou peletizada (STRINGHINI *et al.*, 2000).

Entretanto, o farelo de girassol proporciona menor ritmo de crescimento e características de carcaças inferiores, quando fornecido para cordeiros Santa Inês em confinamento, substituindo 50% e 100% do farelo de soja (LOUVANDINI *et al.*, 2007).

Pinheiro *et al.* (2002) observaram que para o nível máximo de inclusão de 12% de farelo de girassol, os frangos de corte não apresentaram prejuízos no desempenho. Sendo assim é necessário registrar que no grão e nos subprodutos de extração do óleo (torta e farelo), os níveis de lisina são mais baixos em relação ao farelo de soja, exigindo sua suplementação na ração (SILVA; PINHEIRO, 2005).

Tavernari *et al.* (2008) concluem que o farelo de girassol apresenta grande variação em sua composição em diversos artigos científicos e tabelas de composição dos alimentos, porém, sua inclusão em rações para frangos é limitada devido ao seu alto teor de fibra, baixa energia metabolizável e custo, uma vez que, para incluir este alimento em dietas é necessária a suplementação com óleo e lisina.

2.8.3 Torta de girassol

Os grãos de girassol são esmagados inteiros, com ou sem cascas e à temperatura ambiente e não passam por nenhum cozimento prévio, ou outro processo para obtenção da torta. Após o processo de esmagamento e extração do óleo, obtém-se rendimento médio de 400 kg de óleo, 250 kg de casca e 850 kg de torta (OLIVEIRA; CÁCERES, 2005).

De acordo com Pereira *et al.* (2011), a utilização de torta de girassol é uma alternativa na alimentação de vacas em lactação, contudo não altera a eficiência de síntese de proteína microbiana, a produção e o perfil de ácidos graxos do leite.

Segundo Agy *et al.* (2009), a torta de girassol pode substituir em até 100% o farelo de soja na dieta de caprinos 1/2 sangue Boer sem a diminuição da matéria seca.

Por fim, a escolha da torta mais adequada está relacionada com as características socioeconômicas da região, à presença de uma indústria de biodiesel próxima as áreas

produtoras de girassol, às oportunidades de mercado (venda ou utilização direta da torta nas rações), entre outras (CHUNG *et al.*, 2009).

2.9 Características do híbrido BRS 323

O item em questão refere-se às características referentes do híbrido BRS 323, ressaltando as regiões de adaptação, as indicações de cultivo e as épocas de semeadura, conforme a seguir.

2.9.1 O híbrido

Quanto ao item híbrido, a Tabela 2 contém as principais características do híbrido BRS 323.

Tabela 2 – Principais características do híbrido BRS 323

Genética	Híbrido simples
Teor de óleo	40 a 44%
Reação ao míldio (Raça 330)	Resistente
Cor do aquênio	Estriado claro
Início do florescimento	50 a 60 dias
Maturação fisiológica	80 a 98 dias
Altura média das plantas	166 a 199 cm
Peso de 1.000 aquênios	60 a 75 g

Fonte: Embrapa (2013).

2.9.2 Regiões de adaptação

As regiões de adaptação indicadas na Figura 2 são os seguintes estados: Alagoas, Bahia, Ceará, Goiás, Maranhão, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Pará, Paraná, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte, Rio Grande do Sul, Rondônia, Santa Catarina, São Paulo, Sergipe e Distrito Federal (EMBRAPA, 2013).

Figura 2 – Regiões de adaptação



Fonte: Embrapa (2013).

2.9.3 Indicações de cultivo

Os indicativos de cultivo são de grande relevância para o plantio do girassol, conforme as indicações do Quadro 3, a seguir:

Quadro 3 – Indicações de cultivo

Consumo médio de sementes	3 a 5 kg ha ⁻¹
Profundidade de semeadura	4 a 5 cm
Espaçamento entre linhas	0,5 a 0,9 m
Densidade populacional na colheita	40.000 a 45.000 plantas ha ⁻¹
Tipo de solo	Solo estruturado fértil e bem drenado
pH (CaCl₂)	5,2 a 6,5
Adubação*	40 a 60 kg ha ⁻¹ de N 40 a 80 kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅ 40 a 80 kg ha ⁻¹ de K ₂ O
Aplicação de boro*	1 a 3 kg ha ⁻¹ de boro (B) com dessecante ou adubação de base ou em cobertura
Controle de plantas daninhas	Manter a cultura livre de competição, principalmente, até os 30 dias após a emergência
Colheita	Iniciar quando a umidade dos aquênios estiver entre 14 a 16%

Fonte: Embrapa (2013).

(*) Dependente da análise do solo e do teor de argila.

2.9.4 Épocas de semeadura

As épocas de semeadura realizam-se em conformidade com a Rede de Ensaio de Avaliação de Genótipos de Girassol, que são coordenadas pela Embrapa Soja, em decorrência das características de rendimento dos grãos e do teor de óleo que são prioritários. Sugere-se, no entanto, observar as indicações do zoneamento agrícola que podem ser visitadas no site do Agritempo (www.agritempo.gov.br) que explicitam a diminuição dos riscos climáticos que podem eventualmente apresentar épocas de cultivo diferenciadas (Quadro 4), conforme seja a região.

Quadro 4 – Épocas de semeadura

Unidades Federativas ou Regiões	Período
Alagoas, Bahia (Nordeste e Recôncavo), Rio Grande do Norte e Sergipe	Maior a junho
Bahia (Regiões Oeste, Sudeste e Central), Ceará (Sertão) e Pernambuco (Sertão)	Novembro a janeiro
Ceará (Meio-Norte), Minas Gerais e São Paulo	Fevereiro a março
Goiás, Mato Grosso do Sul e Distrito Federal	Fevereiro e início de março
Maranhão (Leste) e Piauí (Sudoeste)	Meados de fevereiro a março
Maranhão (Sul) e Piauí (Sudeste)	Meados de janeiro a fevereiro
Pará	Abril a maio
Paraná	Início de agosto a meados de outubro
Rio Grande do Sul e Santa Catarina	Meados de julho a dezembro
Rondônia	Fevereiro a meados de março

Fonte: Embrapa (2013).

2.10 Exigências de solo e clima em relação ao rendimento da cultura do girassol

De todos os fatores inerentes à produção agrícola, o clima é o de mais difícil controle e maior ação sobre a limitação das máximas produtividades. Dos elementos do clima, o que se apresenta como mais limitante aos rendimentos das culturas é a precipitação pluvial. Solo e clima são as variáveis que explicam as diferenças regionais dos impactos da deficiência hídrica na cultura do girassol, principalmente, em função da capacidade de armazenamento de água disponível no solo e do regime pluviométrico (CASTRO; FARIAS; 2005).

O conhecimento das exigências climáticas, desde a emergência ao ponto de maturidade fisiológica, é fundamental para a previsão da duração do ciclo da cultura em função do ambiente. Informações essas, associadas ao conhecimento das fases vegetativas e

reprodutivas da cultura, podem ser utilizadas no planejamento para definir a aplicação de insumos, época de semeadura e colheita (GADIOLI *et al.*, 2000).

2.10.1 Temperatura

Diversas pesquisas demonstram que a temperatura do ar e o estresse hídrico são os fatores que mais influenciam no desenvolvimento e rendimento da cultura. Segundo Massignam (1987), a temperatura é a variável com maior influência na duração das fases da emergência a floração do girassol. A faixa de temperatura ótima para o crescimento e desenvolvimento situa-se entre 17 a 32 °C, a temperatura ideal situa-se em torno de 26 °C e a máxima, próximo a 40 °C (CONNOR; HALL, 1997).

Porém, sua capacidade de resistir a uma amplitude térmica entre 8 e 34 °C sem comprometimento na produção é uma importante particularidade que possibilita a sua adequação em lugares de noites frias e dias quentes (WEISS, 1983; ACOSTA, 2009).

Durante a emergência das plântulas baixas temperaturas retardam a germinação das sementes e atrasam o desenvolvimento das raízes que resultam em plântulas de porte reduzido (CASTRO; FARIAS; 2005).

Temperaturas abaixo de 10 °C podem prolongar o período de emergência da cultura, ocasionando atraso na fase inicial de crescimento e enfraquecimento das plantas. Umidade prolongada tempo nublado e temperaturas baixas tendem a prolongar a fase de florescimento e, ocasionalmente, dificulta uma polinização eficiente. No período de enchimento de aquênios, temperaturas altas (35 a 40 °C) ocasionam redução considerável no teor e na composição de óleo (CASTIGLIONI *et al.*, 1997).

Altas temperaturas provocam forte evapotranspiração, enquanto que a fotossíntese atinge um patamar a partir de 27 °C, com conseqüente redução na eficiência do consumo de água (MERRIEN; MILAN, 1992).

Os valores de temperatura-base para o girassol variam entre 4,0 e 8,5 °C (AGUIRREZÁBAL *et al.*, 2001; SENTELHAS *et al.*, 1994; MERRIEN; MILAN, 1992). Apesar das temperaturas baixas não perecerem a planta, podem provocar distúrbios fisiológicos com temperaturas entre 4 e 5 °C. Na fase inicial de desenvolvimento, temperaturas baixas podem causar danos nas folhas e deformação no ápice da planta, com morte da gema apical ou provocando ramificação da inflorescência (CASTRO; FARIAS; 2005). Em elevadas temperaturas, o desenvolvimento das plantas é comprometido, tornando-se ainda mais acentuado sobre condições de suprimento hídrico inadequado.

O girassol é classificado como planta de dias curtos, ou seja, que floresce somente quando recebem luz por um período superior a um determinado fotoperíodo crítico. Entretanto, as respostas as diferentes durações do dia são bastante variáveis, diferindo segundo a cultivar e a temperatura, existindo também genótipos tipicamente capazes de florescer depois de um determinado período de crescimento vegetativo (DOORENBOS; KASSAM; 1994).

Mota (1983) aponta que o girassol é capaz de tolerar uma grande intensidade luminosa em virtude de sua alta saturação. Fato que aliado à disponibilidade hídrica adequada contribui para com sua tolerância a temperaturas superiores a 40 °C. Acosta (2009) afirma que elevados valores de radiação solar comprometem a cultura.

De forma geral, observa-se que a luminosidade influencia diretamente no desenvolvimento e crescimento da cultura. Nos diferentes estádios do cultivo, os efeitos da intensidade são variáveis. No estágio inicial, fase na qual as folhas estão se formando, o fotoperíodo pode antecipar ou retardar o desenvolvimento. Dias curtos, reduzem a superfície foliar em decorrência do alongamento do pecíolo. Altas densidades de plantas ocasionam o sombreamento como também afeta o desenvolvimento por comprometer a atividade fotossintética. Os diferentes genótipos podem adiantar ou atrasar até mais de quinze dias o início do florescimento em resposta ao fotoperiodismo (CORMENZANA, 2001).

2.10.2 Solo

No que concerne às condições edáficas, observa-se que ele é capaz de crescer satisfatoriamente bem na maioria dos solos, ainda que priorize os bem corrigidos, de textura média, profundos, bem drenados, planos, férteis e com pH ligeiramente ácido a neutro, sem restrições ao sistema radicular e com notáveis teores de matéria orgânica (OLIVEIRA *et al.*, 2005).

Em proveito de uma eficácia na ciclagem de nutrientes a uma baixa taxa de exportação, o girassol é considerado uma cultura capaz de içar a fertilidade dos solos. Em compensação, para que a cultura demonstre toda sua capacidade produtiva se faz necessário um eficiente manejo da fertilidade do solo durante todo o ciclo da cultura, com uma atenção especial para o micronutriente boro, por ser o que mais acarreta problema de ordem nutricional. Daí se certifica sua singular aptidão para a rotação de culturas (CASTRO *et al.*, 1996).

O girassol é capaz de favorecer a estrutura e a fertilidade do solo em virtude de seu extenso sistema radicular. Esta espécie requer uma fertilidade média para obter um rendimento aceitável. Em virtude do significado volume de solo explorado pelas raízes, a cultura é capaz de aproveitar os nutrientes disponíveis, extraíndo nitrogênio, fósforo e potássio em profundidade. Entretanto, solos com baixa fertilidade podem ser facilmente exauridos quando cultivados com esta espécie devido à alta demanda por nutrientes (CORMENZANA, 2001).

Portanto, o solo tem que ser bem drenado e não apresentar problemas de compactação ou acidez. O girassol é resistente à alcalinidade dos solos, mas não se desenvolve bem em pH ácido (abaixo de 5,0) (UNGARO, 2000).

Nos solos neutros ou alcalinos não costumam surgir problemas nutricionais, já um excesso de alcalinidade pode acarretar acidentalmente problemas de déficit por micronutrientes conforme constatam estudos realizados por Cormenzana (2001).

2.11 Exigências hídricas e o efeito do manejo da irrigação nos componentes da produção

A água é de vital importância para a produção agrícola, devendo-se ter a máxima racionalidade para com o seu uso, pois a sua falta ou excesso afeta significativamente a produção e o rendimento das culturas (SILVA *et al.*, 2011), tornando-se efetivamente o manejo racional para maximizar a produção (ARAYA *et al.*, 2011). Porém, deve-se acrescentar que tanto o déficit quanto o excesso podem afetar significativamente o desenvolvimento e a produção das culturas (OLIVEIRA *et al.*, 2011).

Nos diferentes estádios de crescimento, faz-se necessário o conhecimento adequado do efeito da água (chuva/irrigação) sobre o crescimento das culturas e seus rendimentos (DOORENBOS; KASSAM, 1994).

No semiárido, especificamente, a região Nordeste, caracteriza-se por falta e irregularidade pluviométrica, o que limita e compromete a produção das culturas.

Assim, Bernardo (1992) e Lima *et al.* (1999) afirmam que a utilização das técnicas de irrigação reduz os riscos do investimento agrícola, garantindo boas produtividades, com melhor aproveitamento de água, sem que haja dependências das condições climáticas.

Sobre condições de estresse hídrico, por excesso ou por falta de água as plantas são capazes de desenvolver mecanismos de resistência de tal forma a garantir o seu desenvolvimento vegetativo e produtivo (FREITAS, 1999).

O conhecimento do manejo da água e o seu efeito no crescimento e no rendimento das culturas é de grande importância.

A redução do teor de água no solo para algumas plantas não serão afetadas, já para outras compromete alguns processos morfofisiológicos (SANTOS; CHARLESSO; 1998).

Taiz e Zeiger (2009) afirmam que as reações das plantas ao déficit são o fechamento dos estômatos, redução da área foliar, antecipação da senescência e abscisão das folhas. Assim, de forma a economizar água para períodos futuros, os processos fisiológicos são desencadeados de tal forma que permita a manutenção da água no solo.

Segundo Hsiao (1973), as reduções no desenvolvimento das células, na expansão das folhas, na transpiração e na translocação de assimilados são outras consequências do déficit hídrico.

De acordo com Castro (1999), as condições climáticas, duração do ciclo e do manejo do solo adotado na exploração da cultura, está diretamente relacionado ao consumo de água pela cultura do girassol.

A maneira como o déficit hídrico se desenvolve na planta é bastante complexa, pois afeta praticamente todos os aspectos de crescimento, incluindo modificações anatômicas, morfológicas, fisiológicas e bioquímicas. A maioria das culturas possui períodos críticos quanto à deficiência hídrica, durante os quais a falta de água causa sérios decréscimos na produção final. Os prejuízos causados estão em função direta da sua duração e severidade, e do estágio de desenvolvimento da planta (FOLEGATTI *et al.*, 1997).

Rego *et al.* (2004) afirmam que o déficit hídrico provoca o fechamento dos estômatos, acarretando em decréscimo a assimilação de CO₂ e em consequência, diminuindo as atividades fisiológicas das plantas, principalmente o crescimento e a divisão celular ocasionado no estágio inicial de crescimento vegetativo.

A supressão da irrigação em qualquer momento durante o ciclo do amendoim inibiu todos os componentes de produção da cultura. As plantas do tratamento sem supressão da irrigação foram mais expressivas quanto às variáveis de produção, inclusive com a maior produtividade, 1.271,80 kg ha⁻¹, nas condições climáticas de Fortaleza, Ceará (AZEVEDO *et al.*, 2014).

Fatores determinantes no manejo da irrigação que afetam diretamente no consumo de água, no armazenamento da umidade do solo (LOPES *et al.*, 2011) e no conhecimento das necessidades hídricas das culturas (KARAM *et al.*, 2011) precisam ser conhecidos na agricultura irrigada. Segundo esses autores, diferentes estádios fenológicos e a

utilização de estresse hídrico seriam uma saída para tentar melhorar perda parcial de rendimento para algumas culturas em sistemas irrigados.

Em contrapartida, o excesso hídrico tem como consequência, a restrição da concentração de oxigênio na solução do solo podendo chegar a níveis críticos o suprimento para a planta, dificultando a respiração radicular e acarretando problemas outros, tais como: parada do processo ativo de absorção de nutrientes (depende da respiração) e ocorrência de respiração anaeróbica pela planta e pelos micro-organismos do solo, causando excesso de substâncias tóxicas como etileno, gás sulfídrico e metano (REGO *et al.*, 2004).

Os processos de anaerobiose acontecem no solo quando há chuvas intensas, ou duradouras, e quando ocorre elevação do lençol freático ou devido à aplicação de lâminas excessivas de água, através da irrigação a esparsos intervalos de tempo (GARCIA, 2004).

Azevedo, Amabile e Silva (1998) afirmam que o girassol irrigado é uma opção para diversificar os cultivos, aumentar as alternativas para geração de renda e manutenção da umidade do solo, mostrando uma eficiência dos fatores de produção como terra, capital e trabalho. Farias Neto *et al.* (2000) apontam que o girassol se aclimata muito bem as condições irrigadas.

Há informações desde menos de 200 mm até mais de 900 mm por ciclo, assim, no momento, não estão ainda bem definidas as necessidades hídricas da cultura de girassol segundo Silva (1990).

Segundo a literatura, tem-se concebido um intervalo entre 450 mm a 750 mm de água, bem distribuídos ao longo do ciclo, que tem se expressado em rendimentos médios admissíveis.

Acosta (2009) indica que a necessidade hídrica do girassol vai evoluindo com o desenvolvimento da planta, iniciando-se com valores em torno de 0,5 mm a 1,0 mm durante a fase de semeadura à emergência, atingindo um máximo de 6,0 mm a 7,0 mm dia⁻¹ no estágio de floração e enchimento de grãos e decrescendo após esta fase. Normalmente, a fase mais crítica ao déficit hídrico é o período entre 10 e 15 dias antes do início do florescimento e 10 a 15 dias após o final da floração.

Silva *et al.* (2007) observaram um aumento da altura das plantas do girassol quando haviam acréscimo na disponibilidade hídrica do solo.

Ungaro (1990) percebeu que a irrigação no girassol acarreta em aumentos no rendimento e possibilita a obtenção de um produto de melhor qualidade, capaz de alavancar melhores preços no mercado.

Sobre condição de irrigação, o estudo de Vasconcelos (2011) assinalou um rendimento de aquênio em torno de 3.429 kg ha⁻¹. Gimenez, Berengenae Muriel (1975) e Unger *et al.* (1976) relatam que os aquênios oriundos do cultivo irrigado, apresentam maiores rendimentos em óleo.

2.12 Exigências de fertilizantes e adubação de N na cultura do girassol

A resposta do girassol a adubação é limitada, porém acumula grandes quantidades de nutrientes, principalmente o nitrogênio. Seu sistema radicular profundo proporciona maior exploração e auxilia no melhor aproveitamento da fertilidade natural dos solos e das adubações dos cultivos anteriores, absorvendo nutrientes das camadas mais profundas. Entretanto, grande parte destes nutrientes retorna ao solo, após a colheita, através da folhada (folhas, haste, capítulo), além das raízes que ajudam as culturas que sucedem o girassol (CASTRO *et al.*, 1996).

Alguns trabalhos realizados para se determinar as necessidades adequadas de N nos estados produtores de girassol do Brasil, mostram que, na maioria dos ensaios, os máximos rendimentos foram alcançados com quantidades de nutrientes abaixo das recomendadas para outras culturas, como a soja (EMBRAPA, 2004), o trigo (EMBRAPA SOJA, 2005) e o milho (COELHO *et al.*, 2010).

2.12.1 Nitrogênio (N)

O nitrogênio tem sido objeto de diversos estudos, por desempenhar relevantes funções na nutrição e no metabolismo do girassol, tendo como objetivo investigar a importância da adubação nitrogenada nos seus eventuais reflexos na produtividade, bem como nas características morfológicas da cultura. Carelli *et al.* (1996) e Biscaro *et al.* (2008) concluíram que o acréscimo da adubação nitrogenada proporciona incremento das variáveis vegetativas e produtivas do girassol.

O nutriente que mais restringe a produção do girassol é o nitrogênio, juntamente com o potássio. O nitrogênio é transformado em composto orgânico, acumulando-se nas folhas e caules para depois ser translocado para os grãos. Uma boa nutrição nitrogenada promove um bom desenvolvimento foliar antes da floração (ALBA ORDOÑEZ, 1990).

Na maioria das vezes, o nitrogênio é o elemento que indica as maiores respostas em produção. As recomendações de adubação nitrogenada em cobertura para o girassol

variam no intervalo de 40 a 80 kg ha⁻¹ de N. Como esse elemento é extraído em grandes quantidades pela cultura e não apresenta efeito residual direto no solo, o rendimento esperado é um componente importante para definição das doses de nitrogênio. O histórico da área e a cultura anterior também devem ser levados em consideração para a definição de adubação nitrogenada (QUAGGIO *et al.*, 1985).

Blamey, Adwards e Asher (1987) referenciam que o nitrogênio é o maior limitante nutricional no rendimento do girassol, proporcionando redução de até 60% de seu potencial de produção em virtude de sua deficiência. O nitrogênio é o segundo nutriente mais requerido pela cultura do girassol, o qual absorve 41 kg de N por 1.000 kg de grãos produzidos, podendo ser tanto a partir de restos culturais quanto através da adubação, exportando 56% do total absorvido (CASTRO; OLIVEIRA, 2005).

Nos tecidos, a concentração de nitrogênio varia dependendo do genótipo, de 35 a 50 kg ha⁻¹ nas folhas e de 4 a 10 kg ha⁻¹ no caule, no período de início de florescimento e o enchimento das sementes. Segundo Lantmann *et al.* (1985), quando cultivada em sucessão a soja seria necessário apenas 40 kg ha⁻¹ de N aplicado na cultura do girassol para obter boas produtividades. Esse resultado indica não só o efeito isolado da aplicação do nitrogênio, como também, do aproveitamento da adubação residual e do nitrogênio proveniente da fixação biológica da soja.

Para o Estado de São Paulo, recomendam-se aplicações de 50 kg ha⁻¹ de N, sendo 10 kg ha⁻¹ em fundação e 40 kg ha⁻¹ de N em cobertura aos 30 dias após emergência (QUAGGIO; UNGARO; 1997).

Segundo a Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais (CFSEMG, 1989), recomenda-se aplicar 60 kg ha⁻¹ de N, sendo 1/3 aplicado na adubação de fundação e 2/3 na cobertura de 45 a 50 dias após a emergência.

De acordo com as Recomendações de Adubação e Calagem para o Estado do Ceará (UFC, 1993), recomendam-se aplicações de 60 kg ha⁻¹ de N, sendo 20 kg ha⁻¹ em fundação e 40 kg ha⁻¹ em cobertura aos 30 a 45 dias após a emergência.

Levando-se em conta que o girassol absorve 50 kg de N para uma produção de 1.000 kg de grãos, e que parte do fertilizante aplicado não é aproveitada pela planta, devem-se aplicar quantidades superiores à absorvida. Por isso, sugere-se a utilização de 60 kg ha⁻¹ de N na adubação do girassol, para a produção de 1.000 kg ha⁻¹, lembrando que existe cultivares que têm potencial para até 5.000 kg ha⁻¹ com aplicação de lodo de esgoto (LOBO; GRASSI FILHO, 2007).

Por outro lado, caso o mesmo seja cultivado após a soja, recomenda-se a aplicação de 40 kg ha⁻¹ de N, em virtude ao nitrogênio residual da soja (LANTMANN *et al.*, 1985).

Não existe ainda um consenso no que concerne a dose ideal de adubação nitrogenada para obter um máximo de rendimento da cultura do girassol, aparentemente, a resposta da cultura a diversificadas doses de nitrogênio depende do cultivar e das condições edafoclimáticas. Assim, na literatura são indicadas doses que variam de 60 a 200 kg ha⁻¹ de N para obter o máximo desenvolvimento e rendimento (RAJKOVIC; VREBALOV; BOGDANOVIC; 1980).

Resultados experimentais apontam que com 40 a 50 kg ha⁻¹ de N, obtém-se 90% da produção relativa máxima, que corresponde à quantidade de nutrientes economicamente mais eficientes. Também se observou que com 80 a 90 kg ha⁻¹ de N é alcançada a produção máxima do girassol (SMIDERLE; GIANLUPPI; GIANLUPPI, 2002; SMIDERLE *et al.*, 2004; CASTRO *et al.*, 2004).

O nitrogênio pode se incorporar no sistema solo-planta a partir dos restos culturais, por processos de fixação biológica, adubação com fertilizantes industriais e também por precipitação induzida por descargas elétricas. No solo, o nitrogênio apresenta diversas formas orgânicas e inorgânicas que estão dinamicamente equilibradas por meio do ciclo do N, o qual é bastante complexo (RAIJ, 1991).

No sistema solo-planta, o nitrogênio mineral é absorvido nas formas de nitrato ou amônio, o qual entra em contato com as raízes das plantas preferencialmente pelo fluxo de massa (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997).

Nas oleaginosas, o nitrogênio determina o equilíbrio nos teores de proteínas acumulados e produção de óleo, já que influencia o metabolismo de síntese de composto de reservas nas sementes. Quando adubado com nitrogênio em grandes proporções, eleva os teores do nutriente nos tecidos e reduz a síntese de óleo, favorecendo a rota metabólica de acúmulo de proteínas nos aquênios. O nitrogênio é o constituinte de aminoácidos e nucleotídeos, e o principal nutriente para obtenção de produtividades elevadas em culturas anuais (CASTRO *et al.*, 1999).

Em excesso o nitrogênio provoca crescimento demasiado do girassol, tornando as folhas mais susceptíveis, favorecendo a incidência de pragas e doenças na planta, além de provocar problemas com acamamento (VRANCEANU, 1977).

2.13 Fertirrigação

A adubação via água de irrigação, denominada de fertirrigação, é hoje de comprovada eficácia no aumento da produtividade, na melhoria da qualidade dos frutos, na redução de mão-de-obra, do consumo de energia e dos gastos com equipamentos, e na maior eficiência na utilização de nutrientes (COSTA; FRANÇA; ALVES, 1986), principalmente os mais móveis, como o nitrogênio.

O nitrogênio é o elemento aplicado com maior frequência via água de irrigação, enquadrando-se perfeitamente a essa técnica devido à alta mobilidade no solo e quase 100% de solubilidade em água (CARRIJO *et al.*, 2004). Com o uso da fertirrigação, pode-se parcelar a aplicação dos fertilizantes nitrogenados de acordo com a demanda das culturas. Com o parcelamento da adubação nitrogenada, pode-se aumentar a eficiência de uso do nitrogênio, reduzindo as perdas por lixiviação (COELHO, 1994).

A prática da fertirrigação tem-se mostrado mais eficiente no fornecimento de nutrientes para diversas culturas, com uma série de vantagens sobre a forma tradicional (ALVARENGA, 1999). Utilizando os mesmos equipamentos de irrigação, essa técnica, possibilita dosar e fracionar a aplicação de fertilizantes da maneira desejada, com economia de mão-de-obra, redução da lixiviação e melhor distribuição de nutrientes no perfil do solo (MOTA *et al.*, 2001).

Segundo Raposo (1979), a fertirrigação possibilita a aplicação de adubação foliar, facilita a operação em cobertura densa e dosa com rigor as quantidades de nutrientes de acordo com a marcha de absorção da cultura.

Nos cultivos irrigados, a adubação de forma tradicional vem sendo substituída pela aplicação de fertilizantes via água de irrigação. Na fertirrigação, o nutriente é fornecido juntamente com a água de irrigação (essencial para sua absorção) apresentando ainda diversas vantagens, dentre as quais a de melhoria da distribuição do fertilizante no campo e a possibilidade de maior parcelamento das adubações, aumentando a eficiência na utilização dos adubos pelas plantas (DUENHAS *et al.*, 2002).

Guerra *et al.* (2004) avaliaram o efeito da frequência da fertirrigação com N, em relação à adubação convencional, na produção e qualidade de frutos de bananeira Prata-Anã e observaram que a maior frequência promoveu valores significativamente maiores na produção de banana em comparação com adubação convencional.

Vasconcelos (2011), estudando diferentes doses e formas de aplicação de nitrogênio na cultura do girassol, concluiu que não houve diferença estatística entre as formas

de aplicação do adubo. Resultado semelhante foi observado por Mesquita (2010), ao estudar diferentes doses e formas de aplicação de nitrogênio na cultura do gergelim. O autor concluiu que os produtores podem selecionar a forma de aplicação (adubação convencional ou fertirrigação) haja vista que ambas não diferiram entre si.

Estudando diferentes frequências de fertirrigação com nitrogênio na cultura da melancia, Fernandes *et al.* (2012) observaram que a frequência de fertirrigação nitrogenada diária proporcionou aumentos na produtividade, peso do fruto e sólidos solúveis.

Pesquisando frequências diferenciadas de fertirrigação com nitrogênio na cultura do melão, Campelo *et al.* (2014) determinaram que o parcelamento interferiu na eficiência do suprimento deste nutriente para a planta.

Apesar de existirem pesquisas sobre aplicação de fertilizantes via água de irrigação, verifica-se que ainda há necessidade de ensaios sobre doses, concentração e parcelamento de fertilizantes para as culturas em geral, uma vez que existem muitas variáveis envolvidas no emprego dessa técnica.

3 METODOLOGIA

3.1 Caracterização da área experimental

3.1.1 Localização da área experimental

Os ensaios foram conduzidos na área experimental da Estação Meteorológica do Departamento de Engenharia Agrícola (DENA), pertencente à Universidade Federal do Ceará (UFC), no município de Fortaleza, Ceará. A área apresenta as seguintes coordenadas geográficas: 3° 44' 45" S, 38° 34' 55" W e 19,5 m acima do nível do mar (Figura 3).

Figura 3 – Localização da área experimental (Estação Meteorológica da Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Ceará, 2015)

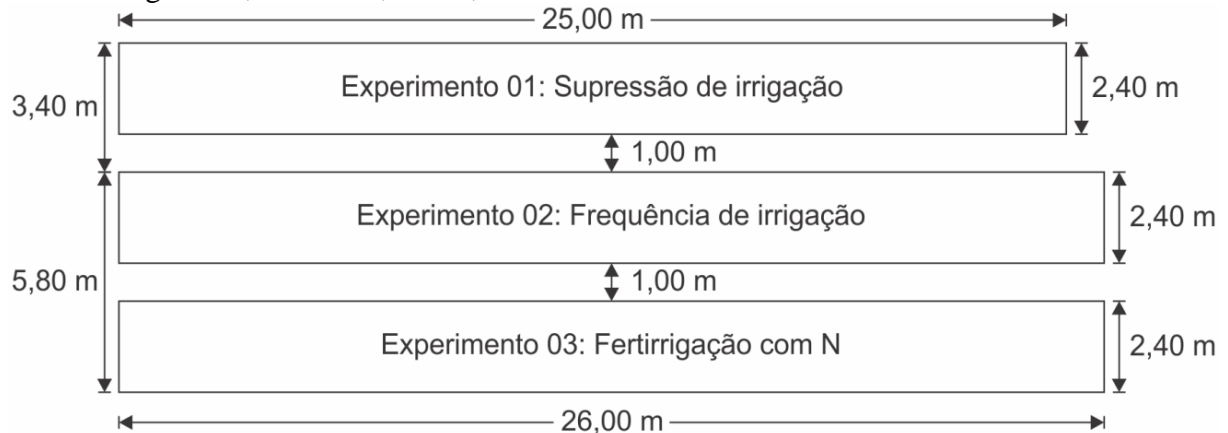


Fonte: Imagem do Google Earth.

3.1.2 Área experimental

A área experimental, de 235,8 m², foi subdividida em duas áreas de menores tamanhos, sendo uma de 150,8 m² e uma de 85,0 m². A área foi cultivada com girassol, para aplicação dos tratamentos dos três experimentos, conforme consta na Figura 4.

Figura 4 – Área experimental com subdivisões para implantação dos três experimentos com a cultura do girassol, Fortaleza, Ceará, 2015



Fonte: Elaborada pelo autor.

3.1.3 Caracterização do clima

O clima da região é do tipo Aw' sendo caracterizado como tropical chuvoso, muito quente, com chuvas predominantes nas estações de verão e outono (KÖPPEN, 1923). A região apresenta precipitação média de 1.592,10 mm, temperatura média do ar de 27 °C e a umidade relativa do ar média de 76%, de acordo com a normal climatológica (1996-2015), fornecida pela Estação Meteorológica (DENA/UFC).

Na Tabela 3, listam-se os dados climáticos coletados durante os ensaios.

Tabela 3 – Valores médios mensais das variáveis: temperatura máxima e mínima, umidade relativa do ar, velocidade do vento e de totalização mensal da precipitação durante a condução dos ensaios, Fortaleza, CE, 2015

Mês	Temperatura mínima do ar (°C)	Temperatura máxima do ar (°C)	Umidade relativa (%)	Velocidade do vento ($m s^{-1}$)	Precipitação (mm)
Agosto	21,9	30,4	73	4,1	16,8
Setembro	22,7	30,7	71	4,1	12,4
Outubro	22,9	31,0	80	4,1	3,7
Novembro	23,2	31,5	70	4,1	1,9

Fonte: Estação Meteorológica da Universidade Federal do Ceará.

3.1.4 Caracterização do solo

O solo da área onde foram realizados os ensaios foi classificado como um Latossolo Vermelho Amarelo de textura franco-arenosa (EMBRAPA, 2006).

Antes da implantação dos ensaios, foram coletadas amostras de solo na camada de 0,0 a 0,2 m, para análises das características físico-hídricas e químicas. As amostras de solo

foram enviadas ao Laboratório de Solo e Água do Departamento de Ciências do Solo da UFC, cujas análises físico-hídricas e químicas foram realizadas pelos métodos descritos no Manual de Métodos de Análises de Solo (EMBRAPA SOLOS, 1997).

Os resultados das análises físico-hídricas e químicas do solo da área experimental estão listados nas tabelas 4 e 5.

Tabela 4 – Características físico-hídricas do solo da área experimental, Fortaleza, CE, 2015

Características físico-hídricas	Camada (m)
Composição Granulométrica (g kg⁻¹)	0,0 - 0,2
Areia grossa	412
Areia fina	382
Silte	116
Argila	90
Argila natural	79
Classificação textural	Franco-arenoso
Densidade	–
Global	1,52
Partícula	2,58
Umidade (g 100g ⁻¹)	–
0,033 Mpa	6,30
1,5 Mpa	4,94
Água útil	1,36
pH	6,3
Condutividade Elétrica (dSm ⁻¹)	0,26

Fonte: Laboratório de Solos e Água, do Departamento de Ciências do Solo da UFC, 2015.

Tabela 5 – Características químicas do solo da área experimental, Fortaleza, CE, 2015

Características químicas	Camada (m)
Complexo Sortivo (cmol_c kg⁻¹)	0,0 – 0,2
Cálcio	1,00
Magnésio	0,80
Sódio	0,12
Potássio	0,25
Hidrogênio + Alumínio	1,65
Alumínio	0,15
Soma de bases (S)	2,2
Capacidade de troca de cátions	3,8
Saturação de bases	58
Porcentagem de sódio trocável (PST)	3
Carbono (g kg ⁻¹)	4,26
Nitrogênio (g kg ⁻¹)	0,43
Relação C/N	10
Matéria orgânica (g kg ⁻¹)	7,34
Fósforo assimilável (mg kg ⁻¹)	33

Fonte: Laboratório de Solos e Água, do Departamento de Ciências do Solo da UFC, 2015.

3.2 Cultura utilizada

O ensaio foi realizado com a cultura do Girassol (*Helianthus annuus L.*), híbrido simples BRS 323 (Figura 5), produzido pela EMBRAPA SOJA.

Figura 5 – Híbrido de girassol “BRS 323” na fase de floração (A) e seus aquênios (B), na área experimental, Fortaleza, CE, 2015



(A)



(B)

Fonte: Elaborada pelo autor.

Dentre as principais características desse híbrido, está o ciclo precoce, o que facilita sua utilização no sistema de produção, tanto na rotação como na sucessão de culturas. Apresenta boa resistência ao míldio, sendo que as características médias dependem das condições edafoclimáticas.

3.3 Preparo da área

No início de maio de 2015, três meses antes do preparo da área, o calcário dolomítico foi distribuído a lanço, sobre a superfície do terreno e, em seguida, incorporado a uma profundidade de 0,20 m. A área do ensaio foi preparada com as seguintes etapas: subsolagem, com objetivo de melhorar as características físicas do solo. A “posteriori” foi realizada uma aração seguida de duas gradagens cruzadas e abertura de sulcos espaçados de 1,0 m. Em seguida, procedeu-se a limpeza e o nivelamento mecânico do terreno, com a utilização de uma plaina acoplada a um trator, para uma maior homogeneização na distribuição dos tratamentos e disposição do sistema de irrigação (Figuras 6 a 11).

Figura 6 – Subsolação da área



Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 7 – Subsolador



Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 8 – Aração



Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 9 – Gradagem



Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 10 – Nivelamento



Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 11 – Área pronta



Fonte: Elaborada pelo autor.

3.4 Sistema de irrigação

O sistema de irrigação utilizado na área de pesquisa foi do tipo gotejamento superficial, com as seguintes constituições e características:

- Conjunto motobomba: bomba centrífuga acoplada a um motor de 1/3 CV (Figura 12);

Figura 12 – Bomba centrífuga acoplada a um motor de 1/3 de CV



Fonte: Elaborada pelo autor.

- Cabeçal de controle e sistema de injeção de fertilizantes: o cabeçal de controle era composto por um filtro de disco de 177,8 mm de diâmetro, registro de gaveta e manômetro de glicerina, aferido em kgf cm^{-2} (Figura 13);

Figura 13 – Cabeçal de controle e sistema de injeção de fertilizantes, Fortaleza, Ceará, 2015



Fonte: Elaborada pelo autor.

- O método de injeção de fertilizantes utilizado foi o de pressão positiva através do sistema de injeção na linha de recalque e uma motobomba periférica de 1/2 CV (Figura 14), com o intuito de aumentar a velocidade de escoamento da calda fertilizante e manter a pressão de serviço do sistema de irrigação;

Figura 14 – Motobomba periférica de 1/2 CV, Fortaleza, Ceará, 2015



Fonte: Elaborada pelo autor.

- Linha principal: constituída por um tubo do tipo PVC (PN 50), com 50 mm de diâmetro nominal;
- Linhas de derivação: tubulação em polietileno flexível, com 16 mm de diâmetro nominal (Figura 15);
- Registro de esfera de 12,7 mm, instalado no início de cada linha de derivação, com a finalidade de controlar o manejo da supressão e das frequências de irrigação e de fertirrigação nitrogenada, testadas nos três experimentos;
- Linhas laterais: constituídas de fita gotejadora de 16 mm de diâmetro nominal, comprimento de 2,4 m e espaçada em 1,0 m entre si (Figura 15);

Figura 15 – Linhas de derivação e laterais de uma unidade experimental, Fortaleza, Ceará, 2015



Fonte: Elaborada pelo autor.

- Gotejadores: os emissores eram do tipo autocompensantes inseridos na própria fita gotejadora, com espaçamento de 0,3 m entre si. Cada emissor supria uma vazão de $2,5 \text{ L h}^{-1}$, a uma pressão de serviço de $1,5 \text{ kgf cm}^{-2}$ (Figura 16).

Figura 16 – Emissor autocompensante inserido na fita gotejadora, Fortaleza, Ceará, 2015



Fonte: Elaborada pelo autor.

3.5 Manejo da irrigação

Após a instalação do sistema de irrigação (Figura 17), o índice utilizado para avaliar o sistema de irrigação foi a uniformidade de emissão (EU), de acordo com a metodologia proposta por Keller e Karmeli (1975). De acordo com essa metodologia, foram

avaliadas quatro linhas laterais: a primeira linha, as localizadas a 1/3, a 2/3 do início da parcela e a última. Foram avaliadas, em cada linha, quatro emissores, sendo: o primeiro e os localizados a 1/3, a 2/3 do início da linha de derivação e o último, totalizando 16 emissores.

Após a coleta em campo, os mesmos foram devidamente calculados obtendo os valores do coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC), especificado por Christiansen (1942), exposto na Equação 1, além do levantamento das condições de pressão, vazão e lâminas aplicadas. O CUC estimado ao término do teste foi de 0,90.

$$CUC = 100 \cdot \left[1 - \frac{\sum_i^n |Q_c - Q|}{n \cdot Q} \right] \quad (1)$$

onde:

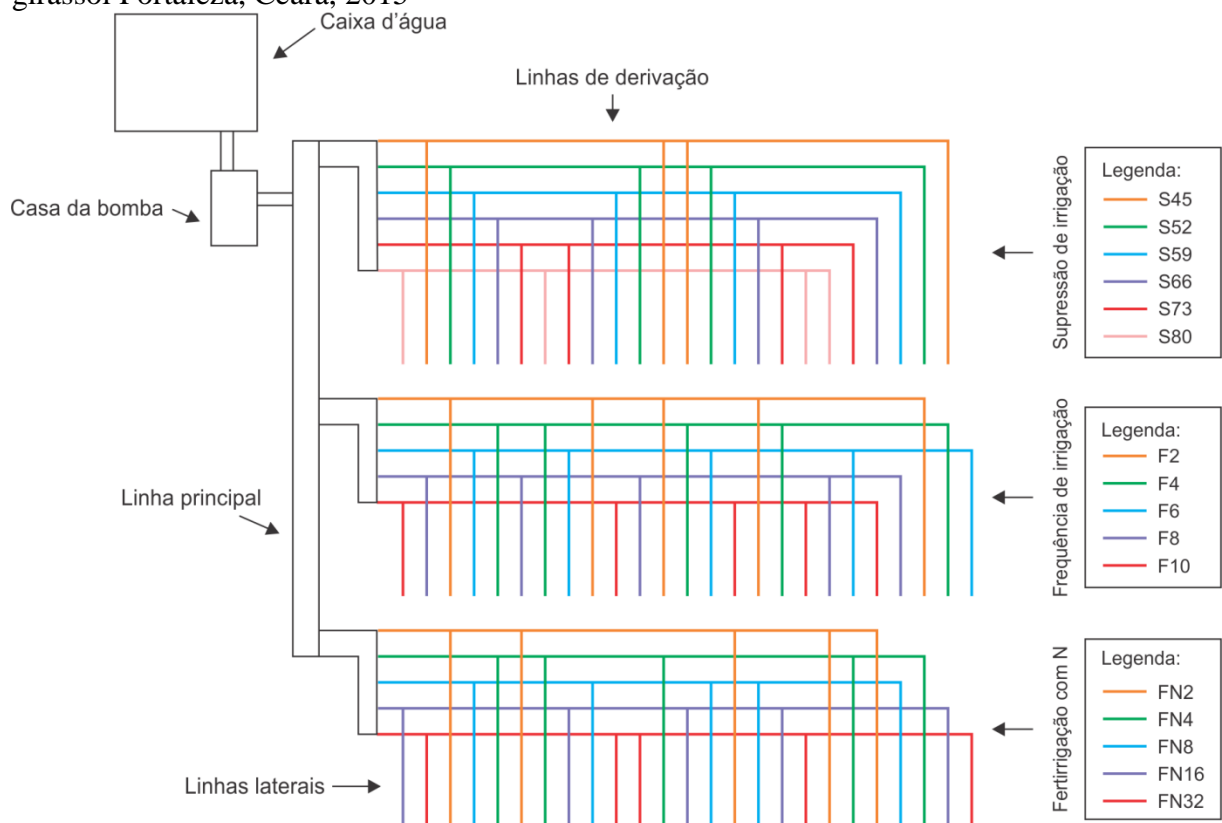
CUC – Coeficiente de uniformidade de Christiansen, em (%);

Q_i – Vazão de cada emissor, em $L h^{-1}$;

Q – Média das vazões coletadas de todos os gotejadores, em $L h^{-1}$;

n – Número de observações.

Figura 17 – Distribuição dos tratamentos nas parcelas dos três experimentos com a cultura do girassol Fortaleza, Ceará, 2015



Fonte: Elaborada pelo autor.

O manejo da irrigação dos ensaios de supressão da irrigação, frequência da irrigação e frequência da fertirrigação nitrogenada foi efetuado com base na reposição da evapotranspiração diária da cultura.

O tempo de irrigação de cada tratamento por experimento foi mensurado de acordo com a Equação 2.

$$T_i = \frac{L_i E_L E_g F_c}{E_i q_g} \quad (2)$$

onde:

T_i – Tempo de irrigação (h);

L_i – Lâmina de irrigação a ser aplicada (mm dia^{-1});

E_L – Espaçamento entre as linhas laterais (m), 1,0 m;

E_g – Espaçamento entre gotejadores (m), 0,30 m;

F_c – Fator de cobertura do solo (adimensional), 0,9;

E_i – Eficiência de irrigação (adimensional), 0,90;

q_g – Vazão do gotejador (L h^{-1}), $2,5 \text{ L h}^{-1}$.

A irrigação foi realizada visando repor 100% da evapotranspiração da cultura (ET_c). A lâmina de irrigação (L_i) foi estimada através da ET_c para os três ensaios, considerando as precipitações no período.

A evapotranspiração de referência (ET_o) foi estimada pela evaporação da água do tanque Classe “A”, e os valores dos coeficientes da cultura por fase fenológica foram: fase inicial (I) 0,52, desenvolvimento vegetativo (II) 0,74, floração (III) 0,98 e maturação fisiológica (IV) 0,81, respectivamente, segundo Cavalcante Junior *et al.* (2013). O fator de cobertura utilizado em todos os ensaios, com seus respectivos tratamentos, foi equivalente a uma largura de faixa molhada de 0,9 m ao longo do ciclo.

3.6 Manejo da adubação, implantação e condução dos ensaios

A adubação foi efetuada mediante a análise química do solo (Tabela 5) e nas exigências nutricionais da cultura, de acordo com o que indica o manual de Recomendações de Adubação e Calagem para o Estado do Ceará (UFC, 1993).

As quantidades de nutrientes e fontes comerciais utilizadas foram: 100 kg ha^{-1} de nitrogênio (Ureia – 45% de N); 300 kg ha^{-1} de fósforo (Superfosfato Simples – 18% de P_2O_5)

e 90 kg ha^{-1} de potássio (Cloreto de Potássio Branco – 60% de K_2O). Nos ensaios de supressão e frequência de irrigação, onde não se avaliaram as quantidades de N ou de K_2O , foi aplicado um terço da quantidade recomendada de N e de K_2O no momento da semeadura na linha de plantio (Figura 18), o que equivale a $8,0 \text{ g}$ de ureia e $7,2 \text{ g}$ de cloreto de potássio, respectivamente, para cada $2,40 \text{ m}$ de linha. E, os dois terços restantes da quantidade recomendada de N e K_2O foram parcelados em quatro aplicações subsequentes, no 15° , 30° , 45° e 60° DAS .

Figura 18 – Adubação de fundação (sulco), Fortaleza, Ceará, 2015



Fonte: Elaborada pelo autor.

Por ocasião da semeadura, aplicou-se, também, uma quantidade de 30 kg ha^{-1} de FTE BR-12 (fertilizante), utilizado como fontes de nutrientes (3,9% de Enxofre, 1,8% de Boro, 2,0% de Manganês e 9,0% de Zinco).

Nas adubações de fundação (sulco), para os três experimentos, foram aplicadas quantidades de fósforo, nitrogênio, potássio e FTE BR-12 de acordo com a recomendação. Com exceção da aplicação do fósforo e FTE BR-12, as demais, com a ureia e cloreto de potássio, foram efetuadas via fertirrigação para todos os experimentos.

Na fertirrigação, foi empregado um volume de calda de 10 L , necessário para a injeção da solução nutritiva, com intuito de propiciar uma melhor distribuição dos fertilizantes na área de plantio. A taxa de injeção no sistema de irrigação foi de 80 L h^{-1} . Ao concluir a fertirrigação, o sistema continuava operando por mais $7,5$ minutos, possibilitando a lavagem das tubulações e das fitas gotejadoras, reduzindo, assim, os riscos de entupimentos do sistema e melhorando a eficiência de aplicação.

O plantio foi efetuado em sulcos, em dois momentos: para os experimentos de supressão e frequência de irrigação, no dia 24 de agosto de 2015, e para o de fertirrigação nitrogenada, no dia 29 de agosto de 2015, obedecendo ao espaçamento de 1,0 m entre linhas e 0,2 m entre plantas, que equivale a um estande de 50.000 plantas por hectare. Para satisfazer a homogeneidade das parcelas, foram plantadas treze grãos por metro linear. Antes do plantio, foi realizada uma irrigação, com a finalidade de elevar a umidade do solo à capacidade de campo, possibilitando um bom índice de germinação das sementes, para a obtenção de uma boa uniformidade na população de plantas.

Os tratos culturais durante a condução dos ensaios consistiram das seguintes operações: desbastes realizados aos quinze e trinta dias após a semeadura; quatro capinas com auxílio de enxadas manuais efetuadas no 15º, 30º, 45º e 75º DAS, com a finalidade de eliminar as plantas daninhas e evitar a concorrência das mesmas com a cultura por água e nutrientes. A seguir, o estande de plantas após desbaste e capina Figura 19.

Figura 19 – Estande de plantas após desbaste e capina, Fortaleza, Ceará, 2015



Fonte: Elaborada pelo autor.

Foram aplicados os tratamentos fitossanitários, ao serem observados os primeiros sintomas de pragas, por meio de uma pulverização de 3 mL do inseticida de contato e ingestão do grupo piretróide EC-2,2-dimethylcyclopropanecarboxylate para controle da *Diabrotica speciosa* (vaquinha verde-amarela). Ocorreu, também, o ataque de formigas cortadeiras “Saúva Cabeça de Vidro” (*Atta laevigáta*), sendo controlada com iscas do tipo MIREX-S MAX na dosagem de 8 g do produto por metro quadrado de terra solta e com formicidol em pó aplicado no “olheiro” do formigueiro (Figura 20).

Figura 20 – Formigas cortadeiras (*Atta laevigáta*), Fortaleza, Ceará, 2015



Fonte: Elaborada pelo autor.

3.7 Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com cinco tratamentos e cinco repetições para os ensaios com frequência de fertirrigação com nitrogênio e frequência de irrigação. O experimento de supressão da irrigação foi realizado com seis tratamentos e quatro repetições, também em blocos casualizados. Em cada experimento, havia 25, 25 e 24 unidades experimentais, respectivamente. Cada unidade experimental continha onze plantas, das quais as três plantas centrais da unidade experimental foram tomadas como úteis. As duas primeiras linhas de plantas na margem esquerda do primeiro e direita do último bloco foram adotadas como bordadura no ensaio.

3.8 Detalhamento dos ensaios

Os três ensaios foram conduzidos simultaneamente. A colheita foi concluída no início de dezembro de 2015, finalizando um ciclo que variou de 85 a 95 dias.

3.8.1 Experimento I: Supressão da Irrigação

Foram analisadas seis épocas distintas, quando se interrompeu a irrigação com intervalos de sete dias cada. Os tratamentos correspondem à supressão da irrigação aos 45 dias após a semeadura (DAS) – (T1); 52 DAS – (T2); 59 DAS – (T3); 66 DAS – (T4); 73 DAS – (T5) e 80 DAS – (T6), com suas respectivas lâminas totais aplicadas, conforme

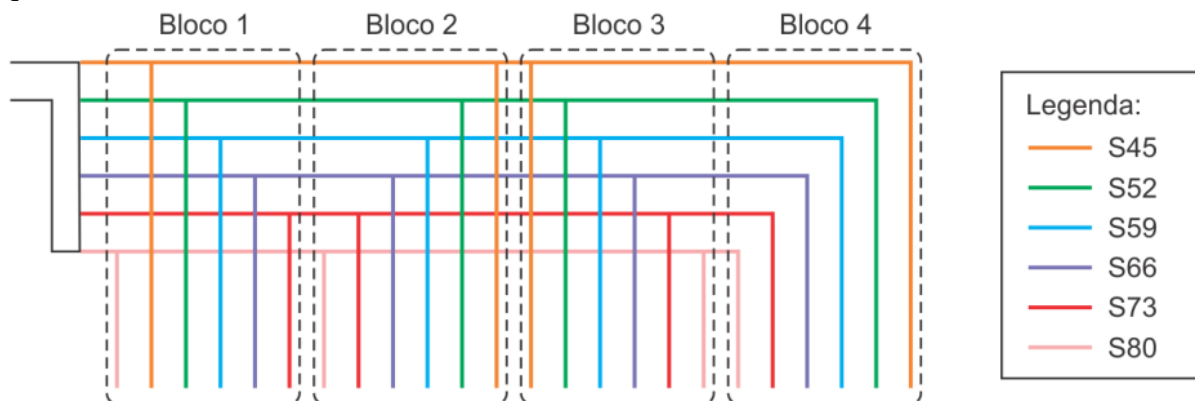
a Tabela 6 e a Figura 21. Esses tratamentos foram definidos baseando-se no critério em que a fase mais crítica ao déficit hídrico é o período compreendido entre 10 a 15 dias antes do início da floração e 10 a 15 dias após o final da floração.

Tabela 6 – Supressão da irrigação correspondente a cada tratamento e lâminas totais aplicadas

Tratamentos	Supressão (DAS)	Lâminas (mm)
S45	45	225,05
S52	52	290,78
S59	59	354,83
S66	66	417,04
S73	73	480,96
S80	80	528,87

Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 21 – Esquema do experimento com supressão de irrigação, com seis tratamentos e quatro blocos, Fortaleza, Ceará, 2015



Fonte: Elaborada pelo autor.

3.8.2 Experimento II: Frequência da Irrigação

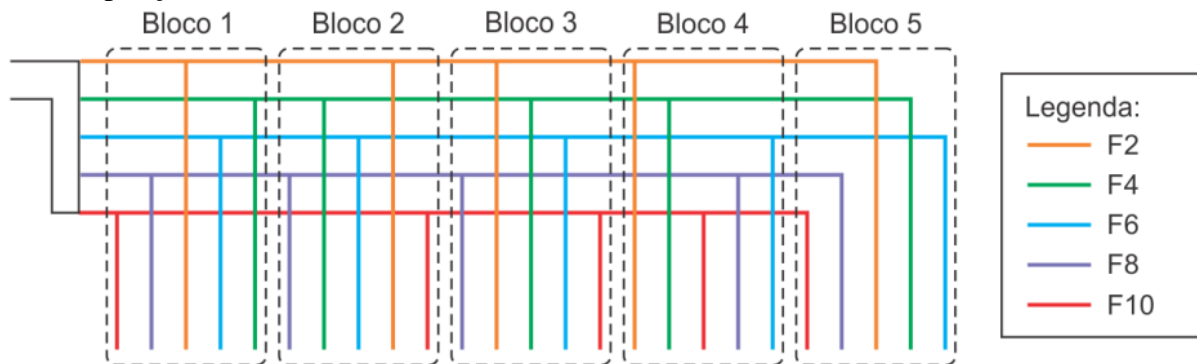
As frequências da irrigação avaliadas foram fixadas em intervalos de dias, conforme os tratamentos. Os tratamentos aplicados no cultivo do girassol nesse ensaio consistiram na aplicação da lâmina de irrigação em cinco frequências de irrigação, sendo: F2 (irrigação de 2 em 2 dias); F4 (irrigação de 4 em 4 dias); F6 (irrigação de 6 em 6 dias); F8 (irrigação de 8 em 8 dias); F10 (irrigação de 10 em 10 dias). A aplicação foi realizada com a lâmina de irrigação acumulada em cada período. A lâmina total aplicada no ciclo foi de 608,04 mm. Os tratamentos podem ser vistos na Tabela 7 e na Figura 22. Os tratamentos de frequência da irrigação foram definidos baseados no critério de se observar qual ou quais desses tratamentos, nessas frequências, viria a influenciar em ganhos de produtividade, verificando os aspectos quantidade e qualidade dos grãos e dos teores de óleo.

Tabela 7 – Frequência da irrigação para cada tratamento

Tratamentos	Frequência de irrigação (dia)
F 2	2
F 4	4
F 6	6
F 8	8
F 10	10

Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 22 – Esquema do experimento com frequência de irrigação, com cinco tratamentos e cinco repetições, Fortaleza, Ceará, 2015



Fonte: Elaborada pelo autor.

3.8.3 Experimento III: Frequência de Fertirrigação com Nitrogênio

Nesse ensaio, foi mensurado o efeito do fracionamento da dose de nitrogênio, utilizando ureia, contendo 45% de N, aplicada via sistema de irrigação (fertirrigação). A diferenciação dos tratamentos foi iniciada aos 15 (DAS).

Os tratamentos corresponderam aos parcelamentos da dose de N recomendada, adotando os seguintes critérios: FN2 (duas aplicações de N no ciclo); FN4 (quatro aplicações de N no ciclo); FN8 (oito aplicações de N no ciclo); FN16 (dezesesseis aplicações de N no ciclo); FN32 (trinta e duas aplicações de N no ciclo no ciclo). A partir daí, o objetivo foi identificar qual ou quais desses tratamentos viriam influenciar no incremento ou redução da produtividade, conforme Tabela 8 e Figura 23.

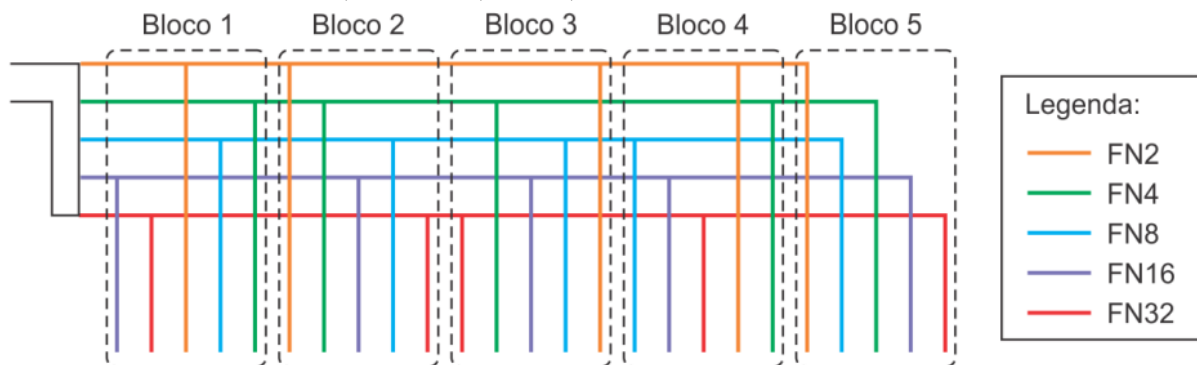
De acordo com a literatura, o girassol é mais exigente em nutrientes no estágio de desenvolvimento fenológico que vai do início da floração até o enchimento dos grãos. Isso vem a ocorrer, em média, por volta de 50 a 55 DAS. Do ponto de vista da produtividade, é a fase mais determinante, com absorção mais intensa de água e nutrientes.

Tabela 8 – Frequência de fertirrigação com nitrogênio, correspondente a cada tratamento, durante o ciclo do girassol

Tratamentos	Fertirrigação com N (Nº de aplicações)
FN2	2
FN4	4
FN8	8
FN16	16
FN32	32

Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 23 – Esquema do experimento com frequência de fertirrigação de N, com cinco tratamentos e cinco blocos, Fortaleza, Ceará, 2015



Fonte: Elaborada pelo autor.

3.9 Variáveis analisadas

As variáveis analisadas das plantas inseridas na área útil dos ensaios foram as de crescimento (área foliar) e as de produção (massa de mil sementes, produtividade, massa seca do capítulo, massa seca do caule, massa seca da folha, teor de óleo das sementes, potencial de produção de óleo, eficiência do uso da água na produção de sementes e eficiência do uso da água na produção de óleo).

3.9.1 Variável de crescimento

3.9.1.1 Área foliar

A estimativa da área foliar exigia a retirada da planta, para isso, aos 90 DAS, três plantas foram cortadas rentes à superfície do solo, separando-se as amostras em folhas e demais estruturas vegetativas.

Para mensurar a área foliar, utilizou-se o medidor de área foliar (Li-300, Licor, Lincoln, USA) (Figura 24). As folhas foram passadas uma a uma pelo aparelho e os valores foram lidos (cm²), anotados em uma planilha e, em seguida, os dados foram tabulados.

Figura 24 – Medidor de área foliar Li-300, Licor, Lincoln, USA



Fonte: Elaborada pelo autor.

3.9.2 Variáveis de produção

3.9.2.1 Massa de mil sementes

A massa de mil sementes foi fixada de acordo com as normas prescritas nas Regras para Análise de Sementes (RAS) (BRASIL, 1992), por meio de contagem direta das sementes e por meio da mensuração da massa das sementes, utilizando-se, para isso, uma balança com precisão de quatro casas decimais em gramas (Figura 25).

Figura 25 – Contagem (A) e pesagem (B) das sementes para mensuração da massa de mil sementes do girassol. UFC, Fortaleza, CE, 2015



Fonte: Elaborada pelo autor.

3.9.2.2 *Produtividade*

A produtividade (kg ha^{-1}) foi estimada pelo produto da massa média das sementes de três plantas úteis com o número de plantas por hectare, calculado conforme o espaçamento adotado. De posse desse valor, calculou-se a média de produção de sementes das plantas amostradas, sendo possível obter o rendimento de grãos por planta para cada parcela e repetição. A partir desses dados, efetuou-se a estimativa da produtividade de sementes (kg ha^{-1}), considerando a área ocupada por cada planta e o número total de plantas utilizadas. A produtividade foi estimada para um estande de colheita composto por 50.000 plantas ha^{-1} , de acordo com o espaçamento adotado para a cultura nesse ensaio.

3.9.2.3 *Massa seca do capítulo, do caule e da folha*

As massas secas do capítulo, do caule e da folha foram mensuradas após a secagem do material vegetal em estufa de ventilação forçada por um período de 72 horas e sob uma temperatura de 60 °C, até atingir peso constante. Em seguida, foram pesadas todas as amostras por tratamento e os resultados expressos em grama.

3.9.2.4 *Teor de óleo das sementes*

De cada tratamento, foram coletadas amostras de sementes, que foram identificadas e acondicionadas em sacos de papel. Em seguida, essas amostras foram encaminhadas ao Laboratório de Produtos Naturais (LPN) do Departamento de Química Analítica da UFC, Fortaleza, Ceará, para mensuração do teor de óleo utilizando solvente Hexano, pelo método do Soxhlet, de acordo com a metodologia da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), a NBR 13.348 (ABNT, 1995).

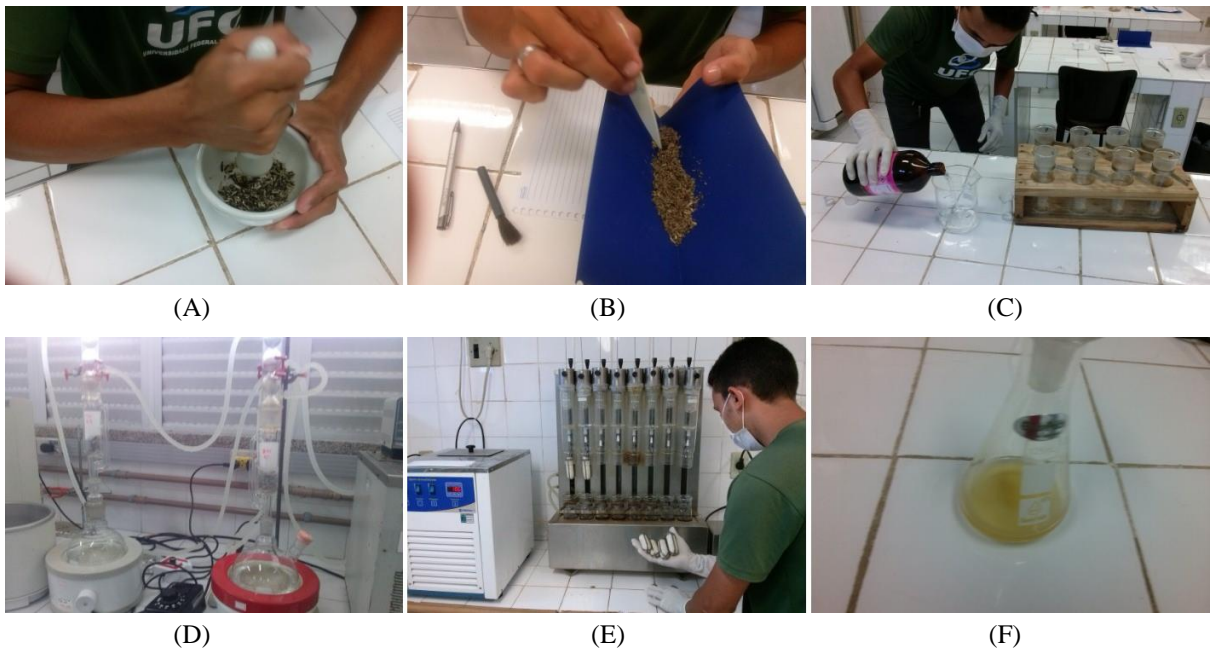
Para efetuar a extração do óleo, as sementes foram maceradas, com objetivo de aumentar superfície de contato das mesmas com o solvente. Foram utilizadas, aproximadamente, 13 g de sementes maceradas para cada amostra, que foi condicionada no Soxhlet.

A extração foi realizada com solvente Hexano, colocado até cobrir totalmente as sementes, que se encontravam envoltas em papel filtro. As amostras foram postas para refluxar por um período de seis horas. Ao término do período de extração, o solvente foi separado do óleo por meio de um retroevaporador rotatório, sobre pressão reduzida.

Então, a massa de óleo obtida foi pesada e comparada com a massa das sementes utilizada na extração, em seguida os resultados foram calculados em porcentagem na base seca.

Na Figura 26, podem ser visualizados os procedimentos laboratoriais realizados para a mensuração do teor de óleo das sementes de girassol.

Figura 26 – Mensuração do teor de óleo dos aquênios de girassol pelo método Soxhlet: (A) maceração das sementes; sementes maceradas envoltas em papel de filtro (B); adição do solvente hexano (C); Soxhlet em funcionamento (D); retro evaporador rotatório (E); óleo das sementes ao término da extração (F), Fortaleza, CE, 2015



Fonte: Elaborada pelo autor.

3.9.2.5 Potencial de produção de óleo

A estimativa do potencial de produção de óleo para cada tratamento, expresso em kg ha^{-1} foi mensurado por meio da multiplicação do potencial produtivo das sementes com a correspondente porcentagem de óleo das sementes de cada amostra.

3.9.2.6 Eficiência do uso da água na produção de sementes

A eficiência do uso da água (EUA_s) em produzir sementes foi utilizada no experimento “Supressão de Irrigação”. Foi estimada para cada tratamento por meio da relação entre o potencial produtivo de sementes em kg ha^{-1} (PPS) e a lâmina total de água aplicada na irrigação (mm) durante o ciclo da cultura, conforme a Equação 3, proposta por Doorenbos e Kassam (1994).

$$EUA_s = PPS/W \quad (3)$$

em que:

EUA_s – eficiência de uso da água na produção de sementes, $kg\ ha^{-1}\ mm^{-1}$;

PPS – potencial produtivo de sementes, $kg\ ha^{-1}$;

W – lâmina total de água aplicada durante o ciclo da cultura, mm.

3.9.2.7 Eficiência do uso da água na produção de óleo

A eficiência do uso da água na produção de óleo (EUA_o) foi estimada para cada tratamento, por meio da relação entre o potencial de produção de óleo (PPO), expresso em $kg\ ha^{-1}$, e a lâmina total de água aplicada na irrigação (mm) durante o ciclo da cultura, conforme a Equação 4, proposta por Doorenbos e Kassam (1994).

$$EUA_o = PPO/W \quad (4)$$

em que:

EUA_o – eficiência de uso da água na produção de óleo, $kg\ ha^{-1}\ mm^{-1}$;

PPO – potencial de produção de óleo, $kg\ ha^{-1}$;

W – lâmina total de água aplicada durante o ciclo da cultura, mm.

3.10 Análises estatísticas

Os dados referentes aos três experimentos são de natureza quantitativa, por isso, foram submetidos à análise de regressão buscando-se ajustar equações com significados biológicos. Na análise de regressão, as equações de regressão, modelos linear e polinomial quadrático, foram escolhidas com base na significância dos coeficientes de regressão até 5% de probabilidade pelo teste F e no maior coeficiente de determinação (R^2).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Experimento I: Supressão da Irrigação

4.1.1 Análise de regressão

A fim de avaliar o comportamento do híbrido de girassol BRS 323, em função das diferentes épocas de supressões da irrigação, aplicou-se a análise de variância da regressão (Tabela 9). Verifica-se que as variáveis massa de mil sementes (M1000S), teor de óleo das sementes (TOS) e potencial de produção de óleo (PPO) responderam significativamente a 5% ($P < 0,05$). Já a produtividade (PROD), a massa seca do capítulo (MS CAP), a massa seca do caule (MS Caule), a massa seca da folha (MS Folha), a eficiência do uso da água na produção de sementes (EUA_s) e a eficiência do uso da água na produção de óleo (EUA_o) responderam significativamente a 1% ($P < 0,01$).

Tabela 9 – Resumo da análise de regressão para as variáveis: massa de mil sementes (M1000S); produtividade (PROD); massa seca do capítulo (MS CAP); massa seca do caule (MS Caule); massa seca da folha (MS Folha); teor de óleo das sementes (TOS); potencial de produção de óleo (PPO); eficiência do uso da água na produção de sementes (EUA_s) e eficiência do uso da água na produção de óleo (EUA_o), em função das supressões da irrigação, Fortaleza, Ceará, 2015

FV	GL	QUADRADO MÉDIO								
		M1000S	PROD	MS CAP	MS Caule	MS Folha	TOS	PPO	EUA _s	EUA _o
Modelo linear	1	243,88*	3.973.404,84**	2.588,56**	836,51**	155,85**	12,77*	28.365,52 ^{ns}	28,81 ^{ns}	38,95*
Modelo quadrático	1	30,49 ^{ns}	25.611,90 ^{ns}	6,03 ^{ns}	645,64**	247,37**	709,84 ^{ns}	533.329,91*	13,27**	11,41**
Resíduos	15	35,93	103.493,28	120,34	59,56	5,19	57,81	75.260,50	2,39	1,21
Total	23	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CV%	-	10,70	18,86	21,11	22,91	12,55	16,36	28,19	30,00	29,94

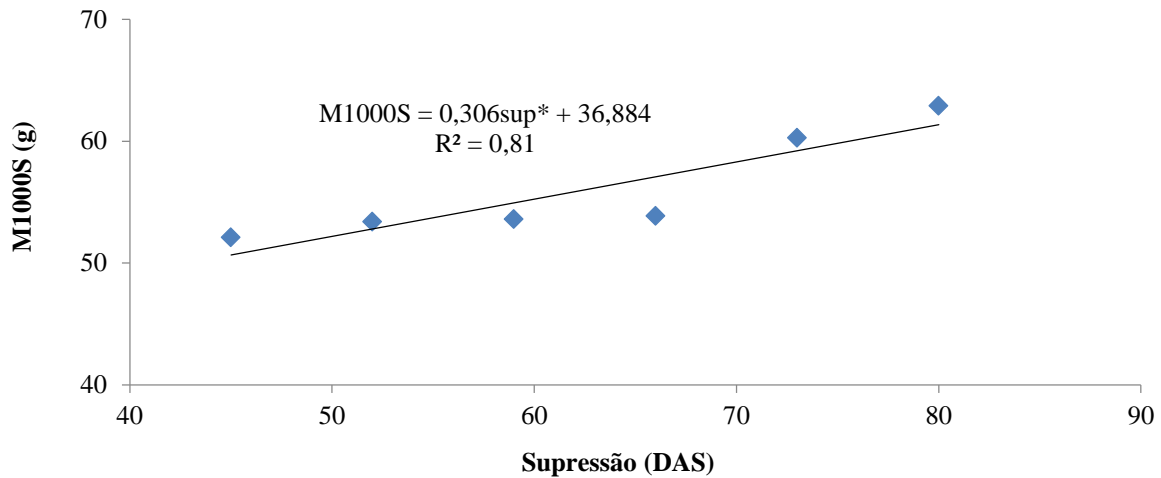
Fonte: Elaborada pelo autor.

* significativo a 5% pelo teste F; ** significativo de 1% pelo teste F; ^{ns} não significativo pelo teste F; FV – Fonte de variação; GL – Grau de liberdade.

4.1.2 Massa de mil sementes (M1000S)

Para a variável massa de mil sementes, o modelo regressão linear crescente destacou-se como o mais apropriado, apresentando coeficiente de determinação (R^2) de 0,81. Com o modelo ajustado, a maior M1000S atingida foi de 61,36 g para a supressão de irrigação aos 80 dias após a semeadura (DAS). Nesse tratamento, a lâmina de irrigação acumulada foi de 528,87 mm, correspondente a 100% da ET_c (Figura 27).

Figura 27 – Massa de mil sementes (M1000S) do híbrido de girassol BRS 323, em função da supressão da irrigação, Fortaleza, Ceará, 2015



Fonte: Elaborada pelo autor.

O padrão de variação semelhante ao estudado nesse experimento, se ajustando a um modelo linear, foi observado com a massa de cem sementes (M100S), por Azevedo *et al.* (2014) e Araújo e Ferreira (1997), com a cultura do amendoim, em Fortaleza, Ceará, e em Pentecoste (Perímetro Irrigado do Curu-Paraipaba-Pentecoste), Ceará, respectivamente.

Por sua vez, Lima *et al.* (2010), pesquisando em campo aberto, em Fortaleza, Ceará, com a cultura da mamona, verificaram que, no momento em que suspenderam a irrigação, apresentou comportamento diferente para a variável em questão, ou seja, a supressão da irrigação de trinta dias, isto é, a partir dos 70 dias após a emergência (DAE), reduziu significativamente a variável massa de cem sementes. Avaliando o desempenho do feijoeiro com supressão hídrica, Bastos *et al.* (2016) observaram que plantas de feijão estabelecidas em condição de restrição hídrica apresentaram menor massa de cem sementes.

Analisando a produção do girassol com suplementação hídrica ou não, Schwerz *et al.* (2015) verificaram que, quando cultivado em solos sem limitação hídrica, a massa das sementes não é influenciada quando a cultura é estabelecida sobre resíduos vegetais de soja, milho e capim. Outros ensaios sob estresse hídricos no campo foram realizados por Freitas *et al.* (2010) e Viana *et al.* (2010) com a cultura da mamona, onde verificaram efeitos significativos no peso de cem sementes. Em contrapartida, Moura *et al.* (2006), ao mensurar o efeito do estresse hídrico com a cultura do milho, provocado pelos interstícios da irrigação, não observaram efeito significativo para essa variável.

Estudando a cultura do girassol, Gomes (2005) concluiu que o peso de mil sementes foi afetado pela suplementação hídrica, os maiores valores foram observados nos

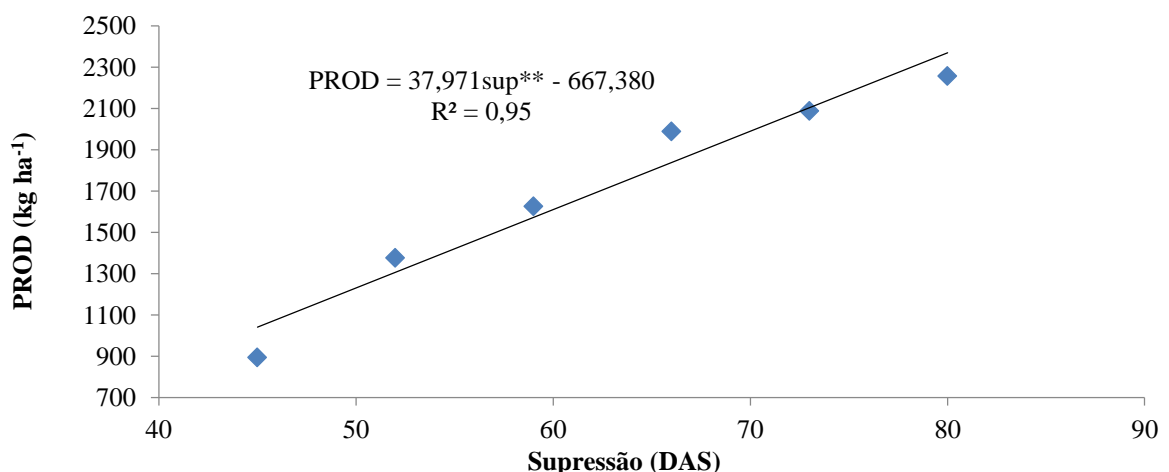
tratamentos sem déficit hídrico. Os menores valores foram encontrados no tratamento com déficit hídrico, comportamento similar aos adquiridos no presente trabalho. O autor observou ainda, que plantas desenvolvidas sobre marcante estresse hídrico produziram cerca de 30% menos em peso de grãos que as sempre irrigadas.

Com esses resultados, presume-se que, mesmo que a cultura esteja sobre efeito de déficit hídrico, o transporte de assimilados poderá ocorrer em pequena intensidade para a síntese da produção de grãos (enchimento de grãos), quando comparado a uma condição sem restrição hídrica. Essa energia relativa de deslocação sobre estresse hídrico permite às plantas estimular e utilizar reservas onde se faz necessário, mesmo quando o déficit hídrico for severo. A capacidade de continuar transportando assimilados é um indicador preponderante no que concerne a resistência da cultura à estiagem.

4.1.3 Produtividade (PROD)

Para essa variável, o modelo linear crescente apresentou-se como o mais indicado, apontando R^2 de 0,95. A máxima produtividade estimada foi de 2.370,30 kg ha^{-1} , referente à supressão de irrigação aos 80 (DAS), nesse caso, com lâmina de irrigação acumulada de 528,87 mm (Figura 28).

Figura 28 – Produtividade (PROD) do híbrido de girassol BRS 323 em função da supressão da irrigação, Fortaleza, Ceará, 2015



Fonte: Elaborada pelo autor.

É válido ressaltar que essa variável é importante, por ser um indicativo promissor de mercado que está relacionado à rentabilidade da cultura. Acosta (2009) afirma que a necessidade hídrica do girassol vai evoluindo com o desenvolvimento da planta, do

início, até o final da floração. Normalmente, a fase mais crítica ao estresse hídrico é o período entre 10 a 15 dias antes do início do florescimento e 10 a 15 dias após o final da floração.

Com referência à produtividade do híbrido de girassol BRS 323, foi visível o seu incremento relativo aos 80 DAS de supressão da irrigação, obtendo-se 2.370,30 kg ha⁻¹. Para a supressão da irrigação aos 45 dias, a produtividade chegou a 1.041,35 kg ha⁻¹, resultando numa redução de 56,07%. O valor obtido no tratamento 80 DAS está muito acima do valor médio de produtividade do Ceará (456 kg ha⁻¹), e acima, ainda, da produtividade média do Brasil (1.590 kg ha⁻¹) (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO, 2013).

Resultados similares aos encontrados nesse ensaio foram observados por Azevedo *et al.* (2014), estudando a cultura do amendoim sob diferentes épocas da supressão da irrigação. Os autores obtiveram curva polinomial linear, com acréscimo na produtividade relativo aos 90 DAS (tratamento sem supressão da irrigação), obtendo 1.271,80 kg ha⁻¹, sendo que, para a supressão de irrigação aos 45 DAS, a produtividade declinou para 325,12 kg ha⁻¹, resultando num decréscimo de 74,43%.

Avaliando o efeito sobre o fator de resposta da cultura do girassol ao déficit de água nos estádios fenológicos II, III e IV, Azevedo *et al.* (2016) concluíram que, nestas três fases fenológicas, o suprimento hídrico equivalente a 91,1% da ET_c, fez com que a produtividade comercial atingisse a 3.360,20 kg ha⁻¹, outrossim, o fator de resposta, sinalizou que o girassol suporta à irrigação diária com deficiência hídrica moderada.

De acordo com Nunes *et al.* (2016), estudando o comportamento da soja submetida a manejo de irrigação com déficit hídrico controlado, a lâmina de água equivalente a 50% da ET_{pc} (Evapotranspiração potencial da cultura) no período vegetativo promoveu as melhores características agrônômicas, além de ter contribuído para o aumento da produtividade das cultivares de soja, com destaque pra a cultivar M9144RR. Os demais tratamentos foram: T1 – 25% ET_{pc}; T3 – sem déficit hídrico, irrigado com 100% ET_{pc}; T4 – sob déficit hídrico com 25% ET_{pc} durante o estágio vegetativo; T5 – sob déficit hídrico com 50% ET_{pc} durante o estágio vegetativo; T6 – sob déficit hídrico com 25% ET_{pc} durante o estágio reprodutivo; e T7 – sob déficit hídrico com 50% ET_{pc} durante o estágio reprodutivo.

Silva *et al.* (2013), estudando a produção e qualidade do fruto da mamona sob estresse hídrico fenológico, concluíram que o aumento da água no solo nos diferentes estádios fenológicos promoveu alterações positivas na produtividade e na qualidade do fruto. Os ciclos de semeio e de rebrote apresentaram desempenho semelhante, ressaltando que o melhor desempenho da mamona foi obtido quando o conteúdo de água no solo se manteve, durante todo o ciclo fenológico da planta, com 100% da água disponível no solo para as plantas.

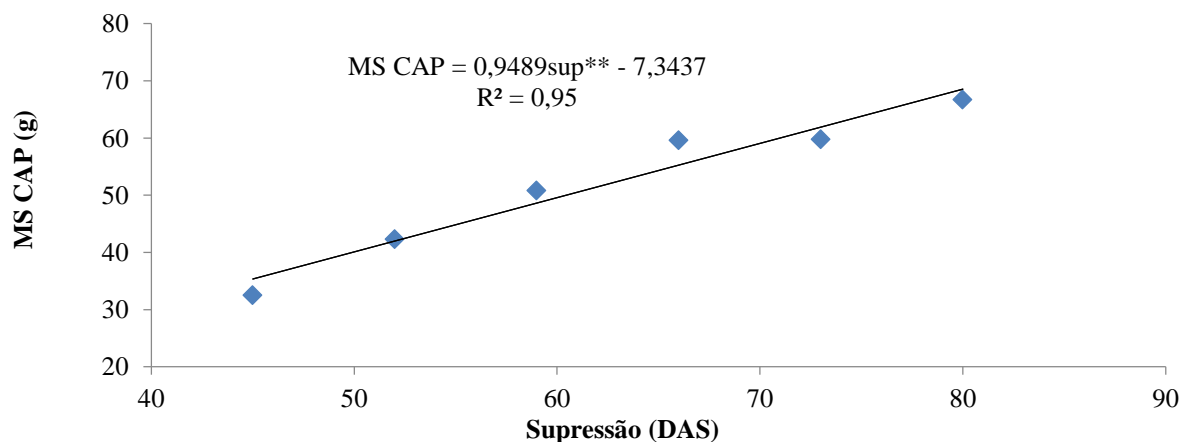
Avaliando os parâmetros básicos para a irrigação sistemática do girassol, Gomes (2005) observou que a produção aumentava conforme diminuía o déficit hídrico, os menores valores de produção foram no tratamento sem suplementação hídrica. A análise de regressão detectou diferenças significativas entre a média dos tratamentos, comportamento semelhante aos obtidos pelo presente trabalho.

O padrão de variação verificado no presente trabalho, com baixas produtividades sob alta restrição hídrica e aumento da produtividade sob baixa restrição hídrica, pode ser explicado pela afirmação de Folegatti *et al.* (1997), em que a maneira como o déficit hídrico se desenvolve na planta é bastante complexa, pois afeta praticamente todos os aspectos de crescimento, incluindo modificações anatômicas, morfológicas, fisiológicas e bioquímicas. A maioria das culturas possui períodos críticos quanto à deficiência hídrica, durante os quais a falta de água causa sérios decréscimos na produção final. Os prejuízos causados estão em função direta da sua duração, severidade e do estágio de desenvolvimento da planta.

4.1.4 Massa seca do capítulo (MS CAP)

Para a massa seca do capítulo, o modelo polinomial linear crescente apresentou-se como o mais promissor, apresentando R^2 de 0,95. A maior massa seca do capítulo foi estimada em 68,57 g, referente à supressão da irrigação aos 80 DAS com a mesma lâmina de irrigação para a massa de mil sementes (Figura 29).

Figura 29 – Massa seca do capítulo (MS CAP) do híbrido de girassol BRS 323 em função da supressão da irrigação, Fortaleza, Ceará, 2015



Fonte: Elaborada pelo autor.

A massa seca do capítulo diminuiu linearmente durante a época em que a cultura não recebeu irrigação, apresentando decréscimo de 48,39% entre os tratamentos S80 e S45

DAS, respectivamente. Por conseguinte, o híbrido do girassol BRS 323, nas condições em que foi desenvolvida a pesquisa, teve menor desempenho com os tratamentos entre S45 e S52, nesta ordem.

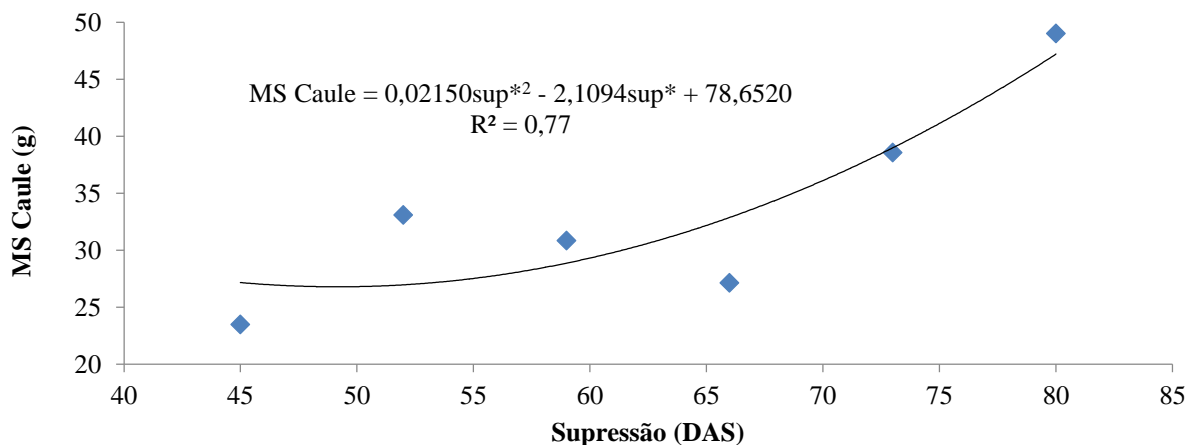
Propensão semelhante fora registrado por Gomes (2005), ao concluir que ocorria acentuada diminuição na massa seca do capítulo da cultura do girassol como consequência do estresse hídrico. A massa seca do capítulo aumentava conforme diminuía o déficit hídrico; o menor valor foi encontrado no tratamento S45 DAS e o maior valor, no tratamento S80 DAS. Comportamento análogo foi obtido por Andrade (2000) e Furtado (1982), com ensaio sob condições de estresse hídrico. Por outro lado, Silva *et al.* (2012a), estudando a cultura do girassol em condições de campo, também encontraram reduções para essa variável quando os déficits de irrigação e épocas de avaliação interagiram e afetaram a massa seca do capítulo.

Azevedo *et al.* (2016), avaliando o efeito da lâmina de rega sobre a produção e o fator de resposta da cultura do girassol ao déficit hídrico nos estádios fonológicos II, III e IV, observaram que neste período fenológico o suprimento hídrico, maximizou a massa do capítulo em 43,8 g.

4.1.5 Massa seca do caule (MS Caule)

Para a massa seca do caule, o modelo polinomial quadrático destacou-se como o mais adequado, com R^2 de 0,77, que foi superior ao do modelo linear (R^2 de 0,67). A menor massa seca do caule foi estimada em 26,91 g, com uma supressão de irrigação S49 DAS, relativo a uma lâmina acumulada equivalente a 262,61 mm (Figura 30).

Figura 30 – Massa seca do caule (MS Caule) do híbrido de girassol BRS 323 em função da supressão da irrigação, Fortaleza, Ceará, 2015



Fonte: Elaborada pelo autor.

Corroborando com os resultados deste trabalho, Gomes (2005) verificou que a planta de girassol desenvolvida sob marcante estresse hídrico apresentava acentuada diminuição na massa seca do caule.

Por sua vez, Dutra *et al.* (2012), estudando plantas de girassol sob diferentes condições de fornecimento de água, observaram que a matéria seca do caule apresentou menores valores a 60% da capacidade de retenção de água. Consequentemente, o melhor desenvolvimento das plantas foi percebido quando submetidas de 80 a 100% da capacidade de retenção de água do solo.

Castro *et al.* (2006) encontraram elevada redução da massa seca total para as plantas em estresse hídrico defrontado com as plantas sem estresse hídrico, semelhante aos resultados do presente trabalho. Silva *et al.* (2017) alcançaram maior biomassa para os maiores níveis de água.

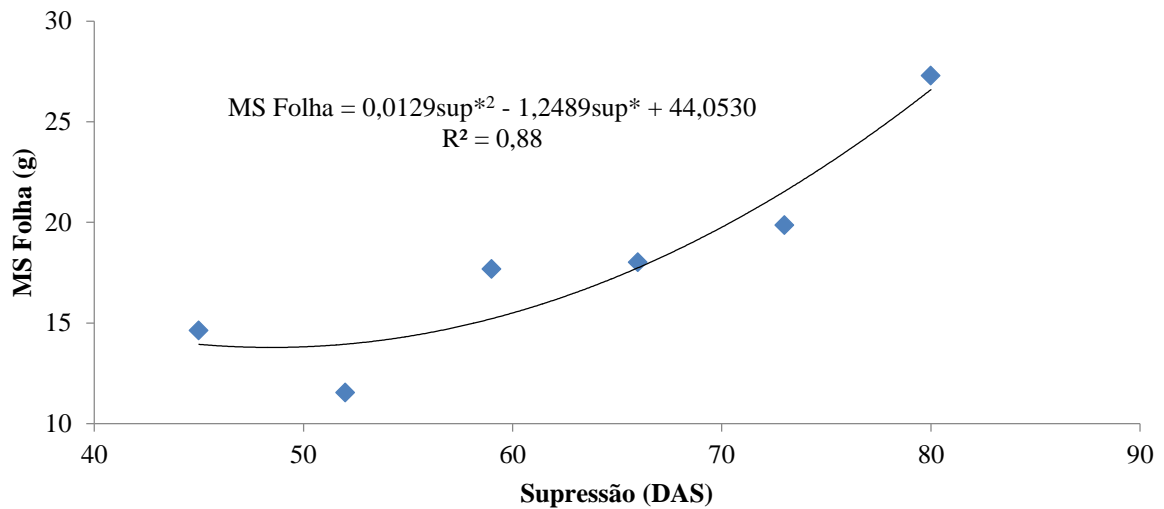
O suprimento de água em parcela satisfatória e bem distribuídas durante o ciclo da cultura é vital. Esta regularidade é salutar e importante no metabolismo vegetal (TAIZ; ZEIGER, 2009).

A interação entre déficit hídrico e a época de avaliação na cultura do girassol, segundo Silva *et al.* (2012a), afetou a massa seca do caule. A melhor resposta em produção de fitomassa ocorreu no tratamento sem déficit hídrico em todo o ciclo. O nível de irrigação equivalente a 50% da ET_0 comprometeu a produção de fitomassa, quando aplicado em qualquer estágio de desenvolvimento.

4.1.6 Massa seca da folha (MS Folha)

Para esse fator, o modelo polinomial quadrático destacou-se como o mais apropriado, apresentando R^2 de 0,88, pois o linear apresentou R^2 de 0,78. Identificado o modelo, estimou-se o mínimo valor, sendo de 13,83 g para a massa seca da folha, para supressão de irrigação S48 DAS, relativo a uma lâmina acumulada correspondente a 253,20 mm (Figura 31).

Figura 31 – Massa seca da folha (MS Folha) do híbrido de girassol BRS 323 em função da supressão da irrigação, Fortaleza, Ceará, 2015



Fonte: Elaborada pelo autor.

Resultados semelhantes foram percebidos por Gomes (2005) e Silva *et al.* (2012a), após testemunharem marcante redução no peso seco da folha como decorrência do estresse hídrico. Os autores observaram, ainda, que os melhores retornos em ganhos de produção de massa ocorrem no tratamento sem déficit hídrico de irrigação, em todo o período.

Observando o desempenho do feijoeiro com ocorrência da supressão hídrica, Bastos *et al.* (2016) verificaram que plantas de feijão estabelecidas em condições de restrição hídrica apresentaram menor massa seca da folha, respaldando com os resultados aqui encontrados.

Estudando o consumo e eficiência do uso da água para cultivares de mamoneira, submetidas a diferentes conteúdos de água no solo, Barros Junior *et al.* (2008) concluíram que as relevantes produções de fitomassa apresentadas pelos cultivares quando submetidas a déficit hídrico, indicaram elevada eficiência na transformação da água em matéria seca.

Pesquisando plantas de girassol sob diversas condições de fornecimento de água, Dutra *et al.* (2012) verificaram que o peso seco da folha indicou menores valores a 60% da capacidade de retenção de umidade no solo. Quando essas plantas foram submetidas em torno de 80 a 100% de capacidade de retenção de umidade no solo, houve um melhor desenvolvimento.

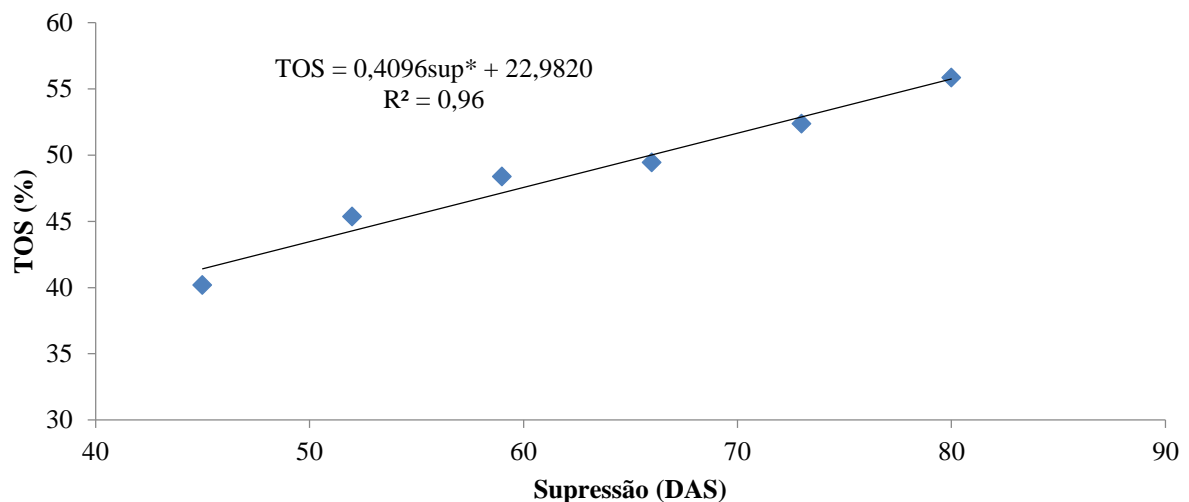
Qualificando o desempenho fenotípico de duas cultivares de milho, em diferentes níveis de água disponível no solo, Costa, Pinho e Parry (2008) concluíram que o estresse hídrico aplicado no estágio vegetativo reduziu o conteúdo relativo à matéria seca da

parte aérea das plantas. No estágio reprodutivo, os tratamentos também influenciaram negativamente essa variável.

4.1.7 Teor de óleo das sementes (TOS)

O modelo polinomial linear crescente apresentou-se como o mais pertinente, com coeficiente de determinação de 0,96 para a variável teor de óleo das sementes (TOS). Na Figura 32, observa-se para essa variável, que no tratamento S45, obteve-se o menor valor (41,41%) no teor de óleo. Já com a menor supressão hídrica, o tratamento S80 proporcionou o maior teor de óleo (55,75%).

Figura 32 – Teor de óleo das sementes (TOS) do híbrido BRS 323 em função da supressão da irrigação, Fortaleza, Ceará, 2015



Fonte: Elaborada pelo autor.

Esses valores foram superiores aos obtidos por Sousa *et al.* (2011), na cultura do pinhão manso, pois alcançaram o menor teor de óleo (20,52%) no tratamento 0,25 do nível de reposição hídrica do consumo da planta e maior teor de óleo (31,33%) no tratamento 1,25 do nível de reposição hídrica do consumo da planta.

Por outro lado, Duarte *et al.* (2012), com a cultura do girassol, observaram que o tratamento onde não houve nenhuma suspensão hídrica proporcionou maior teor de óleo das sementes, de 37,70%, e o tratamento S65, o menor valor, de 33,25%. Esses valores foram inferiores aos encontrados no presente trabalho.

Os resultados adquiridos neste trabalho corroboraram os obtidos pela Coordenadoria de Assistência Técnica Integral (CATI) (CORREIA, 2009), com teores de óleo superiores a 40%, e discordam dos obtidos por Duarte *et al.* (2012).

Em seus estudos, Evangelista e Silva (2013), pesquisando pinhão manso com e sem reposição hídrica, constataram que o rendimento do teor de óleo das sementes foram, respectivamente, 34 e 27%. Divergindo dos resultados obtidos nesse ensaio que foram 55,75 e 41,41% de TOS, nessa ordem. Por sua vez, Silva *et al.* (2014), avaliando a capacidade produtiva de diferentes genótipos de gergelim, verificaram que os maiores teores de óleo são obtidos em plantas com baixa disponibilidade hídrica. Todavia, discordando do presente estudo.

A superioridade do teor de óleo das sementes nas plantas do tratamento S80 evidencia ação positiva do efeito água, sendo necessário um fornecimento constante de água até 80 DAS no ciclo para favorecer um elevado teor de óleo.

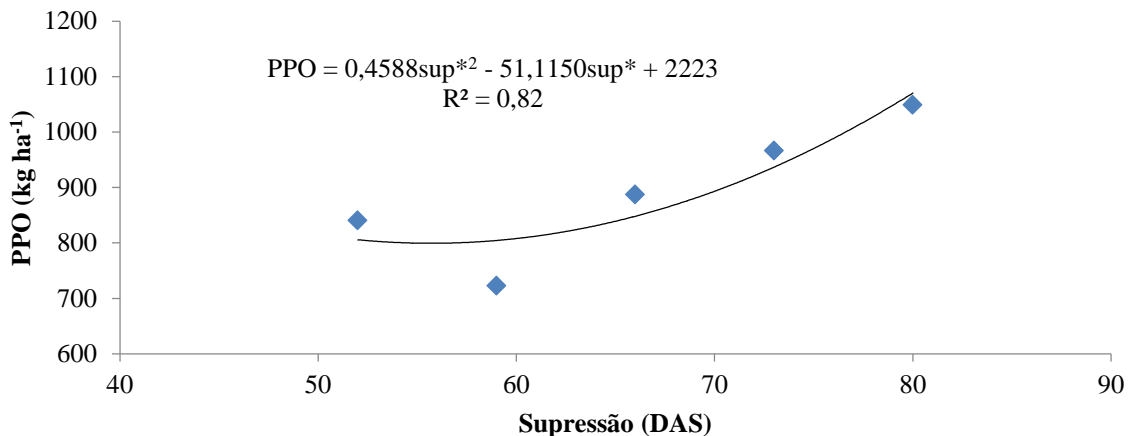
Os menores valores do teor de óleo encontrado no tratamento S45 podem estar ligados à ocorrência do déficit hídrico, que pode ocasionar o fechamento dos estômatos (células-guarda). Esse fechamento pode afetar as trocas gasosas (emissão de O₂ e absorção de CO₂) no que diz respeito à respiração e fotossíntese (assimilação de fotossintatos), reduzindo o enchimento das sementes, e, em contrapartida, concedendo uma menor produção do teor de óleo.

4.1.8 Potencial de produção de óleo (PPO)

Pelo resumo da análise de regressão (Tabela 9), verifica-se que os momentos de supressões da irrigação exerceram efeitos significativos sobre o parâmetro potencial de produção de óleo. Estes resultados condizem com os obtidos por Duarte *et al.* (2012), que encontraram inferências significativas nos períodos das supressões da irrigação sobre esta variável. Estes resultados também estão de acordo com os observados por Evangelista e Silva (2013), que constataram efeito significativo ao pesquisar os efeitos da suplementação hídrica na produção de óleo das sementes de girassol.

A partir da análise de regressão do potencial de produção de óleo em função dos períodos das supressões da irrigação (Figura 33), constatou-se que o modelo matemático que melhor se ajustou foi do tipo polinomial quadrático, com coeficiente de determinação de 0,82 para o híbrido de girassol BRS 323.

Figura 33 – Potencial de Produção de óleo (PPO) do híbrido de girassol BRS 323 em função da supressão da irrigação, Fortaleza, Ceará, 2015



Fonte: Elaborada pelo autor.

O tratamento S80 foi potencialmente capaz de produzir 1.070,12 kg ha⁻¹ de óleo, com uma lâmina acumulada de 528,87 mm. A produção mínima estimada foi de 797,08 kg ha⁻¹ de óleo, com a supressão de irrigação de S56 DAS.

Resultados de maior magnitude foram obtidos por Silva *et al.* (2011) que, utilizando uma lâmina de irrigação de 533,7 mm (150% da ET_c), obtiveram uma produção de óleo de 1.760,63 kg ha⁻¹ para a cultivar Embrapa 122V-2000, nas condições de solo e clima do Vale do Curu, no município de Pentecoste, Ceará.

Do mesmo modo, Ivanoff *et al.* (2008), estudando a cultivar de girassol Embrapa 122-2000, observaram um potencial de produção de óleo de 779,16 kg ha⁻¹, valor este aquém do alcançado por este trabalho.

Analisando a produtividade do óleo de girassol, Silva *et al.* (2007) concluíram que a produtividade de óleo elevou-se em função do aumento da reposição hídrica.

Conforme os resultados encontrados para essa variável, pode-se admitir que elevação no potencial de produção de óleo para o híbrido de girassol BRS 323 poderá estar relacionado diretamente com o potencial genético superior do híbrido.

4.1.9 Eficiência do uso da água na produção de semente (EUA_s)

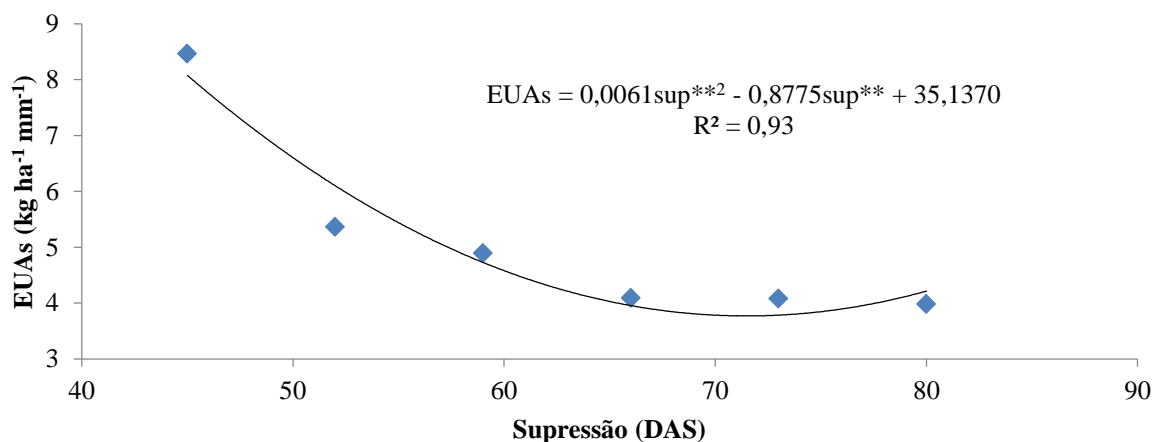
A eficiência do uso da água na produção de sementes (EUA_s) respondeu significativamente a 1% (P < 0,01), em função do período da supressão da irrigação, conforme a Tabela 9. Tais observações são concordantes com os resultados obtidos por Duarte *et al.* (2012), ao informarem que a eficiência do uso da água na produção de sementes foi significativamente afetada pelas diferentes épocas da supressão da irrigação.

O híbrido BRS 323 apresentou um consumo médio de água diário durante a condução do ensaio de 5,00; 5,59; 6,01; 6,31; 6,58 e 6,61 mm dia⁻¹ para as lâminas de irrigação acumuladas de 225,05; 290,78; 354,83; 417,04; 480,96 e 528,87 mm, correspondente aos períodos de supressão referentes aos tratamentos S45, S52, S59, S66, S73 e S80, respectivamente.

Ao averiguar o efeito das diferentes épocas das supressões da irrigação sobre a eficiência do uso da água na produção de sementes, verifica-se que o modelo quadrático foi o que melhor se adaptou aos dados, com efeitos significativos ($P < 0,01$) e coeficiente de determinação de 0,93 (Figura 34).

A mínima eficiência do uso da água na produção de sementes de girassol foi estimada em 3,58 kg ha⁻¹ mm⁻¹, referente à supressão da irrigação aos 72 DAS, com uma lâmina de irrigação acumulada de 471,82 mm. O máximo valor observado foi de 8,00 kg ha⁻¹ mm⁻¹.

Figura 34 – Eficiência do uso da água na produção de sementes (EUA_s) do híbrido de girassol BRS 323 em função da supressão da irrigação, Fortaleza, Ceará, 2015



Fonte: Elaborada pelo autor.

Observa-se, na figura acima, uma diminuição relativa na eficiência do uso da água na produção de semente em função das reduções dos períodos das supressões da irrigação.

Por conseguinte, verifica-se que houve uma redução na eficiência do uso da água na produção das sementes com aplicação das reduções dos períodos das supressões da irrigação, de tal maneira que os maiores valores para a variável em pauta foram obtidos com o aumento dos períodos das supressões da irrigação. Esses resultados se assemelham aos de Duarte *et al.* (2012), quando especificaram, na maioria das vezes, que o aumento da eficiência do uso de água é alcançado como decorrência da diminuição da quantidade de água aplicada. Esses resultados também ratificam com os obtidos por Silva (2005) e Silva *et al.* (2011).

A cultura do girassol se destaca por um comportamento contraditório no que se refere a sua baixa eficiência no uso da água. Todavia, em condições de insuficiência hídrica, a eficiência do uso da água acarreta um aumento bastante relevante, pois os processos fotossintéticos são diminuídos desigualmente, causando as perdas por transpiração e potencializando a eficiência do uso da água. Assim, admite-se que devido as suas particularidades, o girassol pode assegurar algum ganho produtivo, mesmo sob condições hídricas inapropriadas para outras espécies, onde as mesmas seriam incapazes de obter rendimentos satisfatórios (CASTRO; FARIAS, 2005).

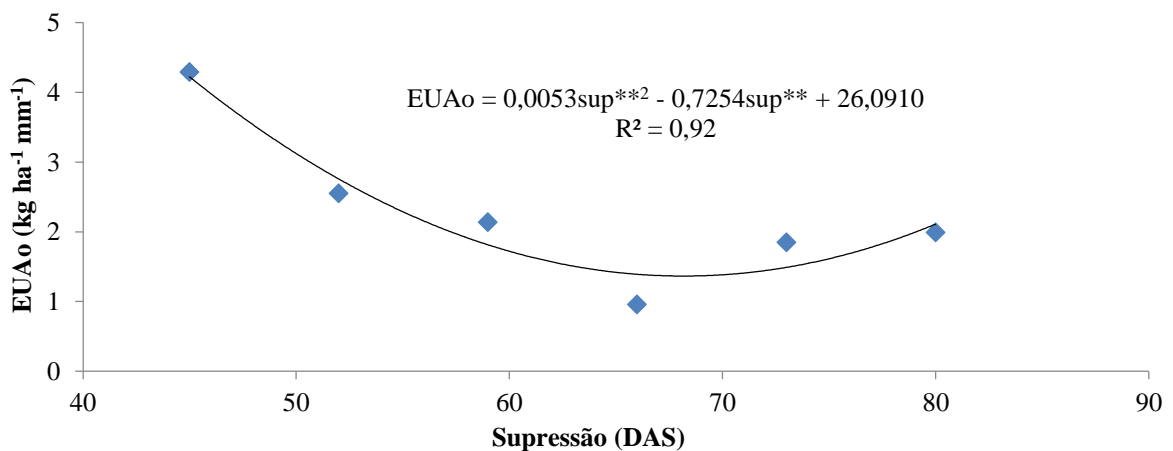
4.1.10 Eficiência do uso da água na produção de óleo (EUA_o)

Percebe-se que as diferentes épocas da supressão da irrigação influenciaram significativamente esta variável ao nível de 1% de probabilidade, em concordância com que ocorreu com a eficiência do uso da água na produção de sementes.

Os resultados deste trabalho corroboram com os relatados por Duarte *et al.* (2012), que verificaram diferença significativa em função da suspensão da irrigação aplicada na cultura do girassol para a eficiência do uso da água na produção de óleo.

O efeito das diferentes épocas de supressão da irrigação sobre a eficiência do uso da água na produção de óleo foi, também, melhor representado por um modelo matemático quadrático, com coeficiente de determinação de 0,92 (Figura 35).

Figura 35 – Eficiência do uso da água na produção de óleo (EUA_o) do hídrico de girassol BRS 323 em função da supressão da irrigação, Fortaleza, Ceará 2015



Fonte: Elaborada pelo autor.

De acordo com este modelo matemático, a mínima eficiência do uso da água na produção de óleo fora estimada em $1,27\ kg\ ha^{-1}\ mm^{-1}$, referente à supressão de irrigação aos

68 DAS com uma lâmina de irrigação acumulada de 435,30 mm. O máximo valor observado foi de 4,18 kg ha⁻¹ mm⁻¹ para o tratamento S45.

À vista disso, similar ao que ocorreu com a eficiência do uso da água na produção de sementes, também houve redução na eficiência de uso da água na produção de óleo com aplicação dos crescentes períodos das supressões da irrigação, de tal maneira que os maiores valores para essa variável foram adquiridos com aplicações dos menores períodos da supressão da irrigação, o que também corrobora com os resultados de Duarte *et al.* (2012), quando mencionaram que, na maior parte das vezes, a eficiência do uso da água em produzir óleo elevou conforme a cultura do girassol foi exposta a restrição hídrica.

Silva *et al.* (2011) mencionaram que as maiores eficiências do uso da água na produção de óleo de girassol foram alcançadas com a aplicação da menor lâmina de irrigação.

Em trabalhos executados com outras culturas, pesquisadores acharam maiores valores para eficiência do uso da água a partir de menores lâminas (MARINHO *et al.*, 2009; SIMÕES *et al.*, 2015; ANGELI *et al.*, 2016).

4.2 Experimento II: Frequência da Irrigação

4.2.1 Análise de regressão

Na Tabela 10, estão ordenados os valores dos quadrados médios da análise de regressão para a massa de mil sementes (M1000S), produtividade (PROD), teor de óleo das sementes (TOS), potencial de produção de óleo (PPO), massa seca do capítulo (MS CAP), massa seca do caule (MS Caule), massa seca da folha (MS Folha) e área foliar (AR Foliar), em função da frequência da irrigação.

Tabela 10 – Resumo da análise de variância da regressão para as variáveis: massa de mil sementes (M1000S); produtividade (PROD); teor de óleo das sementes (TOS); potencial de produção de óleo (PPO); massa seca do capítulo (MS CAP); massa seca do caule (MS Caule); massa seca da folha (MS Folha) e área foliar (AR Foliar), em função das frequências da irrigação, Fortaleza, Ceará, 2015

FV	GL	QUADRADO MÉDIO							
		M1000S	PROD	TOS	PPO	MS CAP	MS Caule	MS Folha	AR Foliar
Modelo linear	1	16,62**	452.771,28 ^{ns}	6,01 ^{ns}	69.445,13 ^{ns}	23,10*	186,59**	0,93 ^{ns}	2.792.016,82 ^{ns}
Modelo quadrático	1	622,07 ^{ns}	396.755,71**	200,34*	219.883,62**	1.294,51 ^{ns}	460,80 ^{ns}	233,96**	11.152,04**
Resíduos	20	66,71	107.919,80	26,32	18.841,22	196,43	52,09	10,02	198.728,77
TOTAL	24	-	-	-	-	-	-	-	-
CV%	-	14,88	20,50	11,86	21,40	28,02	28,51	21,81	17,19

Fonte: Elaborada pelo autor.

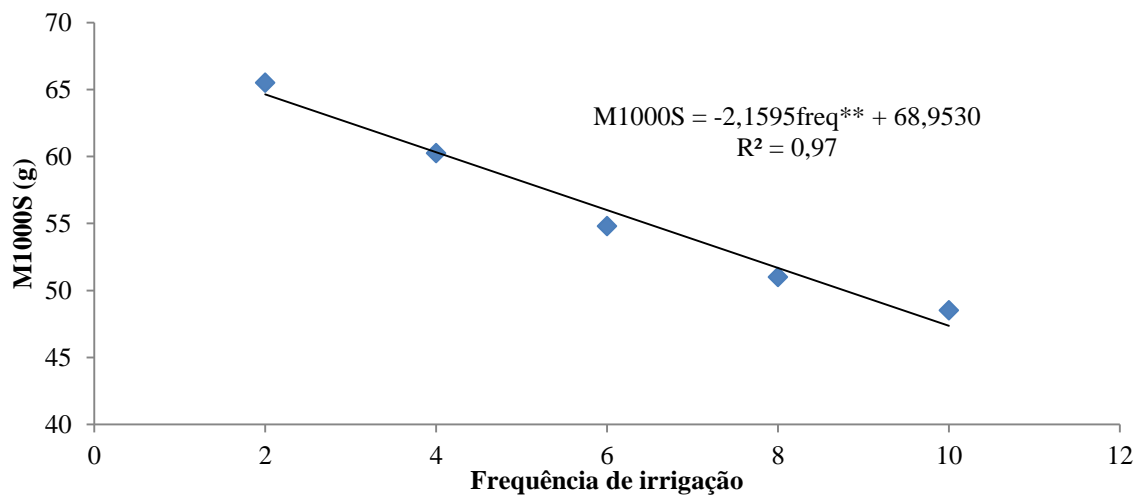
* significativo a 5% pelo teste F; ** significativo de 1% pelo teste F; ^{ns} não significativo pelo teste F; FV – Fonte de variação; GL – Grau de liberdade.

Verifica-se que o teor de óleo das sementes e o peso seco do capítulo responderam significativamente a 5% ($P < 0,05$), e que a massa de mil sementes, a produtividade, o potencial de produção de óleo, o peso seco do caule, o peso seco da folha e a área foliar responderam significativamente a 1% ($P < 0,01$).

4.2.2 Massa de mil sementes (M1000S)

Para a variável massa de mil sementes, o modelo polinomial linear crescente evidenciou-se como o mais adequado, apresentando um coeficiente de determinação de 0,97. A maior massa de mil sementes estimada foi de 64,63 g para a frequência de irrigação com intervalo a cada dois dias (Figura 36). A menor massa foi estimada em 47,35 g, com a menor frequência de irrigação.

Figura 36 – Massa de mil sementes (M1000S) do híbrido de girassol BRS 323 em função da frequência da irrigação, Fortaleza, Ceará, 2015



Fonte: Elaborada pelo autor.

Estudando a massa de mil sementes de mamona, com o turno de rega predeterminado em duas irrigações semanais, excetuando-se os dias em que ocorreu precipitação pluviométrica, Biscaro *et al.* (2012) constataram que não houve respostas significativas, diferentemente dos encontrados no presente trabalho, onde se determinou cinco turnos de rega com uma irrigação a cada 2, 4, 6, 8 e 10 dias, respectivamente.

Montes (2013), estudando o efeito do turno de rega com a cultura do feijoeiro, observou que o peso de 100 grãos apresentou diferença estatística a 1% de probabilidade, concordando os resultados obtidos para a massa de mil sementes encontradas nesta pesquisa.

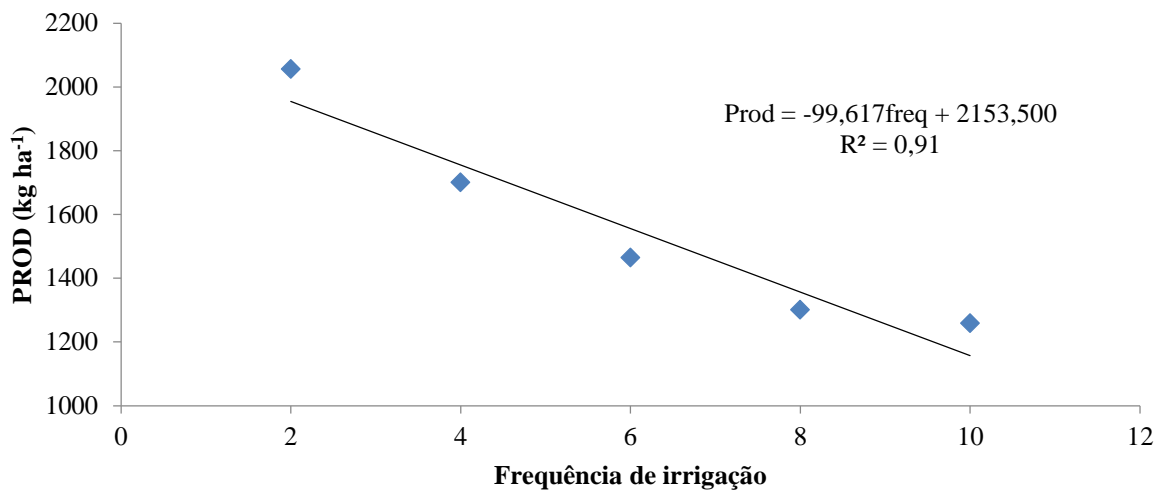
Estudando o peso de 100 grãos das sementes de canola, Bilibio (2010) também observou que essa variável não foi afetada pelas diferentes tensões de água no solo.

Por outro lado, Soares *et al.* (2015), estudando níveis de reposição hídrica na cultura do girassol, concluíram que os níveis de reposição hídrica de até 120% da evapotranspiração real (ET_r) aumentaram de forma linear a massa de cem sementes do girassol.

4.2.3 Produtividade (PROD)

Analisando a equação de regressão para a produtividade, em função das frequências de irrigação (Figura 37), o modelo aos quais os dados melhor se ajustaram foi o linear, indicando um coeficiente de determinação de 0,91.

Figura 37 – Produtividade (PROD) do híbrido de girassol BRS 323 em função da frequência da irrigação, Fortaleza, Ceará, 2015



Fonte: Elaborada pelo autor.

A mínima produtividade foi estimada em 1.157,33 kg ha⁻¹, com a frequência de irrigação de 10 dias (lâmina equivalente a 608,04 mm em todo o ciclo). A frequência de irrigação F2 proporcionou a maior produtividade, em torno de 1.954,27 kg ha⁻¹.

O turno de rega com uma irrigação a cada dois dias, tratamento F2, aumentou em 40,78% a produtividade em relação ao tratamento com uma frequência de irrigação a cada 10 dias, mostrando uma tendência de ascensão na produtividade à medida que o turno de rega aumenta.

Esses resultados, provavelmente, são indicativos de que em baixas frequências de irrigação, para as condições onde foram desenvolvidos os trabalhos, os fatores fisiológicos (metabólicos) inerentes a esse híbrido foram motivados com mais eficiência a abertura estomática, elevação da condutividade estomática, fotossíntese e transpiração levando, conseqüentemente, ao crescimento da produtividade.

Avaliando a estratégia de rega para a cultura do girassol, Catronga *et al.* (2006) perceberam que caso se trate a água como um entrada isolada, a sua influência na produtividade vai otimizando com o aumento das dotações de rega, corroborando com os resultados adquiridos pelo ensaio apresentado. Entretanto, a aplicação de métodos de gerenciamento da água de rega de caráter deficitário, sobretudo nas situações de seca, tirando o melhor proveito possível de retenção de água no solo, no sentido de otimizar a eficiência de uso do recurso água, faz-se necessário. A divulgação dos resultados junto aos produtores é importante, vindo a favorecer a rentabilidade da cultura e a eficiência da água na rega.

Por sua vez, Biscaro *et al.* (2012), avaliando a produtividade de grãos em cultivares de mamona, irrigados por gotejo sendo determinado o turno de rega fixo com duas irrigações a intervalos a cada sete dias, concluíram que essa frequência de irrigação ampliou em 80% a produtividade. Para o presente estudo, com o turno de rega variável, a tendência foi um aumento na produtividade quando se aumentava a frequência de irrigação.

Avaliando o efeito do intervalo de irrigação utilizando-se água moderadamente salina sobre a produtividade do repolho, Carvalho *et al.* (2011) observaram que as produtividades foram afetadas pelos interstícios de irrigação, corroborando com aos resultados obtidos por este ensaio.

Outrossim, analisando a influência do turno de rega na produção do tomateiro, Monte *et al.* (2009) certificaram-se de que o turno de rega de dois dias proporcionou produção de tomate igual ou superior ao de turnos mais frequentes e com maior eficiência de uso de água. Relacionando aos dados obtidos nesta pesquisa em termos de produtividade, o turno de rega no intervalo de dois dias proporcionou maiores produtividades.

Avaliando a influência do turno de rega na produtividade da alface, Salomão *et al.* (2014) chegaram a conclusão de que a adoção de turno de rega superior a dois dias para a cultura do alface não deve ser recomendado, pois o mesmo pode acarretar perdas na produtividade.

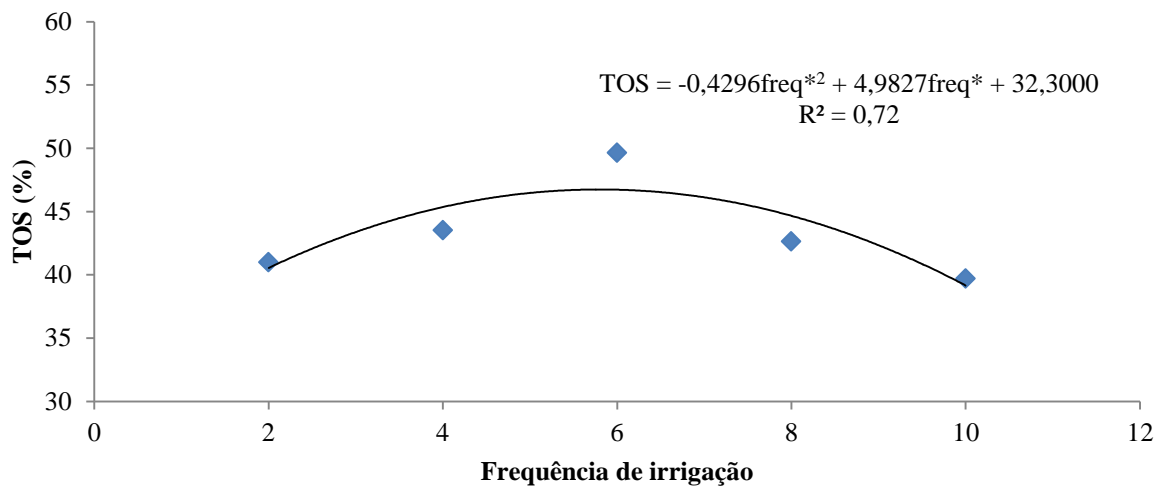
Entretanto, Montes (2013), avaliando os efeitos do turno de rega em relação à produtividade do feijoeiro, verificou que o manejo de irrigação com menor turno de rega, principalmente a cada três dias, permitiu o aumento na produtividade. No presente trabalho,

a produtividade do híbrido de girassol BRS 323 apresentou produtividade superior com menor turno de rega (a intervalos de dois dias).

4.2.4 Teor de óleo das sementes (TOS)

Verificando a equação de regressão para o teor de óleo das sementes, em função das frequências de irrigação (Figura 38), o modelo aos quais os dados melhor se acomodaram foi o quadrático, expressando um coeficiente de determinação de 0,72.

Figura 38 – Teor de óleo das sementes (TOS) do híbrido de girassol BRS 323 em função da frequência da irrigação, Fortaleza, Ceará, 2015



Fonte: Elaborada pelo autor.

Verificou-se, neste ensaio, que houve diferença significativa entre os tratamentos em relação ao teor de óleo (TOS), com valor máximo estimado em 46,76% no tratamento com uma frequência de irrigação a cada 6,0 dias. O menor valor observado foi de 40,54% para o tratamento F2. Resultado semelhante aos encontrados por Gomes *et al.* (2012) e Goksoy *et al.* (2004), com 41,50% e 45,10%, respectivamente, em função da frequência de irrigação.

Por sua vez, Souza *et al.* (2011), estudando o teor de óleo no pinhão manso em função de lâmina de água residuária, com turno de rega de três dias, certificaram de que o teor de óleo foi afetado positivo e significativamente pelo nível de reposição hídrica.

A frequência de rega a cada 6,0 dias elevou em 13,3% o teor de óleo das sementes, em relação ao tratamento F2. Esse resultado expressa uma propensão a um incremento no teor de óleo, à medida que a frequência de irrigação diminuía até o tratamento F6. A partir desta frequência, a tendência era de queda na varável teor de óleo das sementes.

Para favorecer um elevado teor em óleo nas sementes de girassol, é indispensável um suprimento contínuo de água no período do início da formação do botão floral até mais ou menos 15 dias após o final da floração. Neste interstício, favorece o enchimento dos grãos e formação de ácidos graxos e ésteres, contribuindo, assim, para o aumento do teor de óleo para essa cultura. A água é o agente de maior impacto na produção do girassol, apesar do excedente ser nocivo, pois pode aumentar a possibilidade de sementes chochas e incidência de doenças.

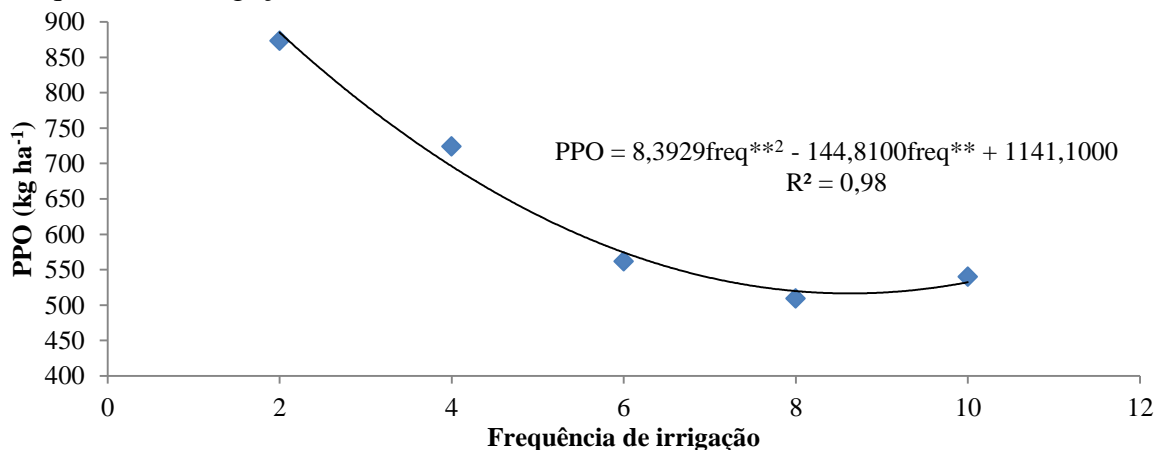
Estudos realizados por Abdalla *et al.* (2008) e Negretti *et al.* (2011) confirmam que o conteúdo em óleo para a cultura do girassol, em média, situa-se entre 37,8 a 42,0%. Para o híbrido estudado no presente trabalho, segundo (EMBRAPA, 2013), o teor de óleo varia entre 40 e 44%. Entretanto, nas condições onde o trabalho foi desenvolvido, essa variável para o mesmo híbrido variou de 40,54 a 46,76%.

Analisando as estratégias de rega para a cultura do girassol, Catronga *et al.* (2006) verificaram que o consumo hídrico total do ciclo da cultura do girassol foi de 850,00 mm, superior aos encontrados nesta pesquisa, que foi de 608,04 mm no ciclo.

4.2.5 Potencial de produção de óleo (PPO)

A partir da análise de regressão do potencial de produção do óleo em função das frequências de irrigação (Figura 39), constatou-se que o modelo matemático que melhor se ajustou aos dados foi o tipo quadrático ($P < 0,01$) com coeficiente de determinação de 0,98.

Figura 39 – Potencial de produção de óleo (PPO) do hídrico de girassol BRS 323, em função da frequência da irrigação, Fortaleza, Ceará, 2015



Fonte: Elaborada pelo autor.

Catronga *et al.* (2006) verificaram que uma lâmina de irrigação referente a 50% da ET_c (850 mm) não alterou significativamente as características das sementes do girassol em termos de rendimento em óleo. Certamente, levando a crê que é vantajoso produzir girassol irrigado com déficit hídrico controlado para elevar a produção, e, por conseguinte, os subprodutos extraídos da semente.

A frequência de irrigação com intervalo de 2 dias é potencialmente capaz de produzir 885,01 kg ha⁻¹ de óleo. O valor mínimo para o potencial de produção de óleo foi de 516,46 kg ha⁻¹, proporcionado pela frequência de irrigação estimada em 8,62 dias. O incremento médio dos tratamentos F2, F4 e F6, em relação à frequência de irrigação estimada em 8,62 dias, foi da ordem de 41,65%; 25,82%; e 10,09%, respectivamente.

O potencial de produção de óleo em cultivos de girassol sob irrigação, normalmente se encontra numa faixa de 700 a 2.200 kg ha⁻¹ (ANASTASI *et al.*, 2010; FRAGELLA *et al.*, 2002; GOKGOY *et al.*, 2004; SILVA *et al.*, 2007). Portanto, os resultados obtidos no presente trabalho, especialmente com o tratamento F2, encontram-se dentro da faixa de intervalo estudado por esses autores. Ivanoff *et al.* (2008) e Abdalla *et al.* (2008) alcançaram um potencial de produção de óleo de girassol em torno de 700,0 a 779,1 kg ha⁻¹, respectivamente, valores muito próximos aos detectados neste trabalho.

Silva *et al.* (2011), por sua vez, conseguiram um potencial de produção de óleo superior aos alcançados neste trabalho, sendo de 1.851,55 kg ha⁻¹ e de 1.760,63 kg ha⁻¹, nos cultivares de girassol de “Catissol 01” e “Embrapa 122-V2000”, respectivamente.

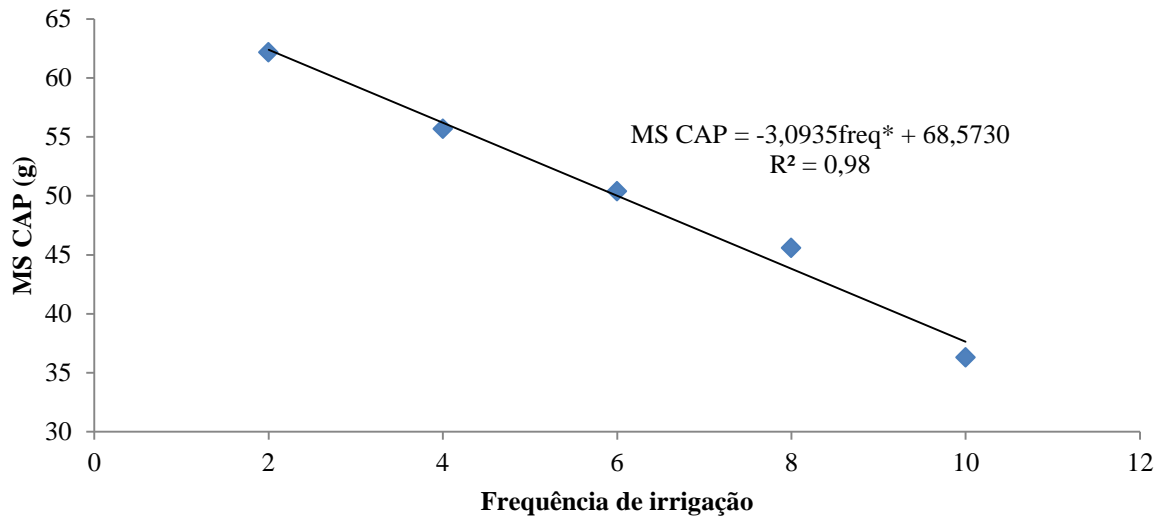
No Mato Grosso do Sul, estudando diferentes genótipos de girassol, Endres (1993) constatou uma produtividade média de óleo nas sementes do híbrido de girassol BRS 323 em torno de 630 kg ha⁻¹, aquém da produtividade de óleo adquirida nesta pesquisa.

No estudo realizado por Negretti *et al.* (2011), o rendimento médio em óleo do girassol por hectare foi em torno de 525 kg ha⁻¹, portanto, abaixo da média.

4.2.6 Massa seca do capítulo (MS CAP)

Investigando a equação de regressão para a massa seca do capítulo em função da frequência de irrigação (Figura 40), o modelo de melhor ajuste foi o linear decrescente, comum coeficiente de determinação de 0,98. O máximo valor estimado foi de 62,38 g, que seria obtido com um turno de rega de dois dias (tratamento F2).

Figura 40 – Massa seca do capítulo (MS CAP) do híbrido de girassol BRS 323 em função da frequência da irrigação, Fortaleza, Ceará, 2015



Fonte: Elaborada pelo autor.

Analisando a fitomassa do girassol submetido aos níveis de água disponíveis no solo, Oliveira *et al.* (2012) chegaram a conclusão de que essa variável apresentou comportamento linear crescente em função da elevação das frequências de irrigação no solo. A elevação da frequência da aplicação da água proporcionou um incremento de 39,67% do tratamento F2 em relação ao F10.

Estudando o comportamento do girassol submetido a níveis de água de irrigação, Guedes Filho (2011) e Soares *et al.* (2015) concluíram que a fitomassa seca do capítulo diferiu pelo teste F. No presente estudo, houve diferença estatística para o peso seco do capítulo em função da frequência de irrigação para o híbrido BRS 323 em questão.

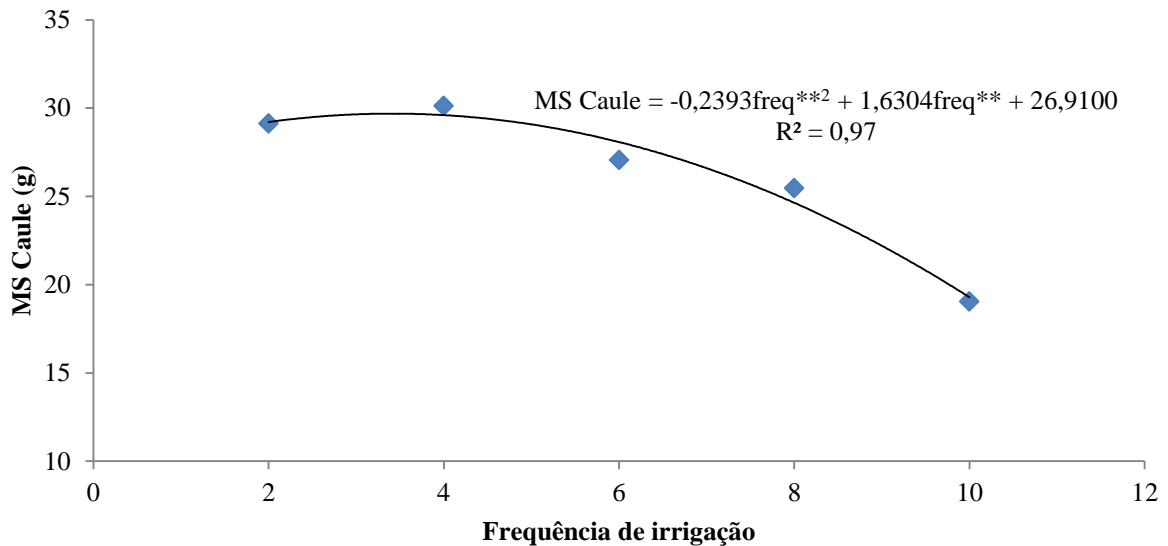
Por sua vez, avaliando os métodos de manutenção de umidade do solo, utilizando-se como planta indicadora o girassol, Fontenelli (2014) conclui que a massa seca do capítulo foi influenciada pelos métodos de manutenção de umidade do solo (autoirrigante e gravimétrico) em cultivo, sob condições controladas. Ressalta-se ainda que a menor média foi verificada no sistema autoirrigante (12,43 g) quando comparado ao valor obtido no método gravimétrico (19,50 g).

4.2.7 Massa seca do caule (MS Caule)

Estudando a variável massa seca do caule em função da frequência de irrigação, a equação que melhor demonstrou o comportamento dos dados foi a quadrática decrescente

(Figura 41), com coeficiente de determinação de 0,97. O valor máximo dessa variável, de 29,68 g, foi estimado com frequência de irrigação de 3,41 dias. Verificou-se, ainda, um incremento na massa seca do caule em relação ao tratamento F10 de 34,94%.

Figura 41 – Massa seca do caule (MS Caule) do híbrido de girassol BRS 323 em função da frequência da irrigação, Fortaleza, Ceará, 2015



Fonte: Elaborada pelo autor.

Oliveira *et al.* (2012), avaliando a fitomassa de girassol cultivado sob diferentes níveis de água disponível no solo, verificaram que houve influência dos tratamentos no comportamento da fitomassa seca do caule. Esses resultados, considerando os diferentes teores de umidade no solo, proporcionados pelos crescentes turnos de rega, concordam com os resultados apresentados no presente trabalho.

Tendências semelhantes as que ocorreram nesse trabalho foram observados por Gomes *et al.* (2012), em estudo sobre a massa seca de girassol, em função de diferentes níveis de irrigação. Os autores assinalaram aumento na massa seca, na ordem de 29,62%, quando confrontadas a maior e menor disponibilidade hídrica no solo.

Pesquisando o manejo de irrigação de plantas de girassol, Boareto *et al.* (2012) concluíram que o acúmulo da massa seca no caule teve comportamento quadrático. Resultados similares aos encontrados no presente estudo, onde à medida que se elevava a frequência da água aplicada no solo aumentava a massa seca do caule, até atingir o máximo estimado para a massa seca com frequência de irrigação de 3,41 dias de aplicação. A partir dessa frequência de irrigação estimada, a tendência era de queda no peso seco do caule para uma lâmina de irrigação de 608,04 mm durante o ciclo.

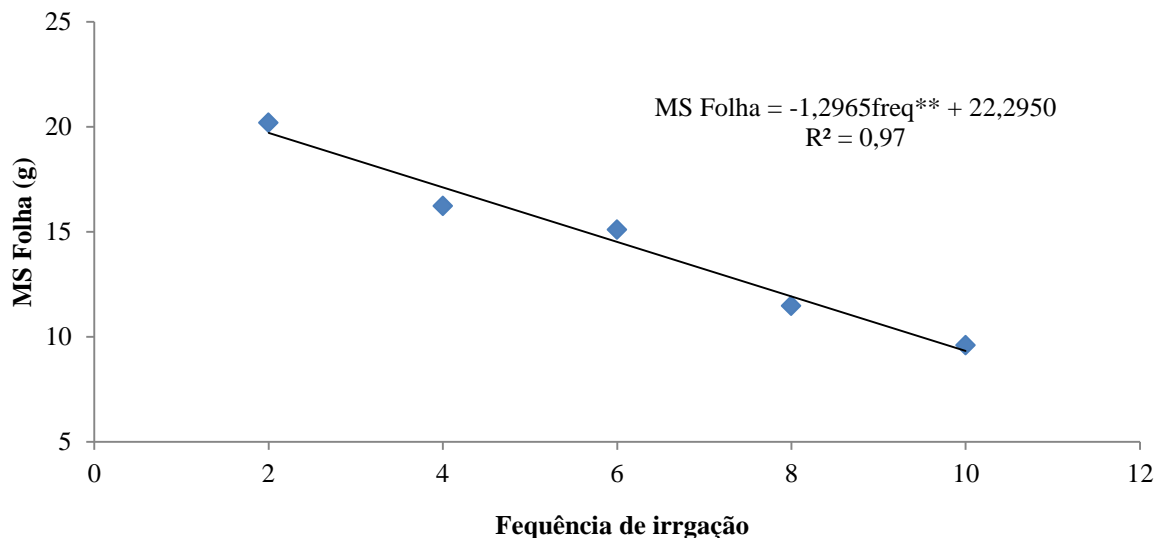
Gazzola *et al.* (2012) mencionaram que a diminuição da matéria seca de plantas de girassol é consequência da deficiência hídrica no decorrer do crescimento e desenvolvimento das plantas, ocasionando a redução da área foliar e consequentemente do processo fotossintético, havendo assim, menor produção de foto assimilados e menor desenvolvimento do caule.

4.2.8 Massa seca da folha (MS Folha)

Na variável MS Folha, o modelo polinomial linear decrescente mostrou-se como o mais apropriado, indicando um coeficiente de determinação de 0,97. Com este modelo, estimou-se o máximo valor para a MS Folha em 19,69 g, que seria obtido com um turno de irrigação de dois dias (Figura 42).

A menor MS Folha (9,33 g) foi estimada com a menor frequência de irrigação (F10). Isso indica que quanto menor for a frequência de irrigação menor será a alocação de fitomassa foliar do girassol.

Figura 42 – Massa seca da folha (MS Folha) do híbrido de girassol BRS 323 em função da frequência da irrigação, Fortaleza, Ceará, 2015



Fonte: Elaborada pelo autor.

A maior massa seca da folha proporcionada pelo híbrido de girassol BRS 323 está condicionada a maior frequência de irrigação. Portanto, à medida que se reduza frequência de irrigação, a massa seca da folha começa a declinar para a mesma lâmina de irrigação aplicada

durante todo o ciclo. Daí, à medida que se elevava a frequência de irrigação, o peso seco da folha começava a declinar para a mesma lâmina de irrigação aplicada durante todo o ciclo.

De acordo com Taiz e Zeiger (2009), o crescimento celular é um procedimento que está sujeito à turgescência, por conseguinte, é excessivamente sensível à disponibilidade de água no solo para as plantas, sendo assim, a redução hídrica delimita não só o tamanho, como também, o número de folhas, fatos evidenciados no presente trabalho. Além do mais, conforme os autores, as folhas desenvolvem uma cutícula mais espessa reduzindo assim a perda de água por exsudação.

Do mesmo modo, Bergamaschi (1999) afirmou que a baixa disponibilidade de água no solo pode acarretar diminuição da área foliar, por murchamento ou queda das folhas. Isso viria a ser uma forma de proteção da planta, em restringir a perda de água por exsudação, ampliando a eficiência do uso da água, contudo, resultando na decaída da fotossíntese total, que por seu turno restringe a taxa de crescimento e a produção da planta.

Nobre *et al.* (2010) observaram crescimento linear da fitomassa seca da parte aérea do girassol, com o incremento da lâmina de irrigação em relação ao tratamento em condição de hipóxia e 40% de necessidade hídrica.

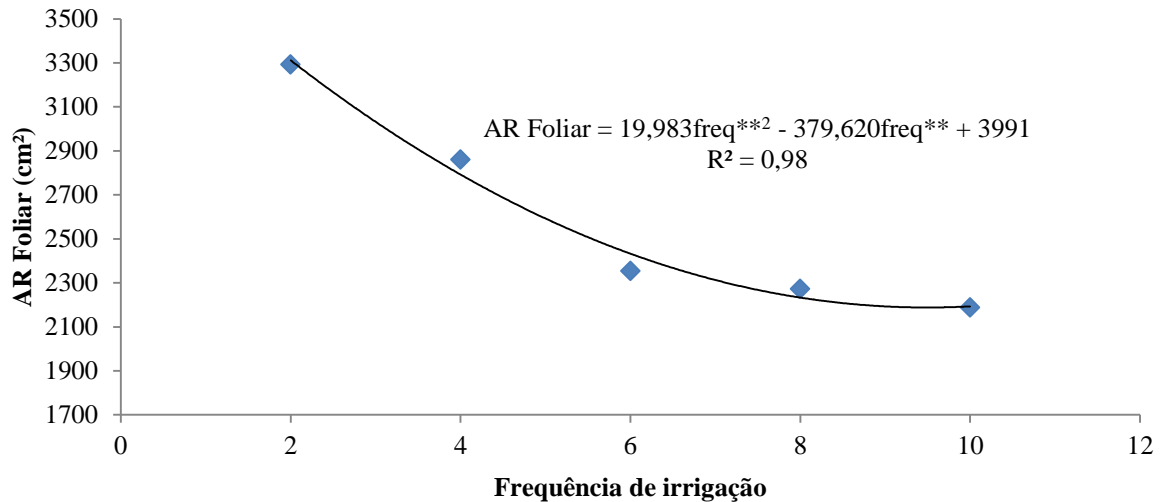
Dutra *et al.* (2012), estudando o desenvolvimento de plantas de girassol sob diferentes condições de fornecimento de água, verificaram que no tratamento de 60% de capacidade de reposição de água a redução foi maior para a massa seca da folha de girassol. A ausência de água pode ter influenciado a restrição de crescimento celular, fechamento dos estômatos, diminuição da fotossíntese, e influenciando drasticamente a produção de biomassa da parte aérea (TAIZ; ZEIGER, 2009).

4.2.9 Área foliar (AR Foliar)

O modelo polinomial quadrático para a variável área foliar destacou-se como o mais compatível, com coeficiente de determinação de 0,98.

Segundo o modelo de regressão obtido (Figura 43), a partir do tratamento F2, a área foliar decresceu com o aumento da frequência da irrigação, atingindo uma área mínima estimada em 2.188,07 cm² com frequência de irrigação de 9,49 dias. A maior área foliar, de 3.311,69 cm², obtida no tratamento F2, representou um incremento de 33,93% em relação à frequência de irrigação de 9,49 dias.

Figura 43 – Área foliar (AR Foliar) do híbrido de girassol BRS 323 em função da frequência da irrigação, Fortaleza, Ceará, 2015



Fonte: Elaborada pelo autor.

Os resultados do presente trabalho divergiram dos obtidos por Valnir Junior *et al.* (2013), por não terem encontrado efeito isolado do fator frequência de irrigação sobre a área foliar na cultura do meloeiro.

Carvalho, Cruz e Martins (2013), avaliando diferentes frequências de irrigação com a incorporação do polímero hidroabsorvente na produção de mudas de maracujazeiro amarelo, verificaram, para as características relacionadas com área foliar, que a presença do polímero concedeu à irrigação interstício maior sem dano para o crescimento da área foliar específica. Os autores verificaram que houve acréscimo na área foliar das mudas cultivadas com o polímero em todos os intervalos de irrigação, quando confrontada com mudas sem acréscimo do polímero.

Silva *et al.* (2012b), estudando a influência da frequência de irrigação no crescimento inicial para espécies nativas em condições de viveiro, atestaram que a reposição hídrica não influenciou significativamente o fator área foliar das três espécies florestais.

Schwerz *et al.* (2015), avaliando a produção do girassol suplementado ou não com irrigação após os cultivos de soja, milho ou capim-marandu, certificaram-se de que plantas de girassol estabelecidas sobre restos culturais de milho e capim-marandu não irrigados apresentaram melhor desenvolvimento da área foliar quando comparados às mesmas sobre restolho de soja.

Nascimento (2012), estudando o efeito residual de compostos orgânicos no girassol irrigado com diferentes tipos de água, certificou-se que os tipos de água influenciaram positivamente na área foliar até aos 45 DAS.

Analisando o crescimento de plantas de girassol em diferentes capacidades de retenção de água, Dutra *et al.* (2012) afirmaram que a área foliar apresentou menor valor a 60% da capacidade de retenção de água (CRA), e maior valor em condições de disponibilidade hídrica de 80 a 100% da CRA.

4.3 Experimento III: Frequência de Fertirrigação com Nitrogênio

4.3.1 Análise de regressão

Na Tabela 11, estão elencados os valores dos quadrados médios da análise de regressão para massa de mil sementes (M1000S), produtividade (PROD), teor de óleo das sementes (TOS), massa seca do capítulo (MS CAP), massa seca da folha (MS Folha) e área foliar (AR Foliar), em função do número de aplicações de N via fertirrigação. Verificou-se que as variáveis: produtividade, teor de óleo das sementes e massa seca do capítulo responderam significativamente a 5% ($P < 0,05$), e que a massa de mil sementes, a massa seca da folha e área foliar responderam significativamente a 1% ($P < 0,01$).

Tabela 11 – Resumo do quadro da análise de variância da regressão para as variáveis: massa de mil sementes (M1000S); produtividade (PROD); teor de óleo das sementes (TOS), massa seca do capítulo (MS CAP); massa seca da folha (MS Folha); e área foliar (AR Foliar), em função do número de aplicações de N via fertirrigação, Fortaleza, Ceará, 2015

FV	GL	QUADRADO MÉDIO					
		M1000S	PROD	TOS	PS CAP	PS Folha	AR Foliar
Modelo linear	1	518,80**	707.583,59*	20,99*	1.151,9*	227,95**	6.325.889,74**
Modelo quadrático	1	133,14 ^{ns}	299.877,50 ^{ns}	30,28 ^{ns}	45,81 ^{ns}	210,47**	2.721.837,23**
Resíduos	16	35,65	133.417,04	4,34	265,30	24,24	309.703,84
Total	24	-	-	-	-	-	-
CV%	-	10,75	19,70	4,29	29,50	28,85	24,00

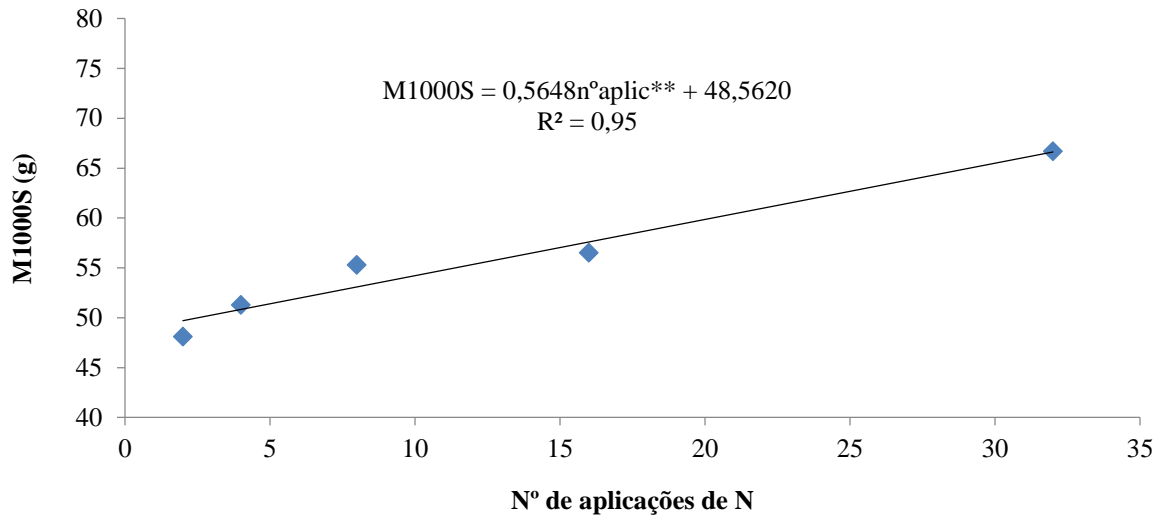
Fonte: Elaborada pelo autor.

* significativo a 5% pelo teste F; ** significativo de 1% pelo teste F; ^{ns} não significativo pelo teste F; FV – Fonte de variação; GL – Grau de liberdade.

4.3.2 Massa de mil sementes (M1000S)

A variável massa de mil sementes apresentou um comportamento polinomial linear crescente como melhor ajuste com o coeficiente de determinação (R^2) de 0,95 (Figura 44). O máximo valor encontrado para essa variável foi de 66,6 g, estimado com o tratamento FN32. Esse tratamento representa um incremento de 25,43% em relação ao tratamento FN2.

Figura 44 – Massa de mil sementes (M1000S) do híbrido de girassol BRS 323 em função do número de aplicações de N via fertirrigação, Fortaleza, Ceará, 2015



Fonte: Elaborada pelo autor.

Estudando o efeito do manejo da adubação nitrogenada no Paraguai com a cultura da canola, Webber Puhl e Rasche-Alvarez (2015) observaram que as diferentes doses e épocas de aplicação de N não surtiram efeito significativo para a massa de mil sementes de canola, diferentemente dos resultados obtidos nesta pesquisa, onde fora aplicada uma única dose 100 kg ha^{-1} de N com cinco diferentes números de aplicações.

Estudando o comportamento do girassol submetido a doses de nitrogênio e níveis de água de irrigação, Guedes Filho (2011) verificou que a variável fitomassa de mil sementes não foi influenciado pelas doses de nitrogênio aplicadas. Esses resultados divergiram dos adquiridos neste trabalho, já que essa variável foi influenciada pelo número de aplicações de nitrogênio via fertirrigação para uma dose de N de 100 kg ha^{-1} .

Por sua vez, Lobo *et al.* (2013) verificaram que o efeito do nitrogênio nos fatores produtivos do girassol, apresentou incremento linear na massa de mil sementes. Portanto, concordando com o modelo matemático obtido no presente estudo, para explicar o comportamento da massa de mil sementes frente aos diferentes números de aplicação de nitrogênio.

O maior valor encontrado para a massa de mil sementes obtida no trabalho foi de 66,6 g, diferentemente dos obtidos pelos referidos autores, com média de 79,52 g para o tratamento com 150% de adubação nitrogenada proveniente de lodo de esgoto. Estes pesquisadores observaram, ainda, para a massa de mil sementes, que somente o tratamento em que não foi aplicado nitrogênio foi inferior aos demais, ou seja, o nitrogênio interferiu na massa de mil sementes de girassol. Esta diferença, provavelmente, pode ser

atribuída a uma maior concentração de N no lodo de esgoto compostado associada às condições meteorológicas e edáficas adversas, tendo em vista que os trabalhos foram desenvolvidos em região de clima tropical e subtropical, respectivamente. A massa da semente é o resultado da eficiência da planta em fornecer nutrientes até o limite da capacidade máxima estabelecido para cada cultivar.

Biscaro *et al.* (2008) detectaram efeito positivo na massa seca de cem sementes em decorrência da aplicação de nitrogênio até a dose de 44,9 kg ha⁻¹ de N, alcançando 7,19 g.

Vasconcelos *et al.* (2015), pesquisando os efeitos da forma e da dose de nitrogênio em plantas de girassol, concluíram que a variante massa de cem sementes foram maximizados com dose nitrogenada de 97 kg ha⁻¹ de N, sendo o valor máximo obtido para essa variável de 8,04 g. Os autores verificaram, também, que a massa de cem sementes respondeu ao fator dose de nitrogênio.

Nobre *et al.* (2011), avaliando a produção de girassol sob estresse salino e adubação nitrogenada, verificaram que, em relação ao fator dose de nitrogênio, o efeito sobre massa de mil sementes foi linear crescente. Já, Braz e Rossetto (2009) observaram melhor qualidade fisiológica de sementes de girassol com aplicação de 50 kg ha⁻¹ de N no estabelecimento das plântulas e no desempenho das plantas, diferentemente aos observados no presente trabalho, em que foram aplicados 100 kg ha⁻¹ de N.

Estudando a resposta da cultura do girassol a diferentes fontes de nitrogênio, Queiroga (2011) concluiu que a massa de mil sementes não apresentou diferença estatística em relação à adubação nitrogenada aplicada no plantio e cobertura. Com média geral ente os tratamentos de 59,53 g.

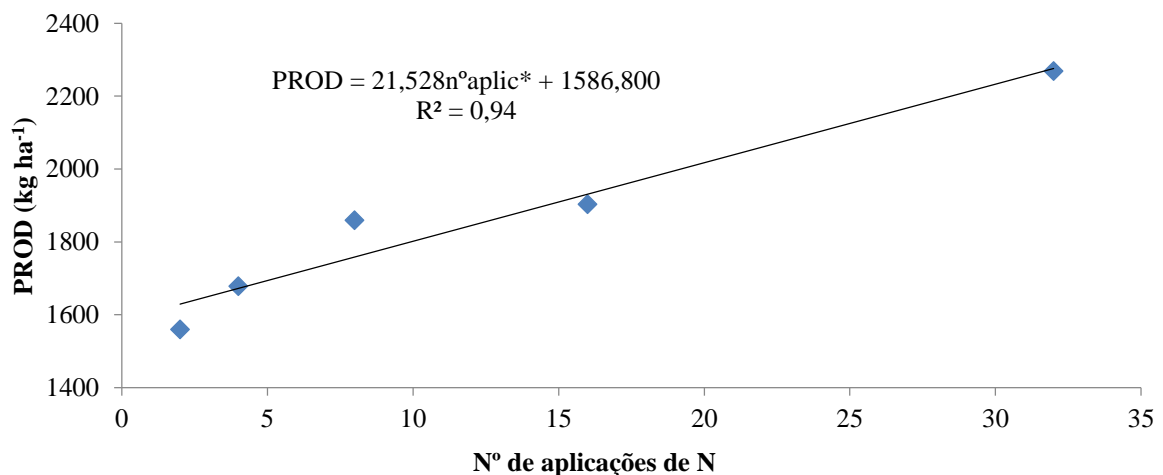
Sanches *et al.* (2014), estudando a canola sob irrigação e doses de adubação nitrogenada, concluíram que o nitrogênio na dosagem de 90 kg ha⁻¹ de N aumentou a massa de mil sementes. No presente trabalho, o incremento na massa de mil sementes do híbrido de girassol BRS 323 ocorreu na dosagem de 100 kg ha⁻¹ de N, com trinta e duas aplicações no tratamento FN32 no ciclo.

Em Cassilândia, Mato Grosso do Sul, Biscaro *et al.* (2008), pesquisando adubação nitrogenada em cobertura no girassol irrigado, observaram que, em relação a massa de cem sementes, houve efeito positivo em decorrência da adubação nitrogenada em cobertura. A massa da semente é o resultado da capacidade da planta de suprir nutrientes até o limite potencial estabelecido para cada cultivar. Em geral, há uma grande diversidade de respostas, especialmente associadas ao número de sementes previamente fixadas (ZAGONEL; MUNDSTOCK, 1991).

4.3.3 Produtividade (PROD)

Na Figura 45, observa-se o resultado da análise de regressão para a produtividade (PROD) do híbrido de girassol BRS 323, em função do número de aplicação de N via fertirrigação. Verificou-se, para essa variável, que o modelo que melhor se ajustou aos dados foi de forma linear crescente com coeficiente de determinação de 0,94. A produtividade máxima de 2.275,44 kg ha⁻¹ foi estimada no tratamento FN32 (aplicações de N no ciclo), e equivale a um aumento de 28,38%, quando comparado com o tratamento F2. Provavelmente, a adubação nitrogenada via fertirrigação, juntamente com o maior número de aplicações do tratamento F32, ocasionou uma maior absorção pela planta, reduzindo as perdas no solo.

Figura 45 – Produtividade (PROD) do híbrido de girassol BRS 323 em função do número de aplicações de N via fertirrigação, Fortaleza, Ceará, 2015



Fonte: Elaborada pelo autor.

Com base nos resultados obtidos, pode-se afirmar que aplicações fracionadas de N em aplicação adequada pode aumentar a produtividade. Resultados semelhantes foram conseguidos por Webber Puhl e Rasche-Alvarez (2015), que sugerem a aplicação de N (parcelado) em cobertura com a canola.

Estes resultados confirmam que o N é um macro elemento limitante na cultura do girassol. Ademais, mostram que o maior parcelamento do N via fertirrigação, a exemplo do tratamento FN32, propicia o maior rendimento em grãos de girassol BRS 323 em relação aos demais.

Afridi, Jan e Shad (2002), estudando o manejo da adubação nitrogenada com a canola, verificaram que a cultura respondeu à aplicação de 100 kg ha⁻¹ de N, porém, não observaram diferença na produtividade de grãos com aplicação de N.

Já no trabalho em pauta foi utilizada a mesma dose de 100 kg ha^{-1} de N, porém, variando as frequências da fertirrigação em cinco níveis, foram observadas diferenças significativas na produtividade, permitindo inferir que as perdas de nitrogênio aplicado através da fertirrigação foram reduzidas com o aumento do parcelamento. Esses resultados estão de acordo com os obtidos por Rehm e Wiese (1975) e Hagin e Tucker (1982). Esses autores estudaram a influência do método de aplicação de nitrogênio na produção do milho em solos irrigados e arenosos nos Estados Unidos. Os tratamentos convencionais de pré-plantar foram comparados a situações em que as aplicações de pré-plantar foram suplementadas com nitrogênio adicionado na água de irrigação.

Pesquisando adubação nitrogenada no milho, na região sudeste de Tocantins, Von Pinho *et al.* (2008) concluíram que o parcelamento da adubação nitrogenada em cobertura contribui para o aumento da produtividade de grãos de milho, concordando com os resultados alcançados neste experimento.

Mendonça *et al.* (1999), avaliando o efeito do N na cultura do milho através da fertirrigação, acreditam que adubação nitrogenada teve influência significativa sobre a produtividade. A partir desse trabalho, conclui-se que o parcelamento desse elemento químico é de vital importância para elevar o rendimento da cultura do girassol, desde que seja utilizado de maneira racional.

Analisando a resposta do arroz irrigado com adubação nitrogenada em cobertura, aplicado através da água de irrigação, Dutra (2016) certificou-se de que adubação nitrogenada via fertirrigação, por permitir maior parcelamento do nitrogênio, elevou o rendimento de grãos, comparativamente a adubação convencional via solo. O uso da técnica de fertirrigação, em seis aplicações, proporcionou maior eficiência agrônômica do nutriente em relação ao manejo convencional. A dose de máxima eficiência econômica do nitrogênio correspondeu a 100 kg ha^{-1} de N, quando segmentado em seis aplicações. Os resultados obtidos com o híbrido de girassol BRS 323 compreendendo a mesma dose de N aplicado via fertirrigação fracionada em cinco aplicações, foram similares.

Avaliando os efeitos de diferentes frequências de irrigação e de fertirrigação com nitrogênio sobre a produtividade do meloeiro amarelo, Campelo *et al.* (2014) constataram que os melhores resultados foram obtidos com a frequência de irrigação diária. Na fertirrigação com N, a melhor produtividade e qualidade do meloeiro foram obtidas no tratamento com 64 frequências de aplicação com N durante o ciclo, isto é, com o maior parcelamento de N.

Verificando o efeito da frequência da fertirrigação nitrogenada na cultura da melancia, Fernandes *et al.* (2012) concluíram que as diferentes frequências de fertirrigação

influenciaram significativamente a variável produtividade. A maior produtividade foi obtida com o tratamento com aplicação diária de N. No presente trabalho, se observou influência dos números de aplicações de N para essa variável. A máxima produtividade estimada foi alcançada com o tratamento FN32, nesse caso, com o maior parcelamento da fertirrigação.

Estudando os efeitos da fertirrigação e da adubação convencional com N em bananeira, durante dois ciclos de produção, Teixeira, Natale e Martins (2007) verificaram que a fertirrigação possibilitou reduzir a dose de N em relação à adubação convencional, sem prejuízo na produção de frutos.

Provavelmente, os resultados desta pesquisa poderão ser esclarecidos pelo maior fracionamento da dose de N, que devem ser reduzidos as perdas por lixiviação e volatilização. Em virtude disso, é possível que a cultura tenha tido um melhor aproveitamento desses nutrientes durante todo o ciclo.

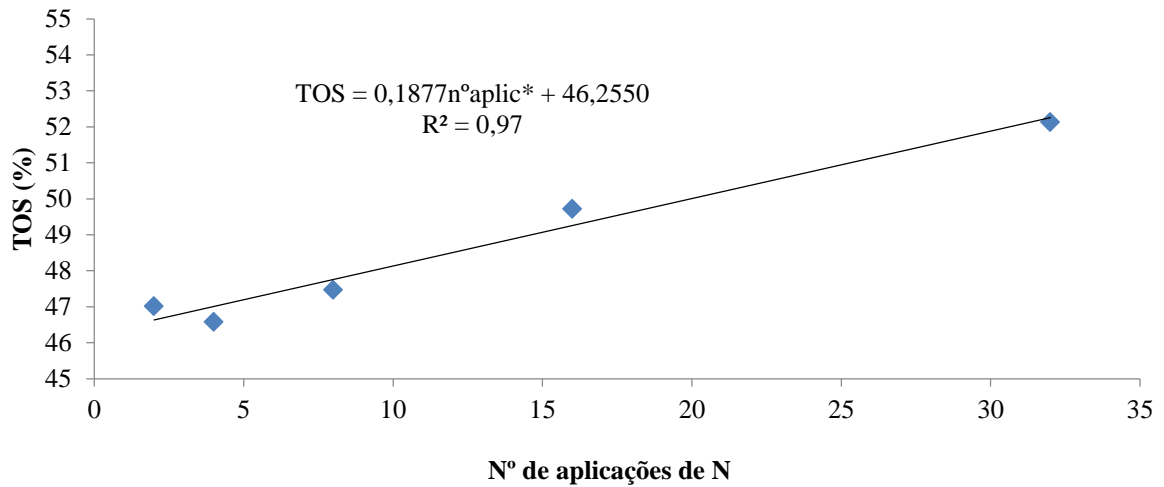
O fracionamento da aplicação de N deve ter intercedido na eficiência do fornecimento deste nutriente à planta. Entretanto, o número de aplicações de N adequada para o manejo mais eficaz e que apresenta a melhor lucratividade para o produtor, foi de 32 aplicações ao longo do ciclo do híbrido de girassol BRS 323, nas condições onde foi desenvolvida a pesquisa.

O grande distintivo do sistema de fertirrigação em relação à adubação convencional é a possibilidade de uma maior eficiência da nutrição da planta no momento mais adequado. Para que isso ocorra com segurança, o monitoramento nutricional apropriado do sistema solo-planta ao longo do cultivo se faz necessário.

4.3.4 Teor de óleo das sementes (TOS)

Na Figura 46, verifica-se o resultado da análise de regressão para o teor de óleo do híbrido de girassol BRS 323, em função do número de aplicações de N aplicada via fertirrigação. Observou-se que o modelo que melhor se adequou aos dados foi o linear crescente com coeficiente de determinação de 0,97. O maior teor de óleo foi de 52,26% alcançado para o tratamento FN32 (32 aplicações de N no ciclo), correspondeu a um acréscimo de 10,78% em relação ao tratamento FN2. Isso se supõe que, no tratamento FN32, o N atingiu o equilíbrio no que concerne aos teores de proteínas acumulados, atingindo o maior teor de óleo nas sementes, já que esse macronutriente influencia o metabolismo para síntese de compostos de reservas nas sementes.

Figura 46 – Teor de óleo das sementes (TOS) do híbrido de girassol BRS 323 em função do número de aplicações de N via fertirrigação, Fortaleza, Ceará, 2015



Fonte: Elaborada pelo autor.

Estudando o teor de óleo do girassol sob diferentes doses de N no solo, Lacerda *et al.* (2017) verificaram que as doses de adubação nitrogenada aumentaram significativamente o teor de óleo das sementes de maneira linear e crescente. No trabalho em questão a dose de 100 kg ha^{-1} de N aplicada via fertirrigação e com parcelamentos crescentes, atingiu o teor máximo de óleo de forma linear e crescente.

O nitrogênio exerce relevante função no metabolismo e nutrição da cultura do girassol. Sua carência causa desbalanço nutricional, que pode limitar seu rendimento, enquanto seu remanescente acarreta redução na percentagem de óleo. Da mesma maneira, o teor de óleo das sementes é um fator determinante sob o ponto de vista econômico de aplicação de N até o limite máximo de 32 aplicações no ciclo.

Avaliando o efeito de N nas variáveis de produção das plantas de girassol, Lobo *et al.* (2015) concluíram que não ocorreu diferença significativa para o teor de óleo. Já no ensaio em questão, houve diferença significativa para essa variável.

Utilizando diferentes doses de N na cultura da canola, Gomes *et al.* (2014) certificaram-se de que houve influência de N no teor de óleo das sementes, o que assegura a importância da utilização deste macronutriente para alcançar elevados teores de óleo da cultura.

Os componentes de produção do híbrido BRS 323 de girassol obtido neste trabalho responderam ao fracionamento da dose de N aplicada com a fertirrigação, diferentemente dos resultados conseguidos por Dantas (2010) com a cultura do meloeiro na microrregião de Mossoró, Rio Grande do Norte.

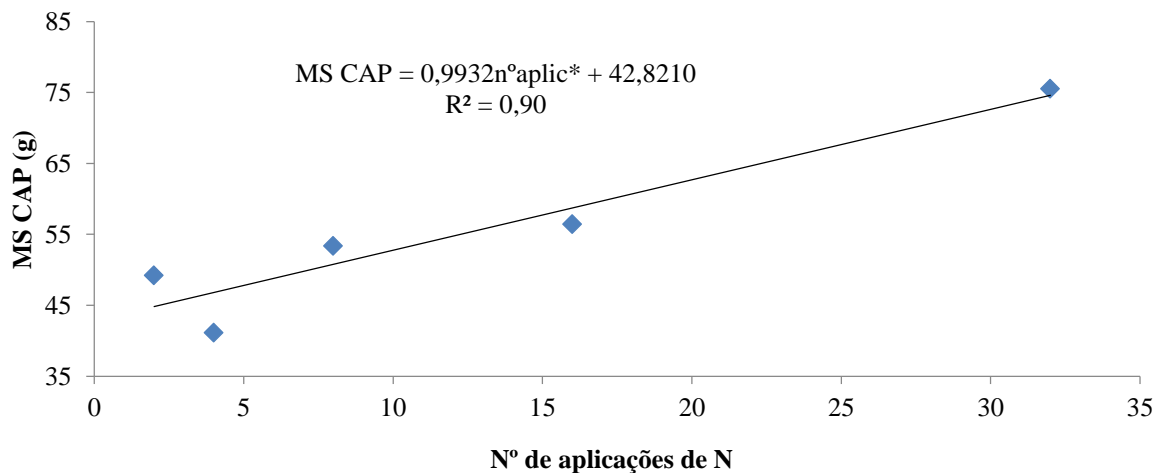
Lobo, Grassi Filho e Coelho (2012), averiguando o efeito da adubação nitrogenada na cultura do girassol, notaram que o aumento da dose de N acima de 70 kg ha⁻¹ provocou uma diminuição no teor de óleo. No presente estudo, observou-se que o número de aplicações de N do tratamento FN32 atingiu um maior teor de óleo (52,26%). O teor de óleo das sementes resulta do acerto entre acumulação de proteína, lipídios entre outras, dentro das qualidades genéticas do cultivar. O teor de proteína tende a elevar com a maior disponibilidade de N, conseqüentemente, com a redução do teor de óleo de girassol (STEER *et al.*, 1984).

Verificando a influência da adubação de N nos teores de óleo da cultura do girassol, Sachs *et al.* (2006) atestaram que o teor de óleo nas sementes não foi influenciado pelo fertilizante N. Já Scheiner e Lavado (1999) verificaram em seus estudos acréscimos de teor de óleo nas sementes em função da adubação nitrogenada. Porém, Castro *et al.* (2005) afirmam que o remanescente de N pode diminuir o teor de óleo na semente, em contrapartida pode elevar o teor proteico.

4.3.5 Massa seca do capítulo (MS CAP)

Para a massa seca do capítulo (MS CAP), o modelo polinomial linear crescente apresentou-se como o mais compatível, indicando coeficiente de determinação de 0,90. A maior massa seca do capítulo foi de 74,60 g, estimada com o tratamento FN32 (32 aplicações de N no ciclo), equivale a um aumento de 39,95% quando defrontado com o tratamento FN2 (Figura 47).

Figura 47 – Massa seca do capítulo (MS CAP) do híbrido de girassol BRS 323 em função do número de aplicações de N via fertirrigação, Fortaleza, Ceará, 2015



Fonte: Elaborada pelo autor.

Avaliando os componentes de produção e rendimentos do girassol com adubação nitrogenada, Guedes Filho *et al.* (2015) verificaram que não houve diferença estatística para a variável fitomassa seca do capítulo em função da adubação nitrogenada. Não corroborando com os resultados aqui obtidos neste trabalho, onde foi verificado efeito significativo do parcelamento de N aplicado via fertirrigação.

Lobo, Grassi Filho e Coelho (2012), estudando o efeito da adubação nitrogenada na produtividade do girassol, detectaram que a melhor dose de N para a produção de matéria seca do capítulo foi de 100 kg ha⁻¹ de N. Essa constatação ratificou os resultados obtidos nesta pesquisa no que diz respeito.

Analisando o rendimento da alface em função das doses de nitrogênio aplicadas via fertirrigação, Araújo *et al.* (2011) concluíram que as doses de N mineral aplicadas influenciaram negativamente a variável massa seca da parte aérea. Diferentemente dos resultados alcançados no presente trabalho, onde o parcelamento da dose de 100 kg ha⁻¹ de N influenciou positivamente o peso seco do capítulo.

Vasconcelos (2011), estudando a cultura do girassol submetida a doses e formas de aplicação de N, estimou a maior massa do capítulo em 248,87 g, correspondente a uma dose de N de 99,35 kg ha⁻¹. Já no presente trabalho, a maior massa seca do capítulo máximo foi de 74,60 g, estimada com a dose de N de 100 kg ha⁻¹ parcelada em 32 aplicações no ciclo.

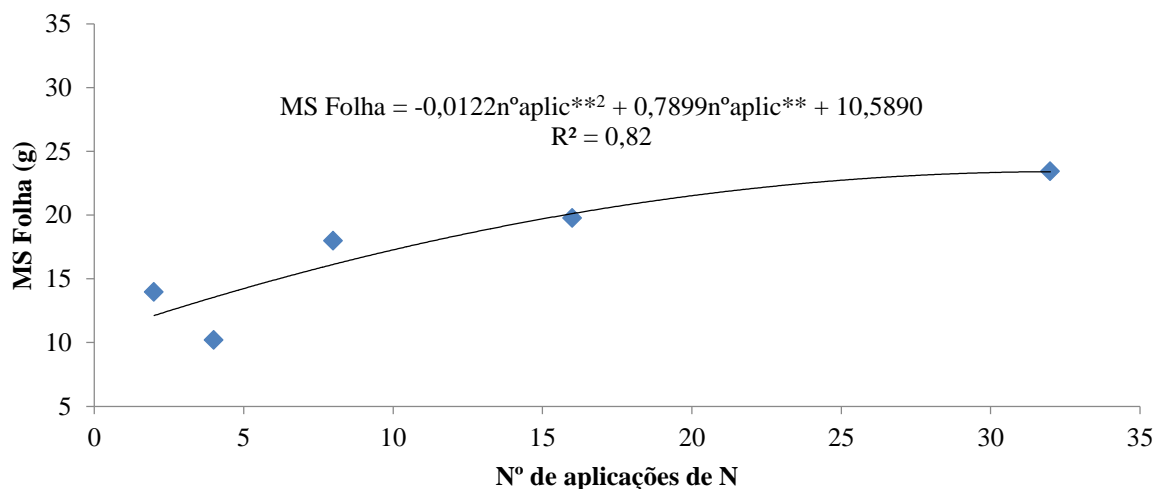
Do mesmo modo, Guedes Filho (2011), verificando o comportamento do girassol submetido a doses de N, certificou-se que a dose de 100 kg ha⁻¹ de N proporcionou o melhor resultado de produção de fitomassa seca do capítulo, em relação aos demais tratamentos. Pelos resultados obtidos no presente ensaio, a máxima massa seca do capítulo foi de 74,60 g, estimada com o tratamento FN32, e a mínima massa seca do capítulo, de 48,80 g, com o tratamento FN2. A superioridade entre o maior e o menor valor foi de 34,59%.

Mendonça e Piveli (2003), examinando a resposta das culturas de milho e girassol a fertirrigação com efluentes de lagoas de estabilização, certificaram de que a cultura do girassol não respondeu aos tratamentos fertirrigados. No entanto, apresentou maior produção de massa seca da parte aérea que a cultura do milho, sendo um atrativo para produção de silagem. Portanto, divergindo dos resultados aqui apresentados para a massa seca do capítulo, onde houve efeito significativo dos tratamentos das frequências da dose de N aplicadas via fertirrigação.

4.3.6 Massa seca da folha (MS Folha)

Na Figura 48, constata-se o efeito da análise de regressão para a massa seca da folha do híbrido de girassol BRS 323, em função do número de aplicações de N através da fertirrigação. Para essa variável, o modelo que melhor se ajustou aos dados foi o quadrático, com coeficiente de determinação de 0,82. A máxima massa seca da folha foi estimada em 23,37 g para o tratamento FN32. Esse valor representa um incremento de 48,14% quando comparado com o valor obtido como tratamento FN2. Este comportamento pode ser compreendido pelo maior parcelamento da adubação que, ao minimizar as perdas por lixiviação, pode proporcionar uma maior metabolização e aumento na fitomassa da folha.

Figura 48 – Massa seca da folha (MS Folha) do híbrido de girassol BRS 323 em função do número de aplicações de N via fertirrigação, Fortaleza, Ceará, 2015



Fonte: Elaborada pelo autor.

Verificou-se que a dose recomendada para a presente pesquisa (100 kg ha⁻¹ de N) apresentou maior eficiência agrônômica no maior parcelamento da fertirrigação (FN32). Comportamento diferente foi observado por Biscaro *et al.* (2013), que verificaram efeito linear da adubação nitrogenada na produção da matéria seca da parte aérea com a cultura do espinafre em condições de canteiros a céu aberto.

Avaliando as diferentes parcelas de adubação nitrogenada em cobertura, aplicadas via água de irrigação na cultura do espinafre, Ribeiro *et al.* (2015) concluíram que a aplicação do método de irrigação por gotejamento superficial, bem como, o parcelamento da dose de (150 kg ha⁻¹ de N), apresentaram resultado significativo para a característica matéria seca da parte aérea, na qual a fertirrigação nitrogenada obteve maior desempenho.

Vieira Filho *et al.* (2014), avaliando a cultura da rúcula irrigada por gotejamento, sob diferentes doses de N aplicadas em fertirrigação, em Dourados, Mato Grosso do Sul, concluíram que a resposta da cultura em relação a massa seca da parte aérea depende do sistema de irrigação utilizado e das dose de N.

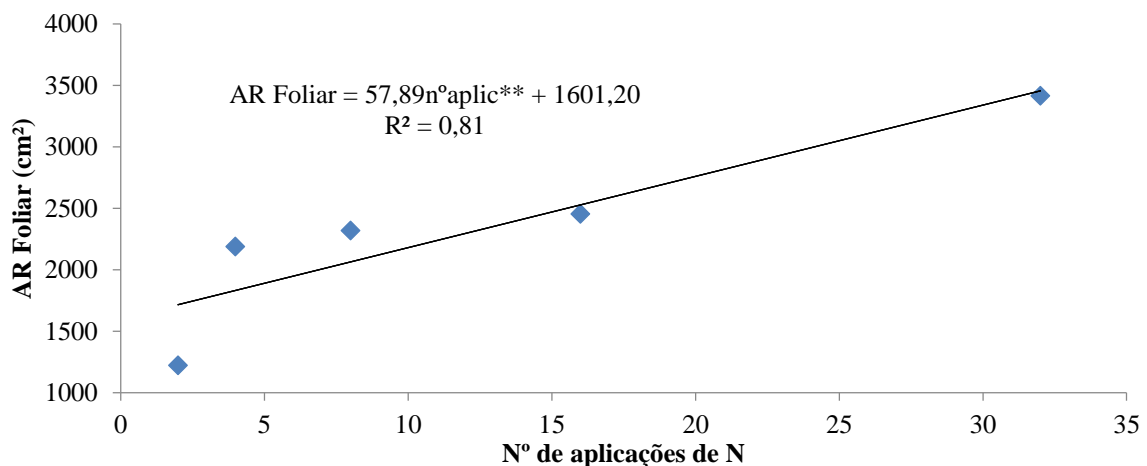
Investigando os efeitos das adubações nitrogenadas e potássica aplicadas via fertirrigação na produção da cultura da rúcula, Oliveira *et al.* (2016) observaram que as doses de N promoveram efeito quadrático nos valores da massa seca total. Corroborando com resultados até aqui encontrados, onde se verificou que na dosagem de 100 kg ha⁻¹ de N aplicada via fertirrigação proporcionou efeito quadrático para a massa seca da folha no tratamento FN32.

Examinado as características morfofisiológicas de mudas de pimenta malagueta sob diferentes níveis de fertirrigação, empregando fertilizantes líquidos 10-10-10 (N-P-K), Pagliarini *et al.* (2012) concluíram que a dose de 25 mL L⁻¹ do fertilizante injetado via fertirrigação é recomendada para a produção de mudas de pimenta malagueta, muito embora, tenha havido aumento da massa seca da parte aérea em dose maior.

4.3.7 Área foliar (AR Foliar)

De acordo com os resultados, a área foliar (AR Foliar) do híbrido de girassol BRS 323 foi influenciada pelo número de aplicações de N via fertirrigação (Figura 49). Observou-se que o modelo que melhor se adequou aos dados foi o linear crescente com coeficiente de determinação de 0,81.

Figura 49 – Área foliar (AR Foliar) do híbrido de girassol BRS 323 em função do número de aplicações de N via fertirrigação, Fortaleza, Ceará, 2015



Fonte: Elaborada pelo autor.

O aumento do número de aplicações de N promoveu resposta linear crescente da área foliar, ocorrendo um incremento de 50,29% (3.453,68 cm²) na área foliar das plantas fertirrigadas no tratamento FN32, em relação ao tratamento FN2. Esse acréscimo da área foliar está relacionado, possivelmente, com o aproveitamento do nutriente devido o maior parcelamento da aplicação de N, conseqüentemente, menor perda por lixiviação e ou evaporação havendo nela um maior aproveitamento pela planta. O que pode não ter ocorrido quando o número de aplicações de N foi reduzido, como no tratamento FN2.

Estudando o híbrido de girassol M-734, em campo, com doses crescentes de N (0, 25, 50, 75, 100 e 125 kg ha⁻¹), Bruginski e Pissaia (2002) não encontraram efeito sobre a área foliar. Já no ensaio em questão, para a dose de N de 100 kg ha⁻¹ em função do número de aplicações de N, houve efeito sobre a área foliar.

Para Biscaro *et al.* (2008), a adubação com N em cobertura proporcionou aumento nas variáveis de crescimento e produção do girassol. Os autores constataram que a dose de máxima eficiência foi estimada em 55 kg ha⁻¹ de N.

Verificando o crescimento do girassol com base na área foliar do girassol cultivado com adubação orgânica, Wanderley *et al.* (2014) concluíram que adubação com esterco bovino aumentou a área foliar. Esses autores observaram ainda, que houve efeito significativo para a variável área foliar.

5 CONCLUSÃO

Experimento I:

- A supressão da irrigação aos 80 DAS, para a maioria das variáveis estudadas, pode ser utilizada como estratégia de manejo para os produtores rurais de girassol na região estudada. A cultura apresenta a máxima eficiência do uso da água na supressão da irrigação aos 45 DAS, contribuindo para um menor consumo de água;
- As supressões de irrigação proporcionam comportamento polinomial linear para as variáveis: massa de mil sementes; produtividade; massa seca do capítulo e teor de óleo da semente, e, ocasionam comportamento polinomial quadrático para as variáveis: massa seca do caule; massa seca da folha; potencial de produção de óleo; eficiência do uso da água na produção da semente e do óleo;
- O intervalo de supressão da irrigação entre S80 e S73 ocasiona a melhor resposta para as variáveis estudadas, e com lâminas variando 528,87 a 480,96 mm.

Experimento II:

- As frequências de irrigação proporcionam comportamento polinomial linear nas variáveis: M1000S; MS CAP e MS Folha, e comportamento polinomial quadrático nas variáveis: PROD; TOS; PPO; MS Caule e AR Foliar;
- A cultura do girassol se adapta às frequências de irrigação variando de 2 a 9,49 dias, as quais maximizam os valores das variáveis no presente trabalho;
- A frequência de irrigação com intervalo de dois dias proporciona a melhor produtividade para as condições avaliadas.

Experimento III:

- O parcelamento de aplicação de N pode ser recomendado para produtores de girassol, pois pode aumentar a produção da cultura;
- As frequências de aplicação de N ocasionam comportamento polinomial linear para as variáveis: MS Folha e AR Foliar; e comportamento polinomial quadrático para as variáveis: M1000S; PROD; TOS e MS CAP;

- A frequência de 32 fertirrigações de N durante o ciclo do girassol maximiza a produtividade da cultura em 2.262 kg ha⁻¹.

REFERÊNCIAS

- ABDALLA, A. L. *et al.* Utilização de subprodutos da indústria de biodiesel na alimentação de ruminantes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 37, n. esp., p. 260-268, 2008.
- ACOSTA, J. F. **Consumo hídrico da cultura do girassol irrigada na região da Chapada do Apodi-RN**. 2009. 56 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2009.
- AFRIDI, M. Z.; JAN, M. T.; SHAD, A. A. Some aspects of NPK nutrition for improved yield and oil contents of canola. **Asian Journal Plant Science**, v. 1, n. 5, p. 507-509, 2002.
- AGRITEMPO. **Sistema de Monitoramento Agrometeorológico**. 2017. Disponível em: <<https://www.agritempo.gov.br/>>. Acesso em: 20 jun. 2017.
- AGUIRREZÁBAL, L. A. N. *et al.* La implantación del cultivo. In: _____. **Girasol: aspectos fisiológicos que determinan el rendimiento**. Buenos Aires: INTA, 2001. p. 16-23.
- AGY, M. S. A. *et al.* Consumo voluntário por cabritos submetidos a dietas com torta de girassol oriunda da produção de biodiesel. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOTECNIA, 19.; CONGRESSO INTERNACIONAL DE ZOOTECNIA, 11., 2009, Águas de Lindóia. **Anais...** Águas de Lindóia: FZEA/USP, 2009.
- ALBA ORDOÑEZ, A.. **El cultivo del girassol**. Madrid: Mundi-Prensa, 1990.
- ALVARENGA, M. A. R. **Crescimento, teor e acúmulo de nutrientes em alface americana (Lactucarativa L.) sob doses de nitrogênio aplicadas no solo e de níveis de cálcio aplicado via foliar**. 1999. 117 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1999.
- ANASTASI, U. *et al.* Yield performance and grain lipid composition of standard and oleic sunflower as affected by water supply. **Field Crops Research**, v. 119, n. 1, p. 145-153, 2010.
- ANDRADE, S. J. **Efeito de lâminas de água e doses de boro na cultura do girassol**. 2000. 94 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2000.
- ANGELI, K. P. *et al.* Yield components and water use efficiency in coriander under irrigation and nitrogen fertilization. **Rev. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, Campina Grande, v. 20, n. 5, p. 415-420, 2016.
- ARAÚJO, W. F. *et al.* Resposta da alface a adubação nitrogenada. **Revista Agro@ambiente On-line**, v. 5, n. 1, p. 12-17, jan./abr. 2011. Disponível em: <<https://revista.ufrr.br/agroambiente/article/viewFile/440/427>>. Acesso em: 20 jun. 2017.
- ARAÚJO, W. F.; FERREIRA, L. G. R. Efeito do déficit hídrico durante diferentes estádios do amendoim. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v. 32, n. 5, p. 481-484, 1997.
- ARAYA, A. *et al.* Crop coefficient, yield response to water stress and water productivity of teff (*Eragrostis tef* (Zucc.) **Agricultural Water Management**, v. 98, p. 775-783, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 13.348:1995**: Banho residual e efluente líquido – Determinação do teor de óleos e graxas – Método de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 1995.

AZEVEDO, B. M. *et al.* Manejo da irrigação na cultura do amendoim. **Magistra**, Cruz das Almas, BA, v. 26, n. 1, p. 11-18, jan./mar. 2014.

AZEVEDO, B. M. *et al.* Produção e fator de resposta do girassol a distintas lâminas de irrigação. **Rev. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, Campina Grande, v. 20, n. 5, p. 427-433, 2016.

AZEVEDO, J. A.; AMABILE, R. F.; SILVA, E. M. **Requerimento de água, produtividade e qualidade de girassol em resposta a regimes de irrigação em solos de cerrado**. Planaltina, DF: Embrapa – CPAC, 1998.

BARROS JUNIOR, G. *et al.* Consumo de água e eficiência do uso para duas cultivares de mamona submetidas a estresse hídrico. **Rev. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, Campina Grande, v. 12, n. 4, p. 350-355, 2008.

BASTOS, F. J. C. *et al.* Produtividade do feijoeiro sob supressão hídrica e aplicação de osmoprotetores. **Rev. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, Campina Grande, v. 20, n. 8, p. 697-701, 2016.

BERGAMASCHI, H. Desenvolvimento de déficit hídrico em culturas. *In*: _____ (Coord.). **Agrometeorologia aplicada à irrigação**. 2. ed. Porto Alegre: UFRGS, 1999. p. 25-32.

BERNARDO, S. Desenvolvimento e perspectiva da irrigação no Brasil. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 1, n. 14, p. 1-14, 1992.

BILIBIO, C. **Manejo da irrigação na cultura da canola (*Brassica napus*)**. 2010. 138 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2010.

BISCARO, G. A. *et al.* A. Adubação nitrogenada em cobertura no girassol irrigado nas condições Cassilândia – MG. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 9, p. 1366-1373, 2008.

BISCARO, G. A. *et al.* Produtividade de duas cultivares de mamona submetidas a diferentes lâminas de irrigação suplementar. **Rev. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 9, p. 925-930, 2012.

BISCARO, G. A. *et al.* Produtividade e análise econômica da cultura do espinafre em função de níveis de fertirrigação nitrogenada. **Irriga**, Botucatu, v. 18, n. 4, p. 587-596, 2013.

BLAMEY, F. P. C.; ADWARDS, D. G.; ASHER, C. J. **Nutritional disorders of sunflower**. Brisbane: University of Queensland, 1987.

BOARETO, B. *et al.* Manejo de irrigação de plantas energéticas – Girassol (*Helianthus annuus*). **Acta Iguazu**, Cascavel-PR, v. 1, n. 1, p. 48-58, 2012.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: Coordenação de Laboratório Vegetal, 1992.

BRAZ, M. R. S.; ROSSETTO, C. A. V. Estabelecimento de plântulas e desempenho de plantas em resposta ao vigor dos aquênios de girassol. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 7, p. 1997-2003, 2009.

BRUGINSKI, D. H.; PISSAIA, A. Cobertura nitrogenada em girassol sob plantio direto na palha: II – morfologia da planta e partição de massa seca. **Scientia Agraria**, v. 3, n. 1-2, p. 47-53, 2002.

CALEGARI, A. *et al.* Caracterização das principais espécies de adubo verde. *In*: CALEGARI, A. *et al.* **Adubação verde no sul do Brasil**. 2. ed. Rio de Janeiro: AS-PTA, 1993. p. 207-328.

CAMPELO, A. R. *et al.* Manejo da cultura do melão submetida a frequência de irrigação e fertirrigação com nitrogênio. **Horticultura Brasileira**, Vitória da Conquista, v. 2, n. 2, p. 138-144, 2014.

CARELLI, M. L. C. *et al.* Níveis de nitrogênio, metabolismo, crescimento e produção de girassol. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Londrina, v. 8, n. 2, p. 123-130, 1996.

CARRIJO, O. A. *et al.* **Fertirrigação de hortaliças**. Brasília: EMBRAPA Hortaliças, 2004.

CARVALHO, J. F. *et al.* Produtividade do repolho utilizando cobertura morta e diferentes intervalos de irrigação com água moderadamente salina. **Rev. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 3, p. 256-263, 2011.

CARVALHO, R. P.; CRUZ, M. C. M.; MARTINS, L. M. Frequência de irrigação utilizando polímero hidroabsorvente na produção de mudas de maracujazeiro-amarelo. **Rev. Bras. Frutic.**, Jaboticabal, v. 35, n. 2, p. 518-526, 2013.

CASTIGLIONI, V. B. R. *et al.* **Fases de desenvolvimento da planta de girassol**. Londrina: Embrapa-CNPSO, 1997. (Embrapa-CNPSO, Documentos, 58).

CASTRO, C. **Boro e estresse hídrico na nutrição e produção do girassol em casa-de-vegetação**. 1999. 120 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1999.

CASTRO, C. *et al.* **A cultura do girassol**. Londrina: Embrapa-CNPSO, 1996. (Circular Técnica, 13).

CASTRO, C. *et al.* Acúmulo de matéria seca, exportação e ciclagem de nutrientes pelo girassol. *In*: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE GIRASSOL, 16., 2005, Londrina. **Anais...** Londrina: EMBRAPA, CNPSO, 2005.

CASTRO, C. *et al.* Boro e estresse hídrico na produção do girassol. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 2, p. 214-220, 2006.

CASTRO, C. *et al.* Doses e métodos de aplicação de nitrogênio em girassol. **Sci. Ágric.**, Piracicaba, v. 56, n. 4, p. 827-833, out./dez. 1999.

- CASTRO, C. *et al.* Fertilidade do solo e nutrição mineral do girassol, em semeaduras direta e convencional. *In: SARAIVA, O. F. (Org.). Resultados de pesquisa da Embrapa Soja – 2003: Girassol.* Londrina: Embrapa Soja, 2004. (Embrapa Soja, Documentos, 242). p. 19-27.
- CASTRO, C.; FARIAS, J. R. B. Ecofisiologia do Girassol. *In: LEITE, R. M. V. B. C.; BRIGHENTI, A. M.; CASTRO, C. (Eds.). Girassol no Brasil.* Londrina: Embrapa Soja, 2005. p. 163-210.
- CASTRO, C.; OLIVEIRA, F. A. Nutrição e adubação do girassol. *In: LEITE, R. M. V. B. C.; BRIGHENTI, A. M.; CASTRO, C. (Eds.). Girassol no Brasil.* Londrina: Embrapa Soja, 2005. p. 317-373.
- CATRONGA, H. *et al.* **Estratégias de rega para a cultura do girassol.** Beja: Centro Operativo e de Tecnologia do Regadio, 2006.
- CAVALCANTE JUNIOR, E. G. C. *et al.* Necessidade hídrica da cultura do girassol na chapada do Apodi. **Rev. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 3, p. 261-267, 2013.
- CAVASIN JÚNIOR, C. P. **A cultura do girassol.** Guaíba: Agropecuária, 2001.
- CEARÁ. Agência de Desenvolvimento do Estado do Ceará. **Energias renováveis do Ceará.** Fortaleza, 2011. Disponível em: <http://www.adece.ce.gov.br/phocadownload/Energia/folder/energias%20renovaveis_ceara_2011.pdf>. Acesso em: 27 abr. 2017.
- CHRISTIANSEN, E. J. **Irrigation by sprinkler.** Berkeley: University of California, 1942.
- CHUNG, S. *et al.* Avaliação físico-química da torta de girassol (*Helianthus annuus L.*) para a utilização na alimentação animal. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOTECNIA, 19.; CONGRESSO INTERNACIONAL DE ZOOTECNIA, 11., 2009, Águas de Lindóia. Anais... Águas de Lindóia: FZEA/USP, 2009.*
- COELHO, A. M. *et al.* Fertilidade de solos. *In: CRUZ, J. C. (Ed.). Cultivo do milho.* 6. ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2010. (Embrapa Milho e Sorgo, Sistema de Produção, 1). Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho_6_ed/fertilidade.htm>. Acesso em: 20 jun. 2017.
- COELHO, A. M. Fertirrigação. *In: COSTA, E. F.; VIEIRA, R. F.; VIANA, P. A. (Eds.). Quimigação.* Sete Lagoas: Embrapa CNMS, 1994. p. 201-207.
- COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS (CFSEMG). **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 4ª aproximação.** Lavras-MG: CFSEMG, 1989.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira: grãos: Safra 2012/2013: Décimo levantamento.** Brasília: CONAB, 2013.
- CONNOR, J. D.; HALL, A. J. Sunflower physiology. *In: SCHNEITER, A. A. (Ed.). Sunflower technology and production.* Madison: American Society of Agronomy, 1997. p. 113-181.

CORMENZANA, J. M. A. El cultivo de girassol (*Helianthus annuus L.*) para flor cortada. **Flormarket**, v. 2, p. 55-61, 2001.

CORREIA, I. M. S. **Extração e pirólise do óleo de girassol (*Helianthus annuus L.*) visando a produção de biocombustíveis**. 2009. 105 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal-RN, 2009.

COSTA, E. F.; FRANÇA, G. E.; ALVES, V. M. C. Aplicação de fertilizantes via água de irrigação. **Informe Agropecuária**, Belo Horizonte, v. 12, n. 139, p. 63-69, 1986.

COSTA, J. R.; PINHO, J. L. N.; PARRY, M. M. Produção de matéria seca de cultivares de milho sob diferentes níveis de estresse hídrico. **Rev. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, Campina Grande, v. 12, n. 5, p. 443-450, 2008.

DANTAS, D. C. **Função de produção do meloeiro em resposta à fertirrigação nitrogenada e potássica na microrregião de Mossoró**. 2010. 79 f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2010.

DOORENBOS, J.; KASSAM, R. M. **Efeito da água no rendimento das culturas**. Campina Grande: FAO, 1994. (Estudos FAO, Irrigação e Drenagem 33).

DUARTE, A. S. *et al.* Uso de diferentes doses de manipueira na cultura da alface em substituição à adubação mineral. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 3, p. 262-267, 2012.

DUENHAS, L. H. *et al.* Fertirrigação com diferentes doses de NPK e seus efeitos sobre a produção e qualidade de frutos de laranja (*Citrus sinensis D.*) “valência”. **Rev. Bras. Frutic.**, Jaboticabal, v. 24, n. 1, p. 214-218, 2002.

DUTRA, A. D. **Adubação nitrogenada via fertirrigação em arroz irrigado por aspersão**. 2016. 145 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2016.

DUTRA, C. C. *et al.* Desenvolvimento de plantas de girassol sob diferentes condições de fornecimento de água. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 33, n. 1, p. 2657-2668, 2012.

EMBRAPA SOJA. **Girassol**. Londrina: Embrapa-Soja, [2014?]. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/soja/cultivos/girassol>>. Acesso em: 20 jun. 2017.

_____. Informações Técnicas da Comissão Centro-Sul Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale para a safra de 2005. *In*: REUNIÃO DA COMISSÃO CENTRO-SUL BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO E TRITICALE, 20., 2005, Londrina. **Anais...** Londrina: Embrapa-Soja, 2005. (Sistemas de Produção, n. 7).

EMBRAPA SOLOS. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análises de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Atual, 1997. (Embrapa-CNPSo, Documentos, 1).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa-SPI, 2006.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Correção e manutenção da fertilidade do solo. *In*: _____. **Tecnologias de produção de soja – região central do Brasil – 2005**. Londrina: Embrapa Soja; Embrapa Cerrados; Embrapa Agropecuária Oeste; Fundação Meridional, 2004. (Embrapa Soja, Sistemas de Produção, 6). p. 57-80.

_____. **Cultivar de girassol BRS 323**: híbrido com produtividade e precocidade. Folder nº 08/2013, jul. 2013. Disponível em: <<http://spm.sede.embrapa.br/publico/usuarios/produtos/215-Anexo1.pdf>>. Acesso em: 20 jun. 2017.

ENDRES, V. C. Avaliação de cultivares de girassol no Mato Grosso do Sul. *In*: REUNIÃO NACIONAL DE GIRASSOL, 10., 1993, Goiânia. **Resumos...** Goiânia: IAC, 1993.

EVANGELISTA, A. W. P.; SILVA, J. C. Rendimento de óleo de sementes de pinhão manso em plantas irrigadas e adubadas. **Biosci. J.**, Uberlândia, v. 29, n. 1, p. 1624-1631, 2013.

FARIAS NETO, A. L. *et al.* Avaliação de variedades de girassol nos cerrados do Distrito Federal. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 47, n. 273, p. 469-482, 2000.

FERNANDES, C. N. V. *et al.* Efeito da frequência de fertirrigação nitrogenada na cultura da melancia. *In*: WORKSHOP INTERNACIONAL DE INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS NA IRRIGAÇÃO, 4., 2012, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: INOVAGRI, 2012.

FOLEGATTI, M. V. *et al.* Efeitos de diferentes níveis de irrigação e de déficit hídrico na produção do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris L.*). *In*: CONGRESSO CHILENO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 2., 1997, Santiago. **Anais...** Santiago: Sociedade Chilena de Engenharia Agrícola, 1997.

FONTENELLI, J. V. **Métodos de manutenção de umidade do solo no cultivo do girassol e cártamo em condições controladas**. 2014. 85 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Mato Grosso, Rondonópolis, 2014.

FRAGELLA, Z. *et al.* Changes in seed yield and oil fatty acid composition of high oleic sunflower hybrids in relation to the sowing date and water regime. **European Journal of Agronomy**, v. 17, n. 2, p. 221-230, 2002.

FREITAS, A. A. **Efeitos do déficit hídrico em diferentes estádios fenológicos sobre a produção da melancia (*Citrullus lanatus*)**. 1999. 82 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1999.

FREITAS, C. A. S. *et al.* Comportamento de cultivares de mamona em níveis de irrigação por gotejamento em Pentecoste, CE. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 10, p. 1059-1066, 2010.

FURTADO, E. L. **Efeito da irrigação em diferentes períodos do desenvolvimento da cultura de girassol (*Helianthus annuus L.*) sobre o comportamento biológico e produtividade de óleo e proteína dos grãos**. 1982. 110 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Jaboticabal, 1982.

GADIOLI, J. L. *et al.* Temperatura do ar, rendimento de grão de milho e caracterização fenológica associada à soma térmica. **Scientia Agrícola**, v. 57, n. 3, p. 377-383, jul./set. 2000.

GARCIA, F. C. H. **Efeito dos níveis de irrigação na cultura do mamoeiro na Chapada do Apodi, Ceará**. 2004. 31 f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2004.

GAZZOLA, A. *et al.* **A cultura do girassol**. Piracicaba-SP: Universidade de São Paulo, 2012. (Trabalho didático). Disponível em: <<http://www2.esalq.usp.br/departamentos/lpv/lpv506/LPV-0506%20-%20GIRASSOL%20APOSTILaO%202012.pdf>>. Acesso em: 26 jun. 2017.

GIMENEZ, O. R.; BERENGENA, J. H.; MURIEL, J. L. F. Effect of different rates of water application to a sunflower crop. **Anales del Instituto Nacional de Investigación Agraria, Producción Vegetal**, Madrid, v. 5, p. 197-214, 1975.

GOKSOY, A. T. *et al.* Responses of sunflower to full and limited irrigation at different growth stages. **Field Crops Research**, v. 87, n. 2-3, p. 167-178, 2004.

GOMES, A. H. S. *et al.* Área foliar do gergelim BRS Seda sob doses de N. *In*: CONGRESSO DE EDUCAÇÃO AGRÍCOLA SUPERIOR, 9., 2014, Areia-PB. **Anais...** Areia-PB: ABEAS, 2014.

GOMES, E. M. **Parâmetros básicos para irrigação sistemática do girassol**. 2005. 99 f. Tese (Doutorado em Recursos Hídricos) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.

GOMES, E. P. *et al.* Produtividade de grãos, óleo e massa seca de girassol sob diferentes lâminas de irrigação suplementar. **Rev. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 3, p. 237-246, 2012.

GONÇALVES, L. C.; TOMICH, T. R.; PEREIRA, L. G. R. Produção e utilização de silagem de girassol. *In*: SIMPÓSIO DE FORRAGICULTURA E PASTAGENS, 2000, Lavras. **Anais...** Lavras: UFL, 2000.

GRASSER, L. A. *et al.* Quantity and economic importance of nine selected by-products used in California dairy rations. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 78, n. 5, p. 962-971, 1995.

GUEDES FILHO, D. H. **Comportamento do girassol submetido a doses de nitrogênio e de água disponível**. 2011. 74 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2011.

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

GUERRA, A. G. *et al.* Frequência da fertirrigação da bananeira prata anã com nitrogênio e potássio aplicados por microaspersão. **Engenharia Agrícola**, Jabotical, v. 24, n. 1, p. 80-88, 2004.

HAGIN, J.; TUCKER, B. **Fertilization of dryland and irrigated soils**. Berlin: Springer-Verlag, 1982.

HOLANDA, A. **Biodiesel e inclusão social**. Brasília: Câmara dos Deputados, Coordenação de Publicações, 2004.

HSIAO, T. C. Plant response to water stress. **Annual Review of Plant Physiology**, v. 24, p. 519-570, 1973.

IVANOFF, M. E. *et al.* Teor de óleo e produtividade de girassol de diferentes cultivares submetidas a cinco doses de potássio. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE BIOCOMBUSTÍVEIS E BIOENERGIA, 2008, Uberlândia. **Anais...** Uberlândia: Sociedade Brasileira de Biocombustíveis e Bioenergia, 2008.

KARAM, F. *et al.* Yield and water use of egg plants (*Solanum melongena L.*) under full and deficit irrigation regimes. **Agricultural Water Management** v. 98, 1307-1316, 2011.

KELLER, J.; KARMELI, D. **Trickle irrigation design**. Glendora: Rain Bird Sprinkler Manufacturing, 1975.

KÖPPEN, W. **Die Klimate der Erde - Grundriss der Klimakunde**. Berlin: Walter de Gruyter Verlag, 1923.

LACERDA, R. D. *et al.* Produtividade e teor de óleo do girassol submetido a diferentes níveis de água e nitrogênio no solo. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 11, n. 2, p. 1358-1363, 2017.

LANTMANN, A. F. *et al.* Efeito residual da adubação aplicada na soja na produção do girassol. *In*: EMBRAPA. **Resultados de pesquisa de girassol**. Londrina: Embrapa-CNPSo, 1985. (Embrapa-CNPSo, Documento, 16).

LEITE, R. A.; PAULA JÚNIOR, T. J.; VENZON, M. Girassol (*Helianthus annuus L.*). *In*: PAULA JÚNIOR, T. J.; VENZON, M. (Coords.). **101 culturas: manual de tecnologias agrícolas**. Belo Horizonte: Embrapa, 2007. p. 397-404.

LEITE, R. M. V. B. C. *et al.* **Indicações para o cultivo de girassol nos Estados do Rio Grande do Sul, Paraná, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Goiás e Roraima**. Londrina: Embrapa Soja, 2007. (Embrapa Soja, Comunicado Técnico n. 78).

LENTZ, D. *et al.* Prehistoric sunflower (*Helianthus annuus L.*) domestication in Mexico. **Economic Botany**, New York, v. 55, n. 3, p. 370-376, 2001.

LIMA, A. D. *et al.* Efeitos de diferentes épocas de estresse hídrico sobre a cultura da mamoneira. **Agropecuária Técnica**, Areia-PB, v. 31, n. 1, p. 41-48, 2010.

LIMA, G. P. B. *et al.* Rendimento de cultivares do caupi (*Vigna unguiculata L Walp*) submetidas a diferentes lâminas de irrigação. **Irriga**, Botucatu, v. 4, n. 3, p. 205-212, 1999.

LOBO, T. F. *et al.* Ação do lodo de esgoto e do nitrogênio no rendimento e teor de óleo do girassol. *In: SIMPOSIO NACIONAL SOBRE A CULTURA DO GIRASSOL, IX.*, 2015, Londrina. **Anais...** Londrina: Embrapa Soja, 2015.

LOBO, T. F. *et al.* Efeito do lodo de esgoto e do nitrogênio nos fatores produtivos do girassol. **Rev. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 5, p. 504-509, 2013.

LOBO, T. F.; GRASSI FILHO, H. Níveis de lodo de esgoto na produtividade do girassol. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, Valdivia, v. 7, n. 3, p. 16-25, 2007.

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

LOPES, L. C. *et al.* Perfil de distribuição de água por um aspersor rotativo de impacto para uso em sistema de aspersão com linha única. **Magistra.**, v. 23, n. 4, p. 193-199, 2011.

LOUVANDINI, H. *et al.* Desempenho, características de carcaça e constituintes corporais de ovinos Santa Inês alimentados com farelo de girassol em substituição ao farelo de soja na dieta. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 3, p. 603-609, 2007.

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

MARINHO, L. B. *et al.* Produção e qualidade da videira “Superior Seedless” sob restrição hídrica na fase de maturação. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v. 44, n. 12, p. 1682-1691, dez. 2009.

MASSIGNAM, A. M. **Determinação de temperaturas base, graus-dia e influência de variáveis bioclimáticas na duração de fases fenológicas de cultivares de girassol (*Helianthus annuus L.*)**. 1987. 87 f. Dissertação (Mestrado em Agrometeorologia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1987.

MELLO, R.; NÖRNBERG, J. L. Fracionamento dos carboidratos e proteínas de silagens de milho, sorgo e girassol. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 5, p. 1537-1542, set./out. 2004.

MENDONÇA, F. C. *et al.* Adubação nitrogenada do milho em um sistema de irrigação por aspersão em linha. **Scientia Agricola**, v. 56, n. 4, p. 1035-1044, 1999.

MENDONÇA, F. C.; PIVELI, R. P. Uso de esgotos tratados em lagoas de estabilização para fertirrigação nas culturas do milho e girassol. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL*, 22., 2003, Joinville. **Anais...** Joinville: ABES, 2003.

MENEZES, J. B. F.; BERNARDO, A. N. Biodiesel no Ceará: uma perspectiva desenvolvimentista e divulgatória. **R. gest. sust. ambient.**, Florianópolis, v. 6, n. 1, p. 233-250, 2017.

MERRIEN, A.; MILAN, M. J. **Physiologie du tournesol**. Paris: Cetiom, 1992.

MESQUITA, J. B. R. **Manejo da cultura do gergelim submetida a diferentes lâminas de irrigação, doses de nitrogênio e de potássio aplicadas pelo método convencional e por fertirrigação**. 2010. 82 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2010.

MONTE, J. A. *et al.* Influência do turno de rega no crescimento e produção do tomateiro no verão em Seropédica. **Hortic. bras.**, v. 27, n. 2, p. 222-227, 2009.

MONTEIRO, R. A. F.; SILVA, C. O.; ANDRADE JÚNIOR, A. S. Zoneamento de risco climático para o girassol no estado do Ceará. *In: WORKSHOP INTERNACIONAL DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICAS NA IRRIGAÇÃO*, 3., 2010, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: Inovagri, 2010.

MONTES, D. R. P. **Efeitos do turno de rega, da densidade de plantio e da aplicação de fungicida no controle do mofo-branco na cultura do feijão**. 2013. 97 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2013.

MOTA, F. S. **Meteorologia agrícola**. São Paulo: Nobel, 1983.

MOTA, J. H. *et al.* Efeito do cloreto de potássio via fertirrigação na produção de alface-americana em cultivo protegido. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v. 25, n. 3, p. 542-549, 2001.

MOURA, E. G. *et al.* Crescimento e produtividade da cultura do milho (*Zeamays*) submetido a vários intervalos de irrigação, na região da Pré-Amazônia. **Irriga**, Botucatu, v. 11, n. 2, p. 169-177, 2006.

NASCIMENTO, N. V. **Efeito residual de compostos orgânicos no girassol irrigado com diferentes tipos de água**. 2012. 54 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2012.

NEGRETTI, R. R. D. *et al.* Potencial produtivo e rendimento do óleo de um grupo de culturas oleaginosas em Uruguaiana – RS. **R. Bras. Agrocência**, Pelotas, v. 17, n. 2-4, p. 256-260, abr./jun. 2011.

NOBRE, R. G. *et al.* Crescimento e floração do girassol sob estresse salino e adubação nitrogenada. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 41, n. 3, p. 358-365, 2010.

NOBRE, R. G. *et al.* Produção de girassol sob estresse salino e adubação nitrogenada. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 35, n. 3, p. 929-937, 2011.

NUNES, A. C. *et al.* Aspectos agronômicos de plantas de soja submetidas a déficit hídrico. **Rev. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, Campina Grande, v. 20, n. 7, p. 654-659, 2016.

OLIVEIRA, C.; CASTIGLIONI, V. B. R.; CARVALHO, C. G. P. Melhoramento do Girassol. *In: LEITE, R. M. V. B. C.; BRIGHENTI, A. M.; CASTRO, C. (Eds.). Girassol no Brasil*. Londrina: Embrapa Soja, 2005. p. 269-297.

OLIVEIRA, E. C. *et al.* Viabilidade técnica e econômica da produção de ervilha (*Pisumsativum L.*) cultivada sob diferentes lâminas de irrigação. **Engenharia Agrícola**, Piracicaba, v. 31, n. 2, p. 324-33, 2011.

OLIVEIRA, F. A. *et al.* Manejo do solo. *In:* LEITE, R. M. V. B. C.; BRIGHENTI, A. M.; CASTRO, C. (Eds.). **Girassol no Brasil**. Londrina: Embrapa Soja, 2005. p. 299-335.

OLIVEIRA, J. A. *et al.* O programa biodiesel do Ceará na visão dos agricultores familiares. *In:* CONGRESSO DA SOBER, 48., 2010, Campo Grande-MS. **Anais...** Campo Grande-MS: SOBER, 2010.

OLIVEIRA, J. M. *et al.* Fertirrigação na cultura da rúcula (*Eruca sativa* Miller) conduzida em ambiente protegido. **Irriga**, Botucatu, v. 21, n. 3, p. 438-448, 2016.

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**, Fortaleza, v. 6, n. 1, p. 23-32, 2012.

OLIVEIRA, M. D. S.; CÁCERES, D. R. **Girassol na alimentação de bovinos**. Jaboticabal: FUNEP, 2005.

PAGLIARINI, M. K. *et al.* Níveis de fertirrigação na avaliação das características morfofisiológicas em mudas de pimenta malagueta. **Irriga**, Botucatu, v. 17, n. 1, p. 46-55, 2012.

PARENTE, E. J. S. **Biodiesel**: uma aventura tecnológica num país engraçado. Fortaleza: Unigráfica, 2003.

PEREIRA, E. S. *et al.* Torta de girassol em rações de vacas em lactação: produção microbiana, produção, composição e perfil de ácidos graxos do leite. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, Maringá, v. 33, n. 4, p. 387-394, 2011.

PIGHNELLI, A. L. M. T. **Extração mecânica de atlas de amendoim e de girassol para produção de biodiesel via catálise básica**. 2007. 80 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007.

PINHEIRO, J. W. *et al.* Farelo de girassol na alimentação de frangos de corte em diferentes fases de desenvolvimento. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 3, p. 1418-1425, 2002.

PUTT, E. D. Early history of sunflower. *In:* SCHNEITER, A. A. (Ed.). **Sunflower technology and production**. Madison: American Society of Agronomy, 1997. p. 1-19.

QUAGGIO, J. A. *et al.* Sun flower response to lime and boron. *In:* INTERNATIONAL SUNFLOWER CONFERENCE, 11., Mar del Plata, 1985. **Proceedings**. Mar del Plata: ASGIR, 1985, v. 1, p. 209-215.

QUAGGIO, J. A.; UNGARO, M. R. F. Girassol. *In:* RAIJ, B. V. *et al.* (Eds.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: IAC, 1997. p. 198.

QUEIROGA, F. M. **Resposta da cultura do girassol a doses de potássio, magnésio, boro, zinco, cobre e a fontes de nitrogênio**. 2011. 71 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2011.

RAIJ, B. VAN. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Ceres/Potafos, 1991.

RAJKOVIC, Z.; VREBALOV, T.; BOGDANOVIC, D. Method of nitrogen fertilization and yield of sunflower hybrid NS-H-26-RM. *In: CONFERENCEINTERNACIONAL DEL GIRASOL*, 9, 1980, Torrenalinos, MalagaEspana. **Anales...** Cordoba: Instituto NacionaldenInvestigacionas Agrárias, 1980.

RAPOSO, J. R. **A rega por aspersão**. Lisboa: Clássica, 1979.

REGO, J. L. *et al.* Efeitos de níveis de irrigação sobre a cultura do crisântemo. **RevistaCiênciaAgronômica**, Fortaleza, v. 35, n. 2, p. 302-308, 2004.

REHM, G. M.; WIESE, R. A. Effect of method of nitrogen application on corn (*Zea mays L.*) growth on irrigated sand soils. **Soil Science Society of America**, v. 32, n. 6, p. 1217-1220, 1975.

RIBEIRO, A. C. *et al.* Análise da cultura do espinafre em função de fertirrigação associada ao parcelamento de nitrogênio em gotejamento superficial e subsuperficial. *In: ENCONTRO DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO*, 9., 2015, Dourado-MS. **Anais...** Dourado-MS: UFGD/UEMS, 2015.

RIBEIRO, E. L. A. *et al.* Silagens de girassol (*Helionthus annuus L.*) milho (*Zeamays L.*) e sorgo (*Sorghum bicolor (L) moench*) para ovelhas em confinamento. **Ciência Rural**, v. 32, n. 2, p. 299-302, 2002.

RIBEIRO, J. L. Relatos por região sobre o comportamento da cultura do girassol: Região: Nordeste. *In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE GIRASSOL*, 20., 2013, Cuiabá, MT. **Anais...** Londrina: Embrapa Soja, 2014. (Embrapa Soja, Documentos, 348)

RODRIGUEZ, N. M.; SOUSA, L. F.; CASTRO, K. J. Utilização de subprodutos da agroindústria na alimentação de ruminantes experiência brasileira. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOTECNIA*, 19.; **CONGRESSO INTERNACIONAL DE ZOOTECNIA**, 11., 2009, Águas de Lindóia. **Anais...** Águas de Lindóia: FZEA/USP, 2009.

SACHS, L. G. *et al.* Efeito de NPK na produtividade e componentes químicos do girassol. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 27, n. 4, p. 533-546, 2006.

SALOMÃO, L. C. *et al.* Influência do turno de rega na eficiência do uso da água de irrigação e na produtividade de plantas de alface cultivadas em ambiente protegido. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 10, n. 8, p. 2029-2039, 2014.

SANCHES, A. C. *et al.* Produtividade da canola sob irrigação e doses de adubação nitrogenada. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, Campina Grande, v. 18, n. 7, p. 688-693, 2014.

SANTOS, R. F.; CHARLESSO, R. Déficit hídrico e os processos morfológicos e fisiológicos das plantas. **Rev. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, Campina Grande, v. 2, n. 3, p. 287-294, 1998.

- SCHEINER, J. D.; LAVADO, R. S. Soil water content, absorption of nutrient elements, and responses to fertilization of sunflower: a case study. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 22, n. 2, p. 369-377, 1999.
- SCHNEITER, A. A.; MILLER, J. F. Description of sun flower growth stages. **Crop Science**, Madison, v. 21, n. 6, p. 901-903, 1981.
- SCHWERZ, T. *et al.* Produção de girassol cultivado após soja, milho e capim-marandu, com e sem irrigação suplementar. **Rev. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, Campina Grande, v. 19, n. 5, p. 470-475, 2015.
- SENTELHAS, P. C. *et al.* Temperatura-base e graus-dia para cultivares de girassol. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 2, p. 43-49, 1994.
- SILVA, A. R. A. *et al.* Desempenho de cultivares de girassol sob diferentes lâminas de irrigação no Vale do Curu, CE. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 42, n. 1, p. 57-64, 2011.
- SILVA, A. R. A. *et al.* Influência da frequência de irrigação no crescimento inicial *Mezilaurusitauba*, *Lafoensia glyptocarpa* e *Leucaenaleucocephala*. In: CONGRESSO FLORESTAL PARANAENSE, 4., 2012, Curitiba. **Anais...** Curitiba: Malinovski Florestal, 2012a.
- SILVA, A. R. A. *et al.* Morfologia e fitomassa do girassol cultivado com déficits hídricos em diferentes estádios de desenvolvimento. **Rev. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 9, p. 959-968, 2012b.
- SILVA, C. A.; PINHEIRO, J. W. Girassol na alimentação de suínos e aves In: LEITE, R. M. V. B. C.; BRIGHENTI, A. M.; CASTRO, C. (Eds.). **Girassol no Brasil**. Londrina: Embrapa Soja, 2005. p. 93-121.
- SILVA, J. C. A. *et al.* Crescimento e produção de genótipos de gergelim em função de lâminas de irrigação. **Rev. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, Campina Grande, v. 18, n. 4, p. 408-416, 2014.
- SILVA, J. E. B. *et al.* Produção e qualidade do fruto da mamona em semeio e rebrote sob estresse hídrico fenológico. **Rev. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 11, p. 1167-1172, 2013.
- SILVA, M. L. O. **Aplicações de lâminas de água e doses de boro na cultura do girassol**. 2005. 115 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2005.
- SILVA, M. L. O. *et al.* Crescimento e produtividade do girassol cultivado na entressafra com diferentes lâminas de água. **Rev. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, Campo Grande, v. 11, n. 5, p. 482-488, 2017.
- SILVA, M. L. O. *et al.* Viabilidade técnica e econômica do cultivo de safrinha do girassol irrigado na região de Lavras, MG. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v. 31, n. 1, p. 200-205, 2007.

SILVA, M. N. **A cultura do girassol**. Jaboticabal: FUNEP/UNESP, 1990.

SIMÕES, W. L. *et al.* Eficiência do uso de água da cana-de-açúcar submetida a regimes de déficit hídrico no submédio do São Francisco. *In*: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 25., 2015, São Cristóvão-SE. **Anais...** São Cristóvão-SE: ABID/UFS, 2015.

SMIDERLE, O. J. *et al.* **Adubação nitrogenada do girassol nos Cerrados de Roraima**. Boa Vista: Embrapa Roraima, 2004. (EMBRAPA Roraima, Comunicado Técnico n. 8).

SMIDERLE, O. J.; GIANLUPPI, D.; GIANLUPPI, V. Adubação nitrogenada, espaçamento e época de semeadura no girassol nos Cerrados de Roraima. *In*: EMBRAPA. **Resultados de pesquisas da Embrapa Soja**, 2001: girassol e trigo. Londrina: Embrapa Soja, 2002. (Embrapa Soja, Documentos, 199). p. 24-29.

SOARES, L. A. A. *et al.* Fitomassa e produção do girassol cultivado sob diferentes níveis de reposição hídrica e adubação potássica. **Rev. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, Campina Grande, v. 19, n. 4, p. 336-342, 2015.

SOUSA, A. E. C. *et al.* Teor de óleo no pinhão manso em função de lâminas de água residuária. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v. 46, n. 1, p. 108-111, 2011.

STEER, B. T. *et al.* Nitrogen nutrition of sunflower (*Helianthus annuus L.*): yield components, the timing of their establishment and seed characteristics in response to nitrogen supply. **Field Crops Research**, v. 9, p. 219-236, 1984.

STRINGHINI, J. H. *et al.* Avaliação do valor nutritivo do farelo de girassol para aves. **Ciência Animal Brasileira**, v. 1, n. 2, p. 123-126, jul./dez. 2000.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

TAVERNARI, F. C. *et al.* Farelo de girassol composição e utilização na alimentação de frangos de corte. **Revista Eletrônica Nutritime**, v. 5, n. 5, p. 638-647, 2008. Disponível em: <http://www.nutritime.com.br/arquivos_internos/artigos/064V5N5P638_647_SET2008_.pdf>. Acesso em: 25 jun. 2017.

TEIXEIRA, L. A. J.; NATALE, W.; MARTINS, A. L. M. Nitrogênio e potássio via fertirrigação e adubação convencional-estado nutricional das bananeiras e produção de frutos. **Rev. Bras. Frutic.**, Jaboticabal, v. 29, n. 1, p. 153-160, 2007.

UNGARO, M. R. G. Cultura do girassol. **Boletim Técnico do Instituto Agrônomo**, Campinas, n. 188, p. 1-36, 2000.

UNGARO, M. R. G. Girassol (*Helianthus annuus L.*). **Boletim Informativo do Instituto Agrônomo**, Campinas, v. 200, n. 5, p. 112-113, 1990.

UNGER, P. W. *et al.* Sunflower research in the southern high plains – a progress report. **ProceedingSunflowerForum**, Fargo, North Dakota, n. 1, p. 24-29, 1976.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado do Ceará**. Fortaleza: UFC/CCA, 1993.

VALNIR JUNIOR, M. *et al.* Lâminas de irrigação e frequência de aplicação no crescimento do meloeiro. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 7, n 1, p. 42-53, 2013.

VASCONCELOS, D. V. **Manejo da cultura do girassol submetida a diferentes doses de nitrogênio e potássio aplicados por adubação convencional e por fertirrigação e lâminas de irrigação**. 2011. 87 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 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, 2015.

VIANA, T. V. A. *et al.* Fatores produtivos da mamoneira submetida a diferentes números de dias com irrigação. **Agropecuária Técnica**, Areia-PB, v. 31, n. 1, p. 75-82, 2010.

VIEIRA FILHO, P. S. *et al.* Fertirrigação com nitrogênio por gotejamento superficial na cultura de rúcula. *In*: INOVAGRI INTERNATIONAL MEETING, II., 2014, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: INOVAGRI, 2014.

VILLALBA, E. O. H. **Recomendação de nitrogênio, fósforo e potássio para girassol sob sistema plantio direto no Paraguai**. 2008. 82 f. Dissertação (Mestrado em Ciências do Solo) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.

VON PINHO, R. G. *et al.* Adubação nitrogenada, densidade e espaçamento de híbridos de milho em sistema de plantio direto na região sudeste do Tocantins. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 3, p. 733-739, 2008.

VRANCEANU, A. V. **El girassol**. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, 1977.

WANDERLEY, J. A. C. *et al.* Crescimento do girassol sob sistema de captação de água “in situ” e adubação orgânica. **Revista Verde**, Mossoró, v. 9, n. 2, p. 129-138, 2014.

WEBBER PUHL, R.; RASCHE-ALVAREZ, J. W. Manejo da adubação nitrogenada na cultura da canola. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia-MS, v. 2, n. 1, p. 41-52, jan./mar. 2015.

WEISS, E. A. Sunflower. *In*: WEISS, E. A. **Oilseedcrops**. New York: Longman, 1983. p. 402-468.

ZAGONEL, J.; MUNDSTOCK, C. M. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura em duas cultivares de girassol. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v. 26, n. 9, p. 1487-1492, 1991.