



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA AGRÍCOLA
COPEAG - COORD. DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENG. AGRÍCOLA



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

Dissertação de Mestrado

COMPORTAMENTO DO GIRASSOL SUBMETIDO A DOSES DE
NITROGÊNIO E NÍVEIS DE ÁGUA DE IRRIGAÇÃO

DOROTEU HONÓRIO GUEDES FILHO

Biblioteca UFCG
SMBC_CDSA
CAMPUS DE SUMÉ
Reg. 10526/12

43.3)

Campina Grande
Paraíba



Universidade Federal de Campina Grande
Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa
Centro de Tecnologias e Recursos Naturais
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola



DISSERTAÇÃO

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: IRRIGAÇÃO E DRENAGEM

**COMPORTAMENTO DO GIRASSOL SUBMETIDO A DOSES DE
NITROGÊNIO E NÍVEIS DE ÁGUA DE IRRIGAÇÃO**

DOROTEU HONÓRIO GUEDES FILHO

CAMPINA GRANDE - PARAÍBA
Fevereiro de 2011

DOROTEU HONÓRIO GUEDES FILHO

Engenheiro Agrônomo

**COMPORTAMENTO DO GIRASSOL SUBMETIDO A DOSES DE
NITROGÊNIO E NÍVEIS DE ÁGUA DE IRRIGAÇÃO**

Orientadora: D.Sc. Lúcia Helena Garófalo Chaves

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Engenharia Agrícola, Área de Concentração em Irrigação e Drenagem do Centro de Tecnologias e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande, em cumprimento das exigências para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola.

Campina Grande - Paraíba

Fevereiro de 2011

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCG

G924c Guedes Filho, Doroteu Honório
Comportamento do Girassol Submetido a Doses de Nitrogênio e Níveis
de Água de Irrigação / Doroteu Honório Guedes Filho. — Campina Grande,
2011.

59 f.:

Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal
de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Lúcia Helena Garófalo Chaves.

Referências.

1. Adubação Nitrogenada. 2. Água Disponível. 3. Fitomassa. 4.
Aquênios. I. Título.

CDU 633.85(043)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA



**PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA DISSERTAÇÃO DE
MESTRADO**

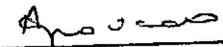
Doroteu Honório Guedes Filho

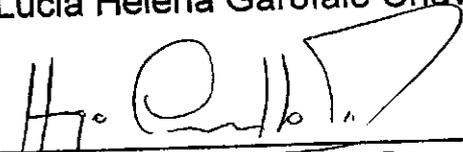
**COMPORTAMENTO DO GIRASSOL SUBMETIDO A DOSES DE
NITROGÊNIO E NÍVEIS DE ÁGUA DE IRRIGAÇÃO**

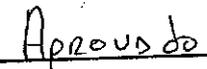
BANCA EXAMINADORA

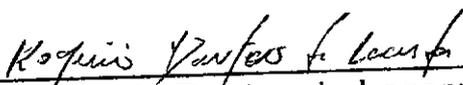
PARECER

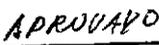

Dra. Lúcia Helena Garófalo Chaves – Orientadora




Dr. Hugo Orlando Carvalho Guerra – Examinador




Dr. Rogério Dantas de Lacerda – Examinador



FEVEREIRO 2011

A meu pai, Doroteu Honorio Guedes (*in memoriam*), e a minha estimada mãe, Maria Zila de Goz, pela luta diária e pelo empenho constante na construção da minha formação como pessoa e como profissional...amo vocês para sempre!

Dedico

AGRADECIMENTOS

A **DEUS**, Pai Todo Poderoso, pela benção da vida, pela força, saúde e coragem para enfrentar e superar os momentos mais difíceis de nossas vidas, onde, na hora em que pensamos em desistir, é o primeiro a tocar em sua cabeça lhe dando forças para continuar e vencer toda a caminhada, nunca deixando que as dificuldades cancelem as vitórias por **ELE** programadas.

Em especial a meu pai, **DOROTEU HONORIO GUEDES** (*in memoriam*) que, de onde quer que esteja, tenho a certeza da infinita torcida e vibração por cada degrau alcançado por mim e, ao mesmo tempo da tristeza de não estar presente, compartilhando, aqui, seu grande sonho de participar da minha vida acadêmica. Agradeço por todo seu carinho, incentivo, compreensão e por toda sua dedicação, quando em vida, para comigo. Saudades eternas. **TE AMO!**

A minha mãe, **MARIA ZILA DE GOZ**, por toda dedicação e apoio; por estar ao meu lado em todas as dificuldades que a vida oferece, ajudando-me a enfrentar e superar cada uma delas. **TE AMO!**

A meus irmãos, Manoel Guedes, Maria Nilza Guedes, Genilda Guedes, Josefa Guedes, Izidório Guedes, José Guedes, Luís Guedes, Maria de Fátima, João Guedes, Francisco Guedes, Josefa Aurizete Guedes, Aurilene Guedes, Ernandes Guedes e Maria Adiene Guedes, por compartilharem dos momentos de tristeza e alegria e por sua torcida constante pela realização deste sonho agora conquistado!

A meus tios, sobrinhos, cunhados e amigos, pela amizade e companheirismo.

À minha orientadora, Profa. D.Sc. Lúcia Helena Garófalo Chaves, pela orientação e amizade compartilhada durante as etapas de realização do curso de Mestrado;

Aos professores D.Sc. Hans Raj Gheyi, D.Sc. Carlos Alberto Vieira de Azevedo, D.Sc. Josivanda Palmeira Gomes e D.Sc. José Dantas Neto, pela oportunidade de convivência e troca de conhecimentos, que me proporcionaram momentos extremamente ricos.

Aos colegas e parceiros de pesquisa, M.Sc. José Amilton Santos Júnior, M.Sc. Vinícius Batista Campos, Engenheiro Agrônomo João Tadeu de Lima e D.Sc. Rogério Dantas de Lacerda pela amizade e compartilhamento de idéias e conhecimento durante as atividades realizadas.

Ao professor D.Sc. Demerval Araújo Furtado - coordenador do curso de Pós Graduação em Engenharia Agrícola; à secretária Aldanizia, aos demais professores e funcionários, que participaram na construção dessa conquista.

Aos meus colegas de sala de aula José Amilton, Renê Dantas, Mônica, Janivan, Epitácio, Madson, Socorro Formiga, Alexandra Estrela, Francisco Júnior, Hamilton Alves, Kléber, Walber Breno, Bruno, Silvana, Suzana, Eduardo Laime, Ana Cristina, Navilta, Danila, Jerônimo Andrade, Gilberto Neto, Claudio Uyeda, Kalina Travessos e Allan Alves, pelo convívio e amizade!

A todos que fazem a Engenharia Agrícola na Universidade Federal de Campina Grande, pela contribuição nas novas descobertas tecnológicas que se destinam a melhorar a qualidade de vida do homem do campo e oferecer, a todos, alimentos para uma vida mais digna e saudável.

Muito obrigado!

SENHOR, Tu me sondaste e me conheces. Tu sabes o meu assentar e o meu levantar; de longe entendes o meu pensamento. (...) Tal ciência é, para mim, maravilhosíssima; tão alta que não a posso atingir.(...) Eu Te louvarei, porque de um modo assombroso e tão maravilhoso, fui formado; maravilhosas são as Tuas obras e a minha alma o sabe muito bem. Os meus ossos não Te foram encobertos, quando no oculto fui feito e, entretecido nas profundezas da terra, os Teus olhos viram o meu corpo ainda informe; e no Teu livro todas estas coisas foram escritas; as quais, em continuação foram formadas, quando nem ainda uma delas havia.(...) Sonda-me, ó Deus, e conheces o meu coração; prova-me, e conhecerás os meus pensamentos. E vê se há em mim algum caminho mau, e me guia pelo caminho eterno.

Davi, Rei de Israel. Este texto é encontrado na Bíblia, no Salmo 139

COMPORTAMENTO DO GIRASSOL SUBMETIDO A DOSES DE NITROGÊNIO E NÍVEIS DE ÁGUA DE IRRIGAÇÃO

Orientadora: D.Sc. Lúcia Helena Garófalo Chaves

RESUMO

A busca de alternativas sustentáveis para mitigar impactos ambientais negativos e complementar a oferta de forragem, alimentos e energia limpa, tem ressaltado o potencial da cultura do girassol em evidência, nos últimos anos. A expansão deste cultivo no Brasil, especialmente na região nordeste, sugere a necessidade de informações sobre manejo que incremente seus índices de produtividade. Assim, objetivou-se com o presente trabalho, estudar o comportamento do girassol (variedade EMBRAPA 122/V-2000), com ênfase ao crescimento e à produção da cultura, em função de tratamentos à base de nitrogênio (0; 60; 80 e 100 kg ha⁻¹) e à porcentagem de água disponível (55; 70; 85 e 100%) em um Neossolo Regolítico Eutrófico. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, analisado em esquema fatorial (4 x 4) com três repetições, totalizando 48 unidades experimentais. Os componentes de crescimento e produção foram estudados, com foco na produção de fitomassa e de aquênios, consumo hídrico e ciclo da cultura, utilizando análises de regressão. Verificou-se que, em geral, as variáveis de crescimento apresentaram comportamento linear crescente em função do aumento da água disponível e dos níveis de nitrogênio aplicado ao solo. As variáveis de produção apresentaram, em geral, comportamento linear crescente em função do aumento da água disponível e não linear como os níveis de nitrogênio aplicados ao solo. A interação entre os fatores doses de nitrogênio e níveis de água disponível no solo não influenciou significativamente o crescimento e produção de fitomassa do girassol, exceto para a variável porcentagem de aquênios viáveis. A duração do ciclo da cultura não foi afetado pela água disponível no solo sendo em média de 98 dias para o nível de 100 kg ha⁻¹ de N; com relação ao consumo hídrico verificou-se que em cada incremento com 10% de água disponível, o consumo hídrico das plantas aumenta 18,26%.

Palavras-chave: adubação nitrogenada, água disponível, fitomassa, aquênios



SUNFLOWER BEHAVIOR UNDER NITROGEN AND IRRIGATION LEVELS

Advisor: **D.Sc. Lúcia Helena Garófalo Chaves**

ABSTRACT

The search for sustainable alternatives to mitigate negative environmental impacts and the provision of supplementary food and clean energy has emphasized the potential of sunflower, in evidence in recent years. The expansion of this crop in Brazil, especially in the northeast of the country, suggests the need for management information which can increase their productivity. Thus, the aim of the present work was to study the behavior of sunflower (variety EMBRAPA 122/V-2000) on growth and production when submitted to nitrogen treatments (0, 60, 80 and 100 kg ha⁻¹) and available water (55, 70, 85 and 100%) in a Eutrophic Entisol. The experimental design was a 4 x 4 completely randomized factorial scheme with three replications, totalizing 48 experimental units. The growth and production variables the biomass production and achenes, water consumption and crop cycle, using regression analyses. It was observed that in general, all growth variables showed a linear increase with the available water in soil and nitrogen treatments. In general, the production variables showed a linear increase with available soil water and a non linear for the nitrogen treatments. The interaction between water and nitrogen did not affect the growth of phytomass production of sunflower, with exception to the percentage of viable achenes. The duration of the crop cycle was not affected by soil water availability being around 98 days for the 100 kg N ha⁻¹; it was found that for 10% each increment in available water the consumption plant increases 18.26%.

Key words: nitrogen fertilizer, available water, phytomass, achenes

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Comprimento do caule em função das doses de nitrogênio em kg ha^{-1} aos 40 DAS (A) e porcentagem da água disponível no solo aos 40 (B), 60 (C) e 80 DAS (D). 22
- Figura 2.** Evolução do crescimento do comprimento do caule em função das doses de nitrogênio em kg ha^{-1} (A) e porcentagem água disponível no solo (B). 23
- Figura 3.** Número de folhas em função das doses de nitrogênio em kg ha^{-1} aos 60 DAS (A) e porcentagem da água disponível no solo aos 40 DAS (B). 25
- Figura 4.** Evolução do crescimento do número de folhas em função das doses de nitrogênio em kg ha^{-1} (A) e porcentagem da água disponível no solo (B). 25
- Figura 5.** Diâmetro do caule em função das doses de nitrogênio em kg ha^{-1} aos 40 (A) e aos 80 DAS (B) e porcentagem da água disponível no solo aos 40 (C), 60 (D) e 80 DAS (E). 27
- Figura 6.** Evolução do crescimento do diâmetro do caule em função das doses de nitrogênio em kg ha^{-1} (A) e porcentagem da água disponível no solo (B). 28
- Figura 7.** Área foliar em função das doses de nitrogênio em kg ha^{-1} aos 40 (A) e aos 60 DAS (B) e porcentagem da água disponível no solo aos 40 (C) e 60 DAS (D). 30
- Figura 8.** Evolução do crescimento da área foliar em função das doses de nitrogênio em kg ha^{-1} (A) e porcentagem da água disponível no solo (B). 30
- Figura 9.** Fitomassa total fresca e seca do girassol variedade EMBRAPA 122/V-2000, submetido a doses de nitrogênio e porcentagem de água disponível no solo. 33
- Figura 10.** Fitomassa fresca e seca do caule do girassol variedade EMBRAPA 122/V-2000, submetido a doses de nitrogênio e porcentagem de água disponível no solo. 34
- Figura 11.** Fitomassa fresca e seca das folhas do girassol variedade EMBRAPA 122/V-2000, submetido a doses de nitrogênio e porcentagem de água disponível no solo. 36
- Figura 12.** Fitomassa fresca e seca da raiz do girassol variedade EMBRAPA 122/V-2000, submetido a doses de nitrogênio e porcentagem de água disponível no solo. 38
- Figura 13.** Fitomassa fresca e seca do capítulo do girassol variedade EMBRAPA 122/V-2000, submetido a doses de nitrogênio e porcentagem de água disponível no solo. 39

Figura 14. Diâmetro do capítulo, número de aquênios e porcentagem dos aquênios viáveis do girassol variedade EMBRAPA 122/V-2000, submetido a doses de nitrogênio e porcentagem de água disponível no solo. 43

Figura 15. Desdobramento do fator doses de nitrogênio dentro do fator água disponível (A) e do fator água disponível dentro do fator doses de nitrogênio (B), correspondente a porcentagem de aquênios viáveis do girassol cv. EMBRAPA 122/V-2000, submetido a doses de nitrogênio e porcentagem de água disponível no solo. 44

Figura 16. Consumo hídrico e ciclo do girassol variedade EMBRAPA 122/V-2000, submetido a doses de nitrogênio e porcentagem de água disponível no solo. 45



LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Característica física e química do solo utilizado no experimento. 16
- Tabela 2.** Resumo da ANOVA referente ao comprimento do caule do girassol (variedade EMBRAPA 122/V-2000) em diferentes datas, submetido a doses de nitrogênio e porcentagem de água disponível no solo. 22
- Tabela 3.** Resumo da ANOVA referente ao número de folhas do girassol (variedade EMBRAPA 122/V-2000) em diferentes datas, submetido a doses de nitrogênio e porcentagem de água disponível no solo. 24
- Tabela 4.** Resumo da ANOVA referente ao diâmetro do caule do girassol (variedade EMBRAPA 122/V-2000) em diferentes datas, submetido a doses de nitrogênio e porcentagem de água disponível no solo. 26
- Tabela 5.** Resumo da ANOVA referente a área foliar do girassol (variedade EMBRAPA 122/V-2000) em diferentes datas, submetido a doses de nitrogênio e porcentagem de água disponível no solo. 29
- Tabela 6.** Resumo da ANOVA referente a fitomassa fresca e seca total (FFT e FST) e fitomassa fresca e seca do caule (FFC e FSC) do girassol EMBRAPA 122/V-2000 submetido a doses de nitrogênio e porcentagem de água disponível no solo. 32
- Tabela 7.** Resumo da ANOVA referente a fitomassa fresca e seca das folhas (FFF e FSF) do girassol EMBRAPA 122/V-2000 submetido a doses de nitrogênio e porcentagem de água disponível no solo. 35
- Tabela 8.** Resumo da ANOVA referente a fitomassa fresca e seca das raízes (FFR e FSR) e fitomassa fresca e seca do capítulo sem aquênios (FFCAP e FSCAP) do girassol EMBRAPA 122/V-2000 submetido a doses de nitrogênio e porcentagem de água disponível no solo. 37
- Tabela 9.** Resumo da ANOVA referente ao diâmetro do capítulo (DCAP), número de aquênios (NA), porcentagem de aquênios viáveis (%AV) e fitomassa de 1000 aquênios (F1000A) do girassol EMBRAPA 122/V-2000 submetido a doses de nitrogênio e porcentagem de água disponível no solo. 41
- Tabela 10.** Resumo da ANOVA referente ao consumo hídrico e total das plantas (CHT) e o ciclo do girassol (CG) da variedade EMBRAPA 122/V-2000 submetido a doses de nitrogênio e porcentagem de água disponível no solo. 44

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1. A cultura do girassol	3
2.1.1. Histórico	3
2.1.2. Características gerais	4
2.1.3. Principais usos	6
2.1.4. Aspectos econômicos	7
2.1.5. Fertilização mineral	9
2.1.5.1 Exigências nutricionais e adubação	9
2.1.5.2 Nitrogênio	11
2.1.6 Exigências hídricas	13
2.1.6.1 Água	13
3. MATERIAL E MÉTODOS	15
3.1 Localização do experimento	15
3.2 Caracterização do clima	15
3.3 Características do solo	15
3.4 Variedade	17
3.5 Delimitação experimental e tratamentos	17
3.6 Instalação e condução dos experimentos	17
3.7 Variáveis analisadas	18
3.7.1 Variáveis de crescimento	18
3.7.1.1 Comprimento do caule (CC) e número de folhas (NF)	18
3.7.1.2 Diâmetro do caule (DC)	19
3.7.1.3 Área foliar	19
3.7.2 Variáveis de produção	19
3.7.2.1 Fitomassa (forragem)	19
3.7.2.2 Aquênios (bioenergia)	20
3.7.3 Consumo hídrico e ciclo da cultura	20
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	21
4.1 Variáveis de crescimento	21
4.1.1 Comprimento do caule	21



4.1.2 Número de folhas	23
4.1.3 Diâmetro do caule	26
4.1.4 Área foliar	28
4.2. Variáveis de produção	31
4.2.1. Produção de fitomassa	31
4.2.2. Produção de aquênios, consumo hídrico e ciclo da cultura	39
5. CONCLUSÕES	46
6. REFERÊNCIAS	47

1. INTRODUÇÃO

O girassol (*Helianthus annuus* L.), família Asteraceae, tem origem na América do Norte, mas é cultivada, atualmente, em todos os continentes (EMBRAPA, 2002); embora apresente ampla adaptabilidade às diferentes condições edafoclimáticas e seu rendimento seja pouco influenciado pela latitude, altitude e fotoperíodo (CASTRO et al., 1993); seu uso é extremamente expressivo já que se trata de uma cultura da qual aproveitam todas as partes com alto valor comercial (NOBRE et al., 2008), suas características peculiares de rusticidade, resistência à seca, beleza, teor e qualidade de óleo. O girassol abrange áreas como floricultura (NEVES & AMARAL, 2008; VIEIRA, 2005); alimentação humana (SACHS et al., 2005), o caule pode ser utilizado na construção civil como isolante térmico e acústico (UNGARO, 1986); as folhas podem ser usadas como herbicida natural (ALVES, 2007) e também, como forrageira e na produção de silagem (TOMICICH et al., 2003; SILVA et al., 2004); dos aquênios se obtém o óleo para a produção de bioenergia (OLIVEIRA et al., 2003) além de atuar na colonização micorrízica e na reciclagem de nutrientes, favorecendo as culturas que a sucedem (CASTRO et al., 1997).

Sempre que o cultivo do girassol se revela cada vez mais, intensamente, surge, a necessidade de se buscar novas tecnologias para seu estudo através do qual suas exigências atendidas, e só então, adaptá-las através do melhoramento genético ou satisfazê-las de acordo com o que cada região pode oferecer.

Na região Nordeste do Brasil, por exemplo, uma das principais limitações à expansão de áreas agrícolas é a escassez de recursos hídricos superficiais de qualidade e disponíveis para a irrigação; para Castro (1999), o consumo de água pela cultura do girassol varia em função das condições climáticas; o autor cita que uma reposição hídrica, da ordem de 500 a 700 mm de água, bem distribuídos ao longo do ciclo, resulta em rendimentos próximos ao máximo potencial; no entanto, a porcentagem de água disponível no solo pode variar em função da capacidade evapotranspirativa da região, fato que torna necessário a realização de pesquisas que determinem as exigências hídricas da cultura do girassol.

Do ponto de vista nutricional o nitrogênio, após o boro, é o nutriente mais requerido pela cultura do girassol e é, também, o que mais limita a sua produção, proporcionando redução de até 60% na produtividade em decorrência da sua deficiência. Pesquisas têm mostrado que tanto o crescimento da planta (ORDONEZ,



1990), como o teor de óleo nos aquênios, respondem positivamente à adição de nitrogênio (BONO et al., 1999; BISCARO et al., 2008).

O nitrogênio desempenha importante função no metabolismo e na nutrição da cultura do girassol; sua deficiência causa desordem nutricional, sendo que esse nutriente é o que mais limita sua produção, enquanto o excesso ocasiona decréscimo na porcentagem de óleo (BISCARO et al., 2008). O nitrogênio é transformado em composto orgânico, acumulando-se nas folhas e no caule para depois ser translocado para o grão e as sementes (aquênios).

Dentro deste contexto o presente trabalho se propôs estudar o comportamento do girassol variedade EMBRAPA 122/V-2000, com foco na produção de fitomassa e aquênios, em função da adubação nitrogenada e porcentagem de água disponível no solo.

2.0 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A cultura do girassol

2.1.1 Histórico

Acreditou-se, durante muito tempo, que o girassol tinha procedência no Peru. Ainda que não houvessem provas que demonstrassem a existência de dita espécie na América do Sul durante a época pré-colombiana, Dodonaeus, em 1568, chamou a planta de “flor de ouro do Peru”. Posteriormente, em trabalhos de Linneo e De Candolle, discutiu-se que o girassol poderia ser originário do México, Canadá, Estados Unidos e, inclusive, do Brasil (VRÂNCEANU, 1977).

Estudos arqueológicos feitos por Cavasin (2001), em vários locais nos Estados Unidos, comprovaram o uso do girassol entre as tribos indígenas, havendo referências de seu cultivo no Arizona e no Novo México. Entre os anos de 1997 e 2000, foram descobertos resquícios de girassol através de uma pesquisa conduzida no sítio arqueológico de San Andrés, região de Tabasco, no México (LENTZ et al., 2001). Essas pesquisas só vieram a comprovar aquilo que Rossi já afirmara em 1998: “podemos, hoje, afirmar com certeza que o girassol é originário do sudoeste dos Estados Unidos e do México” (ROSSI, 1998).

Do continente americano o girassol foi levado, em 1510, por conquistadores espanhóis do México para o jardim botânico de Madri, na Espanha e em seguida para a Bélgica (1576), Alemanha e França (1586) e Itália e Inglaterra (1597)e, posteriormente, foi difundido para outras partes do continente europeu (Holanda e Suíça). Alguns autores citam a data de introdução no Leste Europeu em 1664, e outros dizem que sua introdução foi em 1798. Em plena Revolução Mercantil o girassol foi levado para o Egito, China e Índia. A primeira descrição do girassol monocefálico, similar ao tipo comercial cultivado atualmente, foi realizada por Dodonaeus, em 1568. Outros investigadores relataram vários tipos na Europa e seu movimento foi dividido em duas fases, uma caracterizada como planta ornamental e a outra como planta alimentícia. Durante quase duzentos e cinquenta anos após sua introdução na Europa, o girassol ainda era utilizado como planta ornamental (VRÂNCEANU, 1977; PUTT, 1997).

Para Cavasin (2001), o girassol foi introduzido na Rússia como planta ornamental, no início do século XVIII, e utilizado em escala comercial somente a partir

de 1830; desde então, a produção de óleo tomou impulso e, já no século XX, existiam fábricas de processamento de hastes para extração de potássio.

Na América do Sul, o girassol foi reintroduzido na Argentina em meados do século XIX, por imigrantes russos. Sua utilização era em hortas para o consumo humano e para alimentar aves (PASCALE & DE LA FUENTE, 1994; PUTT, 1997).

As primeiras referências sobre seu cultivo no Brasil datam de 1924, embora se presume que a cultura tenha entrado muito antes, trazida pelas primeiras levas de colonos europeus. Os primeiros plantios comerciais foram feitos no Rio Grande do Sul, no final da década de 1940 e a experiência não deu muito certo pois as variedades não eram adaptadas à região. Em 1960 ocorreu nova tentativa para estimular o plantio de girassol no País, o que culminou em outro fracasso devido, agora, à falta de tecnologia de produção para as condições brasileiras, o que originou outras tentativas, mas sem sucesso. Só na década de 1980 é que o governo começou a investir em pesquisa com a cultura, viabilizando o plantio do girassol (DALL'AGNOL et al., 2005).

O girassol é cultivado, nos dias atuais, em mais de 20 milhões de hectares, nos cinco continentes, e seus maiores produtores são a Rússia, Argentina e França (AGUIAR et al., 2001). Segundo levantamento feito pela CONAB (2007), a área plantada com girassol no Brasil nas safras de 2006/2007 foi de aproximadamente 66.900 ha, com uma produção de 97.000 t e produtividade de 1.450 kg ha⁻¹.

2.1.2 Características gerais

O girassol é uma dicotiledônea anual pertencente ao gênero *Helianthus*, família Asteraceae, originária do continente norte-americano. É um gênero complexo, compreendendo 49 espécies e 19 subespécies, ou seja, 12 espécies anuais e 37 perenes. Com poucas espécies de ocorrência bastante rara, outras são elementos comuns da vegetação natural e algumas são quase plantas daninhas, desenvolvendo-se em áreas bastante alteradas pelo homem. Muitas espécies foram domesticadas, das quais duas, *H. annuus* L., o girassol comum, e *H. tuberosus* L., o “Jerusalem artichoke”, são plantas alimentícias; os primeiros, devido ao óleo e à proteína dos grãos e os últimos pelas suas raízes; além disso, muitos girassóis são usados como planta ornamental. O girassol cultivado é uma planta anual, geralmente de haste única e com uma inflorescência no seu ápice. Das cultivares comerciais o comprimento da haste se situa entre 50 e 300 cm e seu diâmetro entre 1 e 10 cm (UNGARO, 2000).

Apresenta sistema radicular do tipo pivotante, denominado explorativo, significando que grande volume de solo pode ser explorado com uma combinação entre raízes grossas e finas. O caule tipicamente não ramificado, ereto e cilíndrico, com altura variando de 1 a 3 m, pode apresentar diferentes curvaturas cuja forma pode variar de côncavo, a convexo, que são expressas na maturação (CASTIGLIONI et al., 1997). As folhas inferiores opostas e superiores geralmente são alternadas com três nervuras principais de coloração variando de verde-escuro a verde-amarelo, sendo a inflorescência disposta em capítulo, formada por inúmeras flores, situada em um receptáculo discoidal. Os frutos (aquênios) apresentam coloração não diversificada; o ciclo vegetativo varia de 90 a 130 dias (SMIDERLE, 2000).

A inflorescência é um capítulo formado por inúmeras flores, arranjada em arcos radiais. A base do capítulo é chamada receptáculo, sobre o qual estão as brácteas e flores. Círculos sucessivos, de um a quatro discos florais, se abrem diariamente durante 5 a 10 dias, dependendo do tamanho do capítulo e da temperatura ambiente (UNGARO, 2000).

Para Connor & Sadras (1992), três estádios são considerados na formação da produção. O primeiro é o período do início do florescimento ao início da antese, quando as flores se diferenciam e se desenvolvem; o segundo período está compreendido entre o início e o final da antese, quando o número de sementes é determinado a partir do número de flores viáveis capazes de se desenvolver, e o terceiro, entre o final da antese e a maturação fisiológica, quando as condições de crescimento determinam o enchimento dos aquênios.

Segundo Reyes et al. (1985), o girassol é uma cultura que apresenta uma vasta aptidão agrícola para diferentes condições de solo e clima, podendo ser cultivado durante o ano todo, desde que haja disponibilidade de água. É uma cultura de fácil adaptabilidade a diferentes regiões do País, adequando sua época de semeadura às condições edafoclimáticas locais. Possui boa adaptação às condições variáveis de temperatura, sendo a mais adequada a faixa entre 18° e 24°C.

Balla et al. (1997) afirmam ser o girassol uma planta muito rústica, resistente à seca, ao frio e ao calor. Oliveira et al. (2004) ressaltam que o girassol é indicado como boa alternativa no sistema de rotação e sucessão de cultivo, excelente recicladora de nutrientes e promotora de colonização micorrízica, proporcionando ganhos expressivos de produtividade nas culturas que a seguem: soja aumento de 15% e milho, de 30%.

A cultura do girassol possui uma disponibilidade adequada de água durante o período da germinação à emergência, que é necessária para a obtenção de uma população de plantas uniformes. As fases do desenvolvimento da planta mais sensíveis ao déficit hídrico vão do início da formação do capítulo até a floração (afetam mais o rendimento de grãos) e da formação e enchimento de grãos, que é a fase de maior consumo de água pelo girassol (afeta mais a produção de óleo). De uma forma bastante 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 (EMBRAPA, 2000). Apesar dessas informações e de outras disponibilizadas na literatura, as necessidades hídricas do girassol ainda não estão perfeitamente definidas podendo variar de 200 a 900 mm/ciclo, o que constitui um forte incentivo para novas pesquisas nesta área.

Os solos mais adequados para a cultura do girassol são os argilo arenosos profundos, férteis, permeáveis e elevado teor de matéria orgânica. Os solos demasiadamente pesados, impermeáveis e os demasiadamente arenosos, com excesso de sal ou pedregosos, muito ácidos ou fortemente alcalinos, não são adequados para a cultura (ROSSI, 1998). É uma planta que se desenvolve bem em solos com fertilidade média; no entanto, altas produções só são obtidas em solos corrigidos quanto à acidez, férteis ou com boa fertilização suplementar (UNGARO, 2000).

2.1.3 Principais usos

O girassol é uma das poucas plantas das quais o homem pode explorar quase todas as suas partes; inteira, ela pode ser utilizada como adubo verde, forragem e silagem; as raízes podem ser aproveitadas como matéria orgânica e reciclagem de nutrientes, visando à melhoria do solo; o caule pode ser utilizado na construção civil como isolante térmico e acústico (UNGARO, 1986); as folhas podem ser usadas como herbicida natural (ALVES, 2007) e os capítulos fornecem sementes (aquênios), também utilizadas na alimentação animal e, por fim, podem ser utilizadas como plantas ornamentais, já que sua beleza é inconfundível e incontestável.

Do girassol também se pode extrair a farinha panificável, que tem sido utilizada na fabricação de pão misto, em mistura com as farinhas de trigo, milho e sorgo (SACHS et al., 2006). Nos países eslavos as sementes de girassol são torradas, moídas e

utilizadas como sucedâneo do café. Na área de floricultura e ornamentação, sua utilização pode ser ampliada com a criação de girassóis coloridos (VIEIRA, 2005).

Da biomassa pode-se obter vários tipos de combustível (sólidos, líquidos e gasosos) de caráter renovável, entre os quais o álcool etílico é um dos mais nobres, pois não é tóxico, é de fácil transporte e pode substituir, em parte, o consumo de gasolina (ORTEGA et al., 2008). Desta forma, a casca pode ser posta para fermentar e produzir cerca de 50 L de álcool etílico a partir de 600 a 700 kg de casca de girassol (PORTAS, 2001)

A cultura do girassol apresenta, ainda, características muito importantes para o solo, visto que suas raízes promovem a reciclagem de nutrientes. A grande quantidade de massa seca produzida por esta cultura também faz com que os níveis de matéria orgânica no solo sejam elevados proporcionando, assim, melhor estruturação do mesmo; por todos esses motivos a cultura do girassol é apropriada para a rotação de culturas comerciais (LEITE et al., 2005).

É oportuno enfatizar que a grande quantidade de biomassa produzida nesta cultura também pode acumular elevada concentração de íons metálicos em seus tecidos, característica que faz com que o girassol seja bastante empregado no processo denominado fitorremediação; neste processo, as plantas são empregadas para extrair ou assimilar íons metálicos, pesticidas, xenobióticos ou compostos orgânicos deixando o solo ou o ambiente aquático sem esses contaminantes, mesmo que isto gere alguns problemas para o seu crescimento e desenvolvimento das mesmas. A fitorremediação é considerada uma tecnologia segura, que apresenta baixo custo e causa menor impacto ao meio ambiente que outros processos adotados com a mesma finalidade (PILON-SMITS, 2005).

2.1.4 Aspectos econômicos

O girassol (*Helianthus annuus* L.) está entre as cinco maiores culturas oleaginosas produtoras de óleo vegetal comestível (6,5% da produção mundial de oleaginosas na safra 2001/2002), ficando atrás apenas da soja (56,8% do total), do algodão (11,3% do total), da colza (11,1% do total) e do amendoim (10,23% do total) (FAGUNDES, 2002).

Destaca-se a nível mundial como quarta oleaginosa em produção de farelo, depois da soja, colza e algodão, e terceira em produção mundial de óleo, depois da soja



e colza. Os maiores produtores de grãos são a Rússia, Ucrânia, União Européia e Argentina (LAZZAROTTO et al., 2005).

A demanda mundial por óleo de girassol vem crescendo, em média, 1,8% ao ano; em 2002 o crescimento foi, no Brasil, de 5%. A demanda interna por óleo de girassol cresce, em média, 13% ao ano. Para suprir esta demanda, o país importa o óleo, principalmente da Argentina (SMIDERLE et al., 2005).

O Brasil é um produtor pouco expressivo de girassol (grão), tendo participado com aproximadamente 0,5% da produção mundial nos últimos anos (FAGUNDES, 2002). No Brasil, a produção de girassol (grão) se concentra nas regiões Centro - Oeste (Goiás e Mato Grosso do Sul, com 45,6% e 23,8%, respectivamente, da produção na safra 2004), Sul (Rio Grande do Sul, com 11,7% da produção na safra 2004) e Sudeste (São Paulo, com 3,5% da produção na safra 2004), segundo Agriannual (2005).

A produção de girassol (grão) no Brasil cresceu de 56,3 mil toneladas em 2000, para 85,3 mil toneladas em 2004, assinalando um aumento de cerca de 52%. A área colhida aumentou de 37 mil para 54,7 mil hectares no mesmo período, representando um aumento de 48% (AGRIANUAL, 2005).

A cultura do girassol avança para os estados do Brasil Central (baixas latitudes) fundamentada em novos genótipos, alguns importados diretamente da Argentina havendo, portanto, a necessidade de se ajustar melhor a população de plantas para altos rendimentos (MONTEIRO, 2001).

O girassol é uma das culturas com potencial de utilização no Brasil em projetos de inclusão social, como integrante de sistemas de produção de grãos e biodiesel nos sistemas de rotação de culturas. O girassol pode desempenhar importante papel na ciclagem de nutrientes, sobretudo dos fertilizantes aplicados nas culturas anteriores, possibilitando um gasto menor para a aquisição dos mesmos (OLIVEIRA et al., 2005). Segundo Silva (1990), a região Sul do Estado de Minas Gerais é considerada, dentro da faixa de potencialidade climática para a cultura do girassol, apta para dois cultivos anuais complementares de girassol, no mesmo solo.

Recentemente, com o incentivo do Governo Federal, em utilizar o biodiesel na matriz energética nacional através de sua adição ao óleo diesel comercializado, Embrapa (2003) e Fagundes (2002) afirmam que a cultura do girassol apresenta viabilidade técnico-ambiental na produção de biocombustíveis.

O girassol pode ser usado como biocombustível ou biodiesel, óleo de BVO (baixo volume oleoso, utilizado em avião agrícola), óleo de UBVO (ultra baixo volume

oleoso, também na aviação agrícola) e óleo comestível, já que a oleaginosa tem potencial de 40 a 55% de óleo, dependendo do híbrido e das condições ambientais. O girassol ainda produz proteína em torno de 35 a 42% do seu conteúdo, muito útil à alimentação animal (GRANDO, 2005).

O girassol apresenta elevada importância pois produz óleo de boa qualidade e de alto valor nutricional como alimento funcional tanto para a alimentação humana, quanto de ruminantes, suínos e aves; além disso, pode ser utilizada para silagem como opção forrageira. Atualmente, está despertando grande interesse a nível mundial, pois representa uma nova alternativa de mercado para a produção de matéria-prima visando à obtenção de biocombustíveis em função do elevado teor de óleo nos aquênios e de sua ampla adaptação às diferentes regiões edafoclimáticas (SOUZA et al., 2004).

A cultura do girassol se caracteriza por sua grande importância econômica, sendo a quinta fonte de óleo vegetal mais consumida no mundo (7,88%), seguindo a do amendoim (9,6%), algodão (10,5%), canola (11,7%) e soja (56,3%) (OLIVEIRA et al., 2004). Seus grãos atendem à indústria de óleo e seus resíduos servem para ração animal, sob a forma de tortas, atendendo, também, ao mercado de sementes para pássaros; e a matéria seca é destinada à produção de silagem de excelente qualidade.

Pena Neto (1981) afirma que a torta de girassol possui cerca de 24% de fibra podendo ser empregada com sucesso na alimentação animal; o óleo é o principal produto extraído do girassol, constituído de 85 a 91% de ácidos graxos insaturados (oléico, linolênico e linoleico).

2.1.5 Fertilização mineral

2.1.5.1 Exigências nutricionais e adubação

A exigência nutricional da cultura de girassol varia 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 & OLIVEIRA, 2005). Esses autores 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. Segundo Hooking & Steer (1983), o período de florescimento é bastante importante na definição do potencial produtivo das plantas. A exigência nutricional do girassol é superior à de outras culturas como trigo, sorgo e milho,

requerendo quantidade maior de nitrogênio e outros macronutrientes (VIGIL, 2000). Segundo Evangelista e Lima (2008), na cultura do girassol o período em que ocorre maior taxa de absorção de nutrientes e crescimento mais acelerado está entre a formação do botão floral e a completa expansão da inflorescência. Os autores registram, entretanto, a necessidade de disponibilidade de nutrientes desde o início do crescimento das plantas, para o estabelecimento normal da cultura.

Pesquisas mostram que para o desenvolvimento adequado das plantas, os teores de nutrientes refletem o 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). Considerando que os nutrientes minerais têm funções específicas e essenciais no metabolismo das plantas (MALAVOLTA et al., 1997), para garantir uma produtividade adequada, o manejo da adubação deve visar a manutenção de teores médios a elevados de fósforo e potássio no solo. Como o nitrogênio é extraído pela cultura em grandes quantidades e não apresenta efeito residual direto no solo, a produtividade esperada é um componente importante para a definição de suas doses (CANTARELLA, 2003).

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 & OLIVEIRA, 2005). Observa-se que o girassol precisa de um total de 41 kg de N; 17,1 kg de P_2O_5 e 171 kg de K_2O para produzir uma tonelada de grãos. Embrapa (2003) informa que 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.

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. 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 de nutrientes inferiores às recomendações para outras culturas, como o milho (COELHO et al., 2005). Esses resultados demonstram que a capacidade de exploração pelo sistema radicular profundo do girassol, aumenta a eficiência de

aproveitamento da fertilidade natural dos solos e das adubações nos cultivos anteriores, absorvendo nutrientes nas camadas mais profundas, além daquela alcançada pelo sistema radicular da maioria das culturas.

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 & 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 & LAVADO, 1999; LÓPEZ-BELLIDO et al., 2003).

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.

2.1.5.2 Nitrogênio

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).

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

Os íons NH₄⁺ e NO₃⁻ são as formas predominantes de N mineral disponível às plantas. Nos solos, a concentração de NH₄⁺ é baixa, em virtude de sua rápida oxidação

para NO_3^- (SCHLOERRING & HUSTED, 2002). Na planta, as formas, amoniacal (NH_4^+) e nítrica (NO_3^-) possuem diferentes efeitos no crescimento, na qualidade vegetal, na produção de biomassa e na reprodução (LANE & BASSIRIRAD, 2002). Segundo Oliveira et al. (2007), os tratamentos com NH_4^+ e NO_3^- balanceados disponibilizam mais N, o que eleva a produtividade.

Em algumas culturas existe efeito negativo do íon NH_4^+ sobre o crescimento, fato que se atribui à necessidade de utilização dos carboidratos produzidos, prioritariamente para a rápida assimilação do amônio absorvido, com vistas a evitar-se sua acumulação e consequentes problemas de toxicidade relacionados a alterações no pH celular e desbalanços iônico e hormonal, entre outros (BRITTO & KRONZUCKER, 2002).

O mecanismo de absorção de NO_3^- ocorre apenas na forma ativa, contra um gradiente eletroquímico (WILLIAMS & MILLER, 2001). Transportar NO_3^- contra esse gradiente requer muito gasto de energia metabólica. O pH ótimo para a absorção de NO_3^- é abaixo de 6,0 devido, presumivelmente à maior disponibilidade de H^+ para o cotransporte (EPSTEIN & BLOOM, 2004).

O nitrogênio é o constituinte de aminoácidos e nucleotídeos e 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).

Para a cultura do girassol o nitrogênio é o segundo nutriente mais requerido, o qual 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 (CASTRO & OLIVEIRA, 2005). Entretanto, Blamey et al. (1997) argumentam 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.

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 (SMIDERLI et al., 2002; SMIDERLI et al., 2004; CASTRO et al., 2004).

Recomendações de nitrogênio para a cultura de girassol no Estado de São Paulo indicam aplicações de 50 kg ha⁻¹ de N, distribuídos 10 kg ha⁻¹ em fundação e 40 kg ha⁻¹ de N em cobertura (QUAGGIO & UNGARO, 1997).

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 (VRANCEANU, 1977).

2.1.6 Exigências hídricas

2.1.6.1 Água

A quantidade de água requerida pela cultura ainda não está definida mas na maioria dos casos 400 a 500 mm de água distribuídos ao longo do ciclo, resultam em rendimentos próximos ao potencial máximo (CASTRO & BOUÇAS FARIAS, 2005).

O consumo de água pela cultura do girassol varia em função das condições climáticas, da duração do ciclo e do manejo do solo e da cultura. O girassol apresenta 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%. Da fase da sementeira à emergência, o consumo é de 0,5 a 1,0 mm/dia, atingindo o máximo de 6 a 8 mm/dia na floração e enchimento dos grãos, decrescendo após este período (EMBRAPA, 2003).

Comumente, o girassol cultivado como cultura de sequeiro, embora não seja altamente tolerante à seca; todavia, apresenta boa resposta à irrigação e acréscimos de rendimento acima de 100% são comuns, em comparação com cultivos sem irrigação (ANDRADE, 2000).

Muitos pesquisadores têm apontado que plantas com sistema radicular profundo e vigoroso e com grande massa de raízes, são mais tolerantes ao estresse hídrico, em função da absorção de água, nutrientes e ancoragem. Para o girassol esta característica também é válida, principalmente pelo fato de que, normalmente, seu sistema radicular alcança a profundidade ao redor de dois metros (COX & JOLLIFF, 1986).

Doorenbos & Kassam (1994), afirmam que a porcentagem de água total utilizada pela cultura do girassol durante os diferentes períodos de crescimento é de aproximadamente 20% durante o período vegetativo, 55% durante o período de floração e os 25% restantes nos períodos de formação da colheita e maturação. Em condições em

que a evapotranspiração máxima é de 5 a 6 mm/dia, a absorção de água é afetada quando o esgotamento se situa em torno de 45% da água total disponível no solo.

Unger (1990) explica que a água requerida pelo girassol varia de 600 a 1000 mm, dependendo do clima e do ciclo da cultura. Aumentos na evapotranspiração são observados no estabelecimento e florescimento da cultura, podendo ainda ser mantidos durante a formação das sementes e início da maturação.

Conforme Silva (1990), no Brasil as necessidades hídricas para a cultura do girassol, não estão definidas, mas, de modo geral, variam de 200 a 900 mm por ciclo e os maiores rendimentos são obtidos na faixa de 500 a 700 mm, desde que bem distribuídos. Na uso da irrigação para o cultivo do girassol deve-se calcular o volume de água para uma profundidade de até 60 cm. Assim, são utilizados, de um modo geral, de 5000 a 10000 m³ de água por hectare, parcelados de acordo com as fases da planta e tipos de solo.

Carvalho et al. (2003) verificaram, avaliando o desempenho produtivo de 14 genótipos de girassol nas regiões Centro-Oeste e Sudeste do Brasil com semeadura em fevereiro/março, rendimento médio de aquênios de 1701 kg ha⁻¹ e, com teor médio de óleo, nos aquênios de 40,3%.

Gomes et al. (2003), trabalhando com a cultura de girassol em Limeira, São Paulo, com semeadura em junho, observaram incrementos de 28 e 44% na produtividade de aquênios dos tratamentos irrigados nas fases críticas (aparecimento do botão floral e enchimento de grãos) e dos tratamentos irrigados durante todo o ciclo da cultura, respectivamente, quando comparados com os tratamentos não irrigados. Observaram também, aumento de 10% no peso médio de 1000 aquênios nos tratamentos irrigados (70,1 g) quando comparados com os tratamentos não irrigados (63,9 g).

Gomes et al. (2005) constataram, trabalhando com girassol irrigado em Limeira, São Paulo, nos anos de 2001, 2002 e 2003, que sob severo estresse hídrico e sob estresse hídrico moderado, com suplementação hídrica nas fases de formação do botão floral e enchimento de grãos, que a produção de grãos de girassol reduziu cerca de 30 e 17,2 %, respectivamente, em comparação com plantas sem restrição hídrica.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Localização do experimento

O experimento foi realizado no período compreendido entre 31 de outubro de 2009 e 16 de fevereiro de 2010, conduzido em casa de vegetação pertencente à Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola (UAEAg), do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais (CTRN) da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, Campus I, Campina Grande, Paraíba, cujas coordenadas geográficas do local 7°12'52" Sul e 35°54'24" Oeste e altitude de 550 m (CARNEIRO et al., 2002).

3.2. Caracterização do clima

O clima da região, conforme a classificação climática de Köeppen, adaptada ao Brasil (COELHO & 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. A estação chuvosa se inicia entre janeiro e fevereiro com término em setembro, podendo adiantar-se até outubro.

Conforme o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), o município apresenta precipitação média anual de 802,7 mm, temperatura média de 27,5 °C, média de 19,2 °C e umidade relativa do ar média de 83% (ALVES et al., 2009).

3.3. Característica do solo

O solo utilizado foi coletado da camada superficial (0 - 20 cm) nas imediações do distrito de São José da Mata no município de Campina Grande, PB, o qual foi secado ao ar, destorroado, homogeneizado, peneirado e caracterizado quanto os aspectos físicos e químicos, segundo metodologia descrita pela Embrapa (1997).

O solo foi então classificado como Neossolo Regolítico Eutrófico, caracterizando-se como eutrófico, arenoso, não salino e não sódico, cujas características físicas e químicas do solo estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Características física e química do solo utilizado no experimento

Características Físico - Química	Unidade	Valor
Granulometria	$g\ kg^{-1}$	
Areia	"	841,5
Silte	"	87,5
Argila	"	71
Textura		Franco-arenoso
Densidade	-	1,49
Densidade das Partículas	-	2,68
Porosidade	$m^3\ m^3$	0,44
Capacidade de Campo	$m^3\ m^3$	0,017
Ponto de Murchamento	"	0,0038
Água Disponível	"	0,0032
Características químicas		
pH em água (1:2,5)	-	6,60
CE (suspensão solo-água)	$dS\ m^{-1}$	0,20
Carbono Orgânico	$g\ kg^{-1}$	5,20
Matéria Orgânica	"	8,40
Nitrogênio	"	0,50
Fósforo Assimilável	$mg\ kg^{-1}$	28,50
Complexo sortivo	$cmol_c\ kg^{-1}$	
Cálcio	"	1,85
Magnésio	"	2,23
Sódio	"	0,06
Potássio	"	0,28
Hidrogênio	"	0,79
Alumínio	"	0,00
CTC	"	5,21
Carbonato de Cálcio qualitativo		Ausente
Extrato de saturação	meq/l	
Cloroeto	"	2,50
Carbonato	"	0,00
Bicarbonato	"	2,70
Sulfato	"	Ausente
Cálcio	"	0,87
Magnésio	"	1,63
Potássio	"	0,88
Sódio	"	1,73
pH (extrato de saturação)		6,37
CE (extrato de saturação)	$dS\ m^{-1}$	0,74
Porcentagem de Saturação	%	19,66
RAS	$(mmol\ L^{-1})^{0,5}$	1,54
Classe do solo		Não salino, não sódico

3.4. Variedade

A variedade de girassol estudada neste experimento, foi a Embrapa 122/ V-2000, que se destaca pela precocidade (ciclo vegetativo de 100 dias), sendo cerca de 20 dias mais precoce que os híbridos atualmente cultivados no Brasil. Atinge média de produtividade de 1503 a 1741 kg ha⁻¹ e teor médio de óleo nos aquênios de 39,91 a 43,55 % (EMBRAPA, 2002).

3.5. Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental foi inteiramente ao acaso, sendo analisado em esquema fatorial (4 x 4) com três repetições totalizando 48 unidades experimentais; os tratamentos consistiram da combinação de quatro doses de adubação nitrogenada (0; 60; 80 e 100 kg ha⁻¹) e quatro níveis de água disponível no solo (55; 70; 85 e 100% da AD).

Os resultados obtidos foram submetidos a análise de variância (ANOVA) e, por se tratar de fatores quantitativos a regressão por polinômios ortogonais usando o software SISVAR-ESAL (FERREIRA, 2000). Nas características em que se constatou significância, foram calculados os coeficientes da regressão e estabelecidas as equações correspondentes ao comportamento dos fenômenos estudados.

3.6. Instalação e condução dos experimentos

Cada unidade experimental foi constituída de vaso plástico com capacidade volumétrica de 35 L no qual foram depositados 32 kg de solo e um tubo de acesso de aos tratamentos relativos a 100% da AD.

A adubação de fundação e cobertura com P₂O₅ e K₂O, proveniente de superfosfato triplo e cloreto de potássio, respectivamente, foram realizadas com a dosagem correspondente a 80 kg ha⁻¹; adubação fosfatada foi aplicada toda em fundação e a potássica foi distribuída ao longo do ciclo, da seguinte forma: 1/3 da quantidade de potássio foi aplicado em fundação, 1/3 e o restante da quantidade total de potássio foram aplicados aos 28 e 52 dias após a semeadura (DAS).

O semeio foi realizado diretamente nos vasos utilizando-se dez sementes distribuídas e distanciadas de forma equidistante a uma profundidade de 0,02m; aos 20 DAS realizou-se um desbaste com a finalidade de se obter apenas uma planta por vaso.

Em referência às doses de nitrogênio utilizadas em cobertura, a primeira foi aplicada aos 28 DAS e a segunda aos 52 DAS; nesta mesma data foi adicionado, a cada unidade experimental, o correspondente a 2 kg ha⁻¹ de boro, provenientes de ácido bórico.

O conteúdo de água no solo ao longo do período experimental foi monitorado diariamente, através de uma sonda segmentada de DIVINNER - 2000 denominada Reflectometria no Domínio da Frequência (FDR), a qual foi inserida no solo através de um tubo de acesso instalado nos vasos,

Os valores utilizados do conteúdo do solo no cálculo do balanço hídrico foram mensurados utilizando-se o FDR, em três intervalos de profundidade (0-10, 10-20 e 20-30 cm) nos tratamentos correspondentes a 100% da água disponível (AD); os dados foram compilados em planilhas eletrônicas e calculados de acordo com as funções matemáticas previamente programadas para calcular o volume de reposição referente a 100% da AD e, a partir de então, extrapolados para os outros tratamentos (55, 70 e 85%) relativos ao fator porcentagem de água disponível no solo.

As irrigações foram realizadas diariamente, sempre às 16h, de forma manual com auxílio de regadores e se utilizando uma proveta (1L) graduada para medição do volume aplicado.

3.7. Variáveis analisadas

3.7.1. Variáveis de crescimento

Todas as variáveis de crescimento foram mensuradas a partir dos 20 DAS até os 80 DAS, com intervalo de 20 dias.

3.7.1.1. Comprimento do caule (CC) e número de folhas (NF)

O comprimento do caule foi definido mensurando-se a distância entre o colo da planta e a inserção da folha mais nova. Na contagem das folhas foram consideradas as

que apresentaram comprimento mínimo de 0,03 m nas épocas de leitura e que estivessem sadias, isto é, fotossinteticamente ativas.

3.7.1.2. Diâmetro do caule (DC)

A medição do diâmetro do caule foi feita com o auxílio de um paquímetro e as leituras efetuadas na região do colo de cada planta, a 0,05 m do solo.

3.7.1.3. Área foliar

O cálculo da área foliar seguiu a metodologia proposta por Maldaner et al. (2009) cuja fórmula é $AF = 0,1328 \times C^{2,5569}$, em que: C = comprimento da nervura central da folha, sendo que o somatório final das áreas por folha fornece o valor da área foliar total da planta.

3.7.2. Variáveis de produção

As variáveis de produção foram mensuradas por ocasião da colheita utilizando-se balança de precisão; a fitomassa fresca foi pesada, imediatamente após a colheita, e secada, após passar por processo de secagem artificial, em estufa de circulação de ar a 60 °C.

3.7.2.1. Fitomassa (forragem)

Após a colheita todas as partes frescas da planta foram pesadas, como o caule (FFC), as folhas (FFF), capítulo sem os aquênios (FFCAPSA) e raiz (FFR), e calculada a fitomassa fresca total (FFT), através do somatório de toda a parte da planta; em seguida, as fitomassas foram levadas à estufa de circulação de ar forçado a uma temperatura de 60 °C até atingir peso constante e, posteriormente, mensurada a fitomassa seca das partes da planta.

3.7.2.2. Aquênios (bioenergia)

Por ocasião da colheita das plantas foram mensurados o número, a porcentagem de aquênios viáveis e a fitomassa de mil aquênios por tratamento.

3.7.3. Consumo hídrico e ciclo da cultura

O consumo hídrico total das plantas foi mensurado através do somatório do volume necessário para repor a porcentagem de água disponível no solo de cada tratamento (55, 70, 85 e 100%) em volume; para o ciclo da cultura, avaliou-se a cada evento de irrigação, o tempo do semeio até a colheita, isto é, o ciclo da cultura em função dos tratamentos.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Variáveis de crescimento

4.1.1 Comprimento do caule

Em se tratando do comprimento do caule, as doses de nitrogênio não apresentaram efeitos significativos, resultados que estão de acordo com os encontrados por BARNI et al. (1995) que, estudando o crescimento do girassol em resposta a cultivares, níveis de adubação e épocas de semeadura, notaram que o girassol não evidencia diferenças no crescimento da planta quando o nível de fertilidade do solo é elevado. Resultados do CC divergentes foram encontrados por Fagundes et al. (2007) estudando doses de nitrogênio no desenvolvimento do girassol ornamental, os quais demonstraram que as maiores doses de N proporcionaram também maiores CC. Ivanoff et al. (2010) verificaram, estudando formas de aplicação do nitrogênio nos componentes de produção de três cultivares de girassol, que os tratamentos das doses crescentes de N não interferiram significativamente no comprimento do caule até os 40 DAS; já o fator porcentagem de água disponível afetou o CC aos 40, 60 e 80 DAS, sendo que o comportamento das curvas se ajustou ao modelo de regressão linear ($p < 0,01$), em todos os casos (Tabela 2); tendência semelhante também foi detectada por Silva (2005) que, ao estudar a aplicação de 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 corroborados por Gomes et al. (2003), que encontraram incrementos no comprimento do caule da ordem de 29,30 % para os tratamentos irrigados.

Tabela 2. Resumo da ANOVA para comprimento do caule do girassol (variedade EMBRAPA 122/V-2000) em diferentes datas, submetido a doses de nitrogênio e porcentagem de água disponível no solo

Fonte de variação	GL	Quadrado médio			
		20DAS	40 DAS	60 DAS	80 DAS
Doses de nitrogênio - N	3	56,86 ^{ns}	313,08 ^{ns}	102,23 ^{ns}	241,55 ^{ns}
Água disponível (%) - A	3	44,60 ^{ns}	650,86 ^{**}	1548,29 ^{**}	1775,52 ^{**}
Regressão linear	1	101,63 ^{ns}	1949,97 [*]	4467,75 ^{**}	4780,23 ^{**}
Interação dos fatores N x A	9	15,42 ^{ns}	150,80 ^{ns}	118,06 ^{ns}	206,49 ^{ns}
Resíduo	32	24,55	107,33	112,75	272,83
CV	(%)	12,2	13,32	10,65	16,75

*, ** significativo a 5 e 1%, respectivamente, e ^{ns} não significativo, pelo teste F. GL: Grau de liberdade e CV: coeficiente de variação

Observa-se na Figura 1A, aos 40 DAS, acréscimo da ordem de 0,15 m quando se consideram 55 e 100% da água disponível no solo; Já na Figura 1B verificou-se, considerando-se este mesmo fator, que aos 60 DAS, ocorreu pouca variação no crescimento do caule, mas, aos 80 DAS, Figura 1C, constataram-se variações superiores a 0,20 m quando comparados os resultados entre 55 e 100% de AD.

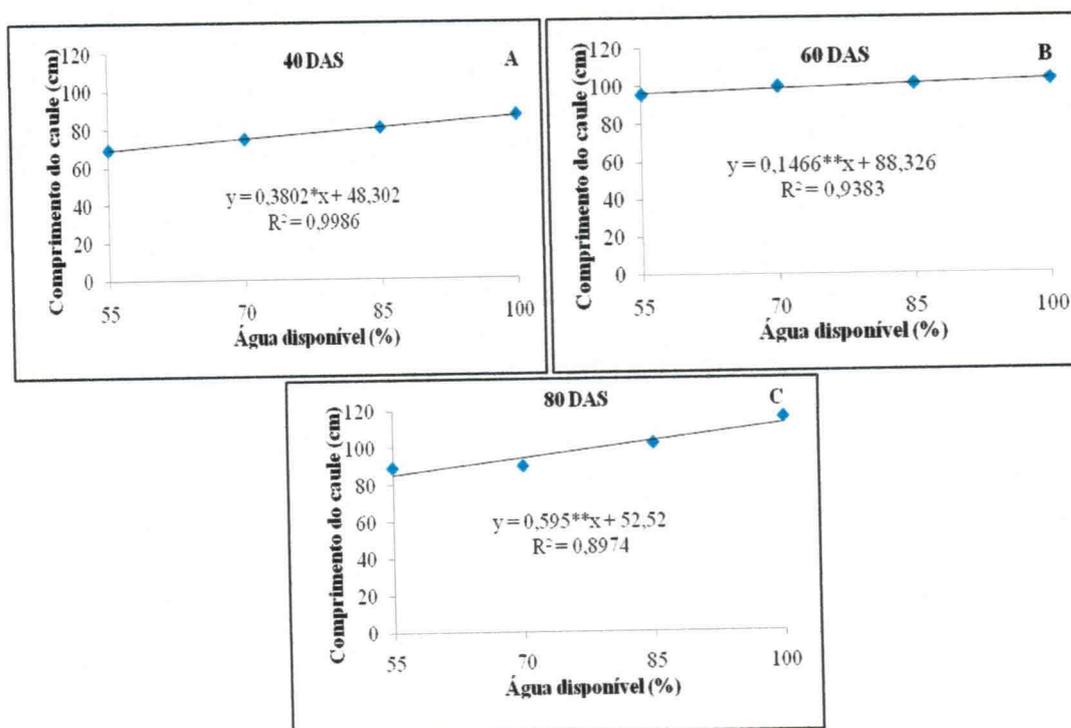


Figura 1. Comprimento do caule em função da porcentagem da água disponível no solo aos 40 (B), 60 (C) e 80 DAS (D)

O comportamento das curvas de evolução do comprimento do caule, seja para as doses de N (Figura 2A) ou para as porcentagens de água disponíveis no solo (Figura 2B) foi similar; entretanto, as plantas apresentaram melhor desenvolvimento ao longo do tempo para 85 e 100% de AD, com variação de cerca de 0,10 m entre estas.

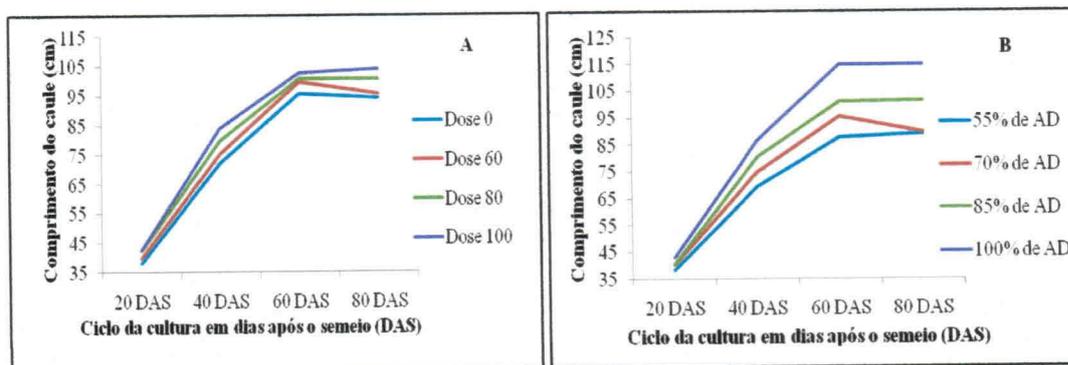


Figura 2. Evolução do crescimento do comprimento do caule em função das doses de nitrogênio em kg ha⁻¹ (A) e porcentagem de água disponível no solo (B)

4.1.2 Número de folhas

A adubação nitrogenada influenciou positivamente a emissão de folhas, mas apenas aos 60 DAS (Tabela 3), sendo que o comportamento da curva se ajustou ao modelo de regressão linear, a nível de significância ($p < 0,01$) (Figura 3A). Biscaro et al. (2008), estudando a aplicação parcelada de nitrogênio em cobertura (0 a 80 kg ha⁻¹ de N) sobre a cultura do girassol em condição de campo, encontraram resultados semelhantes, obtendo maior crescimento do número de folhas com aumento da dose. A curva para esta variável em relação ao fator água disponível no solo (AD), Figura 3B, apresentou o mesmo comportamento ($p < 0,01$); entretanto, o efeito deste tratamento mostrou-se significativo apenas aos 40 DAS. Ressalta-se também que sob 85 e 100% de água disponível no solo a variável número de folhas apresentou melhor comportamento quando compara com as outras porcentagens de água disponível no solo, e comportamento similar quando comparadas entre si, indicando a possibilidade da utilização de 85% de água disponível sem perdas para cultura, em se tratando do número de folhas. Referidos resultados discordam dos obtidos por Göksoy et al. (2004) que, após avaliarem 13 tratamentos de irrigação durante três anos, não observaram influência estatística sobre a variável em questão.

Tabela 3. Resumo da ANOVA para número de folhas do girassol (variedade EMBRAPA 122/V-2000) em diferentes datas, submetido a doses de nitrogênio e porcentagem de água disponível no solo

Fonte de variação	GL	Quadrado médio		
		20 DAS	40 DAS	60 DAS
Doses de nitrogênio - N	3	1,19 ^{ns}	19,52 ^{ns}	99,41 ^{**}
Regressão linear	1	0,31 ^{ns}	10,00 ^{ns}	180,21 ^{**}
Desvio de regressão	1	0,87 ^{ns}	24,83 ^{ns}	118,01 ^{**}
Água disponível (%) - A	3	0,30 ^{ns}	34,35 ^{**}	3,19 ^{ns}
Regressão linear	1	0,20 ^{ns}	95,00 ^{**}	0,93 ^{**}
Interação dos fatores N x A	9	5,30 ^{ns}	12,59 ^{ns}	6,00 ^{ns}
Resíduo	32	2,35	6,69	6,77
CV	(%)	14,94	16,14	19,86

*, ** significativo a 5 e 1%, respectivamente, e ^{ns} não significativo, pelo teste F. GL: Grau de liberdade e CV: coeficiente de variação

Através da Figura 3A verifica-se, com o aumento das doses de N que, ocorreu um aumento da variável até a dose máxima de 100 kg ha⁻¹ de N, resultando num número máximo estimado de 17 folhas. Esses dados divergem dos registrados por Carelli et al. (1996) avaliando níveis de nitrogênio em solução nutritiva sobre doses de N fertirrigadas no crescimento do número de folhas do girassol. Resultados discordam, em parte, dos 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. Dados de crescimento no número de folhas foram observados por Lima et al. (1981), estudando o efeito de doses crescentes de N no crescimento de plantas de girassol, cv. Uruguia, cultivado em solução nutritiva.

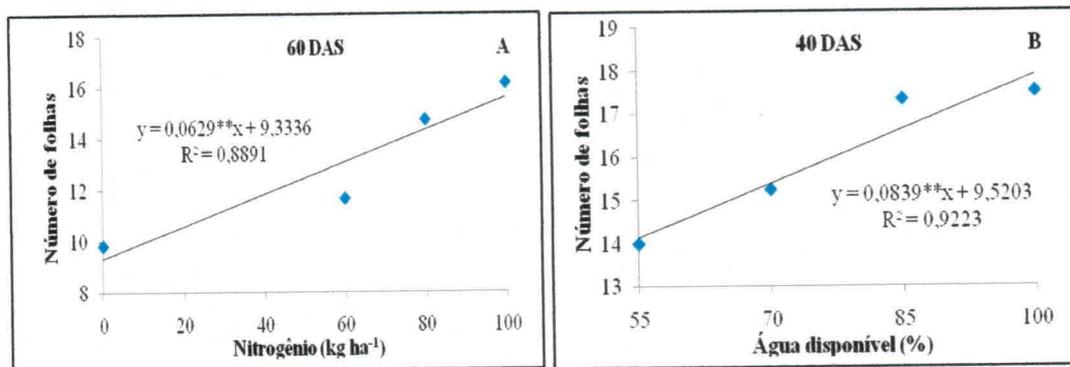


Figura 3. Número de folhas em função das doses de nitrogênio em kg ha⁻¹ aos 60 DAS (A) e porcentagem da água disponível no solo aos 40 DAS (B)

A evolução do número de folhas ao longo do tempo em função das doses de nitrogênio e da disponibilidade de água disponível do solo (Figura 4), apresentou um ponto em comum para ambas as análises; aos 40 DAS existe um ponto de inflexão indicando que a partir desta data houve decréscimo no número de folhas, após um período de crescimento intenso; para a dose 0 kg ha⁻¹ N, por exemplo, observou-se que, em média, as plantas que tinham 10 folhas aos 20 DAS, obtiveram 15 folhas aos 40 DAS e depois apresentaram 10 folhas aos 60 DAS. Com relação ao fator porcentagem de água disponível no solo observou-se, a partir dos 40 DAS, um decréscimo acentuado para 55 e 70% além de queda acentuada para 85 e 100% de AD.

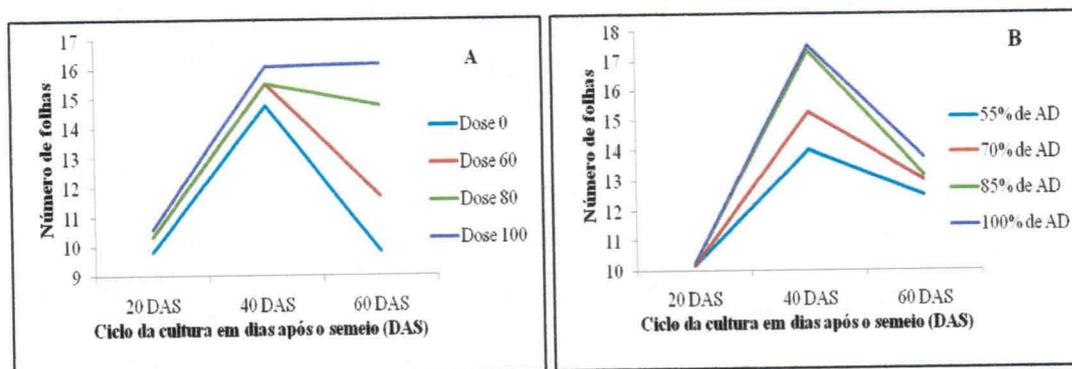


Figura 4. Evolução do crescimento do número de folhas em função das doses de nitrogênio em kg ha⁻¹ (A) e porcentagem da água disponível no solo (B)

4.1.3 Diâmetro do caule

Em função das doses de nitrogênio testadas o diâmetro do caule foi influenciado aos 60 e 80 DAS, sendo que uma equação polinomial de segunda ordem descreveu o comportamento aos 60 DAS ($p < 0,05$) e aos 80 DAS o comportamento ajustou-se a uma reta ($p < 0,01$), (Tabela 4). Os valores dessa variável também tiveram uma disposição ascendente até os 60 DAS (Figura 5A) e, após esta data, 80 DAS (Figura 5B) aumento nos valores médios do diâmetro do caule, quando foram encontrados valores médios de 10,5 e 11,5 mm, sendo possível que este menor valor encontrado do diâmetro esteja em conformidade com a baixa estatura das plantas em decorrência, da redução no ciclo da cultura. Resultados superiores foram encontrados por Ivanoff et al. (2010), utilizando formas de aplicação de nitrogênio em três cultivares de girassol na savana de Roraima, valores em média de 12,2 mm, inferiores aos observados na literatura (BISCARO et al., 2008; CASTRO et al., 1999; SMIDERLE et al., 2005). A paralisação no crescimento vegetativo em função da aceleração do comportamento produtivo ocorre pelo direcionamento dos fotoassimilados produzidos para outros órgãos (TAIZ & ZEIGER, 2006), a exemplo das flores e aquênios.

De modo similar ao comprimento do caule, quando analisado em função do fator água disponível no solo o diâmetro caulinar foi afetado aos 40, 60 e 80 DAS, com comportamentos ajustáveis a uma reta ($p < 0,01$), (Figura 5).

Tabela 4. Resumo da ANOVA para diâmetro do caule do girassol (variedade EMBRAPA 122/V-2000) em diferentes datas, submetido a doses de nitrogênio e porcentagem de água disponível no solo

Fonte de variação	GL	Quadrado médio			
		20DAS	40 DAS	60 DAS	80 DAS
Doses de nitrogênio - N	3	1,30 ^{ns}	5,32 ^{ns}	12,30**	11,80**
Regressão linear	1	2,77 ^{ns}	3,51 ^{ns}	18,60**	23,02**
Regressão quadrática	1	1,13 ^{ns}	7,28 ^{ns}	13,07*	1,46 ^{ns}
Água disponível (%) - A	3	1,24 ^{ns}	9,99*	12,26**	14,43**
Regressão linear	1	2,92 ^{ns}	26,27**	36,58**	42,08**
Interação dos fatores N x A	9	1,05 ^{ns}	1,65 ^{ns}	1,88 ^{ns}	2,46 ^{ns}
Resíduo	32	0,51	2,27	1,86	1,70
CV	(%)	10,22	15,98	13,77	12,85

*, ** significativo a 5 e 1%, respectivamente, e ^{ns} não significativo, pelo teste F. GL: Grau de liberdade e CV: coeficiente de variação

A dose 100 kg ha⁻¹ N apresentou melhores resultados de crescimento para o diâmetro caulinar aos 60 e 80 DAS. Nas Figuras 5C, 5D e 5E que apresentam o crescimento do diâmetro do caule em função do fator água disponível, observa-se comportamento similar entre 85 e 100% de AD, porcentagens que se destacaram em relação às outras testadas na contribuição para o crescimento do diâmetro do caule.

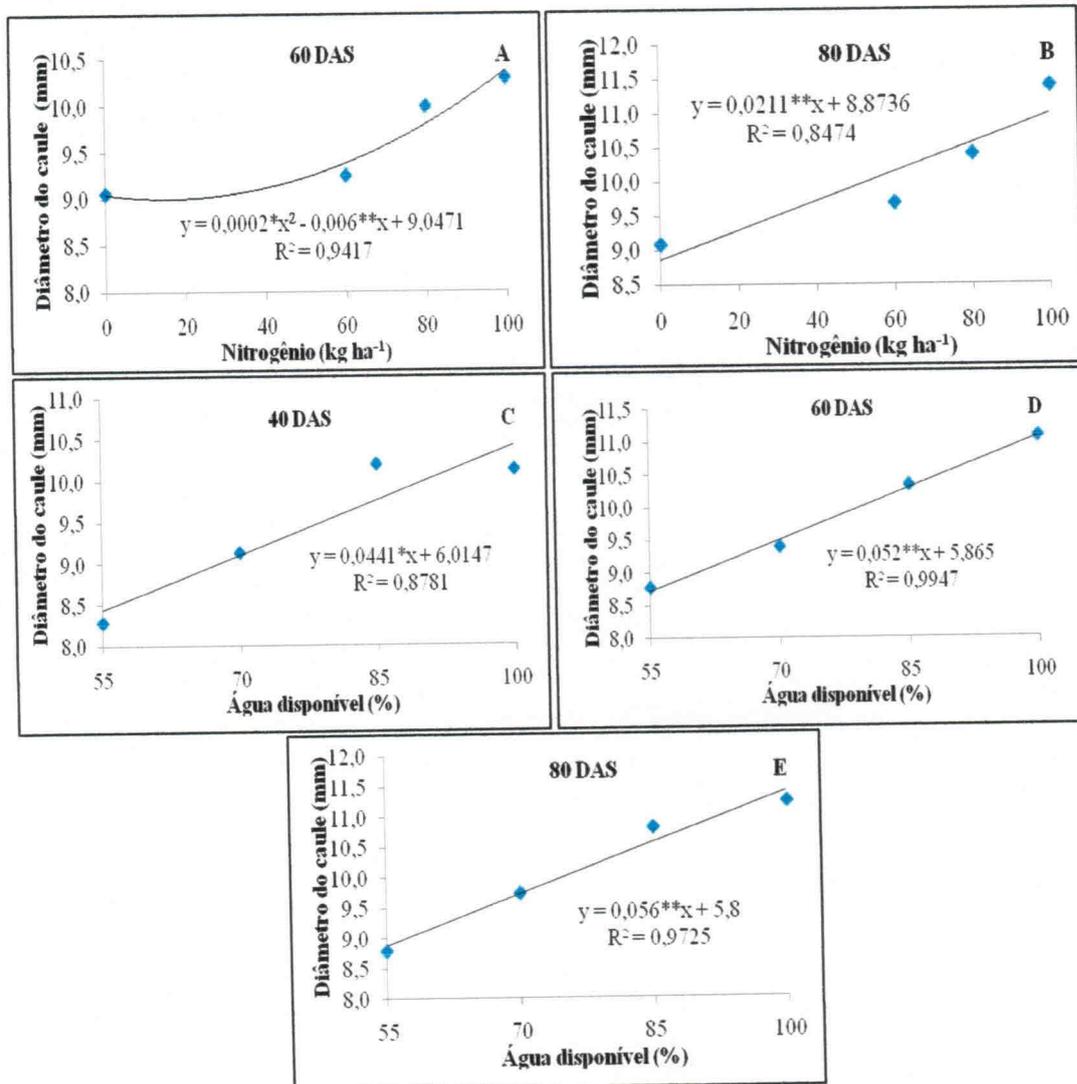


Figura 5. Diâmetro do caule em função das doses de nitrogênio em kg ha⁻¹ aos 40 (A) e aos 80 DAS (B) e porcentagem da água disponível no solo, aos 40 (C), 60 (D) e 80 DAS (E)

O comportamento do crescimento do diâmetro caulinar ao longo do tempo, verificado na (Figura 6), indicou que a dose 100 kg ha⁻¹ N proporcionou maior diâmetro de caule em todas as datas de avaliação (Figura 6A) e a quantidade de água disponível

correspondente a 85 e 100% (Figura 6B) apresentou maior crescimento quando comparada com as demais porcentagens. No entanto, as demais porcentagens de água disponível apresentaram comportamentos similares com vantagem para 100% de AD, efeito observado também por Silva et al. (2007) quando, analisando o crescimento e a produção do girassol com diferentes lâminas de água, registraram resposta positiva do benefício hídrico tanto para o comprimento do caule quanto para o diâmetro caulinar de dois genótipos de girassol (*Helianthus annuus* L.), corroborando com Castiglioni et al. (1993), Castro et al. (1999), Andrade (2000), Leite & Carvalho (2005), Lemos & Vazquez (2005), Gomes et al. (2005), entre outros.

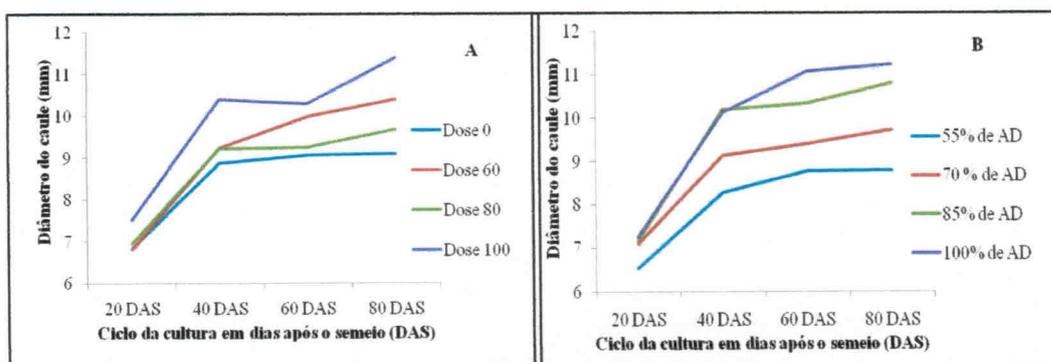


Figura 6. Evolução do crescimento do diâmetro do caule em função das doses de nitrogênio em kg ha^{-1} (A) e porcentagem da água disponível no solo (B)

4.1.4 Área foliar

A área foliar é um parâmetro sensível não só para as doses de nitrogênio quanto para o fator água disponível no solo, em todas as datas de avaliação (Tabela 5). Aos 40 DAS para as doses de nitrogênio (Figura 7A) e para a água disponível (Figura 7C) e aos 60 DAS, apenas para o fator água disponível no solo (Figura 7D) apresentou um comportamento linear para os dados da área foliar. As doses de nitrogênio afetaram o crescimento da área foliar aos 60 DAS (Figura 7B) e seu comportamento foi descrito por uma equação quadrática, mostrando que o aumento das doses aumentou a área foliar. O tamanho da folha está relacionado ao suprimento de N para alongação e/ou divisão celular (SKINNER & NELSON, 1995; GARCEZ NETO et al., 2002). O nitrogênio influencia não só a taxa de expansão mas principalmente a divisão celular determinando, desta forma, o tamanho final das folhas, fazendo com que o N seja um dos fatores determinantes da taxa de acúmulo de biomassa (FERNÁNDEZ et al., 1994).

O aumento da área foliar com o aumento das doses de N, foi observado por Fernandes et al. (2007), testando fontes e doses de nitrogênio no crescimento, desenvolvimento e retardamento da senescência foliar em girassol cultivado em vasos.

Os dados concordam com os observados por Soriano et al. (2004), ao apontarem que as plantas de girassol em condições irrigadas têm a oportunidade de chegar a valores de IAF maiores do que os obtidos quando ocorre limitação de água. A análise de crescimento desta variável é um meio acessível e preciso de se inferir a contribuição de diferentes processos fisiológicos sobre o comportamento vegetal (BENINCASA, 2003).

Tabela 5. Resumo da ANOVA para área foliar do girassol (variedade EMBRAPA 122/V-2000) em diferentes datas, submetido a doses de nitrogênio e porcentagem de água disponível no solo

Fonte de variação	GL	Quadrado médio	
		40 DAS	60 DAS
Doses de nitrogênio - N	3	500126,70*	3298865,68**
Regressão linear	1	757133,76**	6087297,82**
Regressão quadrática	1	239630,47 ^{ns}	717668,23**
Desvio de regressão	1	503626,98 ^{ns}	3091619,19**
Água disponível (%) - A	3	927454,61**	736944,63**
Regressão linear	1	2568522,80**	2045205,59**
Interação dos fatores N x A	9	86477,04 ^{ns}	128178,28 ^{ns}
Resíduo	32	136599,95	57503,19
CV	(%)	19,59	16,60

*, ** significativo a 5 e 1%, respectivamente, e ^{ns} não significativo, pelo teste F. GL: Grau de liberdade e CV: coeficiente de variação

A área foliar do girassol Embrapa 122/V-2000, mostrou-se superior, numericamente, com a adubação aplicada de (100 kg ha⁻¹ de N), obtendo-se 1.269,25 e 1.489,25 cm² aos 40 e 60 dias após a semeadura, respectivamente. Em relação à análise de regressão da área foliar aos 40 DAS, a maior dose de nitrogênio analisada (100 kg ha⁻¹) promoveu maior área foliar do girassol (1.269,25 cm²); aos 60 DAS o maior valor encontrado (1.489,25 cm²) foi obtido na dose máxima estudada (100 kg ha⁻¹ N). Ressalta-se que esses valores são inferiores aos 2.500 cm² obtidos por Fagundes et al. (2007), sob fertirrigação com uréia na cultura do girassol.

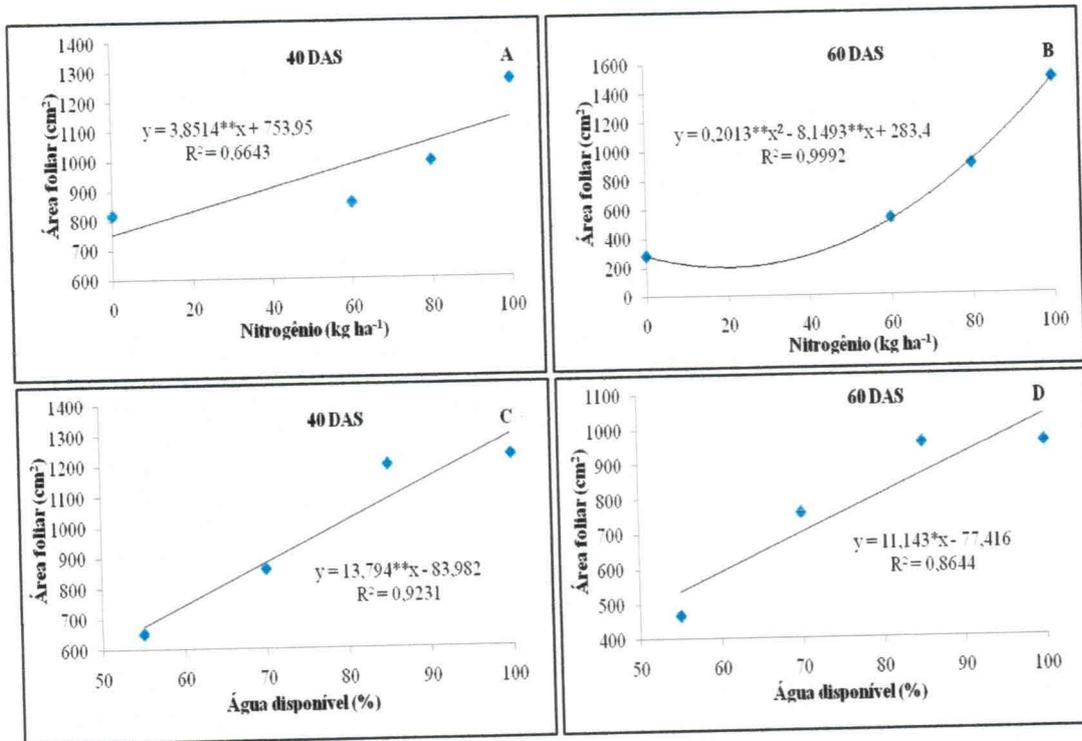


Figura 7. Área foliar em função das doses de nitrogênio em kg ha⁻¹ aos 40 (A) e 60 DAS (B) e porcentagem da água disponível no solo aos 40 (C) e 60 DAS (D)

Em se tratando do comportamento da área foliar ao longo do tempo (Figura 8A), a dose 100 kg ha⁻¹ de N foi a única que apresentou crescimento a partir dos 40 DAS (Tabela 5); a partir daí, todas as outras doses testadas apresentaram decréscimo. Quando observadas em função do fator água disponível no solo (Figura 8B) todas as porcentagens apresentaram decréscimo a partir dos 40 DAS porém as melhores tendências foram obtidas com 85 e 100% de AD.

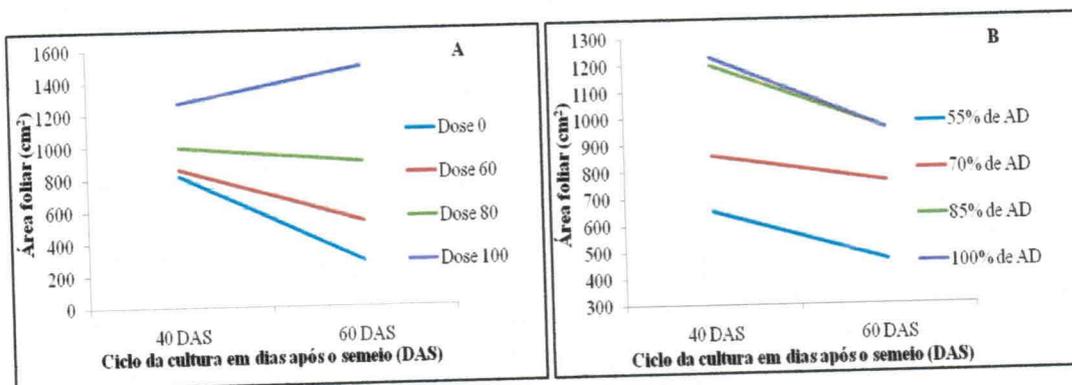


Figura 8. Evolução do crescimento da área foliar em função das doses de nitrogênio em kg ha⁻¹ (A) e porcentagem da água disponível no solo (B)

4.2. Variáveis de produção

4.2.1. Fitomassa fresca e seca

Na análise estatística dos componentes de produção destinados a forragem (fitomassa), observa-se efeito significativo a nível de significância ($p < 0,05$) nas doses de N para a variável fitomassa fresca do capítulo (FFCAP) e efeito significativo a nível de significância ($p < 0,01$) para todas as variáveis estudadas: fitomassa fresca total (FFT), fitomassa seca total (FST), fitomassa fresca do caule (FFC), fitomassa seca do caule (FSC), fitomassa fresca da folha (FFF) e fitomassa seca da folha (FSF) (Tabelas 6 e 7), e para fitomassa fresca da raiz (FFR), fitomassa seca da raiz (FSR) e fitomassa seca do capítulo (FSCAP) (Tabela 8), as quais apresentaram comportamento descrito por equações polinomiais de segunda ordem, salvo para a FFF e FSF, cujo comportamento foi descrito por uma equação de regressão linear (Tabela 7).

Verificou-se, ainda, com base nos resultados da análise de variância (Tabelas 6, 7 e 8) dos dados, não haver efeito significativo pelo teste F na interação entre os fatores estudados (porcentagem da água disponível no solo e doses de adubação nitrogenada) para nenhuma variável analisada, indicando que as doses de N se comportaram de maneira semelhante em diferentes porcentagens da água disponível no solo. Nobre et al. (2010) estudando o crescimento e a floração do girassol variedade EMBRAPA 122/V-2000 sob estresse salino e adubação nitrogenada, também não verificaram interação entre os fatores estudados. Para o fator porcentagem de água disponível no solo observou-se efeito significativo a nível de ($p < 0,01$) para as variáveis FFT, FST, FFC, FSC e FSF (Tabelas 6 e 7).

Tabela 6. Resumo da ANOVA referente à fitomassa fresca e seca total (FFT e FST) e fitomassa fresca e seca do caule (FFC e FSC) do girassol EMBRAPA 122/V-2000 submetido a doses de nitrogênio, e porcentagem de água disponível no solo.

Fonte de variação	GL	Quadrado médio			
		FFT	FST	FFC	FSC
Doses de nitrogênio - N	3	1307,94**	85,27**	17,66**	2,34**
Regressão linear	1	2161,13**	152,10**	39,15**	5,69**
Regressão quadrática	1	1640,56**	100,16**	13,55**	1,25**
Água disponível (%) - A	3	479,33**	44,06**	10,56**	2,06**
Regressão linear	1	1384,63**	130,66**	29,98**	6,11**
Regressão quadrática	1	1998,86**	54,99 ^{ns}	17,85**	0,06*
Interação dos fatores A x N	9	106,58 ^{ns}	5,65 ^{ns}	0,98 ^{ns}	0,13 ^{ns}
Resíduo	32	97,68	41,12	121,53	0,13
CV	(%)	29,10	25,15	16,51	11,90

*, ** significativo a 5 e 1%, respectivamente, e ns não significativo, pelo teste F. GL: Grau de liberdade e CV: coeficiente de variação. Valores transformados de acordo com a equação $(X + 0,5)0,5$

Para a variável FFT pôde-se observar, na equação presente na Figura 9A, que em função das doses de nitrogênio testadas ocorreram acréscimos da ordem de 34,46, 39,66 e 29% para o intervalo entre as doses 0 e 60, 60 e 80 e 80 e 100 kg ha⁻¹, respectivamente, indicando que a partir da dose de 80 kg ha⁻¹, o girassol não incrementa a FFT com o mesmo crescimento.

Para o fator porcentagem de água disponível no solo observou-se efeito significativo a nível de ($p < 0,01$) para as variáveis FFT, FST, FFC e FSC (Tabela 6), para todas essas variáveis correspondentes ao comportamento linear crescente à medida que as porcentagens de água disponível aumentaram, tendo um crescimento da ordem de 17,8% por incremento de 10% de água adicionada a partir da reposição de 55% da AD para a FFT, conforme se pode constatar na equação de regressão presente na Figura 9C. Santos et al. (2002), estudando o comportamento de cultivares de girassol em diferentes condições de umidade e adubação nitrogenada, constataram que o efeito do nitrogênio sobre o rendimento ou acumulação de fitomassa depende da disponibilidade de água no solo, visto que o principal mecanismo de contato íon-raiz é governado pelo fluxo de massa.

A FST (Figura 9B) apresentou variações da ordem de 34,28, 27,44 e 28,9% para os intervalos entre as doses 0 e 60, 60 e 80 e 80 e 100 kg ha⁻¹, respectivamente, não

acompanhando o comportamento da FFT em que as variações nos incrementos entre os intervalos das doses testadas decrescem no último intervalo. Com relação à influência da porcentagem da água disponível no solo verificou-se, através da equação da Figura 9D, que a FST apresentou acréscimo de 16,8% por incremento de 10% de água disponível adicionada a partir da reposição de 55% da AD.

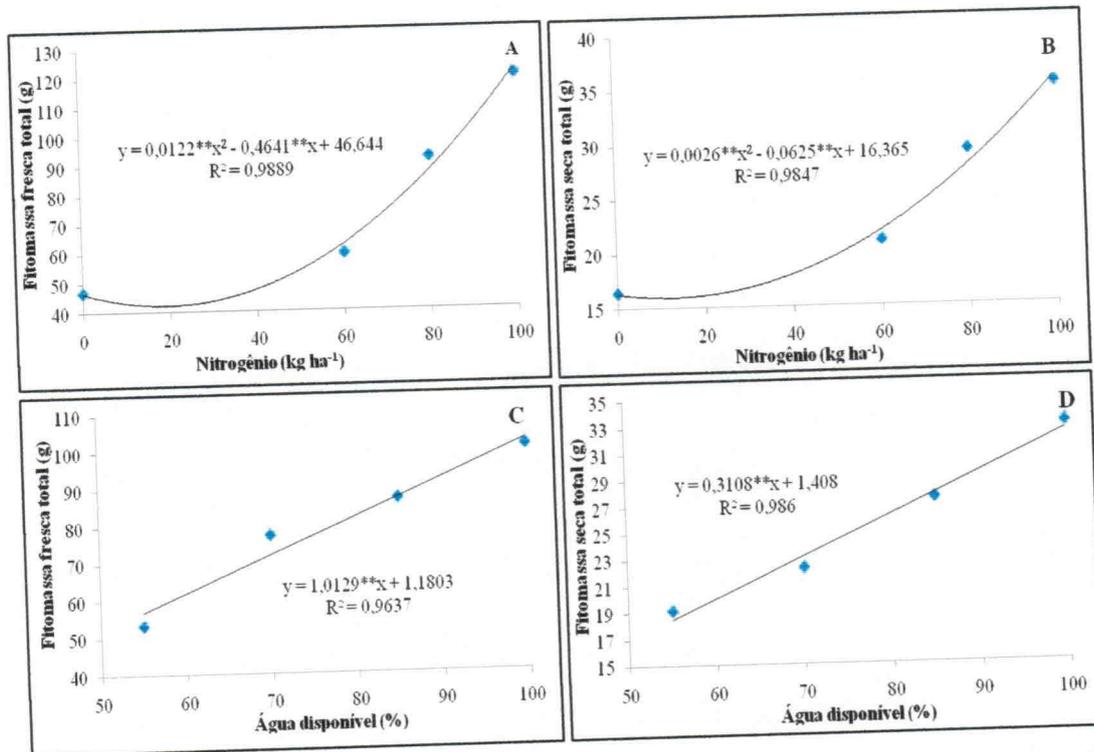


Figura 9. Fitomassa fresca e seca total do girassol variedade EMBRAPA 122/V-2000 submetido a doses de nitrogênio, e porcentagem de água disponível no solo

A FFC apresentou acréscimos da ordem de 64,44, 12,24 e 24,55% para os intervalos entre as doses 0 e 60, 60 e 80 e 80 e 100 kg ha⁻¹, respectivamente, e, para o fator porcentagem de água disponível no solo foi observado um acréscimo de 17,8% por incremento de 10% da água disponível adicionada a partir da reposição de 55% da AD (Figura 10A e 10C). A variável FSC apresentou, para o fator doses de nitrogênio, incrementos de 19,18, 27,26 e 30,13% para os intervalos entre as doses 0 e 60, 60 e 80 e 80 e 100 kg ha⁻¹ e, para a porcentagem de água disponível no solo, apresentou um acréscimo de 16,8%, por incremento da ordem de 10% de água disponível adicionada a partir da reposição de 55% AD (Figura 10B e 10D).

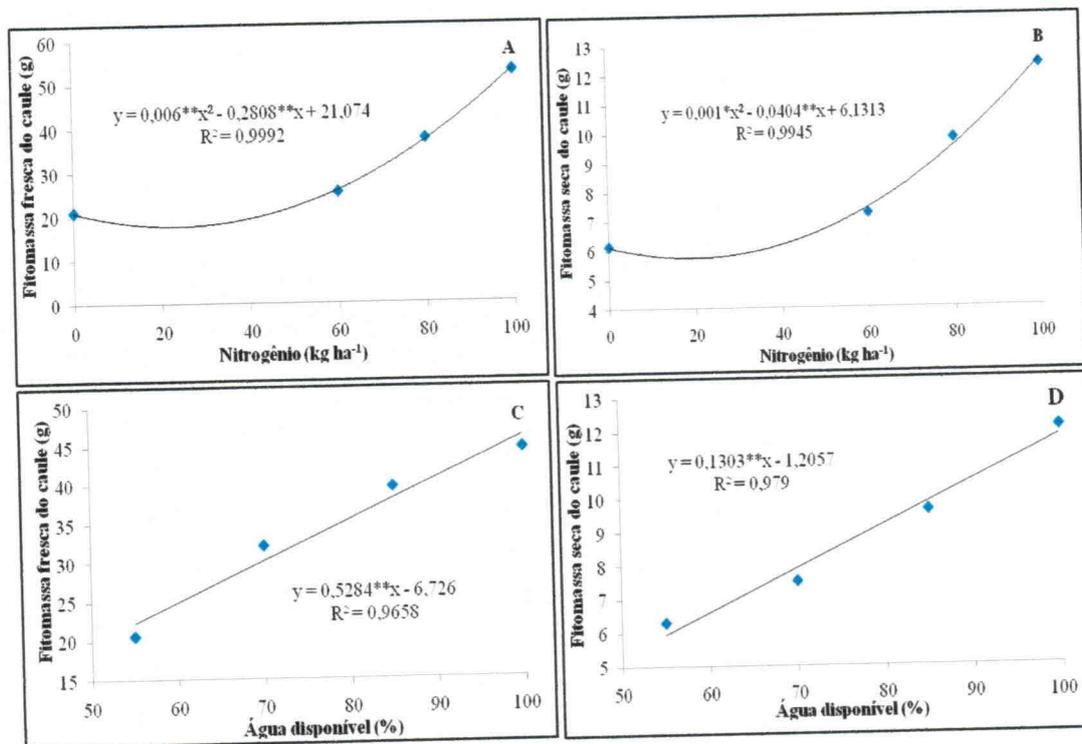


Figura 10. Fitomassa fresca e seca do caule do girassol variedade EMBRAPA 122/V-2000 submetido a doses de nitrogênio, e porcentagem de água disponível no solo

Pelos resultados, nota-se que o maior peso médio da FSC foi de 12,5 g para o tratamento 100 kg ha⁻¹ e o menor valor de 6 g, ou seja, uma superioridade entre o maior e o menor valor de 108%, tendo como referencial a testemunha.

Tabela 7. Resumo da ANOVA referente à fitomassa fresca e seca das folhas (FFF e FSF) do girassol EMBRAPA 122/V-2000 submetido a doses de nitrogênio, e porcentagem de água disponível no solo

Fonte de variação	GL	Quadrado médio	
		FFF	FSF
Doses de nitrogênio - N	3	9,37**	2,59**
Regressão linear	1	27,97**	7,38**
Água disponível (%) - A	3	1,21 ^{ns}	0,44**
Regressão linear	1	2,10 ^{ns}	1,17**
Interação dos fatores N x A	9	1,07 ^{ns}	0,17 ^{ns}
Resíduo	32	67,17	0,12
CV	(%)	25,82	13,41

*, ** significativo a 5 e 1%, respectivamente, e ^{ns} não significativo, pelo teste F. GL: Grau de liberdade e CV: coeficiente de variação

Para a fitomassa fresca e seca das folhas notou-se comportamento diferente dos outros componentes estudados, de modo que a adubação nitrogenada e a água disponível do solo apresentou somente o comportamento linear para as variáveis analisadas e o nível de significância foi de ($p < 0,01$) (Tabela 7).

Pelos resultados, nota-se que o maior peso médio da FFF e FSF foi de 20 e 9 g para o tratamento 100 kg ha^{-1} e o menor valor de 5 e 3,5 g, tendo como referencial a testemunha. A fitomassa fresca e seca das folhas apresentou acréscimos de 300 e 142% entre as doses de 0 kg ha^{-1} e 100 kg ha^{-1} de adubação nitrogenada (Figura 11A e 11B); já o fator água disponível para variável FSF que não apresentou resultados diferentes para 85 e 100% (Figura 11C), tendo um aumento de 90% para o fator porcentagem de água disponível no solo quando, comparado a 55% e 100% de AD.

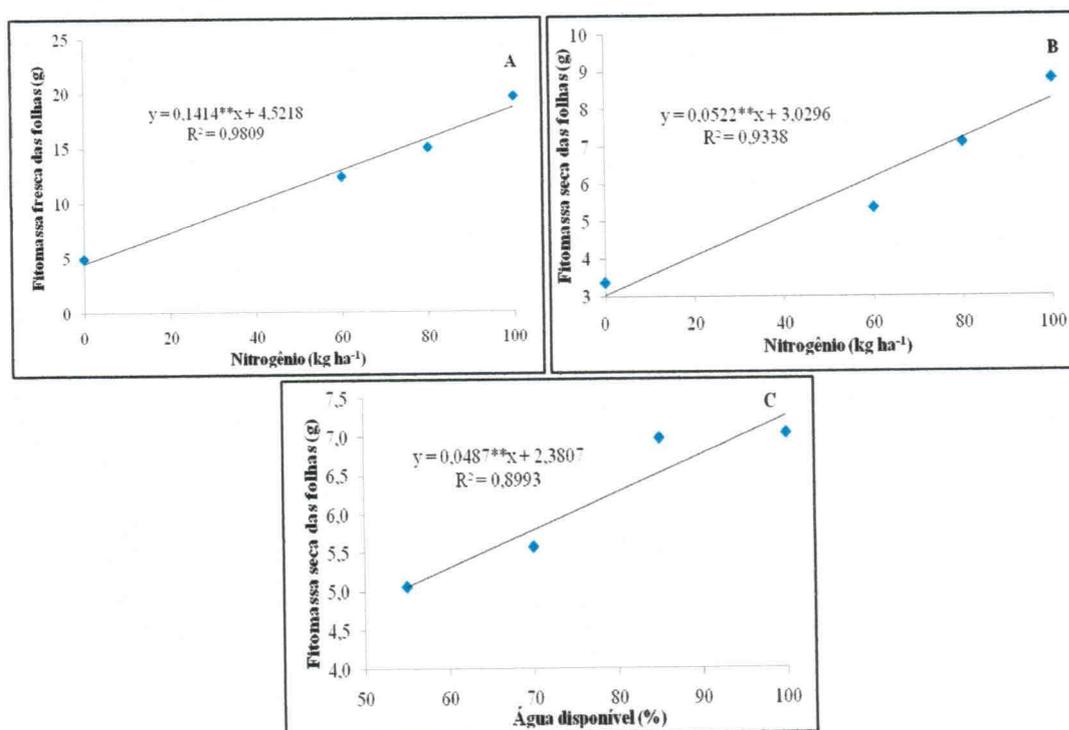


Figura 11. Fitomassa fresca e seca das folhas do girassol variedade EMBRAPA 122/V-2000 submetido a doses de nitrogênio, e porcentagem de água disponível no solo

As variáveis FFR, FSR e FSCAP foram afetadas pela adubação nitrogenada a nível ($p < 0,01$) e seu comportamento é descrito por uma equação polinomial de segunda ordem; o fator porcentagem de água disponível no solo também afetou todas as variáveis ao nível ($p < 0,01$), com exceção da FFCAP, conforme se verifica na Tabela 8.

Tabela 8. Resumo da ANOVA referente à fitomassa fresca e seca das raízes (FFR e FSR) e fitomassa fresca e seca do capítulo (FFCAP e FSCAP) do girassol EMBRAPA 122/V-2000 submetido a doses de nitrogênio, e porcentagem de água disponível no solo

Fonte de variação	GL	Quadrado médio			
		FFR	FSR	FFCAP	FSCAP
Doses de nitrogênio - N	3	10,18**	9,02**	13,47*	2,28**
Regressão linear	1	19,47**	17,53**	15,99**	5,32**
Regressão quadrática	1	7,64*	6,78**	18,79**	0,79*
Água disponível (%) - A	3	9,61**	7,68**	10,53 ^{ns}	1,20**
Regressão linear	1	26,76**	21,84**	24,08 ^{ns}	3,56**
Interação dos fatores N x A	9	1,97 ^{ns}	1,67 ^{ns}	5,34 ^{ns}	0,29 ^{ns}
Resíduo	32	1,40	1,22	3,39	0,21
CV	(%)	19,66	20,52	33,43	15,81

*, ** significativo a 5 e 1%, respectivamente, e ns não significativo, pelo teste F. GL: Grau de liberdade e CV: coeficiente de variação. Valores transformados de acordo com a equação $(X + 0,5)^{0,5}$

O comportamento das variáveis FFR e FSR pode ser descrito por equações polinomiais, quando o tratamento observado for à adubação nitrogenada e, por equações de regressão linear quando o tratamento em questão for à porcentagem de água disponível no solo (Figura 12).

Para os intervalos de doses de nitrogênio estudadas, isto é, 0 e 60, 60 e 80 e 80 e 100 kg ha⁻¹, verificou-se acréscimo da ordem de 30,94, 38,62 e 38,95% e 17,22, 33,56 e 35,85% para a fitomassa fresca e seca da raiz, respectivamente (Figura 12A e 12B). No que diz respeito à influência da porcentagem de água disponível no solo verificou-se acréscimos da ordem de 30,14 e 29,26% para a FFR e FSR, respectivamente por 10% da água disponível acrescentada a partir da reposição de 55% da AD (Figura 12C e 12D).

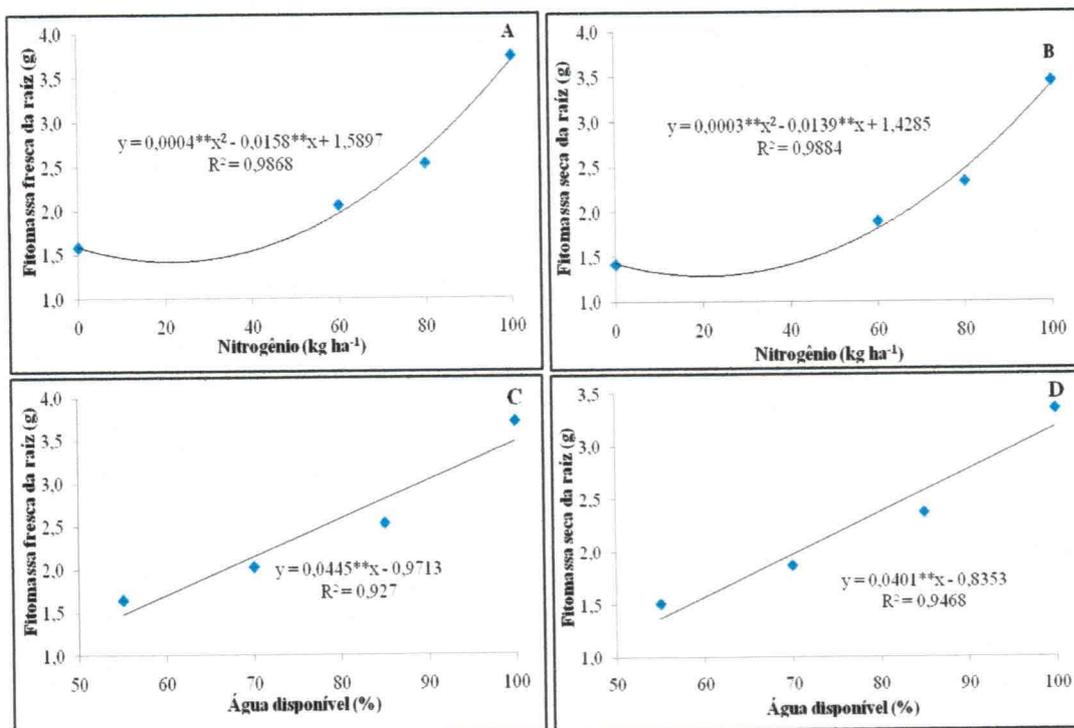


Figura 12. Fitomassa fresca e seca da raiz do girassol variedade EMBRAPA 122/V-2000 submetido a doses de nitrogênio, e porcentagem de água disponível no solo

A FFCAP apresentou acréscimos de produção para as doses crescentes de adubação nitrogenada da ordem de 20,40, 41,96 e 42,35% para os intervalos testados (Figura 13A) e a FSCAP também foi influenciada positivamente em 32,34, 23,71 e 25,46%, pela adubação (Figura 13 B). No que diz respeito à sensibilidade desta variável ao fator porcentagem de água disponível no solo a FFCAP não foi influenciada por este tratamento enquanto para a FSCAP se constataram acréscimos da ordem de 15% por incremento de 10% da água disponível adicionada a partir da reposição de 55% da AD (Figura 13C).

O maior peso médio da FSCAP foi de 11,2 g para o tratamento 100 kg ha⁻¹ e o menor valor de 5,5 g na testemunha, ou seja, uma superioridade entre o maior e o menor valor da ordem de 103%.

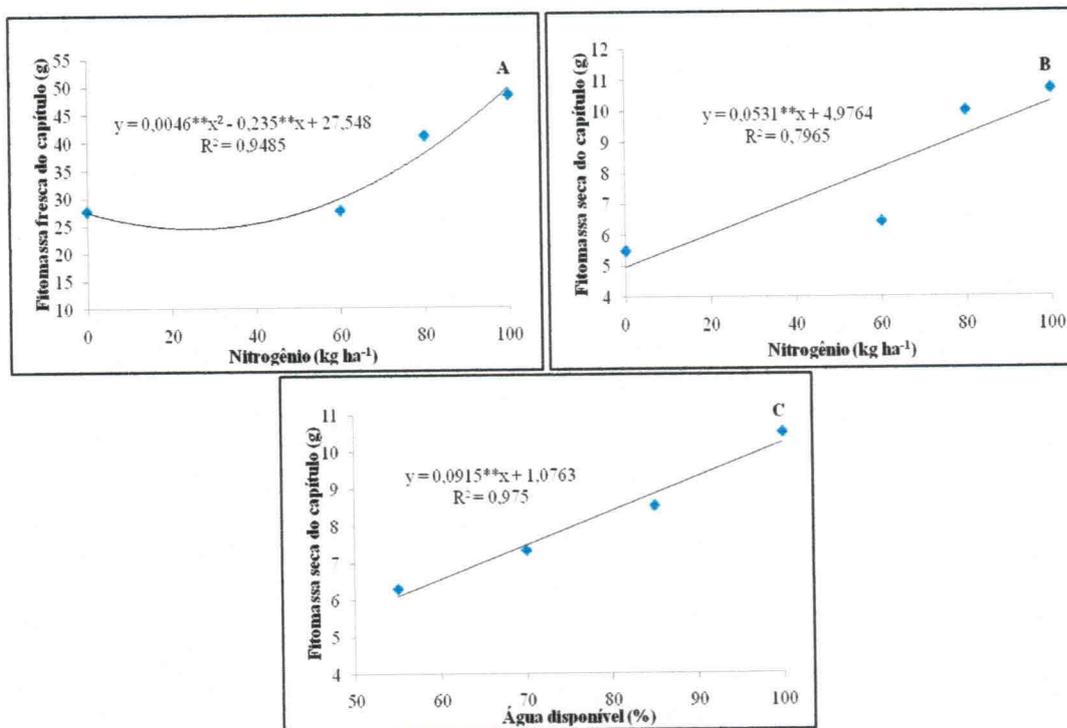


Figura 13. Fitomassa fresca e seca do capítulo do girassol variedade EMBRAPA 122/V-2000 submetido a doses de nitrogênio, e porcentagem de água disponível no solo

Ainda com relação às variáveis destinadas à produção de forragem (fitomassas) todas foram influenciadas pela adubação nitrogenada, fato que concorda com os resultados obtidos por Silva et al. (2010) que, estudando a absorção dos íons amônio e nitrato e seus efeitos no desenvolvimento do girassol em solução nutritiva, verificaram que a forma nítrica promoveu maiores produções de massa seca da planta.

4.2.2. Aquênios, consumo hídrico e ciclo da cultura

Na análise dos componentes de produção destinados à obtenção de óleo (aquênios), cujo resumo da ANOVA se encontra nas Tabelas 9 e 10, observou-se, que para as variáveis: número de aquênios (NA), porcentagem de aquênios viáveis (%AV), fitomassa de mil aquênios (F1000A), diâmetro do capítulo (DCAP), consumo hídrico (CHT) e ciclo da cultura do girassol (CG), as doses de adubação nitrogenada foram significativas a nível ($p < 0,01$) e para o CG, a nível ($p < 0,05$), sendo que todas apresentaram comportamento quadrático, exceto para fitomassa de mil aquênios que não obteve nível de significância. Com relação à porcentagem de água disponível no solo, salvo para o CG, todas as variáveis se mostraram significativas a nível de probabilidade

($p < 0,01$); entretanto, seu comportamento foi descrito por uma equação de regressão linear, que também apresentou comportamento quadrático não ocorrendo o mesmo com a fitomassa de mil aquênios.

Em se tratando das variáveis ligadas à produção de aquênios, geralmente destinadas à produção de óleos, verificou-se (Tabela 9) que todas as variáveis analisadas foram influenciadas significativamente pela adubação nitrogenada. Biscaro (2008), estudando a adubação nitrogenada no girassol irrigado também verificou comportamento semelhante ao observado no presente estudo. Trabalho realizado por Calarota et al. (1984) avaliando o efeito da adubação nitrogenada em cobertura sobre os conteúdos de óleo e de proteína e qualidade fisiológica de sementes (aquênios) de girassol, através de doses crescentes de N, encontraram resultados que provocam a formação de sementes com conteúdos crescentes de proteínas e decrescentes de óleos. Carvalho e Pissaia (2002) não constataram, avaliando o efeito de diferentes doses de nitrogênio (0 a 125 kg ha⁻¹ de N) em cobertura no cultivo do girassol em sistema plantio direto na palha efeito significativo da adubação sobre o rendimento de grãos, seus componentes, o índice de colheita aparente e teor de óleo nos aquênios de girassol.

Com relação às variáveis que influenciam a produção de aquênios, Tabela 9, verificou-se que todas foram influenciadas pelos tratamentos aplicados ($p < 0,01$), salvo a fitomassa de 1000 aquênios. O comportamento das variáveis pode ser descrito por equações polinomiais, quando o tratamento observado for a adubação nitrogenada e, por equações de regressão linear quando o tratamento em questão for a porcentagem de água disponível no solo, Figura 14.

Tabela 9. Resumo da ANOVA referente ao diâmetro do capítulo (DCAP), número de aquênios (NA), porcentagem de aquênios viáveis (%AV) e fitomassa de 1000 aquênios (F1000A) do girassol EMBRAPA 122/V-2000 submetido a doses de nitrogênio, e porcentagem de água disponível no solo

Fonte de variação	GL	Quadrado médio			
		DCAP	NA	%AV	F1000A
Doses de nitrogênio - N	3	0,94**	260,27**	0,437**	1,87 ^{ns}
Regressão linear	1	2,29**	698,72**	0,528**	0,46 ^{ns}
Regressão quadrática	1	0,33*	55,19*	0,109**	1,58 ^{ns}
Água disponível (%) - A	3	0,42**	106,73**	1,999**	2,07 ^{ns}
Regressão linear	1	1,21**	222,32*	0,701**	3,56 ^{ns}
Regressão quadrática	1	0,02 ^{ns}	77,63**	0,403**	1,67 ^{ns}
Interação dos fatores N x A	9	0,08 ^{ns}	41,44 ^{ns}	0,174**	4,25 ^{ns}
Resíduo	32	0,063	9,73	0,019	0,83
CV	(%)	8,68	31,85	8,81	19,58

*, ** significativo a 5 e 1%, respectivamente, e ^{ns} não significativo, pelo teste F. GL: Grau de liberdade e CV: coeficiente de variação. ¹Valores transformados $(X + 0,5)^{0,5}$. Os valores da variável %AV foram transformados em valores decimais pela função $(\arccoseno \sqrt{x.100})$

Na Figura 14A e 14B é possível observar o comportamento do diâmetro do capítulo em função dos tratamentos utilizados; os resultados apontam uma variação de cerca de 4,0 cm no diâmetro do capítulo de plantas cultivadas na dose de 100 kg ha⁻¹ de N quando comparado com o da dose 0 kg ha⁻¹ de N. Quando analisada sob a égide da porcentagem de água disponível no solo, o comportamento desta variável apresentou variações de cerca de 2,5 cm entre 55 e 100% de AD; resultados que concordam com os obtidos por Silva et al. (2009), afirmaram que o diâmetro do capítulo tem implicação direta sobre o número potencial de aquênios e baixos rendimentos em girassol ocorrem em função da redução da disponibilidade hídrica no solo, afetando o crescimento dos capítulos e aquênios. Ivanoff et al. (2010) ressaltam que um manejo adequado da adubação nitrogenada pode proporcionar incrementos da ordem de 16% no diâmetro médio dos capítulos, fato comprovado no presente estudo.

O número de aquênios produzido, Figura 14C e 14D, apresentou acréscimos superiores a 300% em relação à adubação nitrogenada; entretanto, a porcentagem de água disponível só indicou resultados diferenciados para 100% de AD, onde apresentou resultado superiores de 70% em relação aos outros níveis de porcentagem de água disponíveis. Biscaro (2008), estudando a adubação nitrogenada no girassol irrigado

também verificou comportamento semelhante ao observado no presente estudo. Castro et al. (2006), estudando boro e estresse hídrico na produção do girassol verificaram que as plantas que sofreram estresse hídrico a partir do início do florescimento ou no enchimento de aquênios, tiveram menor produção de fitomassa seca total e aquênios.

Com relação à porcentagem de aquênios viáveis, Figura 14E e 14F, a adubação nitrogenada obteve uma produção de 15 e 30% de aquênios viáveis, um aumento de 100% quando compara a dose 100 kg ha⁻¹ de N em relação a dose 0 kg ha⁻¹ de N; entretanto, o fator água disponível no solo obteve uma produção de 16 e 34%, um aumento de 112,5% na porcentagem dos aquênios viáveis, quando compara os níveis 55 e 100% de AD.

A baixa porcentagem de aquênios viáveis se deu provavelmente, pelo fato de que notadamente, o Neossolo é pobre em boro, micronutriente responsável pelo enchimento dos grãos e sua incorporação no solo foi realizada apenas aos 28 DAS; desse modo, a qualidade dos grãos foi prejudicada pela baixa mobilidade deste micronutriente na planta que não o teve disponível na época necessária, o que resultou em uma produção de grãos dentro da média, porém de qualidade questionável. Souza et al. (2004), afirmam que a exigência em boro pelo girassol é alta quando este é comparado com outras espécies cultivadas, sendo pouco eficiente na absorção deste nutriente do solo, podendo ter perdas de 15 a 40% quando cultivado em solos com baixo teor deste micronutriente.

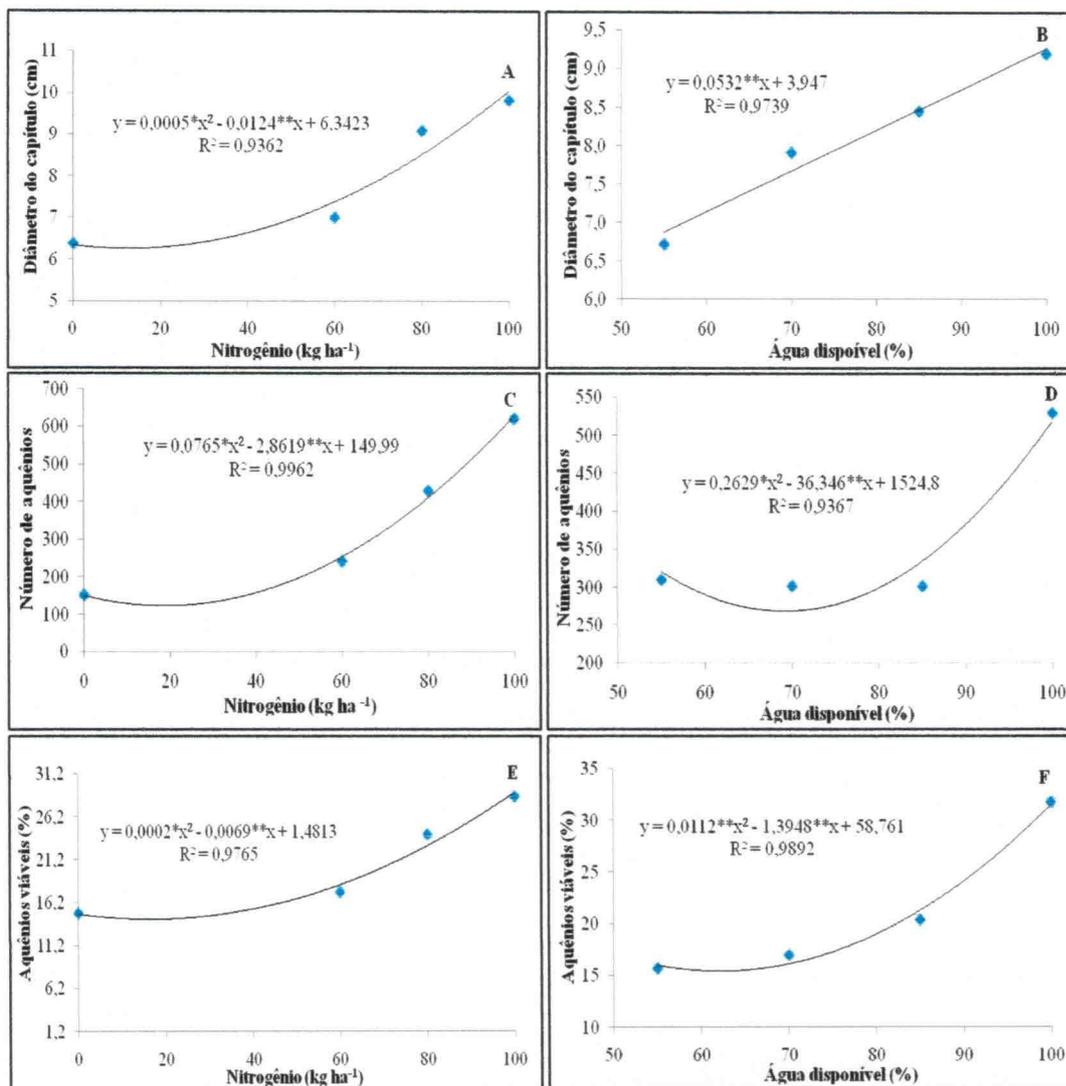


Figura 14. Diâmetro do capítulo, número e porcentagem dos aquênios viáveis do girassol variedade EMBRAPA 122/V-2000 submetido a doses de nitrogênio, e porcentagem de água disponível no solo

A interação entre os tratamentos estudados apresentou resultados significativos apenas para a porcentagem de aquênios viáveis em relação ao total de aquênios produzidos ($p < 0,05$), cujo desdobramento se encontra na Figura 15. O fator doses de nitrogênio dentro do fator água disponível (Figura 15A) mostrou resultados significativos para as doses 0 e 100 kg ha⁻¹ e, do fator água disponível dentro do fator doses de nitrogênio (Figura 15B), verificou-se que os níveis de 55 e 100% apresentaram resultados significativos para a porcentagem de aquênios viáveis.

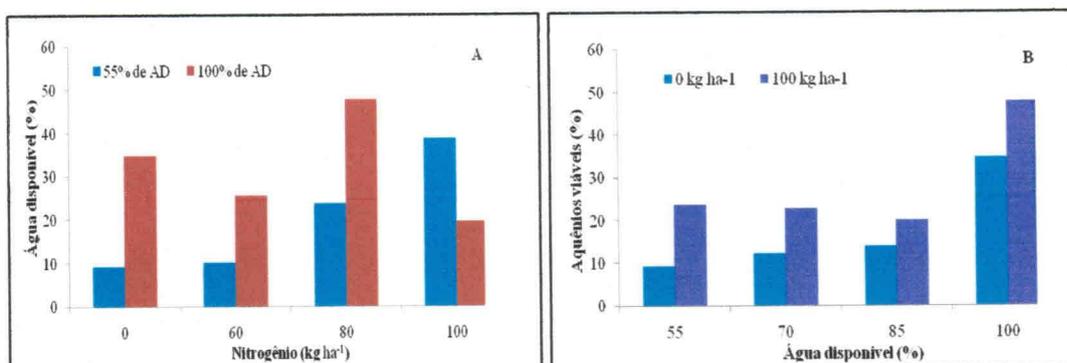


Figura 15. Desdobramento do fator doses de nitrogênio dentro do fator água disponível (A) e do fator água disponível dentro do fator doses de nitrogênio (B), correspondente a porcentagem de aquênios viáveis do girassol cv. EMBRAPA 122/V-2000 submetido a doses de nitrogênio, e porcentagem de água disponível no solo

Com relação ao consumo hídrico do girassol é possível verificar na Figura 16A, incrementos da ordem de 2,0, 33 e 33,4% para os intervalos de adubação nitrogenada testados; quando avaliados com relação à água disponível no solo esta variável indicou aumento da ordem de 18,26% por incremento de 10% de água disponível a partir da reposição de 55% da AD (Figura 16B). Segundo Silva et al. (2009), baixos rendimentos em girassol ocorrem em função da redução da disponibilidade hídrica no solo, afetando o crescimento dos capítulos e aquênios.

Tabela 10. Resumo da ANOVA referente ao consumo hídrico total das plantas (CHT) e o ciclo da cultura do girassol (CG) da variedade EMBRAPA 122/V-2000 submetido a doses de nitrogênio, e porcentagem de água disponível no solo.

Fonte de variação	GL	Quadrado médio	
		CHT	CG
Doses de nitrogênio - N	3	586534218,97**	131,29*
Regressão linear	1	806199070,01**	1,16 ^{ns}
Regressão quadrática	1	380266136,62**	89,34**
Água disponível (%) - A	3	507086381,65**	44,19 ^{ns}
Regressão linear	1	1521238551,77**	0,18 ^{ns}
Interação dos fatores N x A	9	9542615,96 ^{ns}	29,21 ^{ns}
Resíduo	32	6367535,30	34,58
CV	(%)	9,73	6,31

*, ** significativo a 5 e 1%, respectivamente, e ^{ns} não significativo, pelo teste F. GL: Grau de liberdade CV: coeficiente de variação

O ciclo da cultura não foi afetado pela água disponível; entretanto, apresentou incrementos da ordem de 1,8, 2,5 e 3,4% para os níveis de adubação nitrogenada testados. Em média, o ciclo da cultura foi, aos 90 dias, para a dose 0 kg N e 98 para a dose a 100 kg N, diferente do encontrado por Ivanoff et al. (2010), aos constatarem ciclo de 81 dias para a mesma cultivar, tendo entrado em plena floração aos 40 DAS. Resultados divergentes na redução do ciclo foram observados por Smiderle et al. (2005) ao testarem seis cultivares em condições de savana em Roraima. Acosta (2009) estudando o consumo hídrico da cultura do girassol irrigado na região da Chapada do Apodi, RN, observou que o ciclo da cultura foi de 91 dias.

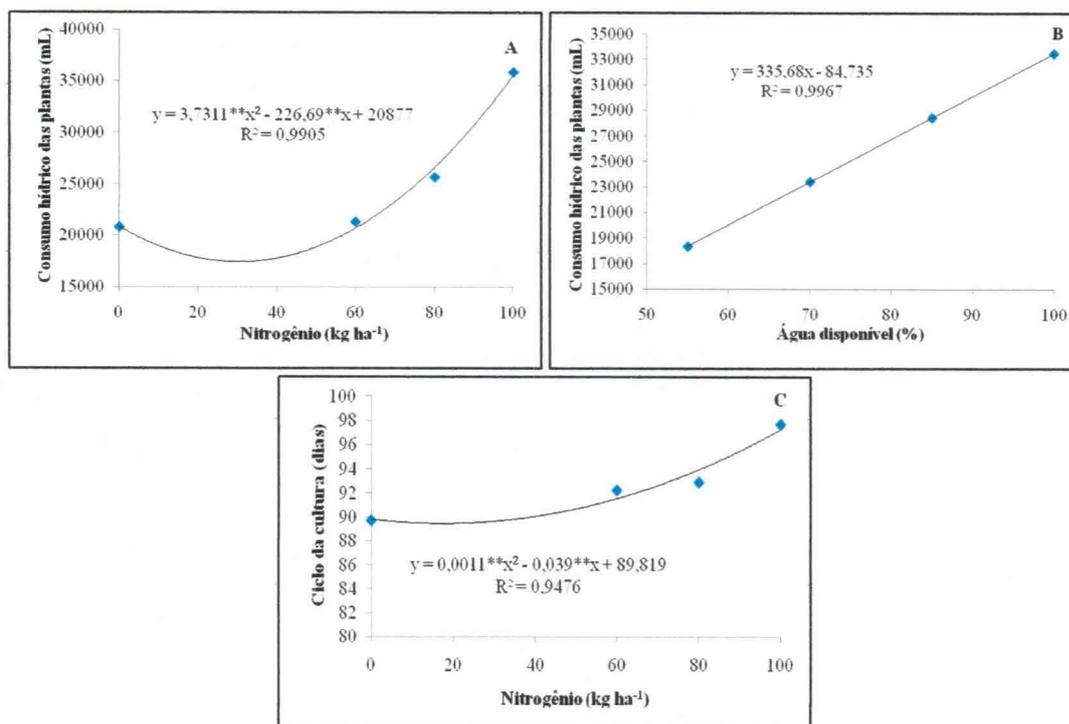


Figura 16. Consumo hídrico e ciclo da cultura do girassol variedade EMBRAPA 122/V-2000 submetido a doses de nitrogênio, e porcentagem de água disponível no solo

5. CONCLUSÕES

As variáveis de crescimento apresentam comportamento linear crescente em função do aumento da água disponível no solo; entretanto, a porcentagem de 85% de água disponível no Neossolo Regolítico mostrou-se suficiente e adequada para o desenvolvimento das plantas;

A dose de 100 kg N ha⁻¹ proporciona melhores resultados de crescimento e de produção de fitomassa, quando comparada com os demais tratamentos a níveis de N, com excessão para a fitomassa de mil aquênios;

As plantas cultivadas a nível de 100% de água disponível no solo apresentaram melhores resultados para todas as variáveis de produção estudadas, exceto para fitomassa de mil aquênios, das folhas e capítulo;

A interação entre os fatores doses de nitrogênio e níveis de água disponível, não afeta o crescimento nem a produção do girassol, exceto para a variável porcentagem de aquênios viáveis;

O ciclo da cultura não foi afetado pela água disponível no solo sendo, em média, 98 dias para o nível de 100 kg ha⁻¹ de N; entretanto, em relação ao consumo hídrico verificou-se que em cada incremento de 10% de água disponível o consumo hídrico das plantas aumentou em 18,26%.

6. REFERÊNCIAS

- ACOSTA, J. F. **Consumo hídrico da cultura do girassol irrigada na região da Chapada do Apodi – RN**. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Campina Grande, p. 56, 2009.
- AGRIANUAL – **Anuário da Agricultura Brasileira**. São Paulo: FNP Consultoria e Comércio, p. 520, 2005.
- AGUIAR, R. H. A.; FANTINATTI, J. B.; GROTH, D.; USBERTI, R. Qualidade física, fisiológica e sanitária de sementes de girassol de diferentes tamanhos. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 23, p. 134-139, 2001.
- ALVES, P.L. **Folhas do girassol podem ser usadas na inibição do crescimento de plantas daninhas**. Disponível em: <http://www.seedquest.com> Acessado em : 10 Fevereiro. 2007.
- ALVES, W. W. A.; AZEVEDO, C. A. V. de; DANTAS NETO, J.; SOUSA, J. T.; LIMA, V. L. A. de. Águas residuárias e nitrogênio: efeito na cultura do algodão marrom. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 4, p. 16-23, 2009.
- ANDRADE, S. J. **Efeito de lâminas de água e doses de boro na cultura do girassol**. Piracicaba: ESALQ/USP, p. 94, 2000. Tese Doutorado.
- BALLA, A.; CASTIGLIONI, V. B. R.; CASTRO, C. **Colheita do Girassol**. Londrina: EMBRAPA CNPSo, 1997. (EMBRAPA-CNPSo. Doc, n.92).
- 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. **Análise de crescimento de plantas: noções básicas**. Jaboticabal: FUNEP, v. 2, p. 41, 2003.

BISCARO, G. A.; MACHADO, J. R.; TOSTA, M. da 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. 05, p. 1366-1373, 2008.

BLAMEY, F. P. C.; EDWARDS, D. G.; ASHER, C. J. **Nutritional disorders of sunflower**. Brisbane: University of Queensland, p. 72, 1997.

BONO, A.; MONTO, Y. A. C.; BABINEC, F. J. **Fertilización en girasol**. Resultados obtenidos en tres años de estudio. La Pampa: EEA INTA Guillermo Covas, 1999. (Publicación Técnica - Estación Experimental Agropecuaria Anguil, n. 48).

BRITTO, D.T.; KRONZUCKER, H.J. **NH₄⁺ toxicity in higher plants: a critical review**. *Journal of Plant Physiology*, v.159, p. 567- 584, 2002.

CALARORA, N. E.; CARVALHO, N. M. Efeito da adubação nitrogenada em cobertura sobre os conteúdos de óleo e de proteína e qualidade fiológica de sementes de girassol (*Helianthus annuus L.*). **Revista Brasileira de Sementes**, v. 6, n. 3, p. 41-50, 1984.

CANTARELLA, H. Adubação e calagem do girassol. In: III SIMPÓSIO NACIONAL DE GIRASSOL. XV REUNIÃO NACIONAL DE GIRASSOL. RIBEIRÃO PRETO. **Anais...** Out/2003. CD-ROM.

CARELLI, M.L.C.; UNGARO, M.R.G.; FAHL, J.I.; NOVO, M.C.S.S. **Níveis de nitrogênio, metabolismo, crescimento e produção do girassol**. R. Bras. Fis.Vegetal, 1996.

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, D. B. de; PISSAIA, A. Cobertura nitrogenada em girassol sob plantio direto na palha: I - Rendimento de grãos e seus componentes, índice de colheita e teor de óleo. *Scientia Agraria*, v. 03, n. 01-02, p. 41-45, 2002.

CARVALHO, C. G. P. de; OLIVEIRA, M. F. de; CASTIGLIONI, V. B. R.; LEITE, R. M. V. B. de C.; VIEIRA, O. V. Desempenho produtivo de genótipos de girassol em diferentes regiões do Brasil nas safras 2001/2002 e 2002. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GIRASSOL, 3.; REUNIÃO NACIONAL DA CULTURA DE GIRASSOL, 15., 2003, Ribeirão Preto. [Anais...] [S. l.]: CATI, 2003. 1 CD-ROM.

CASTIGLIONI, V. B. R.; BALLA, A.; CASTRO, C.; SILVEIRA, J. M. **Fases de desenvolvimento da planta de girassol.** Londrina: EMBRAPA-CNPSO, p. 26, 1997.

CASTIGLIONI, V. B. R.; CASTRO, C.; BALLA, A. Avaliação de genótipos de girassol em ensaio intermediário (1992/93), Londrina- PR. In: REUNIÃO NACIONAL DE GIRASSOL, 10, 1993, Goiânia. **Resumos...** Goiânia: IAC, p. 37, 1993.

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. **Adubação.** In: A cultura do girassol. Londrina – PR. Editora EMBRAPA, cap. 7, p. 17-19, 1997.

CASTRO, C. **Boro e estresse hídrico na nutrição e produção do girassol em casa-de-vegetação.** Piracicaba: ESALQ/USP, p. 120, 1999. Tese Doutorado.

CASTRO, C. de; CASTIGLIONI, V.B.R.; BALLA, A. **Cultura do girassol, tecnologia de produção.** Londrina: Embrapa-CNPSO, p.16, 1993. (Embrapa-CNPSO. Documentos, 67).

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

CASTRO, C.; BOUÇAS FARIAS J. R. **Ecofisiologia do girassol.** In: LEITE, R. M. V. B. de C.; BRIGHENTE, A. M.; CASTRO, C. (ed.). Girassol no Brasil. Londrina: Embrapa soja, p. 163-218, 2005.

- CASTRO, C.; OLIVEIRA, F. A. de. Nutrição e adubação do girassol. In: LEITE, R. M. V. B. de C.; BRIGHENTI, A. M.; CASTRO, C. de. (Ed.). **Girassol no Brasil**. Londrina: Embrapa Soja, p. 317-373, 2005.
- CASTRO, C. de; LANTMANN, A.F.; SFREDO, G. J.; BORKET, 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).
- CAVASIN, P. **A cultura do girassol**. Guaíba: Agropecuária, p. 69. 2001.
- COELHO, A. M.; FRANÇA, G. E. de.; PITTA, G. V. E.; ALVES, V. M. C.; HERNANI, L. C. Nutrição e Adubação de milho. In: CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A.; RODRIGOS FILHO, A.; COELHO, A. M.; KARAM, D.; SANTANA, D. P.; MANTOVANI, E. C.; FERNANDES, F. T.; AVELAR, G. de. **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>.
- COELHO, M. A.; SONCIN, N. B. **Geografia do Brasil**. São Paulo: Ed. Moderna, p. 368, 1982.
- CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, **Avaliação da safra agrícola 2006/2007 – Quarto Levantamento – Brasília**, p. 20, 2007.
- CONNOR, D. J.; SADRAS, V. O. Physiology of yield expression in sunflower. **Field Crops Research**, v. 30, n. 3/4, p. 333-374, 1992.
- COX, W. J.; JOLLIFF, G. D. Growth and yield of sunflower and soybean under soil water deficits. **Agronomy Journal**, v. 78, n. 2, p. 226-230, 1986.
- DALL'AGNOL, A.; VIEIRA, O. V.; LEITE, R. M. V. B. de C. **Origem e histórico do girassol**. In: LEITE, R. M. V. B. de C.; BRIGHENTI, A. M.; CASTRO, C. **Girassol no Brasil**. Londrina: Embrapa Soja, p.1-12, 2005.

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).

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Centro Nacional de Pesquisa de Soja. Tecnologias de produção de girassol.** Disponível em: <<http://www.cnpsa.embrapa.br/produçaoagirassol/>>. Acesso em: 10 Abr. 2003.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Centro Nacional de Pesquisa de Soja. Tecnologia de Produção do Girassol.** Embrapa Soja. Sistema de Produção n. 1, 2000.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solo.** 2.ed. Rio de Janeiro, p. 212, 1997.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Resultados de pesquisa da Embrapa Soja – 2001: girassol e trigo.** Londrina: EMPRAPA SOJA, p. 51, 2002. (Documentos, 199).

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. **Nutrição Mineral de Plantas: Princípios e Perspectivas.** Trad. Maria Edna T. Nunes. Londrina: Editora Planta, 2004.

EVANGELISTA, A. R., LIMA, J. A. **Silagem de girassol: cultivo e ensilagem.** Disponível em http://www.editora.ufla.br/BolExtensao/pdfBE/bol_87.pdf Acesso em 08 de julho de 2008.

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.

FAGUNDES, M. H. **Sementes de girassol: Alguns comentários.** <http://www.Conab.gov.br>. 5 Out. 2002.

- FERNÁNDEZ S.; VIDAL D.; SIMON E.; SOLE-SUGRANES L. Radiometric characteristics of *Triticum aestivum* cv. Astral under water and nitrogen stress. **International Journal of Remote Sensing, London**, v.15, n.9, p.1867-1884, 1994.
- FERREIRA, P. V. **Estatística aplicada à agronomia**. 3 ed. Maceió: EDUFAL, p .422, 2000.
- GARCEZ NETO, A. F.; NASCIMENTO Jr, D.; REGAZZI, A. J. Respostas morfogênicas e estruturais de *Panicum maximum* cv. Mombaça sob diferentes níveis de adubação nitrogenada e alturas de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 5, p. 1890-1900, 2002.
- GÖKSOY, A. T.; DEMIR, A. O.; TURAN, Z. M.; DAGUSTU, N. Responses of sunflower (*Helianthus annuus* L.) to full and limited irrigation at different growth stages. **Field Crops Research**, v. 87, p. 167-178, 2004.
- 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.; UNGARO, M. R. G.; VIEIRA, D. B. Produção de grãos, óleo e proteína em girassol sob estresse hídrico. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE GIRASSOL, 16, e Simpósio Nacional sobre a Cultura do Girassol, 4, 2005, Londrina. **Anais...** Londrina: Embrapa Soja, p. 23-25, 2005.
- GRANDO, G. Girassol promete boa rentabilidade na próxima safra. **Campo & Negócios**, Uberlândia, n. 32, p. 17, out. 2005.
- HOCKING, P. J.; STEER, B. T. Uptake and partitioning of selected mineral elements in sunflower (*Helianthus annuus* L) during growth. **Field Crops Research**, v. 6, p. 93-107, 1983.

- IVANOFF, M. E. A.; UCHÔA, S. C. P.; ALVES, J. M. A.; SMIDERLE, O. J.; SEDIYAMA, T. Formas de aplicação de nitrogênio em três cultivares de girassol na savana de Roraima. **Revista Ciência Agronômica**, v. 41, n. 3, p. 319-325, 2010.
- LANE, D. R.; BASSIRIRAD, H. Differential responses of tallgrass prairie species to nitrogen loading and varying ratios of NO_3^- to NH_4^+ . **Functional Plant Biology**, v. 29, p. 1227-1235, 2002.
- LAZZARATTO, J.; ROESSING A. C., MELLO H. C. O agronegócio do girassol no mundo e no Brasil. In : LEITE, R. M. V. B. de C.; BRIGHENTI, A. M.; CASTRO, C. (Ed.). **Girassol no Brasil**. Londrina: Embrapa Soja, p. 15-42, 2005.
- 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, e Simpósio Nacional sobre a Cultura do Girassol, 4, 2005, Londrina. **Anais...** Londrina: Embrapa Soja, p. 108-110, 2005.
- LEMONS, 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, p.76-79, 2005.
- LENTZ, D.; POHL, M. E. D.; POPE, K. O.; WYATT, A. R. Prehistoric sunflower (*Helianthus annuus* L.) domestication in Mexico. **Economic Botany**, v. 55, n. 3, p. 370-376, 2001.
- 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. S.; Til. Research, p. 43-51, 2003.
- LIMA, A.; MISCHAN, M. M.; NEPTUNE, A. M. L. Efeito isolado e combinado de nitrogênio, fósforo e potássio no desenvolvimento do girassol. **Anais da ESALQ**, p. 43, 1981.

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

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.

MONTEIRO, C. de A. **Análise de crescimento e produtividade agrícola de girassol conduzido na safrinha em cinco densidades de plantas**, p. 94, 2001. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" Piracicaba.

NEVES, M.F.; AMARAL, R. O. Flores - oportunidades e desafios- São Paulo: **Revista Agro Analysis**, v. 27, n. 9, p. 30-31, 2008.

NOBRE, R. G.; ANDRADE, L. O.; SOARES, F. A. L. ; GHEYI, H. R.; FIGUEIREDO, G. R. G.; SILVA, L. A. da . Vigor do girassol (*Helianthus annuus* L.) sob diferentes qualidades de água. **Educação Agrícola Superior**, v. 23, p. 58-60, 2008.

NOBRE, R.G.; GHEYI,R.H.; CORREIA, K.G.; SOARES. F.A.L.; ANDRADE, L.O de. Crescimento e floração do girassol sob estresse salino e adubação nitrogenada. **Revista Ciência Agronômica**, v. 41, n. 3, p. 358-365, 2010.

OLIVEIRA, F. A. de; CASTRO, C. de; SALINET, L. H.; VERONESI, C. de O. Rochas brasileiras como fontes alternativas de potássio para uso em sistemas agropecuários. In: Reunião Nacional de Pesquisa de Girassol, 16.; Simpósio Nacional Sobre a Cultura do Girassol, 4., 2005, Londrina. **Anais...** Londrina: EMBRAPA Soja, p. 40-43, 2005.

OLIVEIRA, L. A.; KORNDÖRFER, G. H.; PEREIRA, A. C. Acumulação de silício em arroz em diferentes condições de pH da rizosfera. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 4, p. 685-690, 2007.

OLIVEIRA, M. F; VIEIRA, O. V; LEITE, R. M. V. B. C. **Extração de óleo de girassol utilizando miniprensa**. Londrina: Embrapa, p. 27, 2004.

OLIVEIRA, M. C.; MARTINS, F. F.; ALMEIDA, C. V. Efeito da inclusão de bagaço de girassol na ração sobre o desempenho e rendimento de carcaça de frangos de corte. **Revista Portuguesa Zootecnia**, v.10, p.107-116, 2003.

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

ORTEGA, E. ; WATANABE, M. ; CAVALETT, O. A produção de etanol em micro e mini destilarias. In: CORTEZ, L. A. B.; LORA, E. S.; GOMEZ E. O. (Org.). 736 p. **Biomassa para Energia**. Campinas: Editora Unicamp, p. 475-489, 2008.

PASCALE, N.C.; De la FUENTE, E. Generalidades. In: AMARO, E. (cord.). **Produccion de girasol**. Buenos Aires: Asociacion Argentina de Consorcios Regionales de Experimentacion Agricola, p. 7-16, 1994. (Cuadernos de Actualización Técnica, n.40).

PENA NETO, A.M. **O Girassol: manual do produtor de girassol**. Sementes Contibrasil, p. 30, 1981.

PILON-SMITS, E. Phytoremediation. **Annual Review of Plant Biology**, v. 56, p. 15-39, 2005.

PORTAS, A, A. **O girassol na alimentação animal**. Campinas: CATI/D SM, 2001.

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

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, p. 198, 1997.

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Ceres: Potafos, p. 343, 1991.

REYES, F. G. R.; GARIBAY, C. B.; UNGARO, M. R. G.; TOLEDO, M. C. F. **Girassol: Cultura e aspectos químicos nutricionais e tecnológicos**. Fundação Cargill, Campinas. p. 86, 1985.

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

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.

SACHS, L. G. ; PRUDENCIO-FERREIRA, S. H. ; SACHS, J. P. D. ; FELINTO, A. S. ; PORTUGAL, A. P. . Farinha de girassol: II - efeito na qualidade do pão. In: **SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE A CULTURA DO GIRASSOL. V SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE A CULTURA DO GIRASSOL**, p.261, 2005.

SANTOS, A. C.; ANDRADE, A. P.; LIMA, J. R. S.; SILVA, I. F.; CAVALCANTE, V. R. Variabilidade temporal da precipitação pluvial: nível de nitrogênio no solo e produtividade de cultivares de girassol. **Ciência Rural**, v. 32, n. 5, p. 757-764, 2002.

SCHEINER, J. D.; LAVADO, R. S. Soil water content, absorption of nutrient elements, and responses to fertilization of sunflower: a case study. **J. Plant Nutrition**, 1999.

SCHLOERRING, J. K. & HUSTED, S. The Regulation of ammonium translocation in plants. **Journal of Experimental Botany**, v. 53, n 370, p. 883-890, 2002.

SILVA, M. N. **A cultura do girassol**. Jaboticabal: FUNEP, p. 67, 1990.

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, M. L. O.; FARIAS, M. A.; MORAIS, A. R.; ANDRADE, G. P.; LIMA, E. M. C. L. 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, B. O.; LEITE, L. A.; FERREIRA, M. I. C. Silagens de girassol e de milho em dietas de vacas leiteiras: produção e composição do leite. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.56, p.750-756, 2004.
- SILVA, A. G. da; PIRES, R.; MORAES, E. B. de; OLIVEIRA, A. C. B. de; CARVALHO, C. G. P. de. Desempenho de híbridos de girassol em espaçamentos reduzidos. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 30, n. 01, p. 31-38, 2009.
- SILVA, P. C. C.; COUTO, J. L. do.; SANTOS, A. F. dos. Absorção dos íons amônio e nitrato e seus efeitos no desenvolvimento do girassol em solução nutritiva. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 10, n. 02, p. 97-104, 2010.
- SMIDERLE, O. J. **Orientações gerais para o cultivo do girassol em Roraima**. Boa Vista: Embrapa Roraima, 2000. (Embrapa informa, 8).
- SMIDERLE, O. J.; MOURÃO JÚNIOR, M.; GIANLUPPI, D.; CASTRO, C. de. Adubação nitrogenada para girassol nos cerrados de Roraima. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE GIRASSOL, 16, E SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE A CULTURA DO GIRASSOL, 4, 2005, Londrina. **Anais...** Londrina: Embrapa Soja, p. 32-35, 2005.
- 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. de. **Adubação nitrogenada do girassol nos Cerrados de Roraima**. Boa Vista: Embrapa Roraima, 2004. 7p.(Embrapa Roraima. Comunicado Técnico, 8).
- SKINNER, R.H.; NELSON, C.J. Elongation of the grass leaf and its relationship to the phyllochron. **Crop Science**, Madison, v.35, n.1, p.4-10, 1995.

SORIANO, M. A.; ORGAZ, F.; VILLALOBOS, F. J.; AND FERERES, E. **Efficiency of water use of early plantings in sunflower**. *Europ. J. Agron*, n. 21, p. 465-476, 2004.

SOUZA, A.; OLIVEIRA, M. F.; CASTIGLIONI, V. B. R. O boro na cultura do girassol. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 25, n. 1, p. 27-34, 2004.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 4 ed. Porto Alegre: Artmed, p. 719, 2006.

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

TOMICH, T.R.; RODRIGUES, J.A.S.; GONÇALVES, L. C. et al. Potencial forrageiro de cultivares de girassol produzidos na safrinha para ensilagem. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.55, p.756-762, 2003.

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

UNGARO, M. R. G. Instruções para a cultura do girassol. **Boletim Técnico do Instituto Agrônomo**. Campinas: v. 105, p. 26, 1986.

UNGER, P.W. Sunflower. In: STEWART, B. A.; NIELSEN, D.R.(Ed.). *Irrigation of agricultural crops*. **Madison: American Society of Agronomy**, p. 775-794, 1990. (Agronomy, 30).

VIEIRA, O.V. Características da cultura do girassol e sua inserção em sistemas de cultivos no Brasil. **Revista Plantio Direto**, v. 88, 2005.

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. 2009.

VRÂNCEANU, A. V. **El girassol**. Madri: Editora Mundi Prens, p. 375, 1977.

WILLIAMS, L. E. & MILLER, A. J. Transporters responsible for the uptake partitioning of nitrogenous solutes. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v. 52, n.1, p. 659- 668, 2001.