



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

TESE

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: IRRIGAÇÃO E DRENAGEM

ONTOGÊNESE E PRODUÇÃO DE GIRASSOL SUBMETIDO A DIFERENTES LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO E ADUBAÇÃO NITROGENADA

ELAINE PRISCILA TARGINO VIANA

CAMPINA GRANDE- PB
AGOSTO DE 2016

**ONTOGÊNESE E PRODUÇÃO DE GIRASSOL SUBMETIDO A
DIFERENTES LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO E ADUBAÇÃO
NITROGENADA**

DOUTORANDA: ELAINE PRISCILA TARGINO VIANA

ORIENTADOR: Ph. D. HUGO ORLANDO CARVALLO GUERRA

DRA. LÚCIA HELENA GARÓFALO CHAVES

Tese apresentada ao
CTRN/UFCG de Campina
Grande, Paraíba, em
cumprimento as exigências para
obtenção do título de doutora do
Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Agrícola

CAMPINA GRANDE- PB

AGOSTO DE 2016

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCG

V614o Viana, Elaine Priscila Targino.
Ontogênese e produção de girassol submetido a diferentes lâminas de irrigação e adubação nitrogenada / Elaine Priscila Targino Viana. – Campina Grande, 2016.
78 f. : il. color.

Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, 2016.

"Orientação: Prof. Dr. Hugo Orlando Carvalho Guerra, Profa. Dra. Lúcia Helena Garófalo Chaves.

Referências.

1. Irrigação. 2. Nitrogênio. 3. Fitomassa. 4. Drenagem. I. Guerra, Hugo Orlando Carvalho. II. Chaves, Lúcia Helena Garófalo. III. Título.

CDU 631.67(043)



PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA TESE

ELAINE PRISCILA TARGINO VIANA

**“ONTOGÊNESE E PRODUÇÃO DE GIRASSOL SUBMETIDO A DIFERENTES
LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO E ADUBAÇÃO NITROGENADA”**

APROVADA: 25 DE AGOSTO DE 2016

BANCA EXAMINADORA

Dr. Hugo Orlando Carvalho Guerra
Orientador - UAEA/CTRN/UFCA

Dr. Lucia Helena Garofalo Chaves
Orientadora - UAEA/CTRN/UFCA

Dr. Jorge Alves Sousa
Examinador - UFCA/UITÉ

Dr. Rogerio Dantas de Lacerda
Examinador - IFRN/APODÍ

Dra. Lauriane Almeida dos Anjos Soares
Examinadora - PDJ/CNPQ

Dr. Allan Nunes Alves
Examinador - Pós- Doutorando/CTRN/UFCA

Dedico

A minha mãe, Maria Otilia, pelo amor, luta
e dedicação de uma vida inteira para minha
formação pessoal e profissional.
A você, a minha eterna gratidão!

Agradecimentos

A Deus, pela benção da vida, pela força, saúde e coragem para enfrentar e superar os momentos mais difíceis. A Ele, toda honra e toda glória.

A meus pais e a todos os meus familiares, pela dedicação, amizade sincera e companheirismo sempre.

Ao meu noivo e amigo, Rodolfo Thiago Santino Silva, pelo amor, companheirismo, paciência e apoio no decorrer deste trabalho.

Aos Professores, Ph. D Hugo Orlando Carvalho Guerra e Dra Lúcia Helena Garófalo Chaves, pela orientação, confiança e amizade e por me oferecerem algo valiosíssimo, que é o conhecimento, e ao Professor Dr. Jorge Alves de Souza, pelo apoio nas análises estatísticas do trabalho.

À Banca examinadora, pela contribuição imprescindível em prol deste trabalho.

Ao Curso de Pós-graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande, por mais esta oportunidade de qualificação profissional e por contribuir com novas descobertas tecnológicas que se destinam a melhorar a qualidade de vida do homem do campo.

À CAPES, pela concessão da bolsa de estudos durante o curso.

Aos professores que contribuíram para minha qualificação profissional e formação humana.

Aos funcionários da Coordenação de Pós-graduação, pelo apoio, sempre que precisei.

Aos colegas e amigos, Geovani Soares, Lauriane Almeida, João Batista e Diego Azevedo, pelo apoio imprescindível durante a pesquisa.

Aos colegas de curso, pelo apoio nas horas difíceis e parceria nas horas alegres.

Enfim, agradeço a todas as pessoas que, direta ou indiretamente, contribuíram para a concretização desta conquista.

Muito obrigada!

ÍNDICE

LISTA DE FIGURAS...	10
LISTA DE TABELAS.....	12
RESUMO.....	14
ABSTRACT.....	15
1.INTRODUÇÃO.....	16
2.OBJETIVOS.....	18
21 OBJETIVO GERAL.....	18
22 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	18
3. REVISÃO DE LITERATURA.....	19
3.1. IMPORTÂNCIA DO GIRASSOL.....	19
3.2. ORIGEM E INTRODUÇÃO DO GIRASSOL NO BRASIL.....	20
3.3 CLASSIFICAÇÃO BOTÂNICA.....	21
3.4 DESCRIÇÃO BOTÂNICA.....	21
3.5 CICLO FENOLÓGICO DO GIRASSOL.....	25
3.6 EXIGÊNCIAS DO GIRASSOL.....	26
3.6.1 EXIGÊNCIAS DE SOLO.....	26
3.6.2 EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS E ADUBAÇÃO.....	27
3.6.3 NECESSIDADES HÍDRICAS.....	30
3.6.4 OUTRAS EXIGÊNCIAS.....	32
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	33
4.1 LOCALIZAÇÃO DA PESQUISA.....	33
4.2. DELINEAMENTO EXPETIMENTAL.....	33
4.3 INSTALAÇÃO DO EXPERIMENTO.....	34
4.3.1 SEMEADURA.....	36
4.3.2 MANEJO DA IRRIGAÇÃO.....	38
4.3.3. POLINIZAÇÃO.....	38
4.4. TRATOS CULTURAIS EMANEJO FITOSSANITÁRIO.....	39
4.5. VARIÁVEIS ANALISADAS.....	39
4.5.1. VARIÁVEIS DE CRESCIMENTO.....	39
4.5.2. COMPONENTES DE PRODUÇÃO.....	41
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	43
5.1 VARIÁVEIS DE CRESCIMENTO.....	43
5.1.1 ALTURA DA PLANTA.....	43
5.1.2 TAXA DE CRESCIMENTO ABSOLUTO (TCA) E RELATIVO (TCR) DA ALTURA DA PLANTA DE GIRASSOL.....	47
5.1.3 DIÂMETRO DO CAULE.....	49

5.1.4 TAXA DE CRESCIMENTO ABSOLUTO E RELATIVO DO DIÂMETRO DO CAULE (TCA E TCR).....	52
5.1.5 NÚMERO DE FOLHAS.....	54
5.1.6 ÁREA FOLIAR.....	57
5.1.7 DIÂMETRO INTERNO E EXTERNO DO CAPITULO.....	61
5.2 COMPONENTES DE PRODUÇÃO	63
5.2.1 FITOMASSA DE CAULE, FOLHAS E CAPITULO	63
5.2.2 NÚMERO DE AQUÊNIOS.....	65
5.2.3 FITOMASSA DE AQUÊNIOS	67
6. CONCLUSÕES.....	69
REFERÊNCIAS	71

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. O GIRASSOL	19
FIGURA 2. LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA DE CAMPINA GRANDE-PB	33
FIGURA 3. UNIDADES EXPERIMENTAIS ANTES DA SEMEADURA DO GIRASSOL.....	34
FIGURA 4. PLÂNTULAS EMERGENTES	37
FIGURA 5. EXPERIMENTO PÓS-DESBASTE.....	37
FIGURA 6. EXPERIMENTO NA FASE DE FLORAÇÃO.....	39
FIGURA 7. MENSURAÇÕES DA ALTURA DE PLANTA (A) E DIÂMETRO DE CAULE (B)	40
FIGURA 8. PLANTAS PARCIALMENTE SECCIONADAS.....	42
FIGURA 9. SEMENTES VIÁVEIS (A) E SEMENTES NÃO VIÁVEIS (B).....	42
FIGURA 10. ALTURA DA PLANTA EM FUNÇÃO DA ÁGUA DISPONÍVEL NO SOLO AOS 45 (A), 61 (B) E 77 DAS (C)	45
FIGURA 11. EVOLUÇÃO DA ALTURA DA PLANTA EM FUNÇÃO DA ÁGUA DISPONÍVEL NO SOLO (A) E DOSES DE NITROGÊNIO (B)	47
FIGURA 12. TAXA DE CRESCIMENTO ABSOLUTO DA ALTURA DE PLANTA EM FUNÇÃO DA ÁGUA DISPONÍVEL NO SOLO	48
FIGURA 13. DIÂMETRO DE CAULE EM FUNÇÃO DA ÁGUA DISPONÍVEL NO SOLO AOS 45 (A), 61 (B) E 77 DAS (C)	50
FIGURA 14. EVOLUÇÃO DO DIÂMETRO DE CAULE EM FUNÇÃO DA ÁGUA DISPONÍVEL NO SOLO (A) E DOSES DE NITROGÊNIO (B)	52
FIGURA 15. TAXA DE CRESCIMENTO ABSOLUTO DO DIÂMETRO DE CAULE EM FUNÇÃO DA ÁGUA DISPONÍVEL NO SOLO	53
FIGURA 16. NÚMERO DE FOLHAS EM FUNÇÃO DA ÁGUA DISPONÍVEL NO SOLO AOS 45 (A), 61 (B) E 77 DAS (C)	55
FIGURA 17. EVOLUÇÃO DO NÚMERO DE FOLHAS EM FUNÇÃO DA ÁGUA DISPONÍVEL NO SOLO (A) E DAS DOSES DE NITROGÊNIO (B)	56
FIGURA 18. ÁREA FOLIAR EM FUNÇÃO DA ÁGUA DISPONÍVEL NO SOLO AOS 45 (A), 61 (B) E 77 DAS (C).....	59
FIGURA 19. EVOLUÇÃO DA ÁREA FOLIAR EM FUNÇÃO DA ÁGUA DISPONÍVEL NO SOLO (A) E DOSES DE NITROGÊNIO (B)	60
FIGURA 20. DIÂMETRO INTERNO (20A) E DIÂMETRO EXTERNO DO CAPITULO (20B) EM FUNÇÃO DA ÁGUA DISPONÍVEL NO SOLO	62

FIGURA 21. FITOMASSA DO CAULE, DAS FOLHAS E DO CAPITULO EM FUNÇÃO DA ÁGUA DISPONÍVEL NO SOLO.....	64
FIGURA 22. NÚMERO DE AQUÊNIOS VIÁVEIS EM FUNÇÃO DA ÁGUA DISPONÍVEL NO SOLO	66
FIGURA 23. FITOMASSA DE AQUÊNIOS VIÁVEIS EM FUNÇÃO DA ÁGUA DISPONÍVEL NO SOLO	68

LISTA DE TABELAS

TABELA 1. CARACTERÍSTICAS FÍSICO-HÍDRICAS DO SOLO.....	35
TABELA 2. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DO SOLO	36
TABELA 3. RESUMO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA ALTURA DE PLANTA DO GIRASSOL (VARIEDADE BRS-323) AOS 45, 61 E 77 DIAS, SUBMETIDO À DIFERENTES PORCENTAGEM DE ÁGUA DISPONÍVEL NO SOLO E DOSES DE NITROGÊNIO	44
TABELA 4. RESUMO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA TAXA DE CRESCIMENTO ABSOLUTO (CM) E TAXA DE CRESCIMENTO RELATIVO (CM) DA ALTURA DE PLANTA DO GIRASSOL (VARIEDADE BRS-323), SUBMETIDO À PORCENTAGEM DE ÁGUA DISPONÍVEL NO SOLO E DOSES DE NITROGÊNIO	48
TABELA 5. RESUMO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA O DIÂMETRO DO CAULE DO GIRASSOL (VARIEDADE BRS-323) EM DIFERENTES DATAS, SUBMETIDO À PORCENTAGEM DE ÁGUA DISPONÍVEL NO SOLO E DOSES DE NITROGÊNIO	49
TABELA 6. RESUMO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA TAXA DE CRESCIMENTO ABSOLUTO (TCA) (MM) E TAXA DE CRESCIMENTO RELATIVO DO DIÂMETRO (TCR)(MM) DE CAULE DO GIRASSOL (VARIEDADE BRS-323), SUBMETIDO À PORCENTAGEM DE ÁGUA DISPONÍVEL NO SOLO E DOSES DE NITROGÊNIO	53
TABELA 7. RESUMO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA NÚMERO DE FOLHAS (NF) DO GIRASSOL EM DIFERENTES DATAS, SUBMETIDO À PORCENTAGEM DE ÁGUA DISPONÍVEL NO SOLO E DOSES DE NITROGÊNIO	54
TABELA 8. RESUMO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA ÁREA FOLIAR DO GIRASSOL (VARIEDADE BRS-323) EM DIFERENTES DATAS, SUBMETIDO À PORCENTAGEM DE ÁGUA DISPONÍVEL NO SOLO E DOSES DE NITROGÊNIO.....	58
TABELA 9. RESUMO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA DIÂMETRO INTERNO E EXTERNO DO CAPITULO DO GIRASSOL (VARIEDADE BRS-323) EM DIFERENTES DATAS, SUBMETIDO À DIFERENTES PORCENTAGENS DE ÁGUA DISPONÍVEL E DOSES DE NITROGÊNIO NO SOLO.....	61
TABELA 10. RESUMO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA A FITOMASSA DE CAULE (FSC), FOLHAS (FSF) E CAPITULO (FSCap) DO GIRASSOL (VARIEDADE BRS-323), SUBMETIDOS À PORCENTAGEM DE ÁGUA DISPONÍVEL NO SOLO, DOSES DE NITROGÊNIO.....	63

TABELA 11. RESUMO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA NÚMERO DE AQUÊNIOS DO GIRASSOL (VARIEDADE BRS-323) EM DIFERENTES DATAS, SUBMETIDO À PORCENTAGEM DE ÁGUA DISPONÍVEL NO SOLO E DOSES DE NITROGÊNIO.....	65
TABELA 12. RESUMO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA DA FITOMASSA DE AQUÊNIOS VIÁVEIS DO GIRASSOL (VARIEDADE BRS-323) EM DIFERENTES DATAS, SUBMETIDO À PORCENTAGEM DE ÁGUA DISPONÍVEL NO SOLO E DOSES DE NITROGÊNIO.....	67

ONTOGÊNESE E PRODUÇÃO DE GIRASSOL SUBMETIDO A DIFERENTES LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO E ADUBAÇÃO NITROGENADA

RESUMO

O girassol (*Helianthus annuus* L.) está inserido entre as espécies vegetais de maior potencial para a produção de biocombustível complementando, assim, a oferta de forragem e alimentos. O cultivo de girassol no Brasil ressalta a necessidade de maiores informações que otimizem sua produtividade. Objetiva-se, deste modo e neste trabalho, avaliar, em casa de vegetação, o crescimento e a produção do girassol BRS-323 quando submetido a quatro lâminas de irrigação (50, 75, 100 e 125% da água disponível do solo) e 4 doses de nitrogênio (80, 100, 120 e 140 (kg há⁻¹). O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados em esquema fatorial do tipo (4×4) com três repetições totalizando 48 unidades experimentais. Todas as variáveis de crescimento foram mensuradas aos 45, 61 e 77 dias após a semeadura (DAS) e as variáveis de produção mensuradas por ocasião da colheita. Os conteúdos de água disponível no solo aumentaram linearmente o crescimento e a produção do girassol variedade BRS 323; com exceção do número de folhas, os conteúdos de água disponível no solo aumentaram linearmente o desenvolvimento do girassol variedade BRS 323. As doses de nitrogênio não influenciaram as variáveis avaliadas nem houve interação entre os tratamentos de água disponível e adubação nitrogenada. A melhor lâmina de irrigação para a produção do girassol foi aquela correspondente ao maior conteúdo de água disponível no solo, 125%;

Palavras-chave: irrigação, nitrogênio, fitomassa

ONTOGENESIS AND PRODUCTION OF SUNFLOWER UNDER DIFFERENTS LEVELS OF IRRIGATION AND NITROGEN

ABSTRACT

Sunflower (*Helianthus annuus* L.) is inserted between the greatest potential plant species for biofuel production, as well as for the supply of human food and forage. Although there exist plenty research of the growing of sunflower in Brazil, in the North East still there is a need for further research to optimize its productivity. Thus, the objective of the present study was to evaluate, under semicontrolled conditions, the growing, developing and production of the BRS-323 sunflower cultivar when submitted to four water contents (50, 75, 100 e 125% of soil water available for plants) and four levels of nitrogen in the soil (80, 100, 120 e 140 kg ha⁻¹). All growth and development variables were measured at 45, 61 and 77 days after sowing and the production variables at harvest. The experimental design was a 4x4 factorial randomized block design with three replicates, totalizing 48 experimental units. Available soil water content increased significant and linearly the growth and production of the sunflower. With the exception of the leaf number the available soil water content it also increased in similar way the sunflower developmet. Nitrogen levels did not affect sunflower behavior and the available soil water and nitrogen level interaction alwso was not significant. The otimum irrigation depth for sunflower production, found on the present experiment, was that corresponding to the higher available soil water content, 125%.

Keywords: irrigation, nitrogen fertilization, biomass

1. INTRODUÇÃO

O girassol (*Helianthus annuus* L.) tem-se destacado por seu potencial para a produção de biocombustível, além de se constituir em importante opção para o produtor agrícola em sistemas envolvendo rotação ou sucessão de culturas. Sua ampla adaptação as diferentes condições climáticas, teor e qualidade do óleo de suas sementes, contribuem para sua extensiva implantação no país. Pode ser utilizada em diversas outras finalidades tais como ornamentação, alimentação animal (ração) para aves, suínos e bovinos, forragem, silagem, e ainda na alimentação humana de diversas formas (aquênios e óleo) (UNGARO, 2006).

A média mundial de produção de girassol é de cerca de 1.300 kg/ha, com extremos de produção de 2700 kg/ha na Suíça e de 300 kg/ha no Marrocos. Essas diferenças podem ser atribuídas principalmente às variações que ocorrem nas condições de produção do girassol, como o clima, a fertilidade do solo, emprego de tecnologias e ocorrência de doenças, entre outras. No Brasil, com uma expansão desordenada da cultura, falta de zoneamento agroclimático e fitossanitário, além da assistência técnica pouco capacitada, a produtividade média está em torno de 1.500 kg/ha, acima da média mundial. Em regiões com mais tradição de cultivo e tecnologias, as produtividades médias alcançam 2.000 kg/ha (EMBRAPA, 2016).

Em levantamento realizado pela Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB) as estimativas da produção nacional de girassol para a safra 2015/16 giram em torno de 62,6 mil toneladas, inferiores à safra 2013/2014, que foi de 153,2 mil toneladas. Esta diminuição, de acordo com informações do setor produtivo, deve ter sido ocasionada sobretudo devido às condições climáticas adversas no momento do plantio do girassol além do substancial aumento do custo dos insumos em virtude da elevação na cotação do dólar (CONAB, 2016).

Na região Nordeste, notadamente na região semiárida o regime irregular de precipitações ao longo do ano constitui um dos fatores mais limitantes à produção agrícola do girassol, comprometendo significativamente sua produção. Tal fato justifica a necessidade de recorrer à prática da irrigação fornecendo, de forma precisa e racional, as necessidades hídricas da cultura visando, desta forma, otimizar a produção e a eficiência do uso da água (GARCIA et al., 2007, BILIBIO et al. 2010).

A avaliação de diferentes lâminas de irrigação constitui uma maneira bastante prática para se determinar as necessidades hídricas de uma espécie, a quantidade de

água de que a cultura necessita para crescer e produzir dentro dos limites impostos por seu potencial genético (AZEVEDO e BEZERRA, 2008). De acordo com Acosta (2009) e Silva et al. (2007) que avaliaram a estreita relação entre irrigação e produtividade do girassol, respondem significativamente à disponibilidade hídrica do solo em decorrência da irrigação.

Do ponto de vista nutricional, o nitrogênio é o macronutriente mais requerido pela cultura do girassol visto que desempenha papel fundamental no crescimento das plantas uma vez que é considerado um elemento indispensável para várias funções vitais das plantas (OLIVEIRA et al., 2012); é, também, o elemento que mais limita sua produção, proporcionando redução de até 60% na produtividade, em decorrência da sua deficiência (ORDONEZ, 1990 citado por GUEDES FILHO, 2013). Pesquisas têm mostrado que tanto o crescimento da planta como o teor de óleo nos aquênios, respondem positivamente à adição de nitrogênio (BONO et al., 1999; BISCARO et al., 2008).

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Avaliar o crescimento e a produção do girassol com irrigação e adubação mineral.

2.2 Objetivos Específicos

- ❖ Avaliar o efeito de diferentes doses de adubação nitrogenada e água disponível no solo sobre o crescimento, desenvolvimento e produção do girassol;
- ❖ Identificar a lâmina ótima de irrigação e dose de nitrogênio para a produção da cultura;
- ❖ Estudar a interação entre a irrigação e a adubação.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Importância do Girassol

O girassol, com o nome científico de *Helianthus annuus* natural da América do Norte, introduzida na Europa no século XVI é, hoje, cultivada nos cinco continentes e tem sua importância renovada pela crescente busca por fontes renováveis de energia. Isto porque seu óleo, além de ser saudável para a alimentação humana, com propriedades que reduzem o nível de colesterol, também é matéria-prima para a fabricação de biodiesel (SANTANA, 2008).



Figura 1. O Girassol

Fonte: <http://www.agricolaepecuaria.com.br>

Trata-se de uma planta robusta e muito resistente, que produz flores na primavera e no verão podendo florescer o ano todo, especialmente sob temperaturas entre 18 e 30 °C. O girassol vem sendo utilizado de maneira para extração de óleo; além disto, também pode ser utilizada como flor ornamental que tem garantido bons lucros ao pequeno produtor em especial quando é associado à apicultura. O mel originário do girassol além de ser um excelente produto alimentício, é o mais apropriado para combater o colesterol (SANTANA, 2008).

3.2. Origem e introdução do girassol no Brasil

Inicialmente o girassol como seu país de origem, o Peru, porém pesquisas arqueológicas revelaram o uso do girassol por índios norte-americanos, com pelo menos uma referência indicando o cultivo nos Estados de Arizona e no Novo México, por volta de 3000 anos a. C. (SELMECZI-KOVACS, 1975). Estudos indicam que a domesticação do girassol ocorreu principalmente na região do México e sudoeste dos EUA mas podia ser encontrado em todo o continente americano devido à disseminação feita pelos aborígenas, os quais selecionavam plantas com apenas uma haste. Eles usavam as plantas com propósitos de alimentação, além de medicinais e decorativos (GAZZOLA et al., 2012).

O cultivo do girassol no Brasil se iniciou no século XIX, na região Sul, provavelmente trazido por colonizadores europeus, que consumiam as sementes torradas e fabricavam uma espécie de chá matinal (PELEGRINI, 1985).

A primeira indicação de cultivo comercial, em São Paulo, data de 1902, quando a Secretaria da Agricultura distribuiu sementes aos agricultores do estado. Na década de 30 o girassol foi indicado como planta de muitas aptidões como produtora de silagem, oleaginosa e alimentação de aves, entre outros (UNGARO, 1982).

No fim da década de 1970 houve um grande incentivo e entusiasmo pelo cultivo de girassol já que neste período o governo incentivou o aumento das pesquisas sobre oleaginosas visando à substituição do petróleo pelos óleos vegetais. O centro desse movimento se deu no oeste do estado do Paraná, onde se dispunha de alguma pesquisa local pelo Instituto Agrônômico do Paraná (IAPAR). O rendimento em 1980 chegou a 1800 kg ha⁻¹; contudo, em 1983 a produtividade caiu para 460 kg ha⁻¹ em decorrência do ataque severo de doenças fúngicas, principalmente a *Sclerotinia sclerotiorum*, decorrido do excesso de umidade no fim do ciclo do girassol (DALL'AGNOL et al. 1994).

O girassol é cultivado com sucesso nos cinco continentes e figura entre as quatro principais culturas oleaginosas produtoras de óleo comestível no mundo, com grande importância na economia global (CASTRO, et al., 2010). De acordo com Leite et al. (2005), a área cultivada em 2005 atingia cerca de 18 milhões de hectares espalhados por todos os continentes destacando-se como a quarta oleaginosa em produção de grãos e a quinta em área cultivada no mundo. É uma espécie que apresenta características agrônômicas importantes, como maior resistência à seca, ao frio e ao calor, do que a

maioria das oleaginosas normalmente cultivadas no Brasil. De acordo com Person (2012), a área cultivada no Brasil para a safra 2010/2011 foi de 66.340 hectares, distribuídos nos estados do Centro- Oeste, Sul, Sudeste e Nordeste.

3.3 Classificação Botânica

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, sendo 12 espécies anuais e 37 perenes (CAVASIN JÚNIOR, 2001).

“Segundo a mitologia grega, uma moça chamada Clitia, apaixonou-se pelo Deus do Sol Apolo e, sem poder alcançá-lo, observava-o cruzar o céu. Após nove dias ela foi transformada em um girassol “.

Segundo Leite et al. (2005a), o girassol possui a seguinte classificação botânica:

Reino: Plantae

Divisão: Magnoliophyta

Classe: Magnoliopsida

Ordem: Asterales

Família: Asteraceae

Gênero: *Helianthus* L.

Espécie: *Heliantus annuus*.

3.4 Descrição Botânica

O girassol, com um sistema radicular pivotante crescendo mais rapidamente que a parte aérea da planta é no início do desenvolvimento, formado por um eixo principal e raízes secundárias abundantes, capazes de explorar um grande volume de solo e seus recursos hídricos; já no estágio cotiledonar atinge de quatro a oito centímetros de comprimento, com seis a dez raízes secundárias. Na parte superior da raiz cresce grande número de raízes laterais sendo que parte delas cresce no começo paralelamente à

superfície do solo, até uma distância de 10 a 20 cm da raiz principal, depois se aprofundando no solo e outra parte cresce exclusivamente no sentido horizontal, formando uma espessa rede de radículas, a uma profundidade de 10 a 30 cm. A profundidade explorada pelo sistema radicular do girassol depende dos atributos físicos e químicos do solo. Cerca de 70% das raízes funcionais se encontram nos primeiros 40 cm (ROSSI, 1998).

É uma planta de haste única, não ramificada, ereta, pubescente e áspera, vigorosa, cilíndrica e com o interior do caule maciço. Em períodos de frio podem aparecer ramificações laterais que terminam em inflorescências, característica indesejável para a produção de óleo ou sementes. É de cor verde até o final do florescimento passando à coloração amarelada e pardacenta, no momento da colheita. Sua altura varia de 60 a 220 cm e seu diâmetro de 1,8 e 5 cm, sendo a porção mais próxima à superfície do solo mais grossa e com pouca ou nenhuma pilosidade. O hipocótilo pode apresentar-se nas seguintes cores: verde-esbranquiçado, verde-avermelhado ou vermelho-antociânico (ROSSI, 1998).

Após a emergência epígea das plantas e o aparecimento dos cotilédones (inseridos de maneira oposta), surge o primeiro par de folhas (opostas) com maior desenvolvimento da lâmina foliar. Geralmente são romboides mas algumas vezes lanceolados; as bordas são lisas, raramente com um leve serreado. O segundo par de folhas é lanceolado, com maior desenvolvimento do pecíolo e bordas serreadas. As folhas do terceiro par são, em geral, triangulares, raramente condiformes e com bordas dentadas (VRÂNCEANU, 1977).

Os pecíolos são compridos e elásticos permitindo o movimento das folhas com o vento. Possuem um canal que facilita o transporte de água da chuva que cai sobre parte das folhas, sendo dirigida ao colmo e deste à raiz (ROSSI, 1998). De acordo com Vrânceanu (1977) os pecíolos têm papel muito importante no estabelecimento da cultura e no fornecimento de nutrientes durante os estádios iniciais. Têm pecíolos curtos, carnosos, ovalados e grandes, com aproximadamente 3 cm de comprimento e 2 cm de largura. Durante o dia apresentam posição horizontal e durante a noite se colocam numa posição suavemente oblíqua (ROSSI, 1998).

O crescimento em altura da planta se deve à atividade da gema apical vegetativa, localizada no ápice do caule. Após certo período de crescimento ocorre uma diferenciação na gema apical que se torna reprodutiva, repleta de primórdios florais, originando a inflorescência do girassol (CÂMARA, 2003).

O movimento heliotrópico ocorre durante todo o período da floração plena, sendo resultado de dois movimentos complementares, um de rotação espiralada do caule e outro de ereção das folhas e do capítulo. Ao amanhecer, o caule se encontra em posição normal, de frente para o leste; com o aparecimento do sol, começa a girar e faz uma volta de mais de 90° para chegar, ao entardecer, de frente para o oeste. Além disso, um segundo movimento, que o capítulo e as folhas superiores realizam: passam de caídas no início do dia, para eretas durante o meio-dia e caídas novamente durante o entardecer. O movimento contrário ocorre durante a noite, sendo que, à meia-noite os capítulos chegam a uma posição ereta. Quando que se encerra o florescimento, os capítulos permanecem virados para o leste (ROSSI, 1998).

A inflorescência é do tipo capítulo e as flores são dispostas ao longo do receptáculo floral, o qual apresenta brácteas imbricadas, compridas e ovais, ásperas e pilosas. O diâmetro médio do capítulo pode variar de 17 a 22 cm dependendo da variedade e do híbrido, e das condições ambientais às quais é submetido. O capítulo é composto por: pedúnculo floral, receptáculo, flores e involúcro (ROSSI, 1998). O ideal é que o receptáculo floral seja plano, repleto de flores e com diâmetro de 20 a 25 cm, pois esta forma favorece a secagem (CÂMARA, 2003).

As flores inseridas no receptáculo são de dois tipos: tubulosas (flores férteis) e liguladas (flores inférteis). As tubulosas são as flores propriamente ditas, sendo hermafroditas e florescem da periferia para o centro do capítulo, em círculos concêntricos e sucessivos. São compostas de cálice, corola, androceu e gineceu e ocupam toda a superfície do receptáculo. Uma vez fecundadas originam as sementes e os frutos. Dependendo da variedade, pode haver entre 1000 a 1800 flores férteis em cada receptáculo. Já as flores liguladas são incompletas, com um ovário, e cálice rudimentar além de uma corola transformada, parecida com uma pétala. Geralmente, encontram de 30 a 70 flores liguladas em um capítulo (ROSSI, 1998). Normalmente uma flor leva dois dias para se desenvolver, florescendo 3 a 4 círculos concêntricos por dia. O florescimento total do capítulo leva de 5 a 15 dias para se completar, e o ciclo vital de uma flor é de 24 a 36 horas (SEMENTES COTIBRASIL, 1981).

As flores de girassol apresentam o fenômeno da protandria, isto é, as anteras amadurecem antes do estigma (VRÂNCEANU, 1977). Assim, trata-se de uma planta alógama, ou seja, de polinização cruzada na qual a autofecundação é praticamente inexistente. Em função de o pólen ser relativamente pesado, movimenta-se muito pouco

pelo vento; assim, a entomofilia se constitui no mecanismo básico de polinização do girassol, principalmente pela ação de abelhas (SEMENTES COTIBRASIL, 1981).

O fruto do girassol é um fruto seco, do tipo aquênio, oblongo, geralmente achatado, composto pelo pericarpo (casca) e pela semente propriamente dita (polpa ou amêndoa). Conforme o cultivar, o fruto é variável quanto ao tamanho, cor e teor de óleo (PEIXOTO, 2004). A casca do fruto (pericarpo) é fibrosa, podendo ser da cor branco-estriada, parda, negra, ou negro-estriada. A espessura do aquênio varia de acordo com o cultivar ou híbrido mas geralmente os frutos pretos ou pretos-estriados possuem pericarpos mais finos que os branco-estriados. Os melhores híbridos ou variedades de girassol têm 75% do peso do aquênio composto pela semente botânica (amêndoa) e 25% pela de casca (pericarpo). Os aquênios têm seu tamanho reduzido à medida que se avança da periferia para o centro do capítulo (ROSSI, 1998).

Existem dois tipos de “sementes” (frutos) de girassol, classificadas segundo sua utilização: as “sementes” oleosas e as “sementes” não oleosas. As “sementes” não oleosas são maiores e possuem casca (pericarpo) mais fibrosa facilmente removível, usadas para consumo humano como amêndoas ou como ração para pássaros; enquanto que as “sementes” oleosas apresentam casca bem aderida, sendo usadas para produção de farelo e para extração de óleo (LEITE et al., 2005 a). Aquênios com casca grossa e desgrudada da semente (amêndoa) produzem menor teor de óleo que aqueles com casca fina e aderida à amêndoa. A relação casca/amêndoa é uma característica do genótipo influenciada pelas condições edafoclimáticas.

Botanicamente, a semente (amêndoa) é constituída por dois cotilédones carnosos. Na extremidade mais afilada da amêndoa encontra-se a plúmula ou gêmula que, da mesma forma que os cotilédones, contém óleo e grânulos de aleurona. O teor de óleo na semente de girassol varia de 26 a 72% (CÂMARA, 2003).

Como a parte mais importante do fruto de girassol, a amêndoa é constituída pelo endosperma, com tecido de reserva classificado como oleaginoso e pelo embrião, formado por um eixo embrionário dividido em duas partes: radícula e caulículo (LEITE et al., 2005).

Componentes	Teor porcentual médio (%)
Água	4,8
Proteína	24,0
Óleo	47,3
Carboidratos totais	19,9
Resíduo mineral (cinzas)	4,0

Quadro 1: Composição centesimal média de aquênios de girassol em base seca
Fonte: Leite et al. (2005a)

3.5 Ciclo fenológico do girassol

Para Oliveira et al. (2010), o crescimento e o desenvolvimento das culturas são produto de fatores genéticos e ambientais e suas interações. Entre os fatores ambientais mais importantes para o desenvolvimento dos vegetais pode ser destacado o suprimento hídrico. Sua identificação e quantificação possibilitam a melhoria nas técnicas de produção.

A escala fenológica, descrita por Schneiter e Miller (1981), divide o desenvolvimento do girassol em fases vegetativa (V) e reprodutiva (R). A fase vegetativa se inicia pela emergência da plântula e é subdividida em dois estádios; o estádio VE indica o período de plantio até o aparecimento da primeira folha acima dos cotilédones e o estádio Vn se refere à fase em que as folhas apresentam comprimento maior que 4 cm. Na fase reprodutiva ocorre o desenvolvimento da inflorescência (R1, R2, R3 e R4), o florescimento (R5 e R6), o enchimento de aquênios (R7 e R8) e a maturação fisiológica (R9) (SCHNEITER e MILLER, 1981; CASTRO e FARIAS, 2005).

CICLO TOTAL										
65 a 165 dias										
Fase Vegetativa		Fase Reprodutiva								
VE	Vn	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9

Quadro 2: Fenologia do girassol e amplitude cronológica para duração total do ciclo
Fonte: Gazzola et al. (2012)

De acordo com Castro et al. (1996) para se obter o máximo potencial de produção é importante conhecer a fenologia das plantas desde a emergência até a colheita. Da

emergência até 30 dias (aparecimento do botão floral), o crescimento do girassol é lento, consumindo pouca água; entretanto, a partir deste período até o final do florescimento, o crescimento é rápido, aumentando o consumo de água.

3.6 Exigências do Girassol

3.6.1 Exigências de solo

Tal como para qualquer outra cultura agrícola comercial para o girassol, o solo não deve apresentar restrições ao desenvolvimento radicular, sejam elas físicas, químicas ou biológicas. O girassol é uma espécie sensível à acidez do solo, geralmente apresentando sintomas de toxidez quando o pH é menor que 5,2. A tolerância à acidez do solo torna-se, portanto, uma característica importante no melhoramento genético (CASTIGLIONI, 1992 citado por GAZZOLA, 2012). Em geral, os efeitos tóxicos do Al se manifestam, inicialmente, nas raízes (redução do crescimento, danos) e, com o agravamento do processo, no desenvolvimento de toda a planta. Como consequência, as plantas apresentam redução de produtividade causada, entre outros fatores, pelo desequilíbrio nutricional e pelo estresse hídrico (FARIAS NETO et al., 1999).

A profundidade de semeadura para a cultura do girassol oscila de 2 a 8 cm, dependendo do sistema de cultivo e do tipo de solo (TORANZO e AMARO, 1994; CASTRO et al., 1997; CASTIGLIONI et al., 1994; VIEIRA, 1998; VIEIRA, 2000).

Profundidades de semeadura maiores que 5 cm, temperaturas abaixo de 10°C ou ausência de água na camada de 10 a 15 cm de solo, podem prolongar o período de emergência em até 15 dias. Os problemas relacionados com a germinação e a emergência perduram até a colheita (CASTIGLIONI et al., 1994 citado por GAZZOLA et al., 2012).

O girassol pode ter boa produtividade tanto em solos arenosos quanto em argilosos, desde que esses últimos apresentem boa drenagem e os arenosos tenham controle de acidez já que são naturalmente menos férteis. A textura do solo deve ser considerada para se determinar a profundidade de semeadura pois um bom estabelecimento da cultura é imprescindível para a produção de sementes. Em solos argilosos a semeadura não deve ser muito profunda ou, então, poderá haver atraso e desuniformidade de emergência. A má drenagem desse tipo de solo leva a um

crescimento superficial das raízes, dificultando a sustentação mecânica da planta (GAZZOLA et al., 2012).

Com relação ao relevo, declividades maiores que 8% comprometem a conservação do solo contra erosão e a mecanização sendo, então, terrenos mais suaves ideais para implantação e condução da cultura do girassol (GAZZOLA et al., 2012).

A alta eficiência em explorar a água disponível no solo para seu desenvolvimento é uma característica que faz com que esta cultura seja capaz de produzir grande quantidade de matéria seca, em condições de déficit hídrico, sem redução significativa da produção (CASTRO e FARIAS, 2005). Assim, têm-se que os solos mais indicados para a produção de girassol são os de textura média, profundos, com boa drenagem, razoável fertilidade e pH de moderadamente ácido a neutro; superior a 5,2 (determinação em CaCl_2), com menos de 8% de declividade.

3.6.2 Exigências nutricionais e adubação

As exigências nutricionais do girassol são superiores às de outras culturas como trigo, sorgo e milho, requerendo quantidade maior de nitrogênio e outros macronutrientes (VIGIL, 2000). Segundo Hocking e Steer (1983), o período de florescimento é bastante significativo na definição do potencial produtivo das plantas. Os autores registram, entretanto, a necessidade de disponibilidade de nutrientes desde o início do crescimento das plantas, para o estabelecimento normal da cultura (HOCKING E STEER, 1983). As exigências variam em função da fase fenológica em que se encontra. Na fase vegetativa até 30 dias após a emergência (DAE) o girassol necessita de pouca quantidade de nutrientes (CASTRO e OLIVEIRA, 2005). Castro e Oliveira, (2005) verificaram que a maior absorção de nutrientes e água e, conseqüentemente, maior desenvolvimento, ocorrem a partir dos 30 (DAE) no estágio vegetativo até o florescimento pleno. O principal período para ocorrência da maior taxa de absorção de nutriente e crescimento mais acelerado da planta do girassol é a fase imediatamente após a formação do botão floral até o final do florescimento (EMBRAPA, 2003).

Pesquisas mostram que para o desenvolvimento adequado das plantas os teores de nutrientes refletem seu bom estado nutricional, estando mais bem nutrida aquela planta que obteve maior eficiência na utilização dos nutrientes, traduzida na resposta em crescimento, desenvolvimento e produtividade (TERRA, 2004).

Pesquisas realizadas por Castro et al. (2005), mostram que dos 28 aos 56 dias (DAE) existe um rápido aumento na exigência nutricional. Nas fases de florescimento e início do enchimento de aquênios, entre os 56 e 84 dias, tende a uma diminuição gradativa na velocidade de absorção de nutrientes quando se alcança o nível máximo de acúmulo em quantidades variáveis para cada nutriente (CASTRO e OLIVEIRA, 2005).

O girassol é uma cultura exigente em fertilidade, acumulando grande quantidade de nutrientes; no entanto, sua resposta à adubação é limitada pelo potencial produtivo e também pela taxa de exportação de nutrientes, que não é elevada. Contrários ao indicado por Vigil (2000), em experimentos realizados nos Estados do Paraná e de Goiás para determinação das necessidades adequadas de N, P e K, as maiores produtividades foram alcançadas, de modo geral, com quantidades inferiores às recomendações para outras culturas, como o milho (COELHO et al., 2005).

O nitrogênio é o principal nutriente para a obtenção de produtividades elevadas em culturas anuais. Nas oleaginosas o nitrogênio determina o equilíbrio nos teores de proteínas acumuladas e produção de óleo já que influencia o metabolismo de síntese de compostos de reserva nas sementes. Quando adubado com N em grandes quantidades, o girassol eleva os teores do nutriente nos tecidos e reduz a síntese de óleos, favorecendo a rota metabólica de acúmulo de proteínas nos aquênios (CASTRO et al., 1999). Blamey et al. (1997) corroboram que o nitrogênio é o maior limitante nutricional na produtividade do girassol, proporcionando redução de até 60% de seu potencial de produção em decorrência da sua deficiência; já Castro e Oliveira (2005) indicam que o nitrogênio é o segundo nutriente mais requerido, pois absorve 41 kg de N por 1000 kg de grãos produzidos, podendo ser tanto a partir da adubação quanto através de restos culturais, exportando 56% do total absorvido

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 et al., 1997). Como o nitrogênio é extraído pela cultura em grandes quantidades e não apresenta efeito residual direto no solo, a produtividade esperada é um componente relevante para a definição de suas doses (CANTARELLA, 2003). Deste modo é necessário ressaltar que o excesso de nitrogênio provoca crescimento excessivo do girassol, tornando as folhas mais sensíveis, favorecendo a incidência de doenças e pragas no cultivo, além de problemas com acamamento (VRÂNCEANU, 1977).

De modo geral, as quantidades de nitrogênio, fósforo e potássio, recomendadas para o cultivo do girassol, variam de 40 a 60 kg ha⁻¹ de N, 40 a 80 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 40 a 80 kg ha⁻¹ de K₂O. Entretanto, na literatura são encontradas recomendações com diferentes combinações desses elementos, em decorrência das condições edafoclimáticas e do tipo de variedade que está sendo cultivada. Castro e Oliveira (2005), por exemplo, recomendam a adubação do girassol utilizando doses entre 40 a 60 kg ha⁻¹ de N, devendo-se utilizar, em solos com médio teor de fósforo e potássio, 18 kg ha⁻¹ e 33 kg ha⁻¹, respectivamente. Pesquisas têm mostrado que tanto o crescimento da planta (ORDONEZ, 1990), como o teor de óleo nos aquênios, respondem positivamente aos fertilizantes nitrogenados (SCHEINER e LAVADO, 1999; LÓPEZ-BELLIDO et al., 2003).

O girassol é sensível à deficiência de boro, sendo este o micronutriente mais requerido pela cultura. Os sintomas dessa deficiência consistem de manchas foliares no começo da floração e algumas vezes, também antes, na pré-floração. As folhas passam a apresentar manchas necróticas, sendo também afetados os tecidos internos da parte superior do caule prejudicando o desenvolvimento do capítulo em floração. Neste ponto o caule fica quebradiço, provocando a queda do capítulo. Em condições de deficiência pode causar diversos distúrbios fisiológicos como, por exemplo, a inibição à alongação das raízes devido a problemas na divisão celular e alongação das células, tornando-as grossas e com as pontas necróticas (MARSCHNER, 1995).

Avaliando o efeito de N, P e K na cultura do girassol, Sachs et al. (2006), observaram que a produtividade responde positivamente ao incremento da adubação com esses nutrientes e o teor de óleo no aquênio aumenta com o incremento da adubação com P e K, sendo que as doses desses elementos proporcionam as melhores respostas, de acordo com o parâmetro avaliado, ou seja, produção de aquênios, teor de óleo e produção de óleo mostrando, com isto, que a recomendação de adubação deve variar de acordo com a finalidade da produção.

Avaliações experimentais indicam que com 40 a 50 kg ha⁻¹ de N, são obtidos 90% da produção relativa máxima, que correspondem à quantidade do nutriente economicamente mais eficiente. Verificou-se, também, que com 80 a 90 kg ha⁻¹ de N se tem a produção máxima do girassol (SMIDERLE et al., 2002; SMIDERLE et al., 2004; CASTRO et al., 2004).

3.6.3 Necessidades Hídricas

O consumo de água da cultura varia em função das condições climáticas, da duração do ciclo e do manejo do solo e da cultura. Solos bem preparados e/ou com alta capacidade de armazenamento de água permitem, à planta, tolerar maiores períodos sem chuva e/ou irrigação. O girassol tem baixa eficiência no uso da água. Cada litro de água consumido produz menos de dois gramas de matéria seca. Porém, em condições de déficit hídrico, esta eficiência aumenta em torno de 20% a 50%. Seu sistema radicular profundo e bem desenvolvido lateralmente e sua capacidade de manutenção da fotossíntese, mesmo em condições adversas, permitem tolerar curtos períodos de seca, assegurando algum rendimento em condições onde outras espécies nada produzem (CASTRO et al, 1996).

As necessidades hídricas do girassol ainda não estão perfeitamente definidas existindo, no entanto, informações que indicam desde 200 até 900 mm por ciclo; entretanto, na maioria dos casos 500 a 700 mm de água, bem distribuídos ao longo do ciclo, resultam em rendimentos próximos ao máximo (ACOSTA, 2009). Segundo Gazzola (2012) a exigência hídrica varia de acordo com a fase de desenvolvimento da planta, ficando o total entre 600 e 1000 mm, dependendo do clima e do cultivar.

A necessidade de água para o girassol vai aumentando com o desenvolvimento da planta. Partindo de valores ao redor de 0,5 a 1 mm/dia, durante a fase da semeadura à emergência, até atingir um máximo de 6 a 7 mm/dia, na floração e no enchimento de grãos, decrescendo após este período (CASTRO e FARIAS, 2005). Uma disponibilidade adequada de água durante o período da germinação à emergência é necessária para a obtenção de boa uniformidade na população de plantas.

As fases de desenvolvimento da planta mais sensíveis ao déficit hídrico são (CASTRO et al. 1996):

- a) do início da formação do capítulo ao começo da floração: o déficit afeta mais o rendimento de grãos; e
- b) da formação ao enchimento de grãos: afeta mais a produção de óleo. É a fase de maior consumo de água pelo girassol.

De uma forma prática, a fase mais crítica ao déficit hídrico é o período compreendido entre cerca de 10 a 15 dias antes do início do florescimento e 10 a 15 dias após o final da floração.

Com referência à reação da planta ao fotoperíodo, o girassol é classificado como espécie insensível. Entretanto, alguns genótipos se comportam como plantas de dias curtos e outras como de dias longos (CASTRO et al, 1996).

Doorenbos e Kassan (1994) afirmam que as necessidades de água das culturas se expressam normalmente pela taxa de evapotranspiração a qual depende das condições meteorológicas, da disponibilidade hídrica do solo e da cobertura do solo.

Devido ao fato do girassol não apresentar regulação estomática adequada, o consumo de água é alto extraindo, assim, quantidades consideráveis do solo. Isto ocorre em função da baixa resistência à difusão de água pelos estômatos e pelos estômatos serem grandes e numerosos, principalmente na face inferior do limbo, além de uma baixa eficiência no uso da água, em que cada litro consumido produz menos de 2 g de matéria seca (GAZZOLA, 2012).

A translocação de assimilados dentro da planta está intimamente relacionada à evapotranspiração, sendo que a carência de água aumenta com o desenvolvimento da planta. No caso do girassol, esta demanda pode partir de valores próximos a 0,5 e 0,7 mm/dia durante a semeadura e emergência, e chegar a 6 e 8 mm/dia na fase de floração e enchimento de grãos, quando não superam 10 mm diários no mesmo período. A profundidade efetiva do sistema radicular do girassol, aquela em que se concentra cerca de 80% da quantidade de raízes acumuladas ao longo do perfil do solo, para fins de monitoramento de irrigação, é de 20 cm (GAZZOLA, 2012).

Segundo Castro e Farias (2005) quando a cultura do girassol é submetida a um déficit hídrico permanente as perdas ocorrentes no rendimento mais a redução do número de aquênios cheios por capítulo, do que mesmo pelo seu peso médio, porém o tamanho de capítulo é bom parâmetro para avaliar o desenvolvimento das plantas e a produtividade sendo também afetado pela deficiência de água. Da mesma forma, para Castro et al. (1996), a sensibilidade máxima do girassol à deficiência hídrica se dá 20 dias antes e 20 dias após a época de floração, em que o déficit hídrico diminui consideravelmente a produção de aquênios e o conteúdo de óleo.

A alta eficiência em explorar a água disponível no solo para seu desenvolvimento é uma característica que faz com que esta cultura seja capaz de produzir grande quantidade de matéria seca, em condições de déficit hídrico, sem redução significativa da produção (CASTRO e FARIAS, 2005).

Guedes Filho (2013), observou, estudando o crescimento do girassol em resposta às lâminas de irrigação, observou que o crescimento do girassol aumenta com a água

disponível no solo. De forma similar, Silva et al. (2007), Nobre et al. (2010), Paiva Sobrinho et al. (2011) e Viana et al. (2012) constataram que a altura das plantas de girassol aumentou com a disponibilidade de água no solo. Freitas et al (2012) utilizando as mesmas lâminas de água que no presente estudo, constataram que ocorreu um crescimento linear da altura da planta, em função das lâminas de irrigação. Silva (2005) observou, ao aplicar lâminas de água e doses de boro na cultura do girassol, que o comprimento do caule do referido vegetal, cultivado sob condições de campo, aumenta linearmente em função das lâminas de água aplicada. O mesmo foi observado por Campos et al. (2010), cuja a reposição de 100% da capacidade de retenção de água foi responsável pelo maior crescimento das plantas de girassol.

3.6.4 Outras Exigências

O sucesso da cultura também depende da ausência de pragas, agentes fitopatogênicos e nematoides no solo. Nematoides causadores de galhas (gênero *Meloidogyne*) foram constatados como os principais parasitas do girassol e fatores limitantes à produção em diversos estados brasileiros (SHARMA e AMABILE, 2004).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Localização da pesquisa

A pesquisa foi conduzida no Município de Campina Grande, Paraíba, nas coordenadas 7°12'52" de latitude Sul e 35°54'24" longitude Oeste e altitude de 550 m (CARNEIRO et al., 2002); o clima da região, conforme a classificação climática de Köppen adaptada ao Brasil (COELHO E SONCIN, 1982), é do tipo Csa, que representa clima mesotérmico, subúmido, com período de estiagem quente e seco (4 a 5 meses) e período chuvoso de outono a inverno.

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, nas instalações pertencentes à Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola (UAEA) do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais (CTRN) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), no período compreendido entre os meses de Março de 2015 a Junho de 2015.

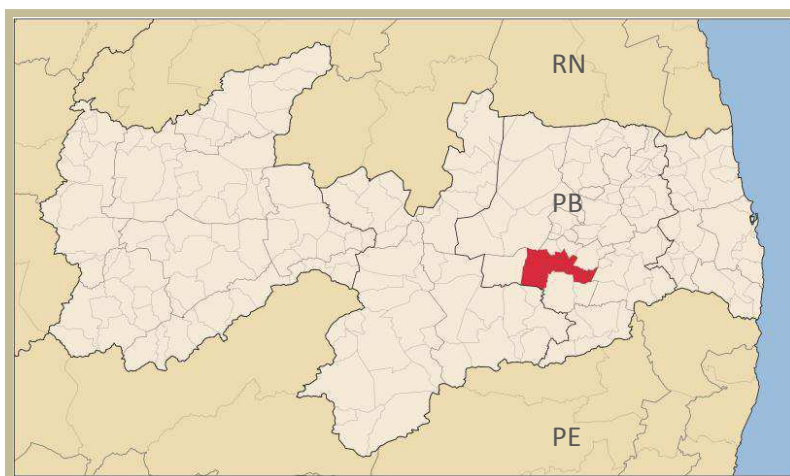


Figura 2. Localização geográfica de Campina Grande-PB

4.2. Delineamento Experimental

O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados em esquema fatorial do tipo (4x4) com três repetições, totalizando 48 unidades experimentais (um vaso com uma planta). A cultura foi submetida a dois fatores de variabilidade quantitativos:

Fator 1. Quatro níveis crescentes de adubação nitrogenada utilizando-se, como fonte a ureia: 80, 100, 120 e 140 kg ha⁻¹;

Fator 2. Quatro níveis crescentes da lâmina d'água: 50, 75, 100 e 125% da água disponível no solo.

Os resultados obtidos foram analisados estatisticamente, através de análise de variância (ANAVA), cujos fatores são quantitativos significativos, analisados através de regressão utilizando-se o software R (CHAMBERS, 2008).

4.3 Instalação do experimento

As plantas foram cultivadas em recipientes plásticos (vasos) com capacidade volumétrica de 60L preenchidos com 67 kg de solo. O solo utilizado (Neossolo Regolítico), proveniente de uma área pertencente à Empresa de Pesquisa Agropecuária da Paraíba (EMEPA) localizada no município de Lagoa Seca – PB, foi secado ao ar, destorroado, passado através de uma peneira e colocado nos vasos. Para simular uma densidade similar à do campo, o solo foi colocado em 4 camadas e compactadas cada uma, manualmente. Os vasos eram separados por uma distância aproximada de 50 cm (Figura 3).

A cultivar de girassol utilizada foi a BRS 323 cujas principais características são as de ser de ciclo precoce (de 80 a 100 dias) e ter um teor de óleo nos aquênios, que varia de 40% a 44%. Apresenta 166 a 190 cm de altura média das plantas e 60 a 75 g de peso de mil aquênios (EMBRAPA, 2014).



Figura 3. Unidades experimentais antes da semeadura do girassol

Para determinação dos atributos físico-hídricos e químicos do solo, amostras foram retiradas, destorroadas, e peneiradas através de uma malha de 2 mm de diâmetro e levadas para o Laboratório de Irrigação e Salinidade (LIS) do Departamento de Engenharia Agrícola, pertencente à UFCG. As características do solo utilizado são apresentadas nas Tabelas 1 e 2.

Tabela 1. Características físico-hídricas do solo

Característica	Valor
Areia (g kg^{-1})	749,5
Salte (g kg^{-1})	187,7
Argila (g kg^{-1})	62,8
Classificação textural	Franco Arenoso
Densidade do solo (kg/m^3)	1530,0
Densidade de partículas (kg/m^3)	2660,0
Porosidade Total (%)	42,48
Capacidade de Campo (% base solo seco) (33 Kpa)	13,04
Ponto de Murcha Permanente (% base solo seco) (1500 KPa)	4,47
Água disponível (%)	8,57

Visando elevar o pH do solo de 4,41 (pH original) a 6,5, compatível com o plantio do girassol, a acidez do solo foi corrigida com CaCO_3 com poder relativo de neutralização total (PRNT) de 77%. Uma vez corrigido o pH, o solo recebeu uma adubação de fundação com P_2O_5 (300 mg de P_2O_5 /1000 mg de solo) e K_2O (150 mg de K_2O /1000 mg de solo), proveniente de superfosfato simples e cloreto de potássio, respectivamente, com as dosagem recomendadas por Novais et al. (1991) para estudos realizados em casa de vegetação. A adubação nitrogenada foi realizada com ureia (45% de N) com as dosagens de 80, 100, 120 e 140 kg ha^{-1} , divididas igualmente em três aplicações aos 20, 40 e 60 DAS.

Tabela 2. Características químicas do solo

Características químicas do solo	Valor
Cálcio (cmol/dm ³ de solo)	0,60
Sódio (cmol/dm ³ de solo)	0,90
Magnésio (cmol/dm ³ de solo)	1,75
Potássio (cmol/dm ³ de solo)	0,19
S (cmol/dm ³ de solo)	3,44
Hidrogênio (cmol/dm ³ de solo)	2,98
Alumínio (cmol/dm ³ de solo)	0,20
T (cmol/dm ³ de solo)	6,62
Carbonato de Cálcio Qualitativo	Ausência
Carbono Orgânico, g kg	3,1
Matéria Orgânica, g kg	5,3
Nitrogênio, g kg	0,3
Fósforo Assimilável (mg/ dm ³)	21,3
pH H ₂ O (1:2,5)	4,41
Cond. Elétrica – mmhos/cm (suspensão solo-água)	0,70
pH (Extrato de saturação)	4,12
Cond. Elétrica – mmhos/cm (Extrato de saturação)	3.721
Cloreto (cmol/l)	25,00
Carbonato (cmol/l)	0,00
Bicarbonato (cmol/l)	2,40
Sulfato (cmol/l)	Presença
Cálcio (cmol/l)	8,12
Magnésio (cmol/l)	10,00
Potássio (cmol/l)	1,94
Sódio (cmol/l)	14,70
Percentagem de saturação	20,00
Relação de absorção de sódio	4,88
PSI	13,59
Salinidade	Ligeiramente Salino
Classe do solo	Normal

4.3.1 Semeadura

A fim de melhorar a estrutura e a capacidade de retenção de água do solo e, conseqüentemente, garantir boa germinação das sementes e emergência das plântulas foi adicionado, a cada vaso, 1 kg de substrato de coco na parte superficial do solo e posteriormente irrigado até atingir a capacidade de campo (CC). Na semeadura foram colocadas oito sementes em cada vaso e a partir de então o solo foi mantido a capacidade de campo (CC) até a estabilização da emergência. Observam-se, na Figura 4, plântulas emergentes.



Figura 4. Plântulas emergentes

Realizou-se vinte dias após a semeadura, desbaste, mantendo-se a planta mais vigorosa e se eliminando as demais. Na Figura 5, o experimento após o desbaste.



Figura 5. Experimento pós-desbaste

4.3.2 Manejo da Irrigação

Após o desbaste foram implantados os tratamentos de água que prosseguiram até o final do experimento. As lâminas de irrigação aplicadas foram baseadas e calculadas a partir da determinação da água disponível do solo (AD), por meio da equação 1 (GUERRA, 2000):

$$AD = (CC - PMP) \cdot Z \quad (\text{Equação 1})$$

em que:

AD = água disponível no solo (cm);

CC = capacidade de campo (em volume) ;

PMP= Ponto de murcha permanente (em volume);

Z = profundidade efetiva do sistema radicular (cm)

Considerando que o solo tem uma quantidade de água θ no momento da irrigação, a lâmina de irrigação L aplicada para levar o solo a 100% da água disponível, foi:

$$L = 100\% AD - \theta \cdot Z \quad (\text{Equação 2})$$

A irrigação foi efetuada com uma proveta graduada em mililitros.

O conteúdo de água do solo foi monitorado diariamente, por meio de uma sonda TDR segmentada, modelo PR2, aos 0-10; 10-20; 20-30; 30-40 cm de profundidade.

Com base nas leituras da sonda era feito, diariamente, o balanço de água no solo para cada tratamento e determinadas as lâminas de irrigação correspondentes a 50, 75, 100 e 125% da água disponível no solo para as plantas.

4.3.3. Polinização

As flores foram polinizadas artificialmente (manualmente) após a abertura do botão floral, até o momento de ausência de pólen (fecundação).

Observa-se, na Figura 6, a fase da floração das plantas.



Figura 6. Experimento na fase de floração

4.4. Tratos culturais e manejo fitossanitário

As plantas invasoras foram retiradas manualmente, ao passo que houve o surgimento das mesmas e o controle fitossanitário foi aplicado de acordo com a incidência de pragas e/ou doenças, seguindo as recomendações de Leite et al. (2005b).

4.5. Variáveis analisadas

4.5.1. Variáveis de crescimento: Durante o ciclo de crescimento do girassol (80 dias) foram mensurados: Altura da planta, Diâmetro do caule, Número de folhas, Área foliar e Taxas de crescimento absoluto (TCA) e de crescimento relativo (TCR) da planta e Diâmetro interno e externo do capítulo.

Foram realizadas três avaliações da altura de planta (AP), diâmetro do caule (DC), número de folhas (NF) e área foliar (AF) aos 45, 61 e 77 dias após a semeadura (DAS).

A altura da planta foi medida com uma régua tomando-se, como base, o colo da planta até a inserção da última folha ou do capítulo; o diâmetro do caule foi medido na

base caulinar com o uso de um paquímetro digital; o número de folhas foi obtido a partir da quantificação direta de todas as folhas fotossinteticamente ativas que apresentassem comprimento mínimo de 3 cm.



Figura 7. Mensurações da altura de planta (A) e diâmetro de caule (B)

A área foliar (AF) foi calculada por meio da medição da maior largura de todas as folhas utilizando-se a equação proposta por Maldaner (2009), conforme a equação 3, representada a seguir:

$$AF = 1,7582 \times L^{1,7067} \quad \text{Equação (3)}$$

Em que:

AF = área foliar, cm²

L = largura máxima da folha, cm

Com os valores da altura e diâmetro foram determinadas as taxas de crescimento absoluto (TCA) e de crescimento relativo (TCR) das respectivas variáveis, seguindo a metodologia de Benincasa (2003).

A taxa de crescimento absoluto da altura e diâmetro da planta foi obtida pela equação 4:

$$/ \quad \text{Equação (4)}$$

Em que:

M2 = medição final da altura ou diâmetro;

M1= medição inicial da altura ou diâmetro;

T2 – T1 = intervalo de tempo.

No presente experimento a medição inicial da altura e diâmetro da planta foi feita aos 45 dias após a semeadura e a final aos 77;

A taxa de crescimento relativo da altura e o diâmetro da planta, foi obtida pela equação 5:

$$/ \quad \text{Equação (5)}$$

Em que:

M2 = medição final da altura ou diâmetro;

M1= medição inicial da altura ou diâmetro;

T2 – T1 = intervalo de tempo;

ln = logaritmo neperiano.

No presente experimento a medição inicial da altura da planta e diâmetro do caule foi feita aos 45 dias após a semeadura e a final aos 77.

O diâmetro interno e o externo do capítulo foram obtidos utilizando-se uma régua.

4.5.2. Componentes de produção:

Fitomassa de folhas, fitomassa do caule, fitomassa do capítulo, número de aquênios por capítulo e fitomassa de aquênios.

À medida que as plantas atingiram a maturação fisiológica, foram seccionadas, divididas em folhas, caule, capítulo e aquênios e acondicionadas em sacos de papel, identificadas e colocadas em estufa com circulação de ar forçado a 65°C até atingirem massa constante, exceto os aquênios, em que a secagem se deu ao ar livre. A figura 9 apresenta as plantas parcialmente seccionadas com as folhas retiradas.

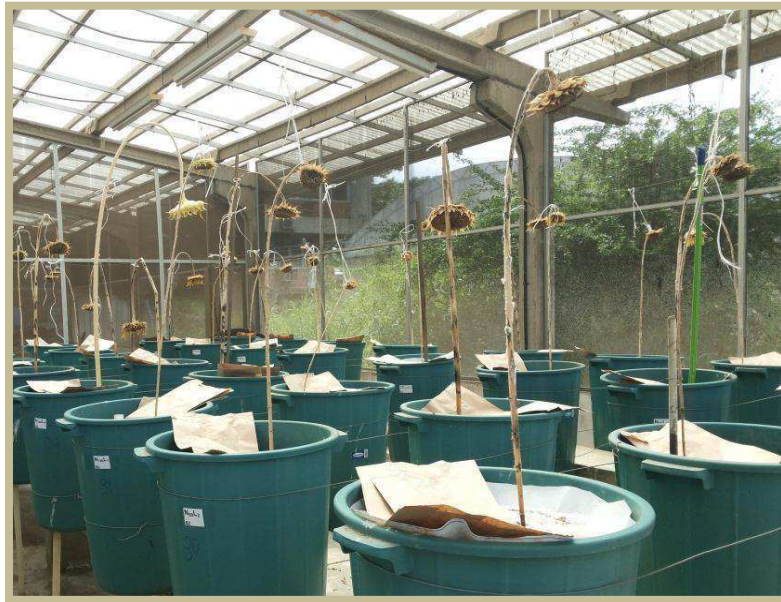


Figura 8. Plantas parcialmente seccionadas

Após a secagem do material avaliaram-se as fitomassas de folhas, caule, capítulo e aquênios em balança analítica de precisão 0,01g.

O número de aquênios viáveis e não viáveis por capítulo (Figura 9) foi obtido a partir da contagem daqueles de aparência e tamanho normais de cada planta.

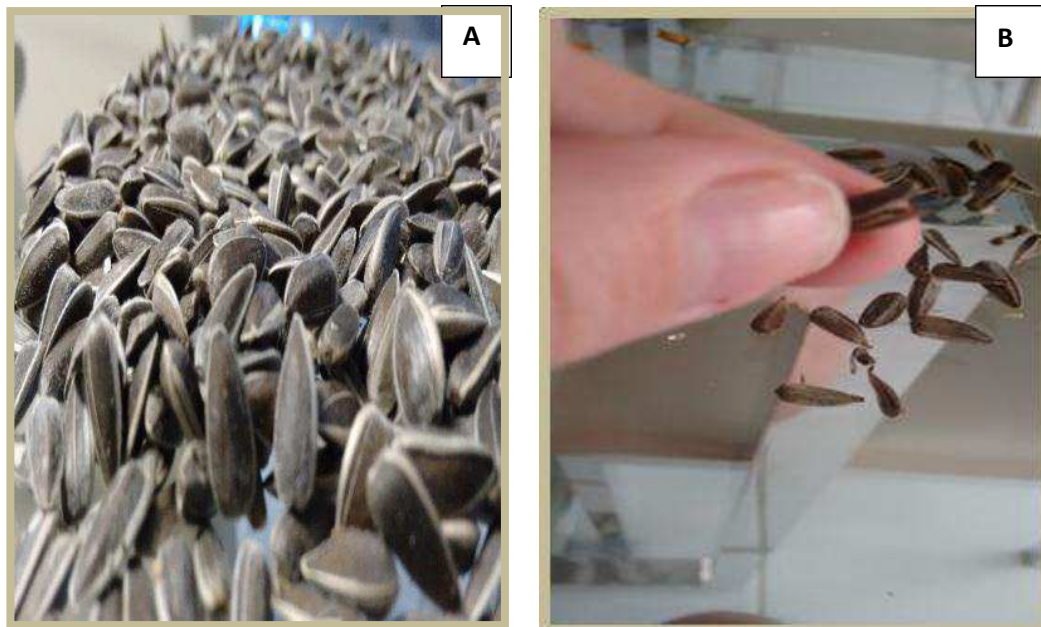


Figura 9. Sementes Viáveis (A) e Sementes não viáveis (B)

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

No presente estudo constatou-se para todas as variáveis analisadas, e com base nos resultados de análise de variância, efeito significativo da água disponível no solo para todas as variáveis avaliadas, em todas as épocas de avaliação. Por outro lado, observou-se não haver efeito significativo a 0.01% e 0.05 % de probabilidade, das diferentes doses de nitrogênio testadas nem na interação entre os dois fatores estudados (água disponível no solo e doses de adubação nitrogenada).

O não efeito significativo da adubação nitrogenada poderia ser explicado pelo fato de que a fonte de nitrogênio utilizada no experimento foi a ureia que, segundo Freire e Freire (2007), no solo a amônia e o CO₂ são hidrolisados pela enzima uréase transformando a amônia NH₄ em NH₃ podendo ser perdida por volatilização, o que poderia diminuir a diferença entre os tratamentos de nitrogênio.

Outra hipótese para o não efeito significativo da adubação nitrogenada poderia ser o fato de ter utilizado substrato orgânico de coco com 6,2 g/kg⁻¹ de nitrogênio em sua composição, o que pode ter aumentado a quantidade de nitrogênio no solo mascarando o resultado dos tratamentos de nitrogênio utilizados. Segundo Barni et al. (1995), níveis de adubação não evidenciam diferenças no crescimento do girassol quando é alto o nível de fertilidade no solo.

5.1 Variáveis de crescimento

5.1.1 Altura da Planta

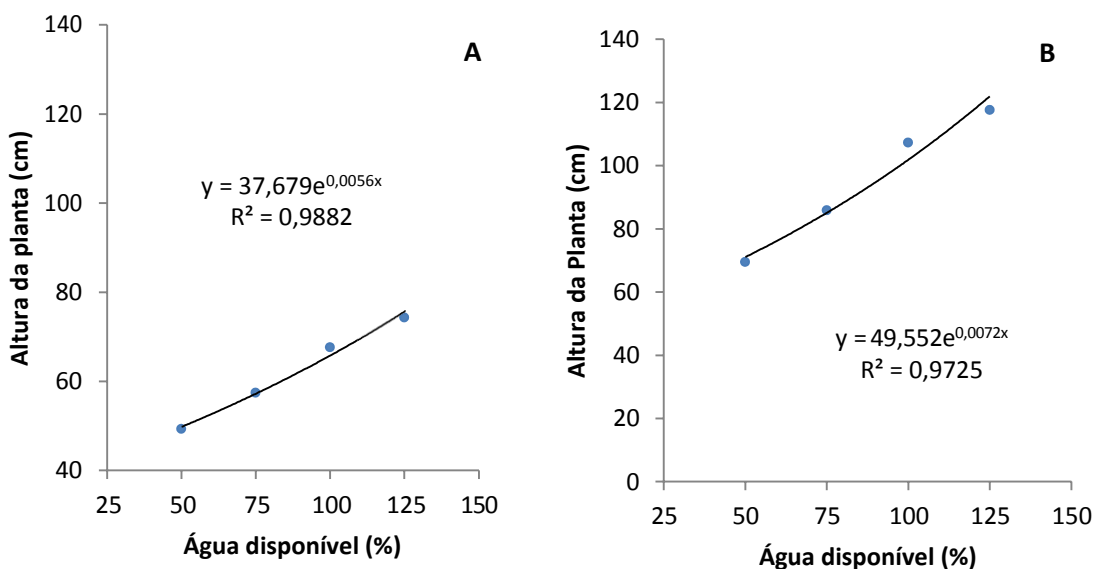
De acordo com a análise de variância (Tabela 3) houve efeito significativo da água disponível no solo ($p < 0,01$) para a altura de plantas em todas as épocas de avaliação. Além disso, verifica-se que não houve efeito significativo do nitrogênio assim como da interação nitrogênio x água disponível demonstrando, neste último caso, que as doses de nitrogênio não proporcionaram efeitos na altura da planta de girassol para os níveis testados de água disponível no solo.

Tabela 3. Resumo da análise de variância para altura de planta do girassol (variedade BRS-323) aos 45, 61 e 77 dias, submetido a diferentes porcentagens de água disponível no solo e doses de nitrogênio.

Fontes de variação	GL –	Quadrados Médios		
		AP 45 DAS	AP 61 DAS	AP 77 DAS
Água disponível	3	1457,39 ^{**}	5571,2 ^{**}	5322,7 ^{**}
Nitrogênio	3	257,02 ^{ns}	41,2 ^{ns}	65,5 ^{ns}
Água disponível x Nitrogênio	9	54,6 ^{ns}	235,1 ^{ns}	246,2 ^{ns}
Bloco	2	66,33 ^{ns}	409,1 ^{ns}	368,5 ^{ns}
Erro	30	71,18	198,2	240,4
CV (%)		13,58	14,82	15,97

ns, **, *: não significativo e significativo a $p < 0,01$ e $p < 0,05$; respectivamente, pelo teste „F” e DAS = dias após a semeadura

Nas regressões da altura da planta em função da água disponível no solo aos 45, 61 e 77 DAS (Figura 10 A, B e C) observa-se que a altura da planta aumentou significativamente com a água disponível no solo obtendo-se a maior altura no tratamento com a maior quantidade de água, 125% da água disponível.



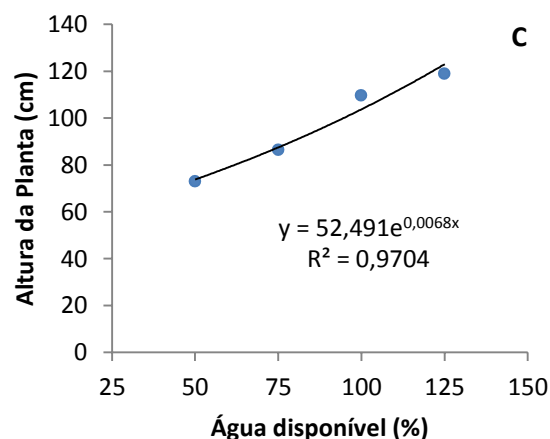


Figura 10. Altura da planta em função da água disponível no solo aos 45 (A), 61 (B) e 77 DAS (C)

Observa-se, na Figura 10A e aos 45 DAS, um crescimento de 25 cm quando a água disponível do solo aumentou de 50 para 125%; na figura 10B, aos 61 DAS ocorreu um crescimento maior, da ordem de 48 cm. Aos 77 DAS (Figura 10C) pôde-se constatar um crescimento similar aos 61 dias, de 46 cm. O incremento entre a menor e a maior lâmina aos 45 DAS foi de 50,6%, aos 61 DAS de 69,05% e na última avaliação aos 77 DAS de 63,01%.

Esses resultados estão de acordo com Guedes Filho (2013) que, estudando o crescimento do girassol em resposta às lâminas de irrigação, observou que o girassol evidencia aumento no crescimento da planta quando a água disponível no solo aumenta. Os autores corroboram também com os relatados de Paiva Sobrinho et al. (2011) e Viana et al. (2012) os quais constataram que a altura das plantas de girassol aumentou, com a disponibilidade de água no solo.

Os resultados também concordam com aqueles encontrados por Freitas et al. (2012) que, ao estudar o crescimento da cultura do girassol irrigado com diferentes lâminas de água, constataram que ocorreu um crescimento linear da altura da planta com o conteúdo de água do solo; tal, como, Silva (2005) que, ao aplicar lâminas de água e doses de boro na cultura do girassol, observou que o comprimento do caule do referido vegetal, cultivado sob condições de campo, aumenta linearmente em função das lâminas de água aplicadas, resultados reforçados por Gomes et al. (2003), que encontraram incrementos no comprimento do caule da ordem de 29,30 % para os tratamentos irrigados. O mesmo foi observado por Campos et al. (2010), em que a

reposição de 100% da capacidade de retenção de água foi responsável pelo maior crescimento das plantas de girassol.

Silva et al. (2007) encontraram, ao avaliar o crescimento de plantas de girassol cultivado com diferentes lâminas de água, encontraram incrementos na altura de plantas de 18,75% no intervalo da maior lâmina aplicada ao tratamento não irrigado. Os incrementos encontrados neste estudo também foram semelhantes aos de Nobre et al. (2010) que, estudando o crescimento do girassol com diferentes reposições hídricas, verificaram incremento na altura de plantas, de 33,2%, entre o mínimo e o máximo de água repostas, comparando-se o mesmo intervalo deste estudo.

O decréscimo da altura das plantas com teores de água disponível baixos pode estar relacionado ao nível de ácido abscísico que aumenta em plantas estressadas por falta de água (SHARP, 2002). Este ácido é considerado um hormônio que retarda o crescimento vegetal e assim um sinalizador para a raiz, promovendo a redução da transpiração da planta pelo fechamento estomático (TAIZ e ZEIGER, 2004).

Na Figura 11A, pode-se observar a evolução da altura da planta para os diferentes níveis de água disponível estudado. Observa-se que para todas as datas o crescimento da altura da planta aumentou significativamente com as lâminas de irrigação aplicadas. Nota-se um crescimento expressivo no período entre os 45 e os 61 DAS, não havendo praticamente diferença entre a segunda mensuração (61) e a terceira aos 77 DAS. No que concerne ao fator doses de nitrogênio (figura 11B) e embora não havendo diferença estatisticamente significativa, a altura de planta demonstra um leve crescimento na medida em que o teor de nitrogênio no solo aumenta.

É provável que a evolução da altura de planta entre 61 e 77 DAS tenha ocorrido devido ao início da floração que ocorreu por volta de 60 DAS onde a planta aumenta o seu consumo de água para a abertura do botão floral e enchimento de grãos. Segundo Gazzola et al. (2012), a exigência hídrica varia de acordo com a fase de desenvolvimento da planta. No caso do girassol esta demanda pode partir de valores próximos a 0,5 e 0,7 mm/dia durante a semeadura e emergência, chegando a 6 e 8 mm/dia na fase de floração e enchimento de grãos, podendo chegar 10 mm diários no mesmo período.

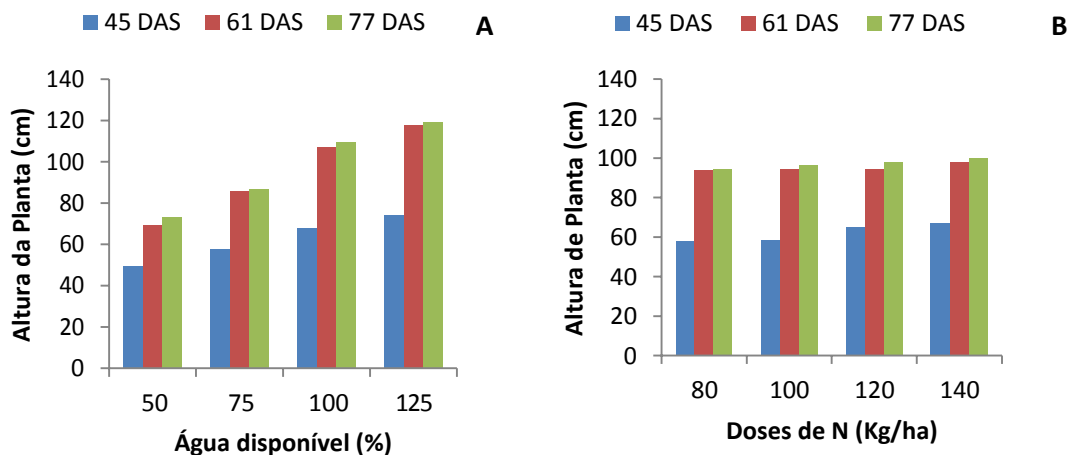


Figura 11. Evolução da altura da planta em função da água disponível no solo (A) e doses de nitrogênio (B)

Os resultados do efeito das doses de nitrogênio para altura da planta de girassol corroboram com aqueles encontrados por Nobre et al. (2010) e Guedes Filho (2013) que, trabalhando com diferentes doses de nitrogênio, notaram que estas não produziram efeitos significativos no crescimento da altura da planta. Resultados divergentes foram encontrados por Fagundes et al. (2007) os quais, ao estudar doses de nitrogênio no desenvolvimento do girassol ornamental, observaram que as maiores doses de N aplicado proporcionaram as maiores alturas do girassol e por Biscaro et al. (2008) que estudando a resposta da cultura do girassol irrigado, submetido a diferentes doses de nitrogênio aplicado parceladamente, em cobertura obtiveram um aumento quadrático aos 30 DAE (dias após a emergência), obtendo altura de 40,6 cm para a dose máxima de 69 kg ha⁻¹ de nitrogênio e de 114,7 cm aos 45 DAE, com uma dose de 72,9 kg ha⁻¹ de nitrogênio.

5.1.2 Taxa de crescimento absoluto (TCA) e relativo (TCR) da altura da planta de girassol

Na Tabela 4, se encontra o resumo da análise de variância a para taxa de crescimento absoluto e relativo da altura de planta do girassol (variedade BRS-323), submetida às porcentagens de água disponível no solo e doses de nitrogênio. Observa-se efeito significativo apenas do conteúdo de água disponível no solo sobre a TCA, não havendo efeito da água disponível sobre a TCR. Não houve, tampouco, efeito do

nitrogênio sobre ambas as taxas de crescimento nem para a interação entre os tratamentos.

Tabela 4. Resumo da análise de variância para taxa de crescimento absoluto (cm) e taxa de crescimento relativo (cm) da altura de planta do girassol (variedade BRS-323), submetido à porcentagem de água disponível no solo e doses de nitrogênio

Fontes de variação	GL	Quadrados Médios	
		TCA ^{DT}	TCR ^{DT}
Água disponível	3	0,258*	0,0003 ^{ns}
Nitrogênio	3	0,014 ^{ns}	0,0005 ^{ns}
Água disponível x Nitrogênio	9	0,064 ^{ns}	0,0007 ^{ns}
Bloco	2	0,126 ^{ns}	0,0011 ^{ns}
Erro	30	0,058	0,0006
CV (%)		14,02	12,21

ns, **, *: não significativo e significativo a $p < 0,01$ e $p < 0,05$; respectivamente, pelo teste „F” e Dados transformados em \sqrt{x}

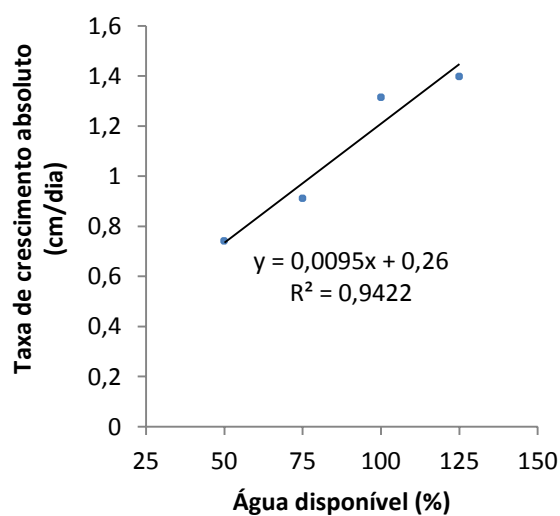


Figura 12. Taxa de crescimento absoluto da altura de planta em função da água disponível no solo

De acordo com a Figura 12, os valores da taxa de crescimento absoluto para a altura da planta se ajustaram a um modelo linear crescente com a água disponível do solo. Com 125% da água disponível do solo o crescimento foi $2,05 \text{ cm/dia}^{-1}$.

Comparados com este, os tratamentos referentes a 50, 75 e 100% obtiveram reduções significativas da TCA na ordem de 46,99; 34,9 e 5,93%, respectivamente.

Maia Júnior (2013) encontrou resultados semelhantes para taxa de crescimento absoluto da altura de plantas de girassol irrigadas entre 40 e 100% da capacidade de campo, e observou crescimento linear à medida que se elevou a umidade do solo.

Soares et al. (2011), também encontraram efeito significativo da taxa de crescimento absoluto da altura de planta com o aumento da umidade do solo.

Para Gazzola et al. (2012), a planta sob estresse hídrico sofre mudanças na relação fonte/dreno e as raízes passam a ser drenos, buscando maior capacidade de exploração do solo a fim de encontrar umidade e sair da condição de estresse. Esta alteração pode ser percebida no acréscimo do valor da relação entre os pesos da matéria seca da raiz e da parte aérea, já que a parte aérea cessa seu crescimento.

5.1.3 Diâmetro do caule

Na Tabela 5 se encontra um resumo da análise de variância para o diâmetro do caule do girassol aos 45, 61 e 77 DAS, submetido a diferentes conteúdos de água do solo e doses de nitrogênio, igual para a altura da planta, houve efeito significativo da água disponível no solo ($p < 0,01$) para o diâmetro do caule e não efeito significativo do fator isolado nitrogênio e da interação nitrogênio x água disponível.

Tabela 5. Resumo da análise de variância para o diâmetro do caule do girassol (variedade BRS-323) em diferentes datas, submetido à porcentagem de água disponível no solo e doses de nitrogênio

Fontes de variação	GL -	Quadrados Médios		
		DC 45 DAS	DC 61 DAS	DC 77 DAS
Água disponível	3	71,95**	124,63**	112,34**
Nitrogênio	3	0,111 ^{ns}	1,12 ^{ns}	2,09 ^{ns}
Água disponível x Nitrogênio	9	2,033 ^{ns}	2,81 ^{ns}	2,05 ^{ns}
Bloco	2	1,937 ^{ns}	6,908 ^{ns}	8,204 ^{ns}
Erro	30	1,447	2,48	2,66
CV (%)		13,64	16,04	17,36

ns, **, *: não significativo e significativo a $p < 0,01$ e $p < 0,05$; respectivamente, pelo teste „F” e DAS = dias após a semeadura

Os dados do diâmetro de caule em função da água disponível do solo se ajustaram a modelos lineares (Figura 13). Comparando as três épocas de avaliações para os níveis de 50% e 125% da água disponível, observa-se um incremento no diâmetro do caule de 85,14, 108,6% e 93,45 %, respectivamente, evidenciando a importância da água no solo ao longo do desenvolvimento da cultura (Figuras 13A, 13B e 13C).

As médias máximas encontradas aos 77 DAS para os tratamentos de 50, 75, 100 e 125% da água disponível no solo para a variável diâmetro de caule, foram 6,88, 7,92, 11,75 e 13,32 mm respectivamente.

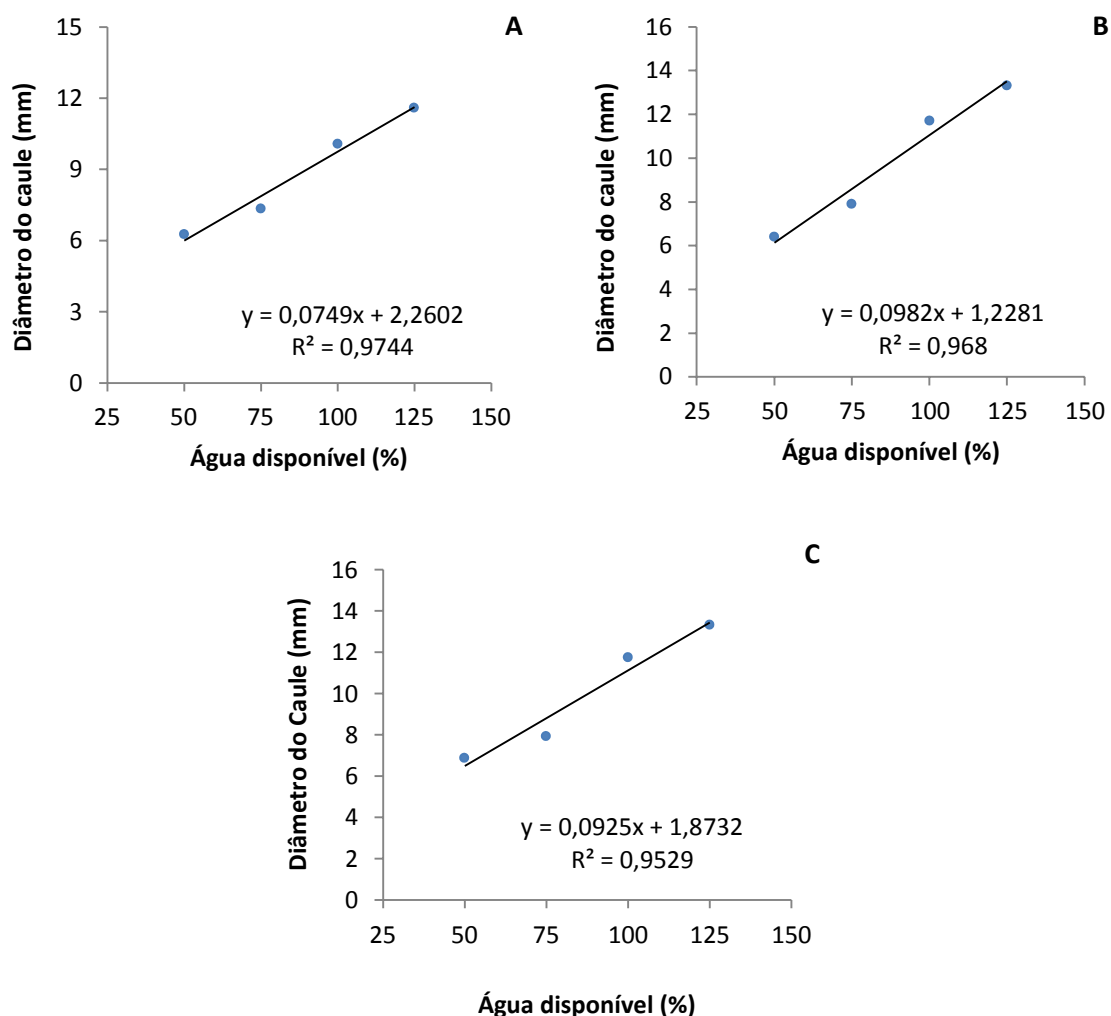


Figura 13. Diâmetro de caule em função da água disponível no solo aos 45 (A), 61 (B) e 77 DAS (C)

Os resultados obtidos no presente experimento corroboram os obtidos por Freitas et al. (2012), Gomes et al. (2012), Dutra et al. (2012), Guedes Filho e al. (2011), Guedes Filho (2013) e Silva et al. (2014).

Dutra et al. (2012) constataram que as plantas cultivadas com maior disponibilidade hídrica (100% da Capacidade de Retenção de Água e hipoxia), apresentaram maior diâmetro de caule. Segundo esses autores, isto pode estar relacionado à produção de etileno pela planta, pois quando há excesso de água este hormônio é produzido em maior quantidade, o que leva ao menor crescimento do diâmetro da raiz principal e, conseqüentemente, o aumento de raízes laterais e axilares. Para Biscaro et al. (2008), maiores diâmetros do caule no girassol constituem uma característica importante visto que conferem, à cultura, menor vulnerabilidade ao acamamento, favorecendo a execução de práticas de manejo e tratos culturais.

Nas figuras 14A e 14B, com a evolução do diâmetro do caule da planta ao longo do tempo em função das lâminas de água disponível no solo e adubação nitrogenada, pode-se observar um crescimento significativo durante as três mensurações apenas para o primeiro tratamento citado.

Como indicado anteriormente, a adubação nitrogenada não teve efeito significativo sobre o crescimento da planta para nenhuma das datas medidas (Figura 7B). Esses resultados estão de acordo com os obtidos por Bruginski e Pissaia (2002) que, estudando o híbrido de girassol M-734, em campo, sob doses crescentes de N (0, 25, 50, 75, 100 e 125 kg ha⁻¹), também não encontraram efeito do nitrogênio sobre o crescimento do diâmetro do caule; no entanto, Guedes Filho (2013) observou que houve crescimento linear do diâmetro do caule para as doses de N, em que, a maior dose utilizada, de 100 kg ha⁻¹, proporcionou o maior diâmetro de caule em todas as datas de avaliação.

De maneira similar à altura da planta, o diâmetro caulinar não obteve acréscimos entre os 61 e 77 DAS, fato que, como já exposto, pode ter ocorrido devido ao início da floração por volta de 60 DAS cuja planta aumenta seu consumo de água para a abertura do botão floral e posteriormente para o enchimento de grãos em detrimento do aumento do diâmetro caulinar.

Os valores encontrados para 125% de água disponível no solo aos 45, 66, 77 DAS, foram de 11,59, 13,31 e 13,32 mm, respectivamente.

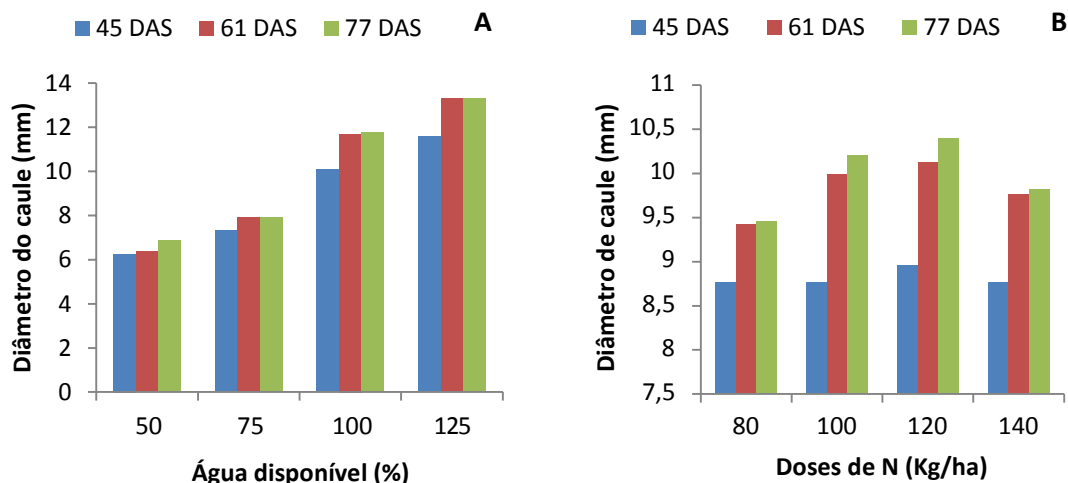


Figura 14. Evolução do diâmetro de caule em função da água disponível no solo(A) e doses de nitrogênio (B)

A adubação nitrogenada proporcionou incrementos do crescimento até a dose de 120 kg/ha⁻¹ com posteriores reduções quando submetidas à dose de 140 kg/ha⁻¹. Para tais doses obtiveram-se os diâmetros de caule, na ordem de 8,95, 10,12 e 10,20 mm respectivamente para os 45, 61 e 77 DAS.

5.1.4 Taxa de crescimento absoluto e relativo do diâmetro do caule (TCA e TCR)

De forma similar ao ocorrido para a altura da planta, ocorreu efeito significativo apenas para o fator água disponível no solo para a Taxa de crescimento absoluto (TCA), não havendo significância para nitrogênio nem para a interação entre os tratamentos. Para a taxa de crescimento relativo não houve significância para nenhum dos fatores estudados (Tabela 6).

Os valores para a taxa de crescimento absoluto se ajustaram a um modelo linear crescente (Figura 15) obtendo-se os maiores valores para 125% da água disponível do solo. Comparados a este, os demais tratamentos referentes a 50, 75 e 100% obtiveram reduções significativas na ordem de 56,3; 49 e 5,45%, respectivamente, para a taxa de crescimento absoluto do diâmetro de caule.

Maia Júnior (2013) encontrou resultados que corroboram com o presente trabalho, em que, a Taxa de crescimento absoluto do diâmetro de caule teve um aumento linear com o aumento da água disponível no solo.

Tabela 6. Resumo da análise de variância para taxa de crescimento absoluto (TCA) (mm) e taxa de crescimento relativo do diâmetro (TCR)(mm) de caule do girassol (variedade BRS-323), submetido à porcentagem de água disponível no solo e doses de nitrogênio

Fontes de variação	GL	Quadrados Médios	
		TCA ^{DT}	TCR ^{DT}
Água disponível	3	0,033**	0,0010 ^{ns}
Nitrogênio	3	0,002 ^{ns}	0,0001 ^{ns}
Água disponível x Nitrogênio	9	0,004 ^{ns}	0,0004 ^{ns}
Bloco	2	0,027 ^{ns}	0,002 ^{ns}
Erro	30	0,004	0,0004
CV (%)		17,68	17,50

ns, **, *: não significativo e significativo a $p < 0,01$ e $p < 0,05$; respectivamente, pelo teste „F” e DAS = dias após a semeadura, ^{DT} Dados transformados em \sqrt{x}

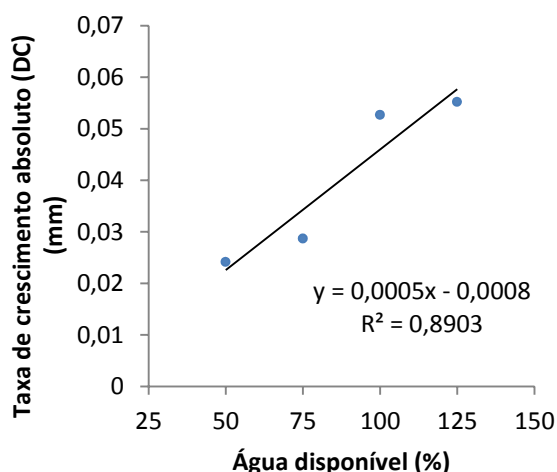


Figura 15. Taxa de crescimento absoluto do diâmetro de caule em função da água disponível no solo

A diminuição da taxa de crescimento absoluto do diâmetro do caule em função da diminuição da água disponível no solo pode ter ocorrido devido ao estresse hídrico ao qual a planta foi submetida. Para Gazzola et al. (2012), as plantas realizam mudanças e as raízes passam a ser drenos, buscando maior capacidade de exploração do solo a fim de encontrar umidade e sair da condição de estresse. Esta alteração pode ser percebida no acréscimo do valor da relação entre os pesos da matéria seca da raiz e da

parte aérea já que a parte aérea cessa seu crescimento. Outro aspecto importante é o efeito da água na absorção de nutrientes em que a umidade do solo é o principal fator ambiental que afeta a disponibilidade para as plantas. Uma condição de restrição hídrica pode, neste caso, propiciar uma incidência maior e severidade de deficiência nutricional de boro (MORAGHAN e MASCAGNI, 1991, citado por LEITE, et al., 2005a).

5.1.5 Número de folhas

No resumo da análise de variância para o número de folhas do girassol em diferentes datas (Tabela 7), para os diferentes conteúdos de água do solo e doses de nitrogênio, observa-se efeito significativo da água disponível no solo, verificando também que não houve efeito significativo do fator isolado nitrogênio nem da interação nitrogênio x água disponível.

Tabela 7. Resumo da análise de variância para número de folhas (NF) do girassol em diferentes datas, submetido à porcentagem de água disponível no solo e doses de nitrogênio

Fontes de variação	GL	Quadrados Médios		
		NF 45 DAS	NF 61 DAS	NF 77 DAS
Água disponível	3	48,18 ^{**}	82,61 ^{**}	77,41 [*]
Nitrogênio	3	3,68 ^{ns}	11,72 ^{ns}	28,91 ^{ns}
Água disponível x Nitrogênio	9	5,44 ^{ns}	4,0 ^{ns}	8,50 ^{ns}
Bloco	2	5,58 ^{ns}	1,08 ^{ns}	6,52 ^{ns}
Erro	30	5,27	11,67	18,43
CV (%)		11,39	16,48	24,85

ns, **, *: não significativo e significativo a $p < 0,01$ e $p < 0,05$; respectivamente, pelo teste „F” e DAS = dias após a semeadura

Para o número de folhas o fator água disponível no solo apresentou o mesmo comportamento que para o diâmetro do caule; entretanto, o efeito deste tratamento mostrou-se altamente significativo ($p < 0,01$) apenas aos 45 e 61 DAS (Tabela 7), sendo de ($p < 0,05$) aos 77 DAS.

De acordo com a equação de regressão para a variável número de folhas, verificou-se que o conteúdo de água disponível de 125% só foi superior aos demais na primeira avaliação (45 DAS) (Figura 16A), sendo maior nas demais épocas (61 e 77

DAS) pela água disponível de 100% que resultou no maior número de folhas com valores médios de 23,16 e 19,25 folhas respectivamente (Figura 16B e 16C).

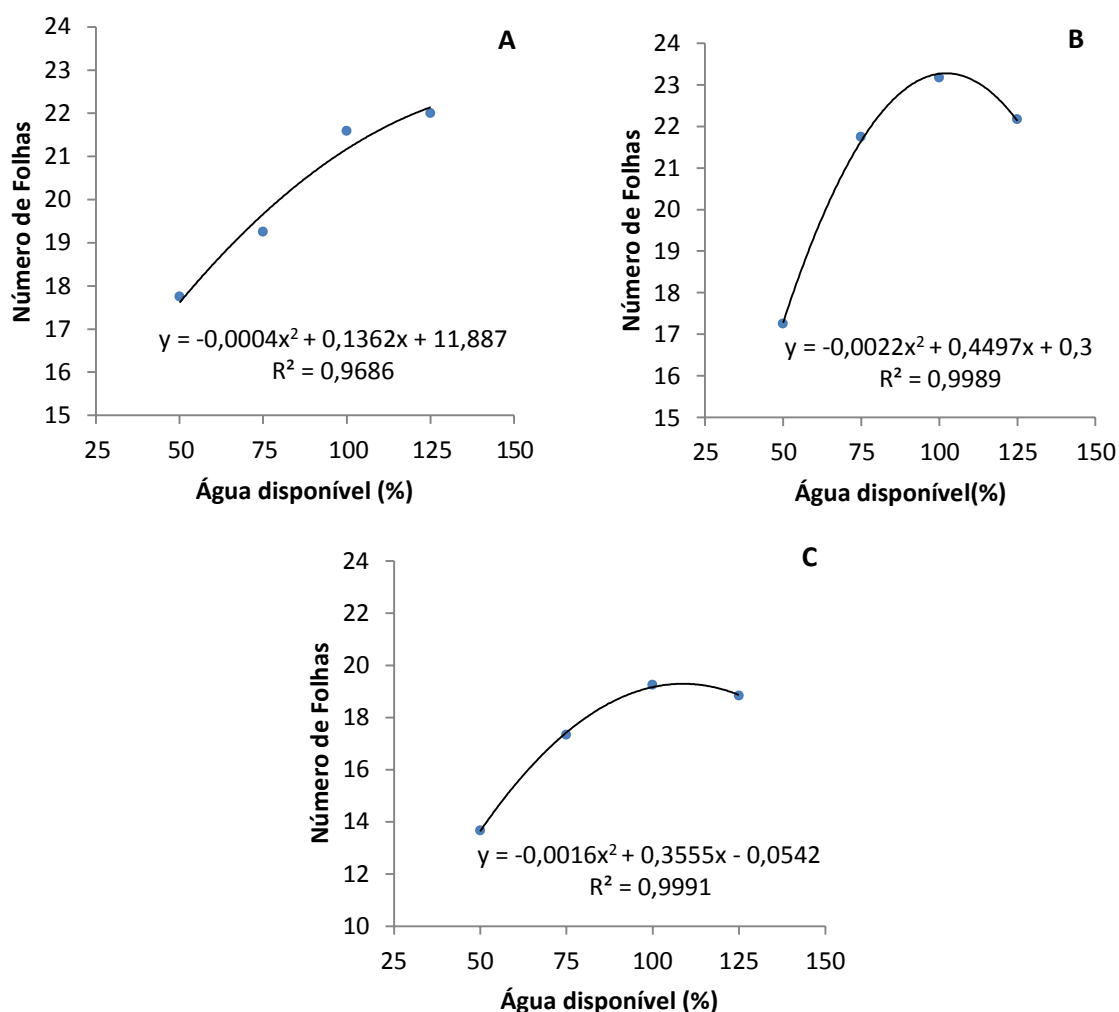


Figura 16. Número de folhas em função da água disponível no solo aos 45 (A), 61 (B) e 77 DAS (C)

Ressalta-se também que quando o girassol foi submetido a 100 e 125% de água disponível no solo, a variável número de folhas apresentou melhor comportamento quando comparado com os outros conteúdos de água e comportamento similar quando comparadas entre si indicando a possibilidade da utilização de 100% de água disponível sem prejuízo para a cultura. Os resultados concordam com os encontrados por Guedes Filho (2013) que avaliando o efeito da irrigação no número de folhas, encontrou o maior valor para a maior lâmina de água disponível no solo.

A resposta mais proeminente das plantas ao déficit hídrico consiste no decréscimo do número de folhas, da área foliar, do fechamento dos estômatos, da aceleração da

senescência e da abscisão das folhas. Quando as plantas são expostas a situações de déficit hídrico exibem, frequentemente, respostas fisiológicas que resultam, de modo indireto, na conservação da água no solo, como se estivessem economizando para períodos posteriores. A água, além de ser necessária ao crescimento das células, é um elemento essencial para a manutenção da turgescência das células das plantas.

Silva et al. (2014) encontraram a maior média de 15,7 folhas obtida com o incremento da reposição hídrica em 99% da ETr, havendo redução a partir daí, indicando que tanto o déficit como o excesso de água aplicada via irrigação podem prejudicar o aumento do número de folhas do girassol. Segundo Gazzola et al. (2012), o número de folhas, dependendo de cada cultura e cada híbrido, pode variar de 14 a 40 unidades por planta.

Na Figura 17 apresenta-se a evolução do número de folhas ao longo do tempo em função do conteúdo de água disponível no solo e doses de nitrogênio para as três épocas, com efeito significativo apenas para a água disponível no solo.

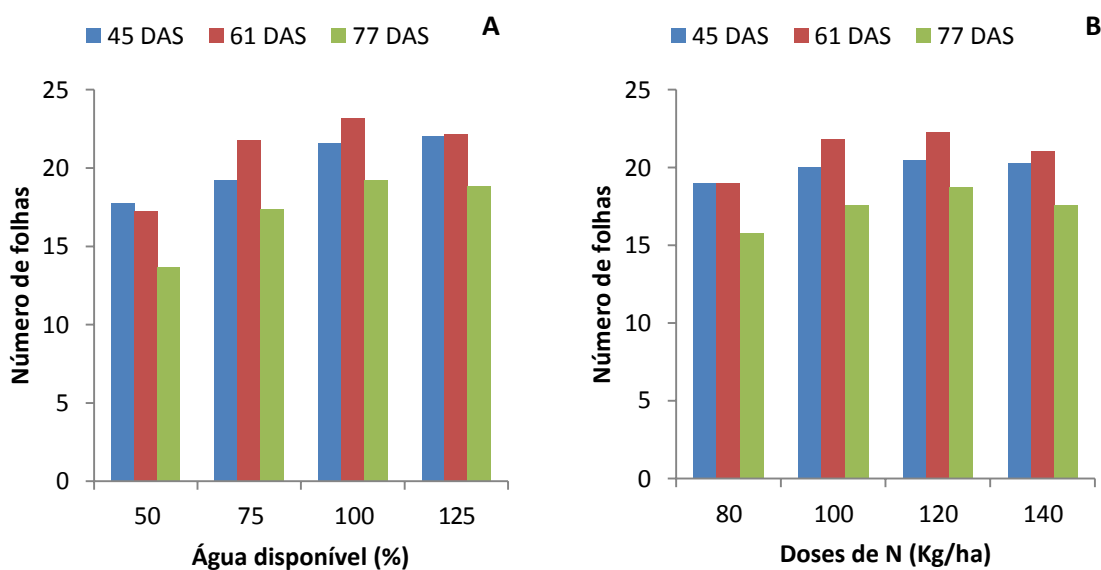


Figura 17. Evolução do número de folhas em função da água disponível no solo (A) e das doses de nitrogênio (B)

O número de folhas (NF) aos 45, 61 e 77 DAS, em função da disponibilidade de água disponível do solo (Figura 17A) apresentou, ao final do ciclo, aos 77 DAS (NF3) diminuição após um período de crescimento intenso. Esta diminuição se deu no momento em que o florescimento era pleno ocorrendo a senescência natural das folhas no final do ciclo.

O fator adubação nitrogenada não apresentou diferença estatisticamente significativa para o número de folhas; no entanto, é possível notar a mesma tendência em todas as mensurações, em que o número de folhas aumenta em detrimento das doses de nitrogênio. A não diferença estatisticamente significativa para o nitrogênio corrobora os resultados obtidos por Fagundes et al. (2007), que trabalharam com doses e fontes de N na cultura do girassol ornamental e não verificaram resposta para o número de folhas em função das fontes de nitrogênio. Bruginski e Pissaia (2002), estudando o híbrido de girassol M-734 em campo sob doses crescentes de N, também não encontraram efeito para número de folhas. Guedes Filho (2013) por sua vez, verificou que com o aumento das doses de N ocorreu aumento da variável até a dose máxima de 100 kg ha⁻¹ de N, resultando em um número máximo estimado de 17 folhas.

5.1.6 Área Foliar

De acordo com os resultados da análise de variância para área foliar do girassol (Tabela 8) em diferentes datas e em função de diferentes conteúdos de água do solo e doses de nitrogênio, houve efeito altamente significativo da água disponível no solo ($p < 0,01$) na área foliar, em todas as épocas avaliadas. Além disto, verifica-se que não houve efeito significativo do fator isolado nitrogênio nem da interação nitrogênio x água disponível.

Tabela 8. Resumo da análise de variância para área foliar do girassol (variedade BRS-323) em diferentes datas, submetido à porcentagem de água disponível no solo e doses de nitrogênio.

Fontes de variação	GL	Quadrados Médios		
		45 DAS ^{DT}	61 DAS ^{DT}	77 DAS ^{DT}
Água disponível	3	1551,3 ^{**}	3700,2 ^{**}	4701,9 ^{**}
Nitrogênio	3	29,07 ^{ns}	116,5 ^{ns}	203,1 ^{ns}
Água disponível x Nitrogênio	9	62,36 ^{ns}	62,3 ^{ns}	64,1 ^{ns}
Bloco	2	5,43 ^{ns}	65,9 ^{ns}	84,7 ^{ns}
Erro	30	52,73	79,9	116,6
CV (%)		21,63	20,57	20,88

ns, **, *: não significativo e significativo a $p < 0,01$, e $p < 0,05$; respectivamente, pelo teste „F”, DT-dados transformados em \sqrt{x} ; DAS = dias após a sementeira.

Nota-se que a área foliar aumentou linearmente com o aumento das lâminas de água disponível no solo nas três datas analisadas (Figura 18). Observa-se na Figura 18A, aos 45 DAS um crescimento de 1791,44 cm² quando a água disponível do solo aumentou de 50 para 125%; aos 61 DAS (Figura 18B) o crescimento foi maior, da ordem de 3041,13 cm² e aos 77 DAS um acréscimo ainda maior, de 3207,84 cm² (Figura 18C).

Guedes Filho (2013) encontrou que em todas as datas de avaliação o fator água disponível no solo apresentou comportamento linear crescente para os dados da área foliar, corroborando com os dados encontrados neste estudo, concordando também com Júnior Maia (2013) que observou que a área foliar aos 50 e 80 DAS, cresceu linearmente em função do acréscimo hídrico, obtendo incrementos de 1035,5 e 1294,3 cm², respectivamente. Ao estudar o desenvolvimento de plantas de girassol sob diferentes condições de fornecimento de água, Dutra et al. (2012) constataram que as plantas submetidas a altos teores de água produziram o maior número de folhas e, por consequência, aumento da área foliar.

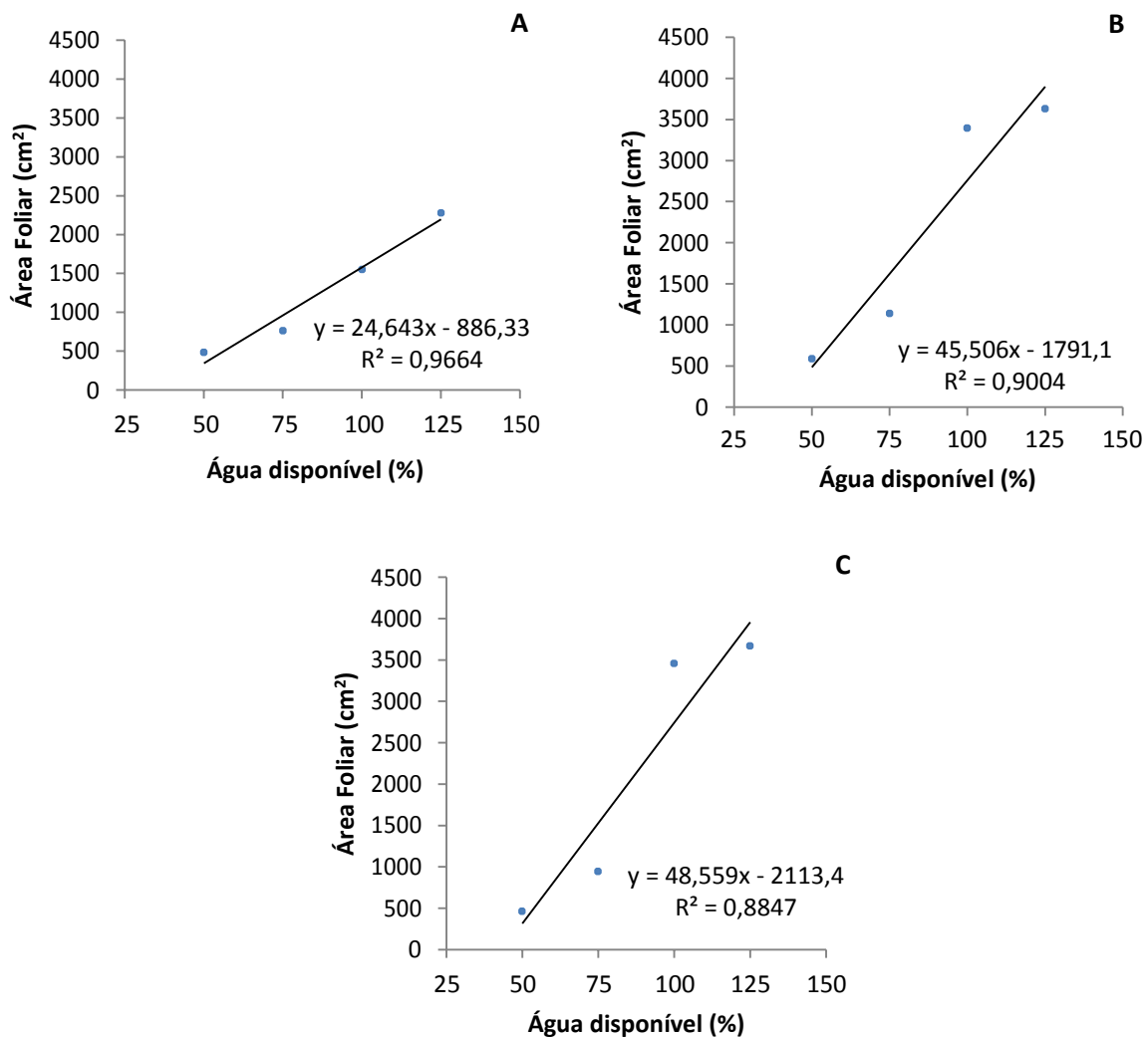


Figura 18. Área foliar em função da água disponível no solo aos 45 (A), 61 (B) e 77 DAS (C)

A restrição de água no solo provoca redução em sua absorção pelas plantas e, com isto, suas células têm menor pressão de turgor levando à menor expansão da área foliar (TAIZ e ZEIGER, 2009). Como a área foliar é dependente das condições edafoclimáticas, entre outros fatores, aos quais se pode incluir o conteúdo hídrico, presume-se que esta característica é favorecida pelo suprimento hídrico adequado da cultura (CARVALHO et al., 2012).

Santos e Carlesso (1998) afirmam que a diminuição do conteúdo de água no solo afeta a morfologia da planta e é a área foliar uma das primeiras características morfológicas a ser afetadas pelo déficit hídrico. Stone et al. (2001), sugerem que a água é o fator que mais limita o crescimento e a produção das culturas em ambientes áridos e semiáridos, semelhantes aos encontrados no nordeste brasileiro.

A evolução da área foliar ao longo do tempo em função das lâminas de água disponível no solo (19A) e doses de nitrogênio (19B) para as três medições, observando-se efeito significativo apenas para água disponível no solo, em todas as mensurações.

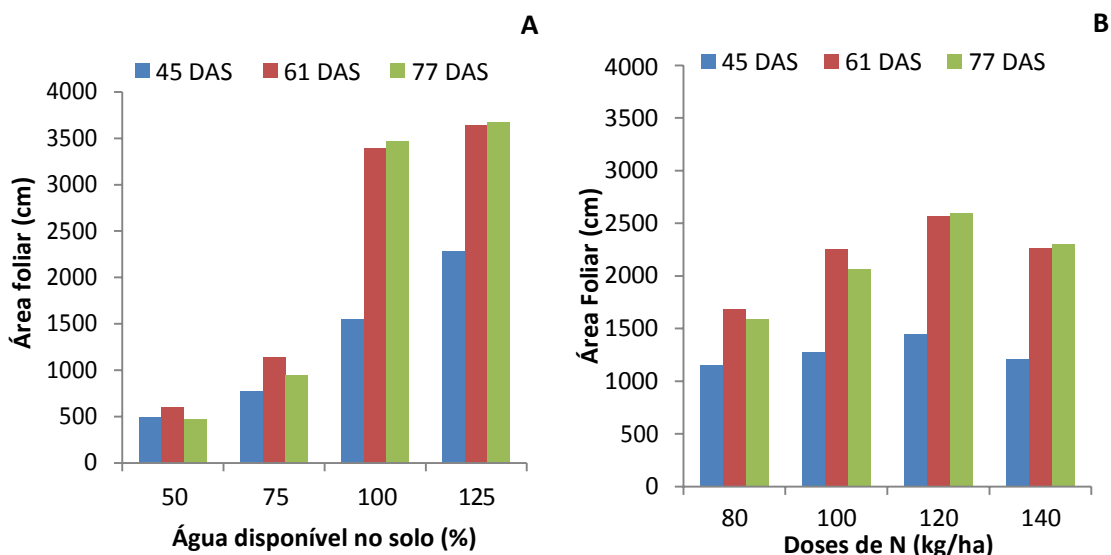


Figura 19. Evolução da área foliar em função da água disponível no solo (A) e doses de nitrogênio (B)

Não ocorreu diferença estatisticamente significativa para a variável área foliar do girassol, porém é possível notar a mesma tendência em todas as mensurações, cuja área foliar aumenta com a elevação das doses de nitrogênio até a de 120kg ha⁻¹, havendo decréscimo com o aumento das doses.

A não significância das doses de nitrogênio sobre a área foliar concorda com os resultados encontrados por Nobre et al. (2011) que estudando a produção de girassol sob estresse salino e adubação nitrogenada, constataram que o fator dose de N não promoveu efeito em nenhuma das épocas de avaliação, sobre a área foliar. Do mesmo modo, Bruginski e Pissaia (2002) também não encontraram, estudando o híbrido de girassol M-734 em campo sob doses crescentes de N (0, 25, 50, 75, 100 e 125 kg ha⁻¹), efeito sobre a área foliar. Porém, Guedes Filho (2013) verificou que as doses de nitrogênio afetaram o crescimento da área foliar e este comportamento foi descrito por uma equação quadrática.

5.1.7 Diâmetro interno e externo do capítulo

Pode-se observar, na Tabela 9, o resumo da análise de variância para diâmetro de capítulo interno e diâmetro de capítulo externo, submetidos a diferentes conteúdos de água do solo e doses de nitrogênio. De acordo com a análise de variância, houve efeito significativo da água disponível no solo ($p < 0,01$) para ambas as variáveis. Por outro lado, constata-se que não houve efeito significativo do fator isolado nitrogênio e da interação nitrogênio x água disponível.

Tabela 9. Resumo da análise de variância para diâmetro interno e externo do capítulo do girassol (variedade BRS-323) em diferentes datas, submetido a diferentes porcentagens de água disponível e doses de nitrogênio no solo

Fontes de variação	GL	Quadrados Médios	
		Diâmetro Interno	Diâmetro externo
Água disponível	3	102,88**	161,86**
Nitrogênio	3	1,995 ^{ns}	7,08 ^{ns}
Água disponível x Nitrogênio	9	1,34 ^{ns}	2,20 ^{ns}
Bloco	2	0,97 ^{ns}	12,263 ^{ns}
Erro	30	1,56	4,59
CV (%)		14,35	18,28

ns, **, *: não significativo e significativo a $p < 0,01$, e $p < 0,05$; respectivamente, pelo teste „F“

Nas Figuras 20A e 20B, observam-se as regressões para as relações água disponível versus diâmetro interno e externo do capítulo. Nota-se que houve uma resposta linear em que a elevação da quantidade de água disponível no solo influenciou, direta e positivamente, nos diâmetros interno e externo do capítulo.

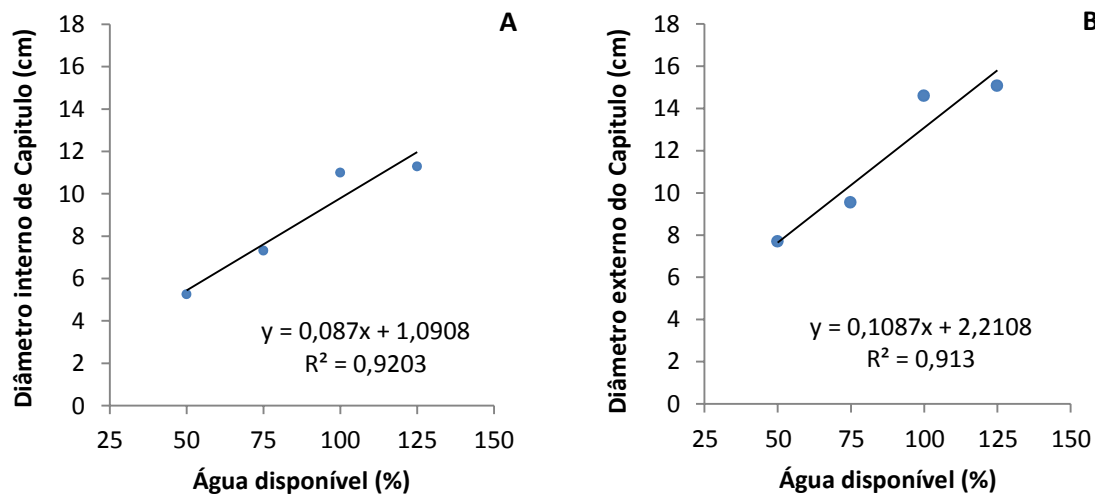


Figura 20. Diâmetro interno (20A) e diâmetro externo do capítulo (20B) em função da água disponível no solo

Na Figura 20A houve um incremento de 114,66% no diâmetro interno do capítulo quando a água disponível aumentou de 50 a 125%, com valores de 5,25 e 11,27cm, respectivamente. Na Figura 20B nota-se a mesma tendência na variável diâmetro externo em que o incremento foi de 95,83% quando a água disponível aumentou de 50 a 125%, com valores de 7,69 e 15,06cm, respectivamente.

Silva et al. (2014) encontraram estudando níveis de reposição hídrica, valores médios do diâmetro externo do capítulo que variaram aproximadamente de 14,50 a 15,10 cm, com lâminas de irrigação de 100 a 120% da evapotranspiração de referência. Os autores obtiveram, resultados semelhantes para o diâmetro interno do capítulo cujo maior diâmetro foi 14,82 cm, obtido com a maior lâmina de irrigação, 120% da evapotranspiração de referência.

O efeito não significativo do nitrogênio sobre o diâmetro interno e o externo do capítulo encontrado no presente estudo, discorda dos resultados relatados por Biscaro et al. (2008) e Nobre et al. (2010). Os primeiros obtiveram, trabalhando com diferentes doses de nitrogênio na cultura do girassol irrigada por gotejamento, diâmetros médios máximos de 11,9 cm com 45 kg N ha⁻¹ sendo registrado, a partir de então, decréscimo, indicando que a adubação nitrogenada é importante para o girassol porém não é necessária uma alta quantidade de nitrogênio para proporcionar bom crescimento do diâmetro do capítulo. Nobre et al. (2010) ao avaliar a adubação nitrogenada em ambiente protegido na cultura do girassol encontraram efeito altamente significativo ($p < 0,01$) para a variável diâmetro externo do capítulo.

5.2 Componentes de produção

5.2.1 Fitomassa de caule, folhas e capítulo

De acordo com a análise de variância para fitomassa do caule, folhas e capítulo submetidos a diferentes lâminas de água disponível no solo e doses de nitrogênio (Tabela 10) o efeito foi altamente significativo da água disponível no solo ($p < 0,01$) para as três variáveis. Além disso, verifica-se que não houve efeito significativo do fator isolado nitrogênio nem da interação nitrogênio x água disponível demonstrando, desta forma, que o aumento da água disponível não influenciou no efeito do nitrogênio nestas variáveis, assim como a adubação nitrogenada não as influenciou para os diferentes níveis de irrigação testados.

Tabela 10. Resumo da análise de variância para a fitomassa de caule (FSC), folhas (FSF) e capítulo (FSCap) do girassol (variedade BRS-323), submetidos à porcentagem de água disponível no solo, doses de nitrogênio.

Fontes de variação	GL	Quadrados Médios		
		MSC ^{DT}	MSF ^{DT}	MSCap ^{DT}
Água disponível	3	12,35 ^{**}	9,044 ^{**}	9,557 ^{**}
Nitrogênio	3	0,215 ^{ns}	0,330 ^{ns}	0,268 ^{ns}
Água disponível x nitrogenio	9	0,372 ^{ns}	0,266 ^{ns}	0,286 ^{ns}
Bloco	2	0,419 ^{ns}	0,328 ^{ns}	0,523 ^{ns}
Erro	30	0,333	0,335	0,370
CV (%)		22,18	21,60	26,06

ns, **, *: não significativo e significativo a $p < 0,01$ e $p < 0,05$; respectivamente, pelo teste „F“, DT-dados transformados em \sqrt{x} .

Na Figura 21 observa-se um comportamento linear crescente para fitomassa de caule, folhas e capítulo, quando submetidos a diferentes níveis de água disponível no solo, com o teor de água disponível de 125% produzindo a maior quantidade de fitomassa do caule, das folhas e do capítulo, 13,61, 12,43 e 11,84g, respectivamente.

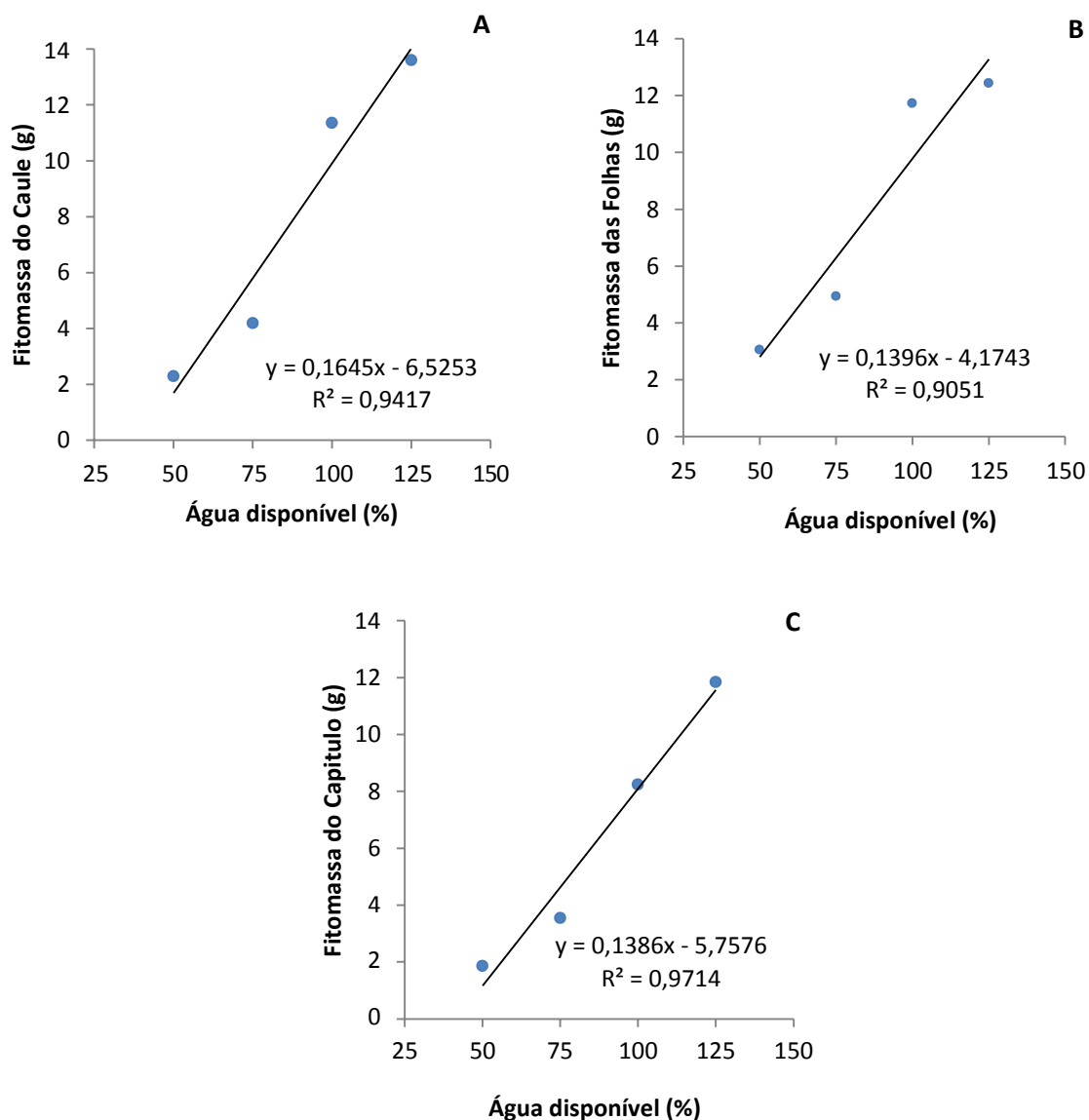


Figura 21. Fitomassa do caule, das folhas e do capítulo em função da água disponível no solo

Constatou-se um incremento de 492,81% na fitomassa do caule quando a água disponível no solo aumentou de 50 para 125%, com valores de 2,29 e 13,61g, respectivamente (Figura 21A). Na figura 21B o incremento da fitomassa das folhas foi de 306,20%, com médias de 3,6 e 12,43g por planta para a menor e a maior lâmina de água aplicada, respectivamente. A variável fitomassa do capítulo (Figura 21C), obteve incremento de 540% com média de 1,85g e 11,84g respectivamente para as lâminas de 50 e 125% da água disponível.

Os resultados corroboram os obtidos por Nobre et al. (2010) quem obtiveram uma resposta linear crescente para a fitomassa da parte aérea com o incremento das reposições das necessidades hídricas aplicadas.

Conforme Dutra et al. (2012) o estresse hídrico provoca mudanças morfológicas e fisiológicas nas culturas, visto que um tratamento com 60% da capacidade de retenção de água do solo diminuiu a produção de biomassa (parte aérea, folhas, caule e raiz) em aproximadamente 300%, quando comparado com o tratamento de 80% da capacidade de retenção de água. Esta redução da fitomassa da planta se deve, provavelmente, à falta de água, que leva a uma redução da expansão celular, fechamento de estômatos e redução da fotossíntese afetando, assim, e severamente, a produção de biomassa (TAIZ e ZEIGER, 2009).

5.2.2 Número de aquênios

No resumo da análise de variância para número de aquênios viáveis submetidos a diferentes conteúdos de água do solo e doses de nitrogênio (Tabela 11), observa-se efeito significativo da água disponível no solo ($p < 0,01$). Verifica-se também que não houve efeito significativo do nitrogênio nem da interação nitrogênio x água disponível demonstrando, desta forma, que o aumento da água disponível não influenciou o efeito do nitrogênio nesta variável e vice-versa.

Tabela 11. Resumo da análise de variância número de aquênios do girassol (variedade BRS-323) em diferentes datas, submetido à porcentagem de água disponível no solo e doses de nitrogênio.

Fontes de variação	GL	Quadrados Médios NAV ^{DT}
Água disponível	3	316,38 ^{**}
Nitrogênio	3	10,23 ^{ns}
Água disponível x Nitrogênio	9	3,94 ^{ns}
Bloco	2	1,26 ^{ns}
Erro	30	9,16
CV (%)		16,57

ns, **, *: não significativo e significativo a $p < 0,01$ e $p < 0,05$; respectivamente, pelo teste „F”, DT-dados transformados em \sqrt{x}

Verifica-se um aumento linear crescente do número de aquênios viáveis com o aumento da água disponível no solo (Figura 22), indicando que a lâmina de 125%

proporcionou o maior número de aquênios viáveis. Houve um incremento de 267% no número de aquênios quando a água disponível no solo aumentou de 50 para 125%, com valores de 137,9 e 506,6 aquênios, respectivamente.

Dados similares foram reportados por Guedes Filho (2013) que, estudando o fator água disponível no solo, obteve um aumento na produção de aquênios viáveis de 112,5% quando a percentagem de água disponível do solo aumentou de 55 para 100%.

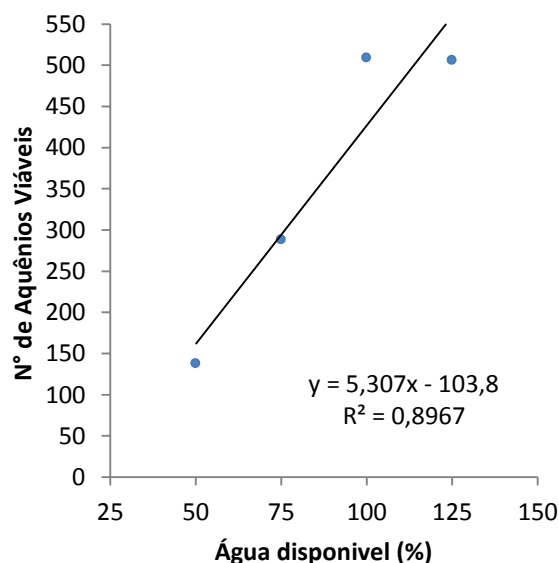


Figura 22. Número de aquênios viáveis em função da água disponível no solo

Ao estudar o efeito do estresse hídrico na produção do girassol, Castro et al. (2006) e Silva et al. (2009), verificaram que plantas sob estresse hídrico tiveram menor produção de fitomassa total e menor número de aquênios.

O efeito não significativo do nitrogênio sobre o número de aquênios, encontrado no presente estudo, corrobora os resultados relatados por Carvalho e Pissaia (2002) que avaliando o efeito de diferentes doses de nitrogênio (0 a 125 kg ha⁻¹ de N) em cobertura no cultivo do girassol não constataram efeito significativo da adubação sobre o rendimento de grãos, seus componentes, o índice de colheita aparente e teor de óleo nos aquênios de girassol.

5.2.3 Fitomassa de aquênios

De acordo com a análise de variância para a fitomassa de aquênios viáveis submetidos a diferentes conteúdos de água disponível do solo e doses de nitrogênio, houve efeito altamente significativo da água disponível no solo ($p < 0,01$). Além disto se verifica que não houve efeito significativo do fator isolado nitrogênio e tampouco da interação nitrogênio x água disponível.

Tabela 12. Resumo da análise de variância da fitomassa de aquênios viáveis do girassol (variedade BRS-323) em diferentes datas, submetido à porcentagem de água disponível no solo e doses de nitrogênio.

Fontes de variação	GL	Quadrados Médios
		FMA V ^{DT}
Água disponível	3	29,646 ^{**}
Nitrogênio	3	0,498 ^{ns}
Água disponível x Nitrogênio	9	0,208 ^{ns}
Bloco	2	0,016 ^{ns}
Erro	30	0,458
CV (%)		18,24

ns, **, *: não significativo e significativo a $p < 0,01$ e $p < 0,05$; respectivamente, pelo teste „F“; DT = Dados transformados em \sqrt{x}

O efeito não significativo do nitrogênio sobre fitomassa de aquênios encontrado neste trabalho, corrobora com os encontrados por Centeno et al. (2014) quando estudaram componentes de produção do girassol Embrapa 122-V2000 sob salinidade da água e adubação nitrogenada, divergindo dos resultados relatados por Ribeiro (2013) e Guedes Filho (2013) e Nobre et al. (2011).

Na Figura 23 observa-se comportamento linear crescente da fitomassa de aquênios viáveis em relação ao aumento da água disponível no solo indicando que a lâmina de 125% da água disponível no solo proporcionou maior média de fitomassa de aquênios, com 26,16g.

Na Figura 23 verifica-se um aumento significativo da fitomassa dos aquênios viáveis com o aumento da água disponível no solo atingindo um incremento de 688% na fitomassa de aquênios considerando o menor e o maior conteúdo de água disponível no solo, com valores de 3,32 e 26,16g, respectivamente, para 50 e 125% da água

disponível no solo. Esses resultados são corroborados por Silva et al. (2007), Gomes et al. (2003 e 2005) e Andrade (2000), Lemos e Vazquez (2005), Leite e Carvalho (2005) e Silva et al. (2005) que, estudando a produtividade do girassol com diferentes cultivares, épocas e regiões, constataram aumento da produtividade em função das lâminas de água aplicadas.

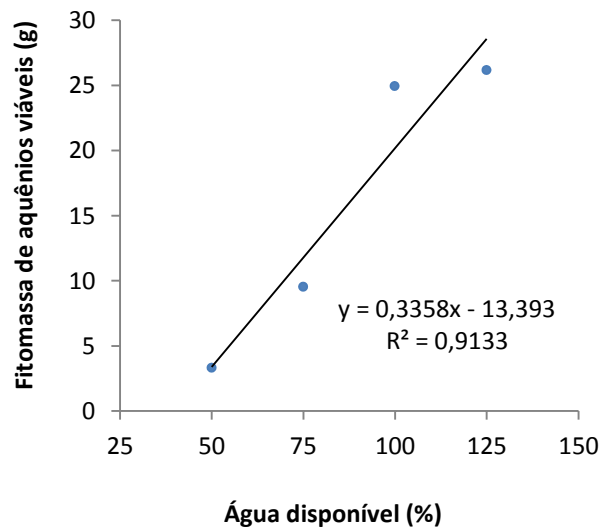


Figura 23. Fitomassa de aquênios viáveis em função da água disponível no solo

6. CONCLUSÕES

- 1.- O conteúdo de água disponível no solo aumentou o crescimento e a produção do girassol variedade BRS 323;
- 2.- Com exceção do número de folhas, o conteúdo de água disponível no solo aumentou linearmente o desenvolvimento do girassol variedade BRS 323;
- 3.- As doses de nitrogênio não influenciaram nas variáveis avaliadas;
- 4.- Não houve interação entre os tratamentos de água disponível e a adubação nitrogenada;
- 5.- A melhor lâmina de irrigação para a produção do girassol foi aquela correspondente ao maior conteúdo de água disponível no solo, 125%;

REFERÊNCIAS

- ACOSTA, J. F. **Consumo hídrico da cultura do girassol irrigada na região da Chapada do Apodi – RN**. Campina Grande, PB: UFCG, 2009. Dissertação (Mestrado), 56p.
- ALVES, A.G.C.; COGO, N.P.; LEVIEN, R. Relações da erosão do solo com a persistência da cobertura vegetal morta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.19, n.1, p.127-132, 1995.
- ANDRADE, S. J. DE. Efeito de lâminas de água e doses de boro na cultura do girassol. Piracicaba: ESALQ/USP, 2000.94p. Tese Doutorado.
- AZEVEDO, J.H.O.; BEZERRA, F.M.L. Resposta de dois cultivares de bananeira a diferentes lâminas de irrigação. **Revista Ciência Agronômica**, v.39, n.1, p.28-33, 2008.
- BARNI, N. A.; BERLATO, M. A.; SANTOS A. O.; SARTORI G. Análise de crescimento do girassol em resposta a cultivares, níveis de adubação e épocas de semeadura. **Pesquisa Agropecuária Gaucha**, v. 1, p. 167-184, 1995.
- BENINCASA, M.M.P. **Análise de crescimento de plantas: noções básicas**. Jaboticabal: UNESP, 2003. 41p.
- BILIBIO, C.; CARVALHO, J.A.; MARTINS, M.; REZENDE, F.C.; FREITAS, E.A.; GOMES, L.A.A. Desenvolvimento vegetativo e produtivo da berinjela submetida a diferentes tensões de água no solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.7, p.730-735, 2010.
- BISCARO, G.A.; MACHADO, J.R.; TOSTA, M.S.; MENDONÇA, V.; SORATTO, R.P.; CARVALHO, L.A. Adubação nitrogenada em cobertura no girassol irrigado nas condições de Cassilândia - MS. **Ciência e Agrotecnologia**, v.32, n.5, p.1366-1373, 2008.
- BLAMEY, F.P.C.; EDWARDS, D.G.; ASHER, C.J. **Nutritional disorders of sunflower**. Brisbane: University of Queensland, 1997, 72p.
- BONO, A.; MONTO, Y.A.C.; BABINEC, F.J. **Fertilizacion en girasol**. Resultados obtenidos en tres años de estudio. La Pampa: EEA INTA Guillermo Covas, 1999. (Publicación Técnica - Estación Experimental Agropecuaria Anguil, n. 48).
- BRAGACHINI, M.; MARTIN, A.; MÉNDEZ, A. Eficiencia de cosecha de girasol. In: DÍAZ-ZORITA, M.; DUARTE, G.A. (Ed.). **Manual práctico para el cultivo de girasol**. Buenos Aires: 2002. p.26-29.
- BRUGINSKI, D.H. & PISSAIA, A. Cobertura nitrogenada em girassol sob plantio direto na palha: II – morfologia da planta e partição de massa seca. *Sci. Agr.*, 3:47-53, 2002.

CÂMARA, G.M.S. Girassol: Tecnologia da Produção. In: LPV 506: **Plantas Oleaginosas**. Piracicaba: ESALQ, Departamento de Produção Vegetal, 2003. p.153-180.

CAMPOS, V. B.; CHAVES, L. H. G.; GUEDES FILHO, D. H.; SANTOS JÚNIOR, J. A. Reposição da água de irrigação na cultura do girassol Embrapa 122/v-2000. In: FERTIBIO, 2010, Viçosa. **Anais eletrônicos...** Viçosa: SBCS, 2010. Disponível em: . Acesso em: 20 fev. 2010.

CANTARELLA, H. Adubação e calagem do girassol. In: III SIMPÓSIO NACIONAL DE GIRASSOL. XV Reunião Nacional de Girassol. Ribeirão Preto. **Anais...** 2003. (CD-ROM).

CARNEIRO, P. T; FERNANDES, P. D.; GHEYI, H. R.; SOARES, F. A. L. . Germinação e crescimento inicial de genótipos de cajueiro anão-precoce em condições de salinidade. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 6, n. 2, p. 199-206, 2002.

CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. Campinas: Fundação Cargill, 1980. 326p.

CARVALHO, D. R.; NASCIMENTO, P. G. M. L.; SILVA, M. G. O.; MESQUITA, H. C.; CUNHA, J. L. X. L. Comparação de métodos para estimativa da área foliar do *Myrciaria tenella* O. Berg. **Revista ACSA – Agropecuária Científica no Semi-Árido**, Patos, v.8, n.4, p.01-06, 2012.

CASTIGLIONI, V.B.R. **Cultivo do girassol**. Londrina: Embrapa - CNPSo, 1992. 4p. (Circular Técnica,13).

CASTIGLIONI, V.B.R., BALLA, A., CASTRO, C., SILVEIRA, J.M. Fases de desenvolvimento da planta do girassol. EMBRAPA, 1994.24p (CNPSo. n. 58). <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/445797>

CASTRO, C.; CASTIGLIONI, V.B.R.; BALLA, A.; LEITE, R.M.V.B.C.; KARAM, D.; MELLO, H.C.; GUEDES, L.C.A.; FARIAS, J.R.B. **A cultura do girassol**. Londrina: Embrapa-CNPSo, 1997. 36 p. (Embrapa-CNPSo. Circular Técnica, 13).

CASTRO, C.; BALLA, A.; CASTIGLIONI, V.B.R. Doses e métodos de aplicação de nitrogênio em girassol. **Scientia Agrícola**, v.56, n.4, p.827-833, 1999.

CASTRO. C, de; CASTIGLIONI. V.B.R.; BALLA, A.; LEITE, P.M.V.B. de C.; KAIRAM. D.; MELLO, H.C.; GUEDES. L.C.A.; FARIAS. J.R,B. **A cultura do girassol**. Londrina, EMBRAPA-CNPSo. 1996. 38p. (EMBRAPA-CNPSo. Circular técnica. 13).

CASTRO, C.; FARIAS, J.R.B. Ecofisiologia do girassol. In: LEITE, R.M.V.B.C.; BRIGHENTI, A.M.; CASTRO, C. (Ed.) **Girassol no Brasil**. Londrina: Embrapa Soja, 2005. p.163-218.

CASTRO, C.; LANTMANN, A.F.; SFREDO, G. J.; BORKERT, C.M.; SILVEIRA, J.M. In: **Resultados de pesquisa da EMBRAPA Soja**, 2003: Girassol. Londrina: Embrapa Soja, p.19-27, 2004. (Embrapa Soja. Documentos 242).

CASTRO, C.; OLIVEIRA, F.A. Nutrição e adubação do girassol. In: LEITE, R.M.V.B.C.; BRIGHENTI, A.M.; CASTRO, C. (Ed.). **Girassol no Brasil**. Londrina: Embrapa Soja, p.317-373, 2005.

CASTRO, C. DE; MOREIRA, A.; OLIVEIRA, R. F. DE; DECHEN, A. R. Boro e estresse hídrico na produção do girassol. **Ciência e Agrotecnologia**, v.30, n.2, p.214-220, 2006.

CASTRO, A. M. G de; LIMA, S. M. V; SILVA, J. F. V. Complexo Agroindustrial de Biodiesel no Brasil: Competitividade das Cadeias Produtivas de Matérias-Primas. Brasília, DF: Embrapa Agroenergia, 2010.

CAVASIN JÚNIOR, C. P. **A cultura do girassol**. Guaíba, Agropecuária, 2001. 69p.

CENTENO, C. M.; DOS SANTOS, J. B.; XAVIER, D. A.; DE AZEVEDO, C. A. V.; GHEYI, H. R. **Biometria do girassol embrapa 122-v2000 cultivado em função da salinidade da água de irrigação e adubação nitrogenada**. II Inovagre International Meeting, Fortaleza, 2014.

CHAMBERS, J.M. **Software for data analysis: Programming with R**. 2008.

COELHO, A.M.; FRANÇA, G.E.; PITTA, G.V.E; ALVES, V.M.C.; HERNANI, L.C. Nutrição e Adubação de milho. In: CRUZ, J. C.; et al. **Cultivo do milho**. Sete lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2005. (Embrapa Milho e Sorgo. Sistema de Produção, 1). Disponível em: <<http://www.cnpms.embrapa.br/publicações/milho/feraduba.htm>> Acesso em: 15 Jul. 2015.

COELHO, M. A.; SONCIN, N. B. **Geografia do Brasil**. São Paulo: Ed. Moderna, p. 368, 1982.

CONAB – **Companhia Nacional de Abastecimento**. Disponível em: http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_06_06_11_01_37_revista_indicadores_da_agropecuaria_mai_2016_-_versao_finalizada_-_internet.pdf Acesso em: Junho de 2016.

DALL'AGNOL, A.; CASTIGLIONI, V.B.R.; TOLEDO, J.F.F. A cultura do girassol no Brasil. In: PUIGNAU, J. (Ed.). **Mejoramiento genético de girasol**. Montevideo: PROCISUR, 1994. p.37-41. (IICA-PROCISUR. Diálogo, 41).

DOORENBOS, J.; KASSAM, A.H. **Efeito da água no rendimento das culturas**. Campina Grande: Universidade Federal de Campina Grande, p.306, 1994. (Estudos FAO. Irrigação e Drenagem).

DUTRA, C. C.; PRADO, E. A. F. do; PAIM, L.R.; SCALON, S. de P. Q. Desenvolvimento de plantas de girassol sob diferentes condições de fornecimento de água. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 33, suplemento 1, p. 2657-2668, 2012.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA.
EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 412p.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Centro Nacional de Pesquisa de Soja**. Tecnologias de produção de girassol. Disponível em: . Acesso em: 10 Abr. 2003.

EMBRAPA. **Cultivar de girassol BRS 323**. Folder. 2014 Disponível em <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/88715/1/folderBRS323copy.pdf>> Acesso em: 20 Ago. 2015.

FAGUNDES, J.D.; SANTIAGO, G.; MELLO, A.M.; BELLÉ, R.A.; STRECK, N.A. Crescimento, desenvolvimento e retardamento da senescência foliar em girassol de vaso: fontes e doses. **Ciência Rural**, v. 37, n. 4, p. 987-993, 2007.

FAOSTAT **Statistical Databases**. FAO, 2009. Disponível em: <<http://faostat.fao.org>> Acesso em: 28 Ago. 2014.

FARIAS NETO, A.L.; ANDRADE, L.R.M.; OLIVEIRA, M.F. **Metodologia para seleção de genótipos de girassol (*Helianthus annuus* L.) tolerantes ao alumínio**. Planaltina: Embrapa-CPAC, 1999. 2p.

FREIRE, M.G.B. dos S.; FREIRE, F.J. **Fertilidade do solo e seu manejo em solos afetados por sais**. In: NOVAIS, R.B.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F. de; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. (eds). Fertilidade do Solo. Viçosa, MG; Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, 2007. 1017p.

FREITAS, C. A. S.; SILVA, A. R. A.; BEZERRA, F. M. L.; ANDRADE, R. R.; MOTA, F. S. B.; AQUINO, B. F. Crescimento da cultura do girassol irrigado com diferentes tipos de água e adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, n.10, p.1031–1039, 2012.

GARCIA, F.C.H.; BEZERRA, F.M.L; FREITAS, C.A.S. Níveis de irrigação no comportamento produtivo do mamoeiro Formosa na Chapada do Apodi, CE. **Revista Ciência Agronômica**, v.38, n.2, p.136-141, 2007.

GAZZOLA, A.; FERREIRA JÚNIOR, C.T.G.; CUNHA, D.A.; BORTOLINI, E.; PAIAO, G.D.; PRIMIANO, I.V.; PESTANA, J.; CRUANHES, M.S.; OLIVEIRA, D.M.S. **A Cultura do Girassol**. USP. Piracicaba: São Paulo, 2012.

GOMES, E. M.; UNGARO, M. R. G.; VIEIRA, D. B. Influência da suplementação hídrica na altura de planta, diâmetro de capítulo, peso de sementes e produção de grãos. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GIRASSOL, 3.; REUNIÃO NACIONAL DA CULTURA DE GIRASSOL, 15., 2003, Ribeirão Preto. **Anais...** [S. l.]: CATI, 2003. 1CD-ROM.

GOMES, E. M.; UNGARO, M. R. G.; VIEIRA, D. B. Impacto da suplementação hídrica no acúmulo e partição da matéria seca de girassol. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GIRASSOL, 3, E REUNIÃO NACIONAL DA CULTURA DE GIRASSOL, 15, 2003, Ribeirão Preto. **Anais...** Ribeirão Preto: CATI, 2003., CD-Rom.

GOMES, E. M.; UNGARO, M. R. G.; VIEIRA, D. B. Produção de grãos, óleo e proteína em girassol sob estresse hídrico. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GIRASSOL, 4.; REUNIÃO NACIONAL DA CULTURA DE GIRASSOL, 16., 2005, Londrina. **Anais...** Londrina: Embrapa/Soja, 2005. p.23-25.

GOMES, E. P.; FEDRI, G.; ÁVILA, M. R.; BISCARO, G. A.; REZENDE, R. K. S.; JORDAN, R. A. Produtividade de grãos, óleo e massa seca de girassol sob diferentes lâminas de irrigação suplementar. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, n.3, p.237-246, 2012.

GUEDES FILHO, D. H. ; CHAVES, L. H. G ; CAMPOS, V. B. ; SANTOS JÚNIOR, J. A ; OLIVEIRA, J.T. de L. . Production of Sunflower and Biomass Depending on Available Soil Water and Nitrogen Levels. **Iranica Journal of Energy & Environment** , v. 2, p. 313-319, 2011.

GUEDES FILHO, D.H. Comportamento do girassol submetido a doses de nitrogênio e níveis de água de irrigação. Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Engenharia Agrícola. Centro de Tecnologia e Recursos Naturais. Universidade Federal de Campina Grande. 2013.

GUERRA, H. O. C.; **Física dos Solos**, 2. Ed. Campina Grande, 2000. 175 p.

HARRIS, H.C.; McWILLIAN, J. R.; MASON, W. K. Influence of temperature on oil content and composition of sunflower seed. **Australian Journal of Agriculture Research**, v.29, n.4, p.1203-1212, 1978.

HOCKING, P.J.; STEER, B.T. Uptake and partitioning of selected mineral elements insunflower (*Helianthus annus* L.) during growth. **Field Crops Research**, v.6, p.93-107,1983.

LEITE, R.M.V.B.C; BRIGHENTI, A.M; CASTRO, C. **Girassol no Brasil**. Londrina, PR: Embrapa Soja, 2005, 641p.

LEITE, R. M. V. B. C.; CARVALHO, C. G. P. Avaliação da resistência de genótipos de girassol à mancha de *Alternaria* (*Alternaria helianthi*) em condições de campo. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE GIRASSOL, 16.; SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE A CULTURA DO GIRASSOL, 4., 2005, Londrina. **Anais...** Londrina: EMBRAPA Soja, 2005. p. 08-110.

LEMOS, D. M. R.; VAZQUEZ, G. H. Comportamento agrônômico de diferentes genótipos de girassol na época da safrinha em Fernandópolis/SP. In: Reunião Nacional de Pesquisa de Girassol, 16, e Simpósio Nacional sobre a Cultura do Girassol, 4, 2005, Londrina. **Anais...** Londrina: Embrapa Soja, 2005. p.76-79.

LÓPEZ-BELLIDO, R.J; LÓPEZ-BELLIDO, L.; CASTILLO, J.E.; LÓPEZ-BELLIDO, F.J. Nitrogen uptake by sunflower as affected by tillage and soil residual nitrogen in a wheat–sunflower rotation under rainfed Mediterranean conditions. **Soil and Tillage Research**, v.2, n.1, p.43-51, 2003.

MAIA JÚNIOR, S.O. Aspectos morfofisiológicos de cultivares de girassol sob diferentes regimes hídricos. Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Engenharia Agrícola. Centro de Tecnologia e Recursos Naturais. Universidade Federal de Campina Grande. 2013.

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

MALDANER, I.C.; HELDWEIN, A.B.; LOOSE, L.H.; LUCAS, D.D.P.; GUSE, F.I.; BORTOLUZZI, M.P. Modelos de determinação não-destrutiva da área foliar em girassol. **Ciência Rural**, v.39, n.5, p.1356-1361, 2009.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2.ed. London, GB: Academic Press, 1995. 899p.

NACIONAL DE PESQUISA DE SOJA. **Tecnologias de produção de girassol**. Disponível em: <http://www.cnpso.embrapa.br/producao_girassol/>. Acesso em: 10 Abr. 2014.

NOBRE, R.G.; GHEYI, H.R.; ANDRADE, L.O.; SOARES, F.A.L. ; NASCIMENTO, E.C.S. Crescimento do girassol irrigado com água residuária e adubação orgânica. R. DAE, 3:50-60, 2009.

NOBRE, R. G.; GHEYI, H. R.; SOARES, F. A. L.; ANDRADE, L.O.; NASCIMENTO, E. C. S. Produção do girassol sob diferentes lâminas com efluentes domésticos e adubação orgânica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.7, p.747–754, 2010.

NOBRE, R. G; GHEYI, H. R; SOARES, F. A. L; CARDOSO, J. A. F. Produção de girassol sob estresse salino e adubação nitrogenada. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, 35:929-937, 2011

NOVAIS, R.F.; NEVES, J.C.L.; BARROS, N.F. Ensaio em ambiente controlado. In: OLIVEIRA, A.J. et al. (Ed.) **Métodos de pesquisa em fertilidade de solo**. Brasília: EMBRAPA. 1991. cap. 2, p.189-253.

OLIVEIRA, F. A.; OLIVEIRA, F. R. A.; CAMPOS, M. S.; MEDEIROS, J. F.; SILVA, O. M. P. Interação entre salinidade e fontes de nitrogênio no desenvolvimento inicial da cultura do girassol. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.5, n.4, p.479-484, 2010.

OLIVEIRA, J. T. L., L. H. G. CHAVES, V. B. CAMPOS, J. A. SANTOS JÚNIOR AND D. H. GUEDES FILHO. 2012. Fitomassa de girassol cultivado sob adubação nitrogenada e níveis de água disponível no solo. **Rev. Bras. Agri. Irr.**, 6:23-32.

ORDONEZ, A. A. **El cultivo del girassol**. Ediciones Mundi - Prensas - Madrid. 1990, p.29-69.

PAIAO, G.D. **A Cultura do girassol**. Capítulo 4. Nutrição Mineral e Adubação. Trabalho didático do Curso de Graduação Em Engenharia Agrônômica da disciplina Plantas Oleaginosas.. Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" Departamento de Produção Vegetal, m Piracicaba – SP. 2012.

PAIVA SOBRINHO, S.; TIEPPO, R. C.; SILVA, T. J. A. Desenvolvimento inicial de plantas de girassol em condições de estresse hídrico. **Enciclopédia Biosfera**, v.7, n.12, p.1-12, 2011

PEIXOTO, A.M. Girassol. **Enciclopédia Agrícola Brasileira**, v.5. Ed. EDUSP. 2004.

PELEGRINI, B. **Girassol**: uma planta solar que das américas conquistou o Mundo. São Paulo: Ícone, 1985, 117p.

PERSON, LUIS CARLOS. **A cultura do girassol como estratégia de competitividade para o agronegócio regional e nacional: importância para a agro energia e a alimentação**. Dissertação (MPAGRO) - Escola de Economia de São Paulo. Universidade de São Paulo Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. 2012

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

RIBEIRO, P. H. P. **Cultivo do girassol irrigado com água salina sob doses de nitrogênio**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Campina Grande. 96p. 2013.

ROSSI, R.O. **Girassol**. Curitiba: Ed. Tecnoagro, 1998, 333p.

SACHS, L.G.; PORTUGAL, A.P.; PRUDENCIO-FERREIRA, IDA, S.H.; SACHS, P.J.D.; SACHS, J.P.D. Efeito de NPK na produtividade e componentes químicos do girassol. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 27, n. 4, p. 533-546, 2006.

SANTANA, D. C. **A origem e a importância do cultivo do girassol**. 2008. Disponível em: <http://www.agricolaepecuaria.com.br/2008/10/origem-e-importancia-do-cultivo-do.html>. Acesso: junho de 2016

SANTOS, R. F. E.; CARLESSO, R., Déficit hídrico e os processos morfológico e fisiológico das plantas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.2, n.3, p.287-294, 1998.

SCHNEITER, A. A.; MILLER, J. P. (Ed.). Description of sunflower growth stages. **Crop Science**, Madison, v. 21, p. 901-903, 1981.

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**, v.2, n.1, p.369-377, 1999.

SELMECZI-KOVACS, A. Akklimatisation und verbreitung der sonnenblume in Europa. **Acta Ethnographica Academiae Hungaricae**, v.24, n.1-2, p.47-88, 1975.

SEMENTES CONTIBRASIL. **Girassol**: manual do produtor. Campinas-SP, 1981. 31p.

SGANZERLA, E. **Nova Agricultura**: a fascinante arte de cultivar com plásticos. 4 Ed. Porto Alegre: Plasticultura Gaúcha, 1995, 303p.

SHARMA, R.D.; AMABILE, R.F. **Nematóides associados ao girassol em áreas de cerrado do Distrito Federal**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2004. 13p. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 125).

SHARP, R. E. Interaction with ethylene: changing views on the role of abscisic acid in root and shoot growth responses to water stress. **Plant Cell Environment**, v. 25, n. 2, p. 211-222, 2002.

SILVA, M.L.O.; FARIA, M.A.; MORAIS, A.R.; ANDRADE, G.P.; LIMA, E.M.C. Crescimento e produtividade do girassol cultivado na entressafra com diferentes lâminas de água. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.11, n.5, p.482-488, 2007.

SILVA, M.L.O. **Aplicação de lâminas de água e adubação com boro na cultura do girassol**. p. 115, 2005. (Tese – Doutorado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Lavras, Lavras – MG.

SILVA, S. DA; WANDERLEY, J. A. C; BEZERRA, J. M; CHAVES, L. H. G; SILVA, A. A. R. DA. Crescimento do girassol com níveis de reposição hídrica e adubação potássica. **ACSA – Agropecuária Científica no Semi-Árido**, v.10, n.2, p 104-110, 2014

SILVA, M. L.O.; FARIA, M. A, MORAIS, A. R, GUSTAVO.; ANDRADE, P.; LIMA, E. M. C. Crescimento e produtividade do girassol cultivado na entressafra com diferentes lâminas de água **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** v.11, n.5, p.482–488, 2007.

SILVA, A. G.; PIRES, R.; MORÕES, E. B.; OLIVEIRA, A. C. B.; CARVALHO, C. G. P. Desempenho de híbridos de girassol em espaçamentos reduzidos. **Ciências Agrárias**, v.30, p.31-38, 2009.

SMIDERLE, O.J.; GIANLUPPI, D.; GIANLUPPI, V. Adubação nitrogenada, espaçamento e época de semeadura de girassol nos Cerrados de Roraima. In: EMBRAPA. **Resultados de pesquisa da EMBRAPA Soja-2001: girassol e trigo**. Londrina: Embrapa Soja, p.33-39, 2002. (Embrapa Soja. Documentos, 218).

SMIDERLE, O.J.; MOURÃO JÚNIOR, M.; GIANLUPPI, D.; CASTRO C. **Adubação nitrogenada do girassol nos Cerrados de Roraima**. Boa Vista: Embrapa Roraima, 2004. 7p. (Embrapa Roraima. Comunicado Técnico, 8).

STONE, L.R.; GOODRUM, D.E.; JAAFAR, M.N.; KHAN, A.K. Rooting Front and Water Depletion Depths in Grain Sorghum and Sunflower. **Agronomy Journal** 93:1105-1110, 2001.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 613 p. 4. ed. Porto Alegre: Arned, 2009. 848 p.

TERRA, S.B. **Crescimento e estado nutricional de crisântemo (*Dendranthema grandiflora* Tzvelev) cultivado em vaso sob fertirrigação**. Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel. Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, 2004. Tese (Doutorado), 85p.

TORANZO, F.R.; AMARO, E. Semilla y Siembra. In: u, E. (Coord.). **Produccion de girassol**. Buenos Aires. Asociacion Argentina de consorcios regionales de Experimentacion Agrícola, p.7-16,1994. (Cuadernos de Actualizacion Tecnica, n. 40.

UNGARO, M.R.G. **O girassol no Brasil**. O Agrônomo, Campinas, v.34, p.43-62, 1982.

UNGARO, M.R.G. Potencial da cultura do girassol como fonte de matéria-prima para o programa nacional de produção e uso de biodiesel. In: CÂMARA, G.M.; HEIFFIG, L.S. (Ed.) **Agronegócio de plantas oleaginosas: matérias-primas para o biodiesel**. Piracicaba: ESALQ, p.57-80, 2006.

VIANA, T. V. A.; LIMA, A. D.; MARINHO, A. B.; DUARTE, J. M. L.; AZEVEDO, B. M.; COSTA, S. C. Lâminas de irrigação e coberturas do solo na cultura do girassol, sob condições semiáridas. **Irriga**, v. 17, n. 2, p. 126-136, 2012.

VIEIRA, O.V. **Silagem de girassol**. Londrina: Embrapa-CNPSo, 1998. 4p. (Folder 05/1998).

VIEIRA, O.V. **Silagem de girassol: vantagens na alimentação animal** Londrina: Embrapa-CNPSo, 2000. 4p. (Folder 07/2000).

VIEIRA, O.V. **Ponto de maturação ideal para colheita do girassol visando alta qualidade da semente**. Universidade Federal do Paraná (UFPR), 2005. Tese (Doutorado), 93 p.

VIGIL, M.F. **Fertilization in Dryland Cropping Systems: a brief overview**. Central Great Plains Research Station - USDA-ARS, 2000. Disponível em <www.akron.ars.usda.gov> Acesso em: 23 Set. 2015.

VRÂNCEANU, A.V. **El girassol**. Trad. Espanhola. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid., 1977, 379p.

ZAPATA, M.; CABRERA, P.; BAÑON, S.; ROTH, P. **El melon**. Madrid: Mundi-Prensa, 1989.

ZHONG-KUI XIE, YA-JUN WANG, FENG-MIN LI. **Agricultural Water Management**. ELSEVIER 75: 71-83. 2005.