



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

Tese de Doutorado

ADUBAÇÃO NPK E IRRIGAÇÃO NA CULTURA
DO GIRASSOL EM DOIS TIPOS DE SOLO

BATISTA CAMPOS

Biblioteca UFCG
SMBC_CDSA
CAMPUS DE SUMÉ
Reg. 10542/12

Campina Grande
Paraíba



Universidade Federal de Campina Grande

Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação

Centro de Tecnologia e Recursos Naturais

Coordenação de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola



DOUTORADO

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM IRRIGAÇÃO E DRENAGEM

ADUBAÇÃO NPK E IRRIGAÇÃO NA CULTURA DO GIRASSOL EM DOIS TIPOS DE SOLO

VINÍCIUS BATISTA CAMPOS



CAMPINA GRANDE - PARAÍBA

FEVEREIRO - 2012

VINÍCIUS BATISTA CAMPOS
Engenheiro Agrônomo

**ADUBAÇÃO NPK E IRRIGAÇÃO NA CULTURA DO GIRASSOL EM
DOIS TIPOS DE SOLO**

Orientadora: Profa. Dra. **LÚCIA HELENA GARÓFALO CHAVES**
Orientador: Prof. PhD. **HUGO ORLANDO CARVALLO GUERRA**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação
em Engenharia Agrícola, do Centro de Tecnologia
e Recursos Naturais, da Universidade Federal de
Campina Grande, em cumprimento às exigências
para obtenção do Título de Doctor Scientiae em
Engenharia Agrícola.



Área de Concentração: Irrigação e Drenagem

CAMPINA GRANDE - PARAÍBA
FEVEREIRO - 2012

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCG

C198a Campos, Vinicius Batista.

Adução NPK e irrigação na cultura do girassol em dois tipos de Solo/Vinicius Batista Campos. – Campina Grande, 2012.

94f.: il.col.

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

Orientador: Profa. Dra. Lúcia Helena Garófalo Chaves.

Referências.

1. Girassol. 2. Fertilizantes. 3. Macronutrientes. 4. Manejo de Água. I. Título.

CDU 582.998.16(043)



PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA TESE

VINÍCIUS BATISTA CAMPOS

ADUBAÇÃO COM NPK E IRRIGAÇÃO NA CULTURA DO GIRASSOL

BANCA EXAMINADORA

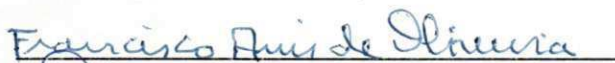
PARECER


Dr^a. Lúcia Helena Garófalo Chaves
Orientadora (UAEA/CTRN/UFPG)


Aprovado


Dr. Hugo Orlando Carvalho Guerra
Orientador (UAEA/CTRN/UFPG)


Aprovado


Dr. Francisco Assis de Oliveira
Examinador (CCA/UEPB)

Aprovado


Dr. Leandro Oliveira de Andrade
Examinador (UEPB)

APROVADO


Dr. José Dantas Neto
Examinador (UAEA/UFPG)

APROVADO


Dr. Ronaldo do Nascimento
Examinador (UAEA/UFPG)

Aprovado



FEVEREIRO - 2012



A meus pais, Antonildo Campos da Silva e Joana Malaquias Batista, e irmãos, Antonildo Campos da Silva Júnior, Ítalo Costa Campos, Áurea Catarina Malaquias Martins e Yasminn Bezerra Campos.

A minha filha, Gabriela Mota Campos, certeza da minha continuidade aos laços de Jesus Cristo.

OFEREÇO E DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus soberano e misericordioso, pelo espírito de luta e perseverança que têm me proporcionado para realização desta Tese.

Ao curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande, UFCG, pela oportunidade concedida à realização deste curso.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, CNPq, pela concessão da bolsa de estudo e financiamento do projeto.

Aos orientadores Dra. Lúcia Helena Garófalo Chaves e PhD. Hugo Orlando Carvalho Guerra, pelos ensinamentos ministrados durante o curso e na elaboração deste Trabalho e também pelos “puxões de orelha”, compreensão, consideração, respeito e amizade.

À coordenação; aos professores do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande, pelos conhecimentos técnicos/científicos repassados; e aos funcionários do Laboratório de Irrigação e Salinidade (LIS).

Ao Prof. PhD. Jóska Gerendás do Institute for Plant Nutrition and Soil Science, University of Kiel, Alemanha, pelo fornecimento de materiais que foram indispensáveis para discussão dos resultados.

Aos colegas do curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, pelo proveitoso convívio: Doroteu Honório Guedes Filho, Edvaldo Eloi, José Amilton Santos Júnior, João Tadeu Lima de Oliveira, Epitácio Freire (in memoriam), Antônio Fernando e Leandro Andrade pela contribuição prestada na instalação do experimento, amizade, valiosas ajudas e incentivos constantes.

Aos colegas do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amapá, IFAP, pelas parcerias no Vale do Jari.

Aos orientandos do Grupo de Estudos e Pesquisas Ambientais, GEPA-IFAP, pelo incentivo na conclusão do doutorado.

Gostaria, finalmente, de agradecer a todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para o sucesso desta Tese.

SUMÁRIO

	Pág.
LISTA DE TABELAS	IX
LISTA DE FIGURAS	X
RESUMO	XV
ABSTRACT	XVI
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1 A CULTURA DO GIRASSOL	3
2.2 REQUERIMENTOS NUTRICIONAIS PARA A CULTURA DO GIRASSOL	4
2.2.1 NITROGÊNIO	6
2.2.2 FÓSFORO	8
2.2.2 POTÁSSIO	9
2.2.4 INTERAÇÃO NPK	11
2.3 NECESSIDADES HÍDRICAS NA CULTURA DO GIRASSOL.....	12
2.4 INTERAÇÃO ADUBAÇÃO X IRRIGAÇÃO.....	15
3. MATERIAL E MÉTODOS	17
3.1 LOCALIZAÇÃO DOS EXPERIMENTOS	17
3.2 CARACTERIZAÇÃO DOS SOLOS	17
3.3 VARIEDADE.....	19
3.4 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS.....	19
3.5 VARIÁVEIS AVALIADAS	22



3.5.1 VARIÁVEIS DE CRESCIMENTO.....	22
3.5.1.1 Altura de plantas (AP) e diâmetro caulinar (DC)	22
3.5.1.2 Número de folhas e área foliar.....	23
3.5.2 Variáveis de floração	23
3.5.3 Variáveis de produção.....	23
3.5.3.1 Fitomassa	24
3.5.3.2 Aquênios.....	24
3.5.4. Ciclo da cultura.....	25
3.6. ANÁLISE ESTATÍSTICA	25
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	26
4.1 CRESCIMENTO	26
4.1.1 ALTURA DE PLANTAS	26
4.1.2 DIÂMETRO DO CAULE.....	30
4.1.3 NÚMERO DE FOLHAS	34
4.1.4 ÁREA FOLIAR.....	40
4.2 FLORAÇÃO	44
4.2.1 COMPRIMENTO DA HASTE	44
4.2.2 DIÂMETRO EXTERNO E INTERNO DO CAPÍTULO	47
4.2.3 NÚMERO DE PÉTALAS.....	50
4.3 PRODUÇÃO	51
4.3.1 FITOMASSA FRESCA E SECA	51
4.3.1.1 RAIZ	51
4.3.1.2 CAULE	54
4.3.1.3 FOLHAS.....	58
4.3.1.4 CAPÍTULO	62
4.3.2 AQUÊNIOS	66



4.3.2.1 DIÂMETRO DO CAPÍTULO	66
4.3.2.2 NÚMERO DE AQUÊNIO	69
4.3.2.3 PERCENTAGEM DE AQUÊNIO VIÁVEIS	72
5. CONCLUSÕES	77
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	78

LISTA DE TABELAS

	Pág.
Tabela 1. Características físicas e químicas dos solos utilizados no experimento....	18
Tabela 2. Doses de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) correspondentes aos tratamentos que compuseram a matriz baconiana.....	19
Tabela 3. Características químicas da água da companhia estadual de abastecimento público utilizada no experimento.....	22
Tabela 4. Resumo das análises de variância para altura de plantas (AP) do girassol (variedade Embrapa 122-V2000) aos 40 e 60 dias após a semeadura (DAS), cultivado em Neossolo Regolítico eutrófico (RRe) e Luvissole crômico órtico (TCO) submetido à adubação com NPK e conteúdo de água disponível no solo.....	27
Tabela 5. Resumo das análises de variância para diâmetro caulinar (DC) do girassol (variedade Embrapa122-V2000) aos 40 e 60 dias após a semeadura (DAS), cultivado em Neossolo Regolítico eutrófico (RRe) e Luvissole Crômico órtico (TCO) submetido à adubação com NPK e conteúdo de água disponível no solo.....	31
Tabela 6. Resumo das análises de variância para número de folhas (NF) do girassol (variedade Embrapa 122-V2000) aos 40 e 60 dias após a semeadura (DAS), cultivado em Neossolo Regolítico eutrófico (RRe) e Luvissole Crômico órtico (TCO) submetido à adubação com NPK e conteúdo de água disponível no solo.....	35
Tabela 7. Resumo das análises de variância para área foliar (AF) do girassol (variedade Embrapa 122-V2000) aos 40 e 60 dias após a semeadura (DAS), cultivado em Neossolo Regolítico eutrófico (RRe) e Luvissole Crômico órtico (TCO) submetido à adubação com NPK e conteúdo de água disponível no solo.....	41
Tabela 8. Resumo da ANOVA para comprimento da haste (CH) do girassol (variedade Embrapa122-V2000) aos 40 e 60 dias após a semeadura (DAS), cultivado em Neossolo Regolítico eutrófico (RRe) e Luvissole Crômico órtico (TCO) submetido à adubação com NPK e conteúdo de água disponível no solo.....	45
Tabela 9. Resumo das análises de variância para diâmetro externo do capítulo (DEC), diâmetro interno do capítulo (DIC) e número de pétalas (NDP) de flores do girassol (variedade Embrapa 122-V2000) cultivado em Neossolo Regolítico eutrófico (RRe) submetido à adubação com NPK e conteúdo de água disponível no solo.....	48

Tabela 10. Resumo das análises de variância para fitomassa fresca (FFR) e seca (FSR) da raiz do girassol (variedade Embrapa 122-V2000) cultivado em Neossolo Regolítico eutrófico submetido à adubação com NPK e conteúdo de água disponível no solo.....	51
Tabela 11. Resumo das análises de variância para fitomassa fresca do caule (FFC) e fitomassa seca do caule (FSC) do girassol (variedade Embrapa 122-V2000) cultivado em Neossolo Regolítico eutrófico (RRe) e Luvissole Crômico órtico (TCO) submetido à adubação com NPK e conteúdo de água disponível no solo.....	55
Tabela 12. Resumo das análises de variância para fitomassa fresca das folhas (FFF) e fitomassa seca das folhas (FSF) do girassol (variedade Embrapa 122-V2000) cultivado em Neossolo Regolítico eutrófico (RRe) e Luvissole Crômico órtico (TCO) submetido à adubação com NPK e conteúdo de água disponível no solo.....	59
Tabela 13. Resumo das análises de variância para fitomassa fresca do capítulo (FFCap) e fitomassa seca do capítulo (FSCap) do girassol (variedade Embrapa 122-V2000) cultivado em Neossolo Regolítico eutrófico (RRe) e Luvissole Crômico órtico (TCO) submetido à adubação com NPK e conteúdo de água disponível no solo.....	63
Tabela 14. Resumo das análises de variância para diâmetro do capítulo (DCap) do girassol (variedade Embrapa 122-V2000) cultivado em Neossolo Regolítico eutrófico (RRe) e Luvissole Crômico órtico (TCO) submetido à adubação com NPK e conteúdo de água disponível no solo.....	67
Tabela 15. Resumo das análises de variância para número de aquênios (NA) do girassol (variedade Embrapa 122-V2000) cultivado em Neossolo Regolítico eutrófico (RRe) e Luvissole Crômico órtico (TCO) submetido à adubação com NPK e conteúdo de água disponível no solo.....	70
Tabela 16. Resumo das análises de variância para porcentagem de aquênios viáveis (AV) do girassol (variedade Embrapa 122-V2000) cultivado em Neossolo Regolítico eutrófico (RRe) e Luvissole Crômico órtico (TCO) submetido à adubação com NPK e conteúdo de água disponível no solo.....	73



LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Principais fases de desenvolvimento do girassol. Extraído de Castiglioni et al. (1997).....	4
Figura 2. Distribuição das plantas no ambiente protegido.....	20
Figura 3. Monitoramento da água disponível com uso da sonda segmentada de DIVINNER – 2000 e o leitor do equipamento em destaque.....	21
Figura 4. Designação das mensurações realizadas em girassol para fins ornamentais: diâmetro interno (Dic) e externo (Dec) do capítulo.....	24
Figura 5. Altura de plantas do girassol Embrapa 122-V2000 aos 40 e 60 DAS em função das doses de P ₂ O ₅ (A e B) e do conteúdo de água disponível (C e D) em Neossolo Regolítico eutrófico.....	28
Figura 6. Altura de plantas do girassol Embrapa 122-V2000 aos 40 e 60 DAS em função das doses de P ₂ O ₅ (A) e K ₂ O (C) e conteúdo de água disponível (B e D) em Luvisolo Crômico órtico.....	29
Figura 7. Diâmetro caulinar do girassol Embrapa 122-V2000 aos 40 e 60 DAS em função das doses de N (A e C) e K ₂ O (D) e do conteúdo de água disponível (B e E) em Neossolo Regolítico eutrófico.....	32
Figura 8. Diâmetro caulinar do girassol Embrapa 122-V2000 aos 40 e 60 DAS em função das doses de P ₂ O ₅ (A), N (C) e e do conteúdo de água disponível (B e D) em Luvisolo Crômico órtico.....	33
Figura 9. Número de folhas (NF) do girassol variedade Embrapa 122-V2000 aos 40 e 60 DAS em função da adubação com N (A e C), P ₂ O ₅ (D) e K ₂ O (E) e do conteúdo de água disponível (B) em Neossolo Regolítico eutrófico.....	36
Figura 10. Número de folhas (NF) do girassol variedade Embrapa 122-V2000 em função da interação da adubação fosfatada e conteúdo de água disponível aos 40 (A) e 60 DAS (B) e adubação potássica e conteúdo de água disponível aos 60 DAS (C) em Luvisolo	



Crômico órtico.....	38
Figura 11. Área foliar (AF) do girassol variedade Embrapa 122-V2000 aos 40 e 60 DAS em função da adubação com N (A e D), P ₂ O ₅ (B) e K ₂ O (E) e conteúdo de água disponível (C) em Neossolo Regolítico eutrófico.....	42
Figura 12. Área foliar (AF) do girassol variedade Embrapa 122-V2000 aos 40 e 60 DAS em função da adubação com K ₂ O (A e C) e conteúdo de água disponível (B e D) em Luvisolo Crômico órtico.....	43
Figura 13. Comprimento da Haste (CH) de plantas de girassol Embrapa 122-V2000 em função das doses P ₂ O ₅ (A) e do conteúdo de água disponível (B) em Neossolo Regolítico eutrófico.....	46
Figura 14. Comprimento da Haste (CH) de plantas de girassol Embrapa 122-V2000 em função das doses K ₂ O (A) e da reposição de água baseado na água disponível (B) em Luvisolo Crômico órtico.....	47
Figura 15. Diâmetro externo (DEC) e interno do capítulo (DIC) de girassol Embrapa 122-V2000 em função do conteúdo de água disponível (A e B) e doses de N (C) em Neossolo Regolítico eutrófico.....	49
Figura 16. Número de pétalas no capítulo (NDP) de flores de girassol Embrapa 122-V2000 em função das doses N (A), P ₂ O ₅ (B) e K ₂ O (C) em Neossolo Regolítico eutrófico.....	50
Figura 17. Fitomassa fresca (FFR) e seca da raiz (FSR) de girassol Embrapa 122-V2000 em função das doses N (A e B), P ₂ O ₅ (C e D), K ₂ O (E e F) e conteúdo de água disponível no solo (G e H) em Neossolo Regolítico eutrófico.....	53
Figura 18. Fitomassa fresca (FFC) e seca do caule (FSC) de girassol Embrapa 122-V2000 em função das doses N (A e B), K ₂ O (C e D) e conteúdo de água disponível no solo (E e F) em Neossolo Regolítico eutrófico.....	56
Figura 19. Fitomassa fresca (FFC) e seca do caule (FSC) de girassol Embrapa	

122-V2000 em função das doses K_2O (A), P_2O_5 (B) e conteúdo de água disponível (C e D) em Luvissole Crômico órtico.....	57
Figura 20. Fitomassa fresca (FFF) e seca da folha (FSF) de girassol Embrapa 122-V2000 em função das doses N (A e B), K_2O (E) e conteúdo de água disponível (C e D) em Neossolo Regolítico eutrófico.....	60
Figura 21. Fitomassa fresca (FFF) e seca da folha (FSF) de girassol Embrapa 122-V2000 em função das doses P_2O_5 (A e B) e conteúdo de água disponível (C e D) em Luvissole Crômico órtico.....	61
Figura 22. Fitomassa fresca (FFCap) e seca do capítulo (FSCap) de girassol Embrapa 122-V2000 em função do conteúdo de água disponível no solo (A e B) e das doses de N (C) em Neossolo Regolítico eutrófico	64
Figura 23. Fitomassa fresca (FFCap) e seca do capítulo (FSCap) de girassol Embrapa 122-V2000 em função das doses de K_2O (A e B) e do conteúdo de água disponível (C e D) em Luvissole Crômico órtico...	65
Figura 24. Diâmetro do capítulo (DCap) de girassol Embrapa 122-V2000 em função das doses de N (A) e do conteúdo de água disponível (B) em Neossolo Regolítico eutrófico.....	67
Figura 25. Diâmetro do capítulo (DCap) de girassol Embrapa 122-V2000 em função das doses de P_2O_5 (A) e do conteúdo de água disponível (B) em Luvissole Crômico órtico.....	68
Figura 26. Número de Aquênios (NA) de girassol Embrapa 122-V2000 em função das doses de N (A) e do conteúdo de água disponível no solo (B) em Neossolo Regolítico eutrófico.....	71
Figura 27. Número de Aquênios (NA) de girassol Embrapa 122-V2000 em função das doses de N (A), P_2O_5 (B) e conteúdo de água disponível (C) em Luvissole Crômico órtico.....	72
Figura 28. Porcentagem de aquênios viáveis (AV) de girassol Embrapa 122-V2000 em função das doses de N (A) e conteúdo de água disponível (B) em Neossolo Regolítico eutrófico.....	74



Figura 29. Porcentagem de aquênios viáveis (AV) de girassol Embrapa 122-V2000 em função das doses de N (A) e conteúdo de água disponível (B) em Luvisolo Crômico órtico.....	75
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

ADUBAÇÃO NPK E IRRIGAÇÃO NA CULTURA DO GIRASSOL EM DOIS TIPOS DE SOLO

Orientadora: Profa. Dra. Lúcia Helena Garófalo Chaves
Orientador: Prof. PhD. Hugo Orlando Carvalho Guerra

RESUMO

Ultimamente a procura por fontes renováveis vem aumentando de forma acentuada, razão por que as pesquisas com plantas oleaginosas se destacam no cenário científico. Em diversos locais do planeta existem informações sobre o sistema de produção do girassol, no entanto, na região Nordeste do Brasil, especialmente sob condições do semiárido paraibano, são incipientes os dados relativos ao manejo de fertilizantes e irrigação. Neste sentido, dois experimentos foram conduzidos, o primeiro num Neossolo Regolítico eutrófico, entre novembro/2009 e fevereiro/2010 e o segundo num Luvisolo Crômico órtico, durante julho e novembro de 2010, a fim de avaliar as respostas do girassol (*Helianthus annuus* L.) relacionadas ao crescimento e à produção a adubação NPK e irrigação. Foram analisados 11 níveis de adubação com NPK 0, 60, 80 e 100 kg ha⁻¹ de N; 0, 80, 100 e 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 0, 60, 80 e 100 kg ha⁻¹ de K₂O, distribuído em matriz baconiana e quatro conteúdos de água disponível no solo (55, 70, 85 e 100% AD). O delineamento experimental foi inteiramente ao acaso em triplicata, totalizando 132 unidades experimentais, compostos por vasos com capacidade para 35 L. Avaliaram-se, nos dois solos, o crescimento, produção e componentes de produção do girassol variedade Embrapa 122-V2000, com base na análise de variância e regressão. Constatou-se que no experimento com Neossolo as adubações e o conteúdo de água disponível no solo afetaram isoladamente a cultura do girassol, além de todas as variáveis apresentarem comportamento linear em função da água disponível. Ainda para este solo, a importância dos nutrientes estudados para o girassol seguiu a seguinte ordem: nitrogênio > potássio > fósforo; no segundo experimento (Luvisolo Crômico), apenas o número de folhas do girassol foi afetado pela interação doses de P₂O₅ x irrigação e o estresse hídrico foi mais prejudicial ao comportamento do girassol a estresse nutricional. Numa avaliação geral, as doses recomendadas para o Neossolo e Luvisolo são 100:120:120 e 60:120:120 kg ha⁻¹ de NPK, respectivamente.

PALAVRAS-CHAVE: *Helianthus annuus* L., fertilizantes, macronutrientes, manejo de água

NPK FERTILIZATION AND IRRIGATION IN THE SUNFLOWER CROP

Adviser: Profa. D.Sc. Lúcia Helena Garófalo Chaves

Adviser: Prof. PhD. Hugo Orlando Carvalho Guerra

ABSTRACT

Lately the demand for renewable sources have been increasing sharply, so research on oilseed plants stand out in the scientific field. In several places on the planet there is no information on the production system of the sunflower. However, under conditions of semi-arid, are incipient data on fertilizer management and irrigation. In this sense, two experiments were conducted, the first under Regosol between November/2009 February/2010 and the second with Cromic Luvisol during July and November 2010 to assess the responses of sunflower (*Helianthus annuus* L.) related to growth and production in function of the NPK fertilization and irrigation. Eleven treatments NPK fertilization were analyzed 0, 60, 80 and 100 kg N ha⁻¹; 0, 80, 100 and 120 kg P₂O₅ ha⁻¹ and 0, 60, 80 and 100 kg K₂O ha⁻¹, distributed in the Baconian matrix and four available soil water content (55, 70, 85% and 100 AD). The experimental design was completely randomized in triplicate, a total of 132 experimental units, consisting of pot with a capacity of 35 L. Was evaluated in two soils, growth, production and yield components of sunflower cv. Embrapa 122-V2000, based on analysis of variance and regression. It was found that, in the experiment with Regosol, fertilization and available soil water content in the soil alone affected the sunflower, and all variables had a linear behavior as a function of available water. Even for this soil, the nutrients studied, the order of importance to the culture was: nitrogen>potassium> phosphorus. In the second experiment (Cromic Luvisol), only the number of leaves of sunflower was affected by the interaction levels of P₂O₅ x irrigation and drought stress was more damaging to the behavior of sunflower that nutritional stress. A general evaluation, the recommended doses and for the Regosol and Cromic Luvisol is 100:120:120 and 60:120:120 kg ha⁻¹ NPK, respectively.

KEY WORDS: *Helianthus annuus* L., fertilizers, macronutrients, water management

1. INTRODUÇÃO

O consumo crescente de energia não-renovável e seus impactos inerentes à mudança climática, levaram a políticas, favorecendo a utilização de energias renováveis e ao desenvolvimento de produção de biomassa (MCKENDRY, 2002a; MCKENDRY, 2002b). Entre culturas consideradas para a produção de biocombustíveis o milho e o trigo são utilizados visando à obtenção de bioetanol e de girassol para biodiesel (RODRIGUES et al., 2010).

O girassol (*Helianthus annuus* L.) é uma dicotiledônea anual da família Asteraceae, originária da América do Norte. É mundialmente cultivada em todos os continentes, tendo como principais produtores a Rússia, Ucrânia, Argentina e países do Oriente Médio (FAO, 2010). É uma planta que se adapta bem a diversas condições edafoclimáticas, caracterizando-se pela tolerância a baixas temperaturas na fase inicial de desenvolvimento e pela relativa resistência a déficits hídricos. Pode ser cultivada em todas as regiões do País pois o rendimento é pouco influenciado pelas latitudes e altitudes, assim como pelo fotoperíodo, o que facilita a expansão do cultivo no Brasil (ZOBIOLE et al., 2010). Trata-se de uma espécie extremamente versátil, cujos principais produtos são o óleo, produzido de seus aquênios (frutos), e a ração animal, além de ser utilizada na alimentação humana e como planta ornamental.

O girassol é uma planta que absorve grande quantidade muito grande dos principais macronutrientes, em comparação com a soja, milho e o trigo (VIGIL, 2000). Para que possa expressar todo o seu potencial produtivo o suprimento de água e nutrientes deve ser adequado desde o início do seu desenvolvimento, principalmente a partir da emissão do botão floral, quando inicia o período de maior crescimento, acompanhado do aumento no consumo de água e da demanda nutricional.

De modo geral, as quantidades de nitrogênio, fósforo e de 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 destes elementos, em decorrência das condições edafoclimáticas e do tipo de cultivar que está sendo cultivado.

A planta do girassol tem baixa eficiência no uso da água uma vez que cada litro de água consumido produz menos de dois gramas de matéria seca. Uma disponibilidade



adequada de água durante o período da germinação, à emergência é necessária para obtenção de uma boa uniformidade na população de plantas. As fases do desenvolvimento da planta são mais sensíveis ao déficit hídrico do início da formação do capítulo ao começo da floração (afeta 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 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 de 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⁻¹, o que constitui o incentivo para novas pesquisas nesta área.

Neste sentido objetivou-se, com o presente trabalho, avaliar o crescimento e a produção do girassol Embrapa 122-V2000 cultivado em vasos, submetido à adubação com NPK e irrigação, num Neossolo Regolítico eutrófico e num Luvisolo Crômico órtico em experimentos distintos.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A Cultura do Girassol

A planta de girassol apresenta sistema radicular com raiz principal pivotante e inflorescência conhecida como capítulo cuja forma pode variar de côncavo a convexo e o caule pode apresentar diferentes curvaturas, as quais são expressas na maturação (CASTIGLIONI et al., 1997).

O girassol apresenta elevada importância pois produz óleo de boa qualidade e alto valor nutricional como alimento funcional, tanto para a alimentação humana quanto de ruminantes, suínos e aves e, além disso, pode ser utilizada para silagem como opção forrageira. Atualmente, está despertando grande interesse a nível mundial, visto que representa nova alternativa de mercado e a produção de matéria-prima para 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).

Muitas práticas culturais que requerem o conhecimento de uma fase específica para seu melhor emprego, como aplicação de adubação de cobertura, de herbicida pós-emergente, e regulador vegetal entre outras atividades, podem ser adequadamente executadas quando se refere, de forma precisa, a esta fase (CASTRO e FARIAS et al., 2005) (Figura 1). Segundo ROSSI (1998), a escala proposta por SCHNEITER e MILLER (1981), teve como premissa a divisão do desenvolvimento da planta do girassol em duas fases distintas: Vegetativa (V) e Reprodutiva (R).

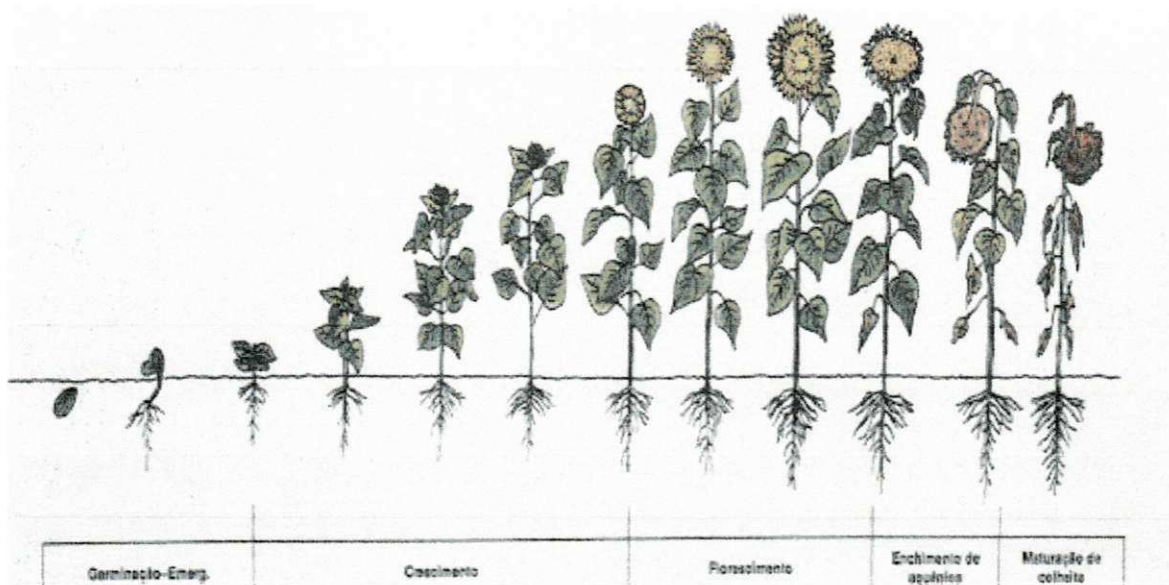


Figura 1. Principais fases de desenvolvimento do girassol. Extraído de Castiglioni et al. (1997)

Fase vegetativa (V) = da germinação até a formação inicial do broto floral.

- a) V-E (emergência) = número de dias de plantio até o aparecimento da plântula, observa-se a primeira folha de tamanho menor que 4 cm.
- b) V1, V2, V3,..., VN = formação de folhas divididas de acordo com o número de folhas de comprimento maior que 4 cm.

Fase Reprodutiva (R) = do aparecimento do botão floral à maturação dos aquênios.

- a) R1 = pequeno broto floral que aparece quando se observa a planta de cima. As brácteas ao redor do broto floral são semelhantes a uma estrela, porém com vários ápices.
- b) R2 e R3 = refere-se às fases de alongamento.
- c) R4, R5 (R5.1, R5.2...R.5.9) e R6 = referem-se às fases do florescimento
- d) R7 e R8 = referem-se às fases de desenvolvimento dos aquênios.
- e) R9 = refere-se à fase de maturação dos aquênios.

2.2 Requerimentos Nutricionais para a Cultura do Girassol

Diversos fatores influenciam na absorção e na disponibilidade de nutrientes do solo, ou seja, a capacidade de exploração do sistema radicular da planta, as propriedades do solo e seu manejo, as condições climáticas e a disponibilidade de água são aspectos fundamentais para se obter uma planta bem nutrida.

A quantidade de água requerida pela cultura ainda não está bem definida mas na maioria dos casos 400 a 500 mm de água bem distribuídos ao longo do ciclo resultam em rendimentos próximos ao potencial máximo (UNGER, 1990; CASTRO e BOUÇAS FARIAS, 2005).

A exigência nutricional da cultura de girassol varia em função da fase de desenvolvimento em que se encontra. Na fase vegetativa, ou seja, ciclo inicial de desenvolvimento com até 30 dias após a emergência (DAE), o girassol necessita de pouca quantidade de nutrientes. Castro e Oliveira (2005) verificaram que a maior absorção de nutrientes e água e, conseqüentemente, maior desenvolvimento, ocorrem a partir desse momento até o florescimento pleno. Segundo Hooking e Steer (1983) este período é bastante importante na definição do potencial produtivo das plantas.

Dos 28 aos 56 dias DAE ocorre um rápido aumento na exigência nutricional. Nas fases de florescimento e início do enchimento de aquênios (R5, R6 e R7) entre os 56 e 84 dias, há diminuição gradativa na velocidade de absorção de nutrientes quando se alcança o nível máximo de acúmulo em quantidades variáveis para cada nutriente (CASTRO e OLIVEIRA, 2005). Observa-se que o girassol acumula o 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.

O girassol acumula grandes quantidades de nutrientes, sobretudo de nitrogênio, fósforo e potássio porém sua resposta à adubação é limitada. Seu sistema radicular profundo proporciona maior exploração e auxilia no melhor aproveitamento da fertilidade natural dos solos e das adubações dos cultivos anteriores, absorvendo nutrientes das camadas mais profundas. Entretanto, grande parte desses nutrientes retorna ao solo, após a colheita, através da palhada (folhas, caule, capítulos), além das raízes que ajudam as culturas que sucedem o girassol (CASTRO et al., 1997).

Conforme alguns trabalhos realizados para determinar as necessidades adequadas de N, P, e K nos estados produtores de girassol do Brasil observaram-se, na maioria dos experimentos, que as máximas produtividades foram alcançadas com quantidades de nutrientes inferiores às recomendadas para outras culturas, como a soja e o milho (COELHO et al., 2005).

Sachs et al. (2006) notaram, avaliando o efeito de N, K e P na cultura do girassol, observaram que a produtividade responde positivamente ao incremento da adubação com N, K e P e o teor de óleo no aquênio aumenta com o incremento da adubação com K e P; as doses desses elementos que proporcionaram as melhores

respostas, variaram 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 conformidade com a finalidade de produção.

2.2.1 Nitrogênio

No sistema solo-planta o nitrogênio mineral é absorvido na forma 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. O nitrogênio pode incorporar-se ao sistema solo-planta, a partir dos restos culturais, por processos de fixação biológica, adubação com fertilizantes industriais e também por precipitação induzida por descargas elétricas (VAN RAIJ, 1991).

O nitrogênio é o segundo nutriente mais requerido pela cultura do girassol e, segundo alguns autores, é o que mais limita sua produção proporcionando redução, que pode chegar a 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 aos fertilizantes nitrogenados (BONO et al., 1999; SCHEINER e LAVADO, 1999).

O N é o constituinte de aminoácidos e nucleotídeos, além de se tratar do principal nutriente para 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 e, quando adubado com N em grandes quantidades, 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).

O excesso de nitrogênio o provoca crescimento excessivo do girassol tornando as folhas mais sensíveis favorecendo, assim, a incidência de doenças e pragas no cultivo, além de problemas com acamamento (VRANCEANU, 1977).

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, tanto a partir da adubação quanto através de restos culturais, exportando 56 % do total absorvido (CASTRO e OLIVEIRA,

2005). Entretanto, Blamey et al. (1987) 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 obtém-se 90% da produção relativa máxima, o qual corresponde à quantidade do nutriente economicamente mais eficiente. Verificou-se, também, que com 80 a 90 kg ha⁻¹ de N é a produção máxima do girassol é encontrada (SMIDERLE et al., 2002; SMIDERLE et al., 2004; CASTRO et al., 2005).

Para o Estado de Minas Gerais recomenda-se a aplicação de 60 kg ha⁻¹ de N, sendo aplicados 1/3 na adubação de base e 2/3 na cobertura (COMISSÃO, 1989). *Recomendações nitrogenadas 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 base e 40 kg ha⁻¹ de N em cobertura (QUAGGIO e UNGARO, 1997).*

Pesquisando o efeito do tempo de fertilização nitrogenada sob o rendimento de grãos e óleo de girassol, Moghaddasi et al. (2011), concluíram que a adubação nitrogenada durante a formação da haste aumentou o peso de 1000 sementes, número de sementes por capítulo, diâmetro do capítulo e percentagem de óleo.

De Giorgio et al. (2007) verificaram, pesquisando a aplicação de nitrogênio em genótipos de girassol sob condições de semiaridez italiana, diferenças significativas sobre o diâmetro externo do capítulo e índice de área foliar com o aumento das doses de nitrogênio. No entanto, a elevação das doses de N não afetou estatisticamente o peso de 1000 sementes, a altura de plantas nem o diâmetro interno do capítulo. Para Fagundes et al. (2007), fontes e doses de N aumentam o número de folhas, altura final de plantas e área foliar do girassol cultivado em vaso.

Com o aumento das doses, o fornecimento de nitrogênio nas doses de 100, 160 e 220 kg ha⁻¹ elevou com o aumento das doses, o índice de colheita, produção de sementes, peso de 1000 sementes, produção de biomassa e conteúdo relativo de água do girassol cultivado em West-Azerbaijan, Irã (GHOLINEZHAD et al., 2009). Em outra pesquisa, Gholinezhad et al. (2011), registraram efeito estatístico do teor de proteínas e redução do filocromo com aumento das doses de nitrogênio.

Abbadí et al. (2008a) relataram, analisando o suprimento de nitrogênio sob o crescimento, rendimento e componentes de rendimento do girassol, aumento do diâmetro do caule, fitomassa seca das folhas, caule e capítulo, aquênios por capítulo e massa de



aquênios com o incremento das doses de N mesmo que as maiores doses desse macronutriente tenham afetado negativamente o teor de óleo do girassol.

2.2.2 Fósforo

O fósforo disponível às plantas é encontrado em baixas concentrações na solução do solo devido ao nível de acidez dos solos onde são cultivadas as principais culturas, os quais apresentam as maiores taxas de fixação de fósforo variáveis de acordo com a quantidade e mineralogia das argilas, intensificadas em solos com predominância de Fe^{3+} e Al^{3+} (VAN RAIJ, 1991).

A forma predominante do nutriente é como íon fosfato (H_2PO_4^-), a fase sólida do solo apresenta formas orgânicas e inorgânicas divididas em fase lábil e não-lábil. O contato do íon fosfato nas raízes ocorre, preferencialmente, por difusão, razão pela qual a absorção do nutriente depende do volume de solo explorado pelas raízes. Absorvido na planta, o fosfato é incorporado em compostos orgânicos incluindo açúcares fosfatados, fosfolípidios e nucleotídeos. Seu principal ponto de entrada é via assimilação e ocorre durante a formação de ATP, ou seja, molécula de energia da célula (MALAVOLTA et al., 1997).

No girassol a absorção do fósforo ocorre até o enchimento de aquênios, isto quando não há limitação da disponibilidade do nutriente. A contribuição do fósforo remobilizado das folhas e caule para os aquênios em maturação, varia de aproximadamente 30 a 60 % (HOOCKING e STEER, 1983).

Segundo Blamey et al. (1987), a diagnose foliar é o melhor método para avaliar a deficiência do nutriente, ocorrendo o mesmo nas folhas da parte inferior das plantas devido à grande mobilidade do fósforo na planta. Fazer um diagnóstico correto é difícil pois os sintomas de deficiência de fósforo podem ser confundidos com aqueles causados por algumas doenças, como a mancha de alternária.

Trabalhos experimentais avaliando respostas de adubação fosfatada no Brasil foram feitos em diversas condições edafoclimáticas demonstrando a importância deste nutriente na produtividade do girassol. No Estado de São Paulo, Quaggio e Ungaro (1997) indicam a aplicação de 20 a 70 kg ha⁻¹ de P_2O_5 , dependendo do teor de P do solo. Para o Estado de Paraná as melhores produtividades foram alcançadas em solos de textura argilosa com teores médios a altos de fósforo, em torno de 6,0 mg dm⁻³, obtidos com o extrator

Mehlich-1. As melhores respostas do girassol foram obtidas com os níveis de P variando de 40 a 80 kg ha⁻¹ P₂O₅ (CASTRO et al., 1993). Já para Minas Gerais, a recomendação de P para a cultura do girassol oscila de 30 a 70 kg ha⁻¹ de P₂O₅ em função do teor do nutriente no solo (COMISSÃO, 1989).

Quando se avalia a disponibilidade de fósforo para as plantas através da análise de solo com extratores ácidos como, o Mehlich-1, deve-se levar em consideração a quantidade de argila, uma vez que ela é usada como indicador da capacidade de fixação de fósforo do solo, determinando classes de interpretação para cada tipo de textura. No Brasil não há uma classificação específica de nutrientes para o cultivo do girassol; adotam-se, então, valores de referência regional utilizados para culturas de verão (milho e soja). Assim, a adubação mínima de exportação de P para a produção de 2.000 kg ha⁻¹ em solos com alto teor de fósforo é de 30 kg ha⁻¹ de P₂O₅, podendo ser de até 80 kg ha⁻¹ nos solos com disponibilidade muito baixa (CASTRO e OLIVEIRA, 2005).

A retirada de fósforo do solo pelo girassol corresponde a cerca de 1% da massa dos grãos (VIGIL, 2000); contudo, em solos com teor superior a 14 g dm⁻³ não é necessária a adubação fosfatada. Quando não há limitação da disponibilidade de fósforo a absorção do nutriente ocorre até o enchimento de aquênios.

Thavaprakash et al. (2002) registraram, ao conduzir experimento com adubação nitrogenada e fosfatada nas condições de Dharwad, Índia, que o aumento das doses de P₂O₅ elevou o peso de 1000 sementes e o rendimento de sementes sem, no entanto, interferir no crescimento, diâmetro do capítulo, peso do capítulo nem no peso de sementes.

Conduzindo experimento em vaso com a cultura do girassol suprido nutricionalmente com P, Abbadi e Gerendás (2011) concluíram que as doses de fósforo aumentaram o diâmetro do caule, a produção de matéria seca (folhas, caule e capítulo) e aquênios por capítulo; entretanto, não interferiram na concentração de óleo.

2.2.3 Potássio

O potássio disponível para as plantas encontra-se como íon K⁺ presente na solução do solo e no complexo de troca (VAN RAIJ, 1991). O contato com as raízes ocorre preferencialmente por difusão e fluxo de massa; desta forma, a nutrição potássica está

diretamente relacionada com a disponibilidade de água às plantas. Participa de um grande número de processos biológicos da planta e apresenta alta mobilidade, sendo translocado das partes velhas para as partes jovens, durante o processo de senescência natural ou induzida (MALAVOLTA et al., 1997).

A baixa disponibilidade de potássio no solo pode causar redução da produtividade e diminuição gradativa na taxa de crescimento das plantas. Quando a deficiência é mais severa, os sintomas se iniciam com mosqueado amarelado nas bordas das folhas da parte inferior da planta, essas áreas cloróticas avançam para o centro das folhas, tornando-se necrótica nas bordas, perdendo rigidez na planta e se prostrando facilmente em casos mais severos (CASTRO e OLIVEIRA, 2005).

A perda do íon K^+ por lixiviação no perfil quando são feitas adubações corretivas, merece um atendimento especial, sobremaneira em solos de textura média a arenosa. Também a correção da acidez é fundamental para elevar a eficiência de utilização dos fertilizantes potássios, por aumentar a capacidade de retenção do nutriente no complexo de troca, limitando este processo de lixiviação e perda do nutriente nos solos de textura arenosa (CASTRO e OLIVEIRA, 2005).

Segundo Castro et al. (1993), teores de potássio em torno de 78 mg kg^{-1} em solos argilosos e aplicações com níveis de adubação variando entre 40 e 80 kg ha^{-1} , resultaram em maior produtividade, dependendo da disponibilidade de água, da profundidade do solo explorado e dos teores de potássio nas folhas, os quais variaram de 35 a 45 mg kg^{-1} nessas condições.

O Manual de Adubação e de Calagem para os Estados de Rio Grande do Sul e Santa Catarina apresenta uma recomendação realizada de acordo com os teores deste nutriente disponíveis no solo, enquadrados em faixas de disponibilidade. Para os teores de baixo e alto as recomendações variam de 30 a 70 kg ha^{-1} de K_2O para expectativa de produtividade de 2 t ha^{-1} (COMISSÃO, 2004). Para o Estado de Minas Gerais também se recomenda entre 30 a 70 kg ha^{-1} de K_2O , dependendo da faixa de disponibilidade de K na análise do solo (COMISSÃO, 1989).

Quaggio e Ungaro (1997) aconselham, dependendo do teor do K na análise de solo, a aplicação de 20 até 60 kg ha^{-1} de K_2O para o Estado de São Paulo.

Castro e Oliveira (2005) verificaram, em um Latossolo muito argiloso no Paraná, pouco incremento de produtividade do girassol em solo com quantidade de potássio acima do nível crítico, em torno de 70 mg kg^{-1} , para atingir 90% da produtividade relativa

máxima. Já para a cultura da soja o nível médio de disponibilidade de K é em torno de 78 mg kg⁻¹ (EMBRAPA, 2004). Desta forma, o nível crítico no solo, tanto para a soja quanto para o girassol, é aproximado a nível regional. Sendo assim, a interpretação da disponibilidade de potássio e as recomendações para a cultura do girassol podem ser orientadas pelos limites estabelecidos para a soja, determinação das classes de baixa a média disponibilidade de K no solo.

As recomendações para a cultura do girassol variam de 40 a 80 kg ha⁻¹ de K₂O. Quando se apresentam solos com disponibilidade alta do nutriente, utiliza-se uma adubação de manutenção considerando-se uma exportação de 10 a 12 kg de K₂O para cada 1000 kg de grãos produzidos (CASTRO e OLIVEIRA, 2005).

Dados de Robinson (1978) mostram que o girassol requer grandes quantidades de potássio podendo extrair e exportar 40% mais potássio do que as culturas da soja e milho (SFREDO et al., 1984). A baixa disponibilidade do elemento pode causar diminuição gradativa na taxa de crescimento das plantas reduzindo, também, a produtividade das culturas, mesmo sem os sintomas típicos de deficiência.

Ayub et al. (1999) afirmaram, investigando o efeito de diferentes fontes e doses de potássio quanto ao rendimento e teor de óleo de girassol, que a área foliar, e número de aquênios por capítulo e produção de sementes aumentam com o incremento das doses de potássio, independentemente da fonte utilizada.

Abadi et al. (2008b) registraram, ao pesquisar o suprimento de potássio sob o crescimento e produção do girassol, efeito positivo da adubação potássica na altura das plantas, matéria seca das folhas, caule, capítulo, matéria seca total, número de aquênios e rendimento de óleo.

2.2.4 Interação NPK

Após investigar o impacto do clima e o manejo de nutrientes sob componentes de rendimento e rendimento do girassol nas condições de Tâmil Nadu, Índia, Arthanari et al. (2009) relataram que a aplicação de 100% da dose de fertilizante recomendada (40:20:20 kg N,P₂O₅ e K₂O ha⁻¹) promoveu melhoria no diâmetro do capítulo, sementes por capítulo e altura de plantas de girassol.

A adubação com NPK nas doses de 120, 60 e 60 kg ha⁻¹ incorporado ao solo, quando comparado a fórmulas com menores quantidades dos nutrientes acima

mencionados e com o tratamento controle, incrementa a altura de plantas, o diâmetro do caule e do capítulo, número de sementes por capítulo, peso de sementes por capítulo e rendimento de sementes de girassol (SIDDIQUI et al., 2009).

Sadiq et al. (2000) relataram, testando várias doses de nitrogênio, fósforo e potássio, quanto ao crescimento e rendimento do girassol, que, nas condições de Balochistan, Paquistão, a aplicação de 80:50:50 kg ha⁻¹ de NPK é recomendada para elevar a produtividade do girassol.

Após avaliação econômica da adubação com NPK na cultura do girassol em Faisalabad, Paquistão, Iqbal et al. (2008) concluíram que a maior produção de aquênios e a maior receita foram obtidas quando a cultura foi adubada com 120:90:60 kg NPK por planta.

2.3 Necessidades Hídricas da Cultura do Girassol

Comumente, o girassol é cultivado como cultura de sequeiro, embora não seja altamente tolerante à seca. Todavia, apresenta boa resposta à irrigação e acréscimos de rendimentos 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 e JOLLIFF, 1986).

As necessidades hídricas do girassol ainda não estão perfeitamente definidas levando informações que indicam desde menos de 200 mm até mais de 900 mm por ciclo. Entretanto, na maioria dos casos 500 a 700 mm de água, bem distribuídos ao longo do ciclo, resultam em rendimentos próximos ao máximo potencial. 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. Entretanto, solos bem preparados e/ou com alta capacidade de armazenamento de água permitem, à planta, tolerar maiores períodos sem chuvas e/ou irrigação (CASTRO, 1999).

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), as necessidades hídricas para a cultura do girassol, no Brasil, ainda não estão bem 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 irrigação do girassol deve-se calcular o volume de água, para uma profundidade de até 60 cm. Assim são utilizados, em geral de 5000 a 10000 m³ de água por hectare, parcelados de acordo com as fases da planta e tipos de solo.

Gomes et al. (2003) observaram, trabalhando com a cultura de girassol em Limeira, SP, com semeadura em junho, incrementos de 28 e 44% na produtividade de grãos 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 aos tratamentos não irrigados, além de 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, SP, nos anos de 2001, 2002 e 2003, que sob severo e moderado estresse hídrico com suplementação hídrica nas fases de formação do botão floral e enchimento de grãos, a produção de grãos de girassol reduziu cerca de 30 e 17,2 %, respectivamente, em comparação com plantas sem restrição hídrica.

Bajehbaj (2010a) concluiu, estudando o efeito do déficit hídrico sobre as características químico-fisiológicas de variedades de girassol, que o maior tratamento de aplicação de água (210 mm de evaporação do tanque classe "A") elevou a resistência estomática, número de estômatos na parte abaxial e número de sementes; entretanto, nos tratamentos sob estresse hídrico foi verificado conteúdo relativo de água na folha, comprimento e rendimento dos grãos.

Para Naim e Ahmed (2010a) o intervalo na irrigação é papel fundamental para o estabelecimento das culturas o que, ultimamente, afeta a produtividade e compromete os estágios de crescimento. Ao analisarem o efeito do intervalo de irrigação e o espaçamento entre linhas sob as características de crescimento do girassol, os autores registraram que nos tratamentos com maior número de irrigações as plantas foram mais desenvolvidas em altura, diâmetro do caule, área foliar e fitomassa seca da parte aérea.

Segundo Flagella et al. (2002), plantas de girassol submetidas a estresse hídrico na região do Mediterrâneo reduzem o rendimento de aquênios, peso de 1000 aquênios, número de aquênios por capítulo e teor de óleo.

O déficit de irrigação na região sul da Turquia em cultivo de girassol, segundo Demir et al. (2006), afeta significativamente o rendimento de grãos e o rendimento biológico, além de reduzir a percentagem de óleo. Iqbal e Ashraf (2006) afirmam que, mesmo utilizando diferentes doses de glicinabetaina, a qual é usada para aumentar tolerância a estresses, a percentagem de sementes, biomassa fresca e seca das plântulas reduziram na presença do estresse hídrico.

Estudando diferentes regimes de irrigação sob o crescimento e rendimento de girassol no Paquistão, Ghani et al. (2000), concluíram que, quanto maior a lâmina de água aplicada maiores também o diâmetro do capítulo, o número de sementes viáveis, o peso de 1000 sementes e o rendimento de sementes; entretanto, sem diferenças estatísticas para o número de plantas por parcela.

Bakht et al. (2010b), cultivando girassol em Islamabad, Paquistão, avaliaram o efeito de quatro regimes hídricos em referência à fisiologia e ao rendimento dessa cultura e constataram tendência linear crescente da fenologia, índice de área foliar e do rendimento de sementes.

Após testar 25 genótipos de girassol submetidos a estresse hídrico, Tahir et al. (2002), observaram redução da altura de plantas (6,42%), área foliar (25,56%), diâmetro do capítulo (15,21%), peso de 1000 aquênios (22,63%), rendimento por planta (34,13%) e peso seco da haste (19,56%) nos tratamentos com menores conteúdos de água disponível no solo. Karam et al. (2007), encontraram diminuição da área foliar e da produção de sementes de girassol sob déficit hídrico.

Nezami et al. (2008), estudando o crescimento de plantas de girassol cultivadas em vaso, concluíram que a altura de plantas, matéria seca, diâmetro do caule, diâmetro do capítulo, área foliar, número de sementes por capítulo, peso de 100 sementes e produção de sementes, decaíram nos menores valores de capacidade de campo dos vasos. Raulf e Sadaqat (2008) verificaram, estudando o efeito do estresse hídrico em 56 genótipos oriundos de cinco países, redução da produção por capítulo, massa de 100 aquênios e número de aquênios por capítulo.

A maioria das componentes respondeu de maneira linear, independente da fase analisada. Não houve baixa produtividade da cultura do girassol com ausência de

irrigação, igual a 2271 kg ha⁻¹; no entanto, a maior produtividade, 3063 kg ha⁻¹, foi alcançada por meio da irrigação que utilizou coeficientes de cultura iguais 0,4, 0,8, 1,2, 0,8 e 0,4, nas fases 1, 2, 3, 4 e 5, respectivamente (GOMES et al., 2010).

Em pesquisa sobre irrigação suplementar com a cultura do girassol no Estado do Paraná, Gomes et al. (2012) afirmaram que as maiores lâminas de irrigação resultaram também em maior crescimento e produção dessa oleaginosa.

2.4 Interação Adubação x Irrigação

Resultados de pesquisa têm comprovado que as melhores respostas obtidas de produtividade do girassol associam a irrigação e adubação adequada, com ênfase ao fato de que a cultura é particularmente sensível à deficiência de boro (UNGARO, 1990), elemento este mais limitante ao cultivo do girassol podendo causar perda total da produção em virtude da queda dos capítulos. No entanto, Silva et al. (2007) encontraram, avaliando o efeito de lâminas de água de irrigação e níveis de boro sobre as características agronômicas e componentes de produção de duas cultivares de girassol, aumento na produtividade em função apenas da irrigação. De acordo com esses autores a irrigação proporcionou aumento na produtividade de grãos e de óleo e na altura das plantas de girassol, corroborando com Castiglioni et al. (1993), Castro (1999), Andrade (2000), Leite e Carvalho (2005), Lemos e Vazquez (2005) e Gomes et al. (2005).

A interação nitrogênio x manejo de irrigação foi significativa para as variáveis matéria seca total, produção de aquênios e índice de colheita (KHALIQ e CHEEMA, 2005). Ainda segundo os autores, exceto para o índice de colheita, as doses de nitrogênio elevaram linearmente o matéria seca total e a produção de aquênios de girassol.

O efeito isolado do potássio no girassol afeta estatisticamente apenas o número de sementes por capítulo, índice de colheita e rendimento de óleo. Contudo, quando observada a interação irrigação x adubação potássica, os maiores tratamentos dos fatores envolvidos aumentaram todas as variáveis estudadas, a exemplo da altura de plantas, diâmetro do capítulo, rendimento biológico e rendimento de grãos (SOLEIMANZADEH et al., 2010).

Silva (2010) concluiu, estudando a produção de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) em função da adubação, níveis de água e da seletividade de herbicidas que o

tratamento que correspondente a 100% de lâmina de irrigação e 50% de dose de adubação NPK proporcionou a melhor resposta fisiológica e produtiva em plantas de pinhão-mansão.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização dos experimentos

Dois experimentos foram desenvolvidos em ambiente protegido (estufa agrícola) da Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola (UAEAg), do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais (CTRN), da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Campus I, em Campina Grande, PB (7°15'18'' de latitude sul, 35°52'28'' de longitude oeste e altitude de 550 m), o primeiro no período de outubro de 2009 a fevereiro de 2010 e o segundo entre julho e dezembro de 2010.

3.2 Características dos solos

Os solos utilizados para os experimentos foram coletados da camada superficial (0-20 cm) nas imediações do distrito de São José da Mata, município de Campina Grande, PB (1° experimento) e no município de Boqueirão, PB (2° experimento), os quais foram secados ao ar, destorroados, homogeneizados, peneirados e caracterizados quanto aos aspectos físico-químicos, segundo metodologia descrita pela EMBRAPA (1997).

Os solos foram então classificados segundo EMBRAPA (2006), como Neossolo Regolítico eutrófico - RRe (1° experimento) e Luvisolo Crômico órtico - TCo (2° experimento), cujas características físicas e químicas estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Características físicas e químicas dos solos utilizados nos experimentos

Neossolo Regolítico eutrófico - RRe *			
Atributos Físicos	Valores	Atributos Químicos	Valores
Areia (g kg ⁻¹)	841,5	pH em água (1:2,5)	6,60
Silte (g kg ⁻¹)	87,5	P (mg dm ⁻³)	28,50
Argila (g kg ⁻¹)	71	K ⁺ (mg dm ⁻³)	58,00
Ds	1,49	Ca ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	1,85
Dp	2,68	Mg ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	2,23
Pt (%)	44,0	Na ⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,06
Ucc (g kg ⁻¹)	170	H ⁺ + Al ³⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,79
Upmp (g kg ⁻¹)	38	Al ³⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,04
Adi (g kg ⁻¹)	132	V (%)	84,44
		MO (g dm ⁻³)	8,40
Luvissolo Crômico Órtico - TCo **			
Atributos Físicos	Valores	Atributos Químicos	Valores
Areia (g kg ⁻¹)	644	pH em água (1:2,5)	5,70
Silte (g kg ⁻¹)	137	P (mg dm ⁻³)	14,63
Argila (g kg ⁻¹)	219	K ⁺ (mg dm ⁻³)	65,31
Ds (kg dm ⁻³)	1,31	Ca ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	3,40
Dp (kg dm ⁻³)	2,68	Mg ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	1,85
Pt (%)	51,0	Na ⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,18
Ucc (g kg ⁻¹)	210	H ⁺ + Al ³⁺ (cmol _c dm ⁻³)	2,15
Upmp (g kg ⁻¹)	67	Al ³⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,05
Adi (g kg ⁻¹)	143	V (%)	72,26
		MO (g dm ⁻³)	6,03

*Classe Textural: Franco Arenoso; **Classe Textural: Franco Argilo-arenoso

3.3 Variedade

A variedade utilizada nos dois experimentos foi a Embrapa 122-V2000, que se destaca pela precocidade (ciclo vegetativo de 100 dias), 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).

3.4 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental foi inteiramente ao acaso, com três repetições e onze tratamentos referentes aos níveis de adubação, distribuído em matriz baconiana (Tabela 2), na qual um dos nutrientes é fornecido em quantidades variáveis enquanto os outros dois foram mantidos em um nível referencial de 60, 80, 80 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente. Esses tratamentos foram submetidos a quatro diferentes conteúdos de água disponível no solo (Adi), totalizando 132 unidades experimentais (Figura 2). Mas também a 55, 70, 85 e 100% da água disponível.

Tabela 2. Distribuição das doses de N, P e K em matriz baconiana e conteúdos de água disponível no solo

<i>Tratamentos</i>	<i>N</i> (kg ha ⁻¹)	<i>P₂O₅</i> (kg ha ⁻¹)	<i>K₂O</i> (kg ha ⁻¹)	<i>Água Disponível</i>			
				-----(%)-----			
1	0	0	0	55	70	85	100
2	0	80	80	55	70	85	100
3	80	80	80	55	70	85	100
4	100	80	80	55	70	85	100
5	60	0	80	55	70	85	100
6	60	100	80	55	70	85	100
7	60	120	80	55	70	85	100
8	60	80	0	55	70	85	100
9*	60	80	80	55	70	85	100
10	60	80	100	55	70	85	100
11	60	80	120	55	70	85	100

*Tratamento de referência que corresponde às doses de adubação usadas para girassol no Estado do Rio Grande do Norte (LIRA et al., 2008)



Figura 2. Distribuição das plantas no ambiente protegido

Cada unidade experimental foi constituída por um vaso plástico com capacidade volumétrica de 35 L no qual foram acondicionados 32 kg de solo e um tubo de acesso de PVC nos tratamentos relativos a 100% da Adi.

O solo foi adubado com N, P₂O₅ e K₂O oriundos da uréia (45% N), superfosfato triplo (41% de P₂O₅) e cloreto de potássio (60% K₂O), respectivamente, correspondente a cada tratamento da matriz baconiana. Esta adubação foi distribuída ao longo do ciclo, em que a quantidade total de fósforo e 1/3 da quantidade de potássio foram aplicados em fundação; o outro 1/3 e o restante da quantidade total de potássio foram aplicados aos 28 e 52 dias após a semeadura (DAS), respectivamente. O nitrogênio foi aplicado em cobertura, sendo que a metade das doses aos 28 DAS e o restante aos 52 DAS. Em cada unidade experimental também foram aplicados aos 28 DAS, também foi aplicado 2 kg ha⁻¹ de boro, proveniente de ácido bórico.

O semeio no primeiro experimento foi realizado no dia 30 de outubro de 2009, diretamente no vaso, utilizando-se 10 sementes distribuídas equidistantemente, a uma profundidade de 0,02 m; aos 20 DAS realizou-se o desbaste, deixando-se apenas uma planta por unidade experimental, com o encerramento no início de fevereiro de 2010; no segundo experimento a implantação ocorreram no dia 16 de julho de 2010 com término no final de outubro do mesmo ano; as práticas de semeio e desbaste aconteceram similarmente ao primeiro experimento.

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 por um tubo de acesso instalado nos vasos (Figura 3).

Os valores do conteúdo do solo utilizados 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 (Adi); 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 Adi e, a partir de então, extrapolados para os outros tratamentos (55, 70 e 85%) relativos ao fator porcentagem de água disponível no solo.



Figura 3. Monitoramento da água disponível com uso da sonda segmentada de DIVINNER – 2000 e o leitor do equipamento em destaque

As irrigações foram realizadas diariamente com água oriunda de abastecimento público, cujas características se encontram na Tabela 3, sempre às 16 h, de forma manual e com auxílio de regadores utilizando-se uma proveta graduada (1L) para medição do volume aplicado.

Tabela 3. Características químicas da água da Companhia Estadual de Abastecimento Público, utilizada no experimento.

Características químicas		Valor
pH		7,47
Condutividade elétrica, (dS m ⁻¹)		0,39
mmol _c L ⁻¹	Cloreto ⁻	2,21
	Carbonato	0,00
	Bicarbonato	1,30
	Sulfato	Ausente
	Cálcio ²⁺	1,00
	Cálcio ²⁺ + Magnésio ²⁺	1,30
	Potássio ⁺	0,14
	Sódio ⁺	1,55
Relação de adsorção de sódio, (mmol L ⁻¹) ^{0,5}		1,94
*Classificação quanto ao risco de salinidade		Médio
*Classificação quanto ao risco de sodicidade		Baixo
*Segundo Richards (1954)		

3.5. Variáveis Analisadas

3.5.1 Variáveis de crescimento

Todas as variáveis de crescimento do girassol foram mensuradas aos 40 e 60 dias após a semeadura (DAS).

3.5.1.1 Altura de plantas (AP) e diâmetro caulinar (DC)

A altura de plantas foi definida mensurando-se a distância entre o colo da planta e a inserção da folha mais nova. A medição do diâmetro do caule foi feito com o auxílio de um paquímetro e as leituras efetuadas na região do colo de cada planta, a 0,05 m do solo.

3.5.1.2 Número de folhas e área foliar

Na contagem das folhas foram consideradas unicamente as que apresentaram comprimento mínimo de 0,03 m nas épocas de leitura e que estivessem sadias, isto é, fotossinteticamente ativas.

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 (cm), sendo que o somatório final das áreas por folha fornece o valor da área foliar total da planta (cm²).

3.5.2 Variáveis de floração

Para a avaliação das variáveis do girassol com potencial ornamental, levaram-se em consideração as inflorescências no estágio R5.3 (SCHNEITER e MILLER, 1981). Quando se encontravam totalmente abertas foram mensurados: o comprimento da haste, o diâmetro interno (Dic) e o externo (Dec) do capítulo (Figura 4), o número de pétalas e início do florescimento. O diâmetro foi considerado média aritmética das medidas feitas em duas posições do capítulo (horizontal e vertical).

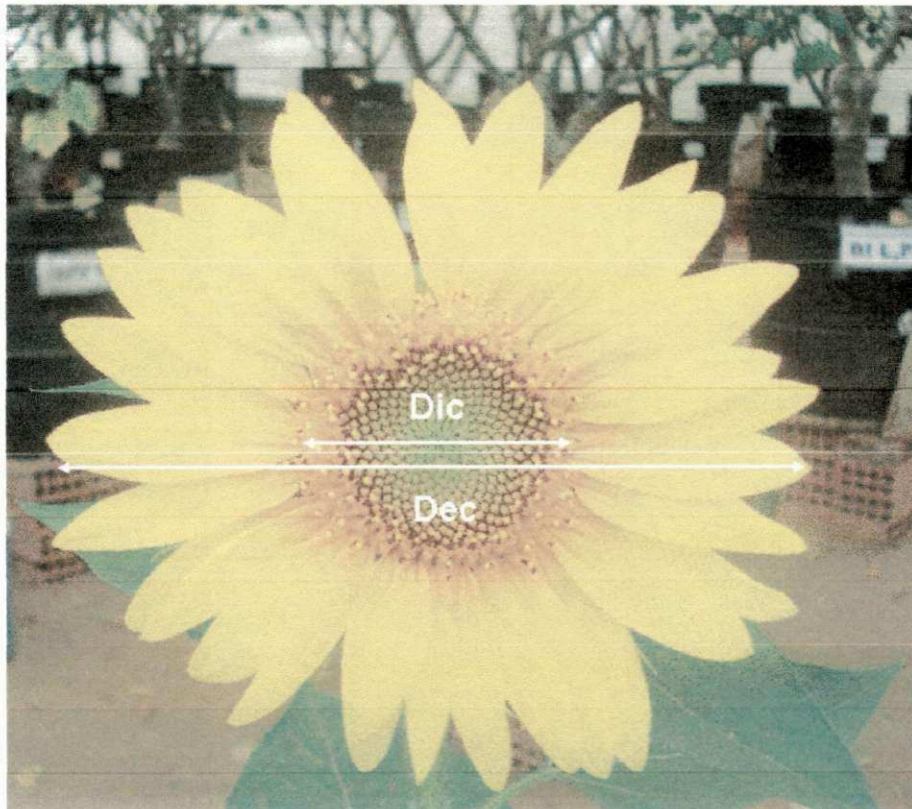


Figura 4. Designação das mensurações realizadas em girassol para fins ornamentais: diâmetro interno (Dic) e externo (Dec) do capítulo

3.5.3 Variáveis de produção

As variáveis de produção foram mensuradas por ocasião da colheita utilizando-se balança de precisão.

3.5.3.1 Fitomassa

A fitomassa fresca (peso do caule, folhas, capítulos sem os aquênios e raiz) foi obtida imediatamente após a colheita; a fitomassa seca foi obtida da mesma forma após secagem do material em estufa de circulação de ar a 60 °C.

3.5.3.2 Aquênios

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

3.5.4. Ciclo da cultura

Em referência ao ciclo da cultura, o tempo do semeio se estende, até a colheita em função dos tratamentos.

3.6. Análise estatística

Os dados obtidos foram analisados estatisticamente através de contrastes ortogonais, para verificar a existência de efeito significativo dos tratamentos aplicados. Com o software SAEG (Sistema de Análises Estatísticas e Genética), procedeu-se às análises de variância individuais para estimar o erro experimental e de regressão, escolhendo o modelo de melhor ajuste aos dados, com base no coeficiente de determinação (R^2) (EUCLYDES, 1997).



4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Crescimento

4.1.1. Altura de Plantas

O efeito da adubação NPK foi decorrente apenas da aplicação de fósforo, cujos resultados da altura de plantas submetidos à análise de regressão polinomial se ajustaram de forma significativa ($p \leq 0,01$) a uma função linear positiva, em ambos os períodos avaliados; contudo, a altura de plantas não foi influenciada estatisticamente ($p > 0,05$) pela interação NPK x irrigação, tanto nos solos quando nas épocas analisadas.

A altura de plantas foi afetada significativamente pela adubação e água disponível do solo durante todo o ciclo de crescimento (Tabela 4) quando cultivadas em Neossolo Regolítico eutrófico. As doses de fósforo aplicadas ao solo elevaram a altura de plantas do girassol, sendo as alturas máximas obtidas (82,34 e 105,84 cm) na maior dose estudada ($120 \text{ kg ha}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$) para avaliações aos 40 e 60 DAS, respectivamente.

A Figura 5 apresenta as regressões para a altura de plantas em função das doses de P_2O_5 e do conteúdo de água disponível em Neossolo Regolítico eutrófico. O manejo da água disponível proporcionou acréscimo linear da altura das plantas de girassol variedade Embrapa 122-V2000. Analisando as equações de regressão nota-se acréscimo de 22,34 e 19% entre os tratamentos extremos de reposição de água aos 40 e 60 DAS, respectivamente, evidenciando que essas plantas são susceptíveis ao déficit hídrico no solo.

Tabela 4. Resumo das análises de variância para altura de plantas (AP) do girassol (variedade Embrapa 122-V2000) aos 40 e 60 dias após a semeadura (DAS), cultivado em Neossolo Regolítico eutrófico (RRe) e Luvisolo crômico órtico (TCo) submetido à adubação com NPK e conteúdo de água disponível no solo

Fonte de variação	GL	Quadrado médio			
		RRe		TCo	
		Altura de plantas (cm)		Altura de plantas (cm)	
		40 DAS	60 DAS	40 DAS	60 DAS
Adubação (NPK)	10	411,0378**	553,619**	1217,566**	284,644**
Irrigação (I)	3	1373,102**	3614,415**	1074,617**	4099,089**
NPK x I	30	126,857 ^{ns}	168.32869 ^{ns}	131,25937 ^{ns}	73,729 ^{ns}
Resíduo	88	158,734	171,534	119,186	109,101
Total	131	-	-	-	-
CV (%)	-	16,27	13,01	11,17	10,46
N – Regressão Linear	1	547,526 ^{ns}	2,381 ^{ns}	80,504 ^{ns}	123,697 ^{ns}
N - Regressão Quadrática	1	2,851 ^{ns}	193,201 ^{ns}	52,083 ^{ns}	11,701 ^{ns}
P – Regressão Linear	1	1587,232**	1433,748**	874,666 ^{ns}	96,013 ^{ns}
P - Regressão Quadrática	1	203,363 ^{ns}	196,830 ^{ns}	3687,152**	280,333 ^{ns}
K – Regressão Linear	1	104,412 ^{ns}	620,173 ^{ns}	33,376 ^{ns}	960,800**
K - Regressão Quadrática	1	133,001 ^{ns}	418,901 ^{ns}	453,255 ^{ns}	141,453 ^{ns}
I – Regressão Linear	1	4097,047**	10303,181**	2999,041**	12188,784**
I - Regressão Quadrática	1	19,859 ^{ns}	5,646 ^{ns}	158,183 ^{ns}	14,467 ^{ns}
N - Linear x I Linear	1	447,618 ^{ns}	1,606 ^{ns}	0,300 ^{ns}	4,189 ^{ns}
P - Linear x I Linear	1	97,584 ^{ns}	62,198 ^{ns}	7,824 ^{ns}	109,203 ^{ns}
K - Linear x I Linear	1	24,111 ^{ns}	214,376 ^{ns}	91,576 ^{ns}	190,403 ^{ns}

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

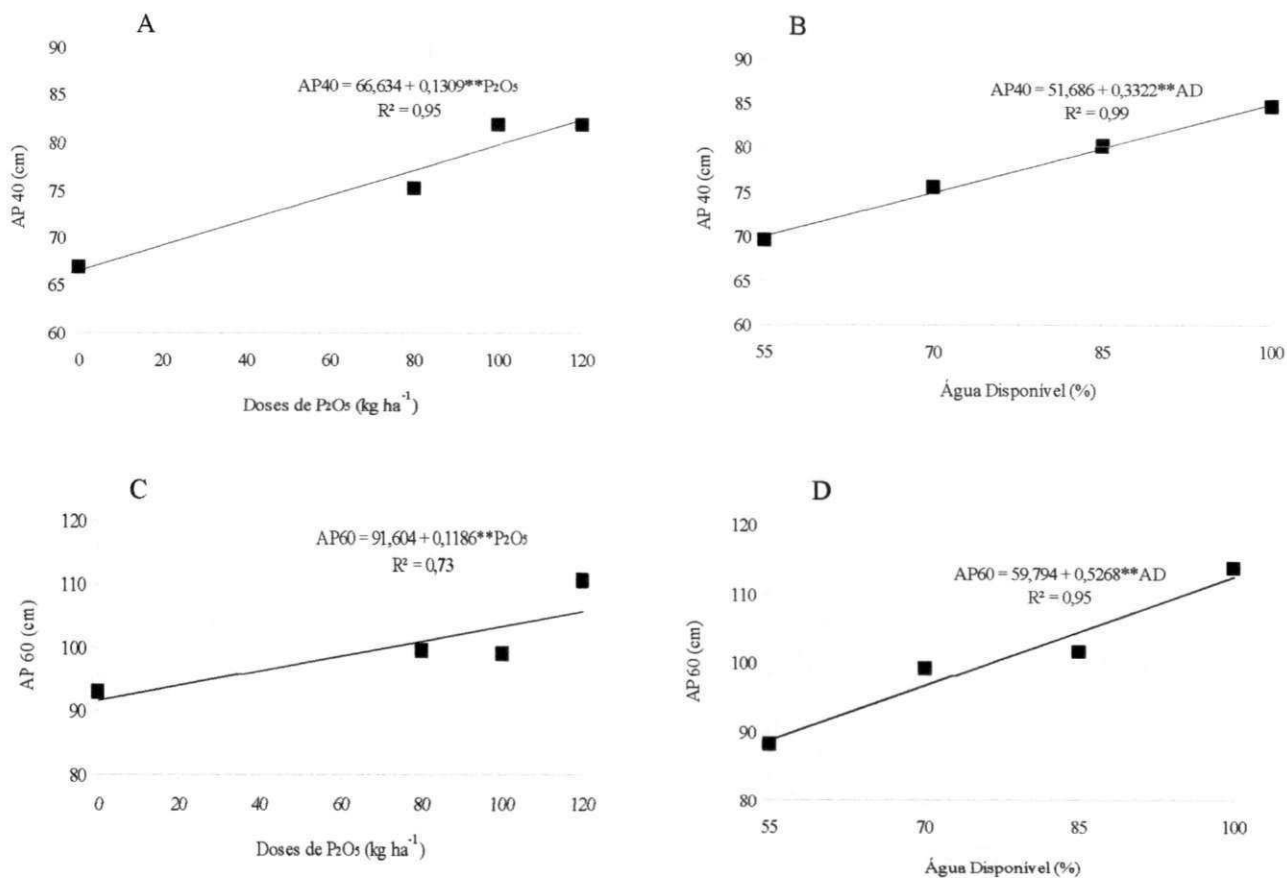


Figura 5. Altura de plantas do girassol Embrapa 122-V2000 aos 40 e 60 DAS em função das doses de P₂O₅ (A e B) e do conteúdo de água disponível (C e D) em Neossolo Regolítico eutrófico

Em cultivo em Luvisolo Crômico órtico a altura de plantas foi elevada de forma linear pelas doses de P₂O₅ e K₂O aos 40 e 60 DAS, respectivamente e água disponível aos 40 e 60 DAS, exceto para altura de plantas aos 40 DAS adubadas com P₂O₅. Para as plantas adubadas com nitrogênio não foi constatado efeito significativo ($p > 0,05$) nos períodos avaliados (Tabela 4). As doses de fósforo e potássio aplicadas ao solo elevaram a altura de plantas do girassol, sendo as alturas máximas obtidas (71,41 e 106,01 cm), tanto para o adubo fosfatado aos 40 DAS quanto para o potássico aos 60 DAS, na maior dose estudada (120 kg ha⁻¹) (Figura 6 A).

A altura das plantas de girassol variedade Embrapa 122-V2000 aumentou linearmente com a maior disponibilidade de água. Analisando as equações de regressão (Figura 6 B e D), vê-se acréscimo de 22,34 e 19% entre os tratamentos extremos de reposição de água, aos 40 e 60 DAS, respectivamente.

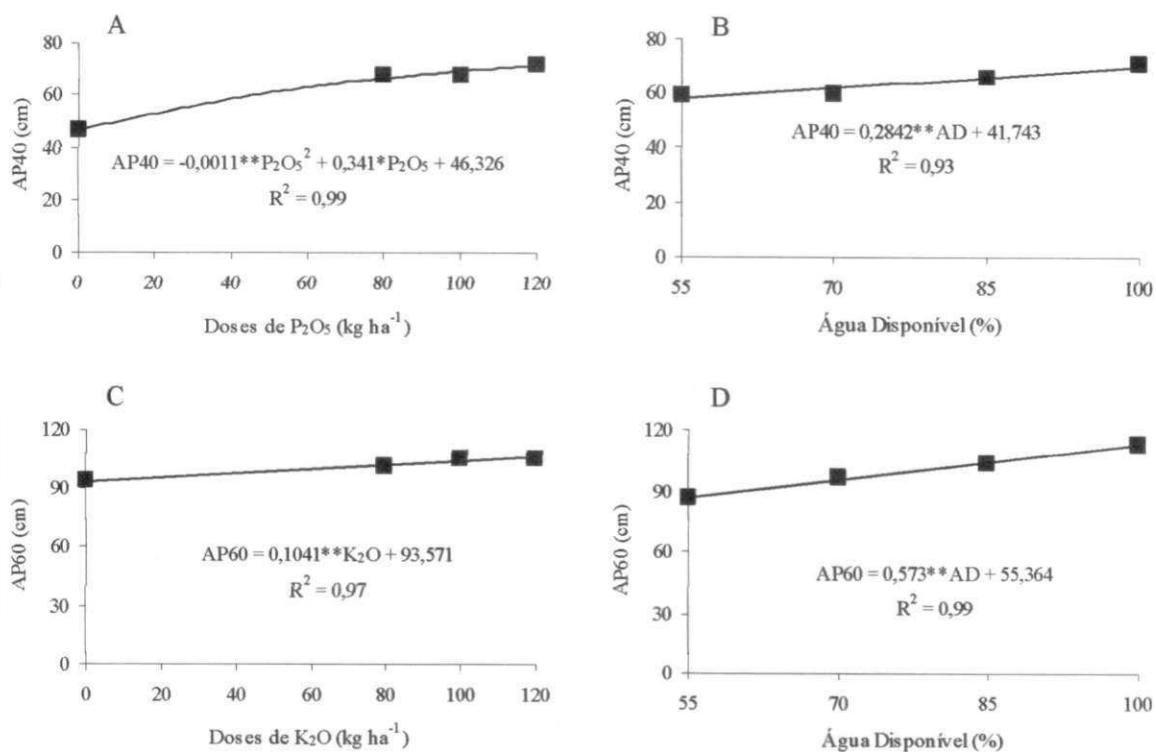


Figura 6. Altura de plantas do girassol Embrapa 122-V2000 aos 40 e 60 DAS em função das doses de P_2O_5 (A) e K_2O (C) e conteúdo de água disponível (B e D) em Luvissole Crômico órtico

Normalmente, a altura das plantas responde à adubação nitrogenada, entretanto, nos dois solos estudados não foi registrado efeito desse macronutriente quanto ao crescimento em altura. Resultado semelhante foi encontrado por Killi (2004), que, ao estudar a influência de diferentes doses de nitrogênio sobre a produtividade de girassol, não verificou disparidade entre 0 e 120 kg ha⁻¹ de N para a altura de plantas.

O crescimento das plantas de girassol com o fornecimento de fósforo também foi comentado por outros trabalhos da literatura (MURALIDHARUDU et al., 2003; MUJIRI e ARZANI, 2003; BAKHT et al., 2010a).

O potássio promoveu influência positiva no crescimento do girassol, tal como observado por Ahmad (1989) ao observar que a altura de plantas foi significativamente afetada pela aplicação de K_2O .

Similaridade na tendência do manejo de água e altura de plantas de girassol entre o presente trabalho e os dados de Gomes et al. (2012) foi observada. Os autores avaliaram o desempenho de girassol em diferentes lâminas de irrigação suplementar e

concluíram que a altura das plantas da cultivar Araguá 4 respondeu de forma linear à irrigação, em todos os estádios analisados. Ahmad et al. (2009), relataram que a altura de plantas decresce com o aumento do estresse hídrico em condições controladas.

Resultados positivos do manejo de água também foram encontrados por Tan et al. (2000) ao relatarem que a irrigação plena e limitada aplicada em diferentes fases de crescimento aumentou, de forma significativa o crescimento vegetativo do girassol, sobremaneira a altura de plantas. Aziz e Soomro (2001) revelaram que todos os componentes de crescimento e rendimento (altura de planta, dias para maturação, diâmetro do capítulo, produção de semente e teor de óleo) foram afetados significativamente por diferentes frequências de irrigação.

4.1.2 Diâmetro de Caule

Com o resumo da análise de variância (Tabela 5), constatou-se efeito significativo ($p \leq 0,01$) das doses de NPK e irrigação para as épocas de observação, sobre o diâmetro caulinar (DC) nos dois solos estudados, exceto no Luvisolo Crômico aos 60 DAS; entretanto, não foi verificado efeito estatístico da interação (adubação NPK e irrigação) sobre o DC.

Os dados de diâmetro caulinar aos 40 DAS, mesmo se ajustando ao modelo de regressão quadrática, aumentaram com as doses de nitrogênio, em que o valor máximo da variável, ou seja, 10,33 mm, foi obtido na maior dose de nitrogênio (100 kg ha^{-1}). Para os dados de 60 DAS foi detectado ajuste linear crescente com o aumento das doses de N proporcionando, assim, uma superioridade de 29,05% do tratamento 100 kg ha^{-1} em relação ao controle (Figura 7A e C).

O aumento das doses de K_2O promoveu crescimento do diâmetro do caule aos 60 DAS, observando-se o maior valor da variável em apreço na dose 120 kg ha^{-1} (Figura 7D).

Semelhante ao observado para a altura de plantas, a água disponível afetou estatisticamente o diâmetro caulinar de forma linear, resultando em maiores valores da variável nos tratamentos de 100% de água disponível (Figura 7B e E).



Tabela 5. Resumo das análises de variância para diâmetro caulinar (DC) do girassol (variedade Embrapa122-V2000) aos 40 e 60 dias após a semeadura (DAS), cultivado em Neossolo Regolítico eutrófico (RRe) e Luvisolo Crômico órtico (TCo) submetido à adubação com NPK e conteúdo de água disponível no solo

Fonte de variação	GL	Quadrado médio			
		RRe		TCo	
		Diâmetro de caule (mm)		Diâmetro de caule (mm)	
		40 DAS	60 DAS	40 DAS	60 DAS
Adubação (NPK)	10	3,139**	6,364**	6,373**	1,621 ^{ns}
Irrigação (I)	3	23,958**	28,759**	39,011**	64,726**
NPK x I	30	1,001 ^{ns}	1,128 ^{ns}	2,009 ^{ns}	0,927 ^{ns}
Resíduo	88	1,557	1,637	1,510	0,956
Total	131	-	-	-	-
CV (%)	-	13,39	13,15	11,48	8,57
N – Regressão Linear	1	6,080 ^{ns}	21,301**	0,165 ^{ns}	3,978 *
N - Regressão Quadrática	1	6,750*	3,685 ^{ns}	2,851 ^{ns}	0,500 ^{ns}
P – Regressão Linear	1	1,261 ^{ns}	1,066 ^{ns}	35,113**	0,793 ^{ns}
P - Regressão Quadrática	1	1,267 ^{ns}	0,241 ^{ns}	0,653 ^{ns}	0,020 ^{ns}
K – Regressão Linear	1	0,384 ^{ns}	1,232 ^{ns}	0,0006 ^{ns}	0,126 ^{ns}
K - Regressão Quadrática	1	5,467 ^{ns}	6,750*	0,140 ^{ns}	0,725 ^{ns}
I – Regressão Linear	1	70,037**	85,896**	112,592**	189,765 **
I - Regressão Quadrática	1	1,401 ^{ns}	0,360 ^{ns}	1,401 ^{ns}	0,967 ^{ns}
N - Linear x I Linear	1	0,120 ^{ns}	1,287 ^{ns}	2,493 ^{ns}	0,015 ^{ns}
P - Linear x I Linear	1	0,050 ^{ns}	1,952 ^{ns}	3,101 ^{ns}	1,333 ^{ns}
K - Linear x I Linear	1	0,061 ^{ns}	0,874 ^{ns}	0,141 ^{ns}	0,027 ^{ns}

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

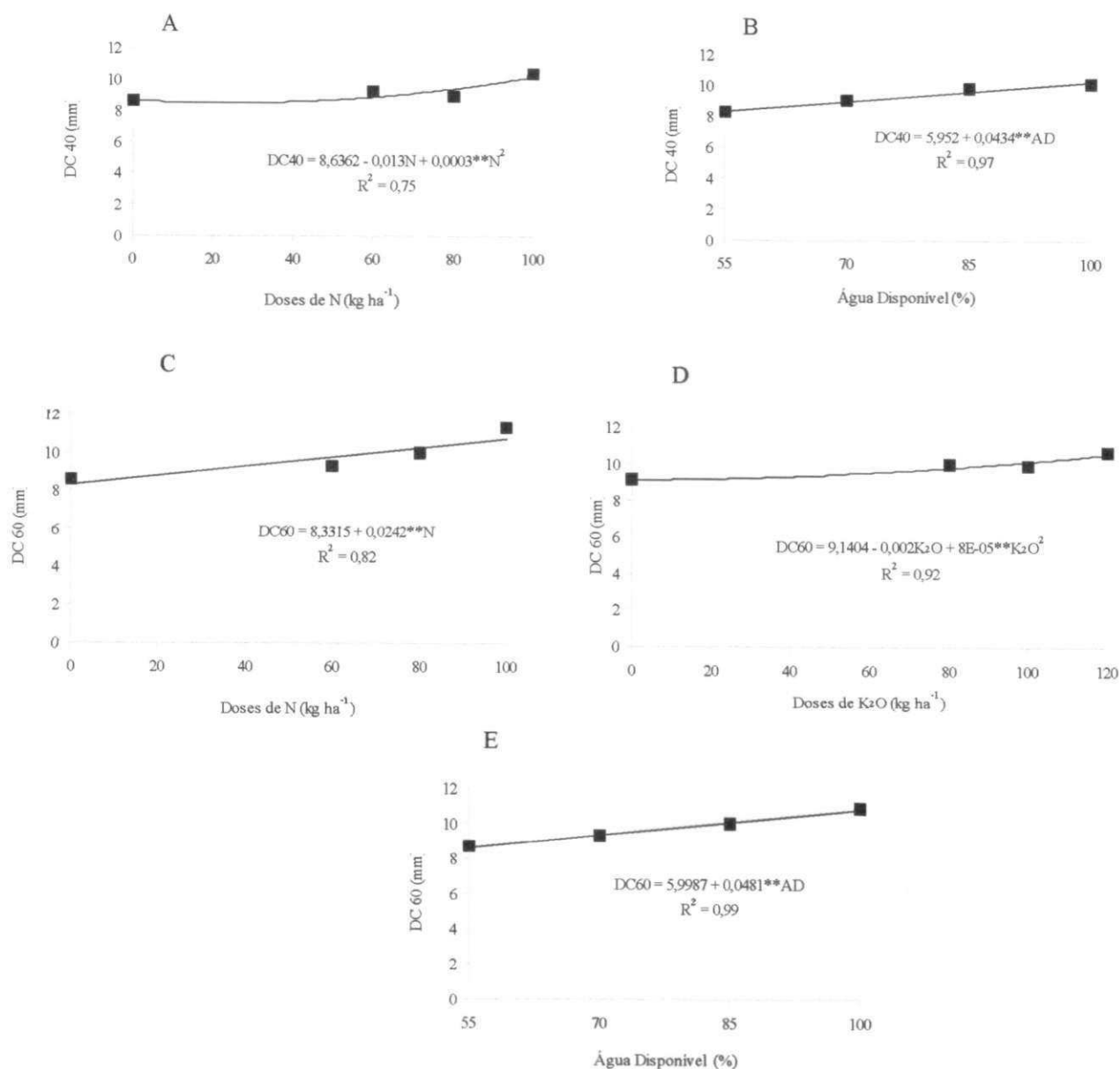


Figura 7. Diâmetro caulinar do girassol Embrapa 122-V2000 aos 40 e 60 DAS em função das doses de N (A e C) e K₂O (D) e do conteúdo de água disponível (B e E) em Neossolo Regolítico eutrófico

O diâmetro caulinar em Luvissole foi afetado estatisticamente pelas doses de fósforo (40 DAS) e nitrogênio (60 DAS) (Tabela 5). Em relação ao regime hídrico, o diâmetro caulinar aumentou nos períodos avaliados, com o incremento da água disponível no solo.

Os dados de diâmetro caulinar aos 40 DAS aumentaram com as doses de fósforo, elevação que resultou numa superioridade de 24,86% da maior dose de P₂O₅ (120

kg ha⁻¹) em comparação com o tratamento controle (Figura 8A). Para os tratamentos fertilizados aos 60 DAS foi detectado ajuste linear crescente com o aumento doses de N, proporcionando uma superioridade de 24,69% do tratamento 100 kg ha⁻¹ em relação ao controle (Figura 8C).

A água disponível afetou estatisticamente o diâmetro caulinar de forma linear, sendo verificados os maiores valores da variável (11,94 e 13,02 mm) nos tratamentos de 100% de água disponível, nos dois períodos de avaliação (40 e 60 DAS), respectivamente (Figura 8B e D).

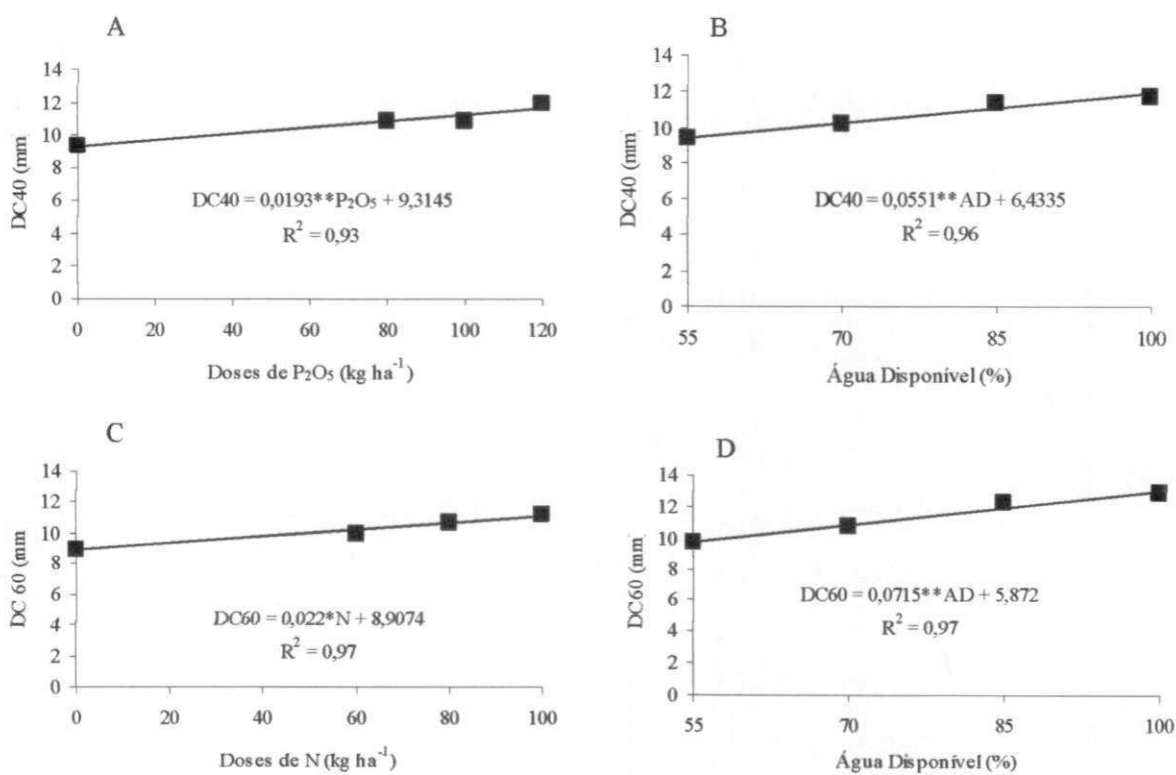


Figura 8. Diâmetro caulinar do girassol Embrapa 122-V2000 aos 40 e 60 DAS em função das doses de P₂O₅ (A), N (C) e do conteúdo de água disponível (B e D) em Luvissole Crômico órtico

O aumento do diâmetro do caule do girassol cultivado em vaso, como observado neste estudo, foi relatado por Abbadi et al. (2008a) e Abbadi e Gerendás (2011), em função da adubação nitrogenada e fosfatada, respectivamente.

Resultados semelhantes do efeito do N e da água disponível sobre o diâmetro do caule do girassol foram obtidos por Khaliq e Cheema (2005). Segundo o autor,

o diâmetro caulinar aumentou tanto em função das doses de nitrogênio quanto pelo volume de água disponível no solo, mesmo que de forma isolada.

Os resultados do regime hídrico são semelhantes aos obtidos por Gomes et al. (2012), em estudo sobre o efeito da irrigação suplementar em condições de campo. Baseado nesses autores, o diâmetro do caule, que é uma característica morfológica importante que atua na resistência ao acamamento, aumentou em todos os estádios analisados, tendo-se verificado maior incremento até os 62 DAS.

Outros estudos também têm constatado redução do diâmetro do caule em resposta ao déficit hídrico, a exemplo de Nemazi et al. (2008), em estudo sobre o efeito do estresse hídrico e desfolha do girassol em condições controladas. Baseado nos autores, uma redução no teor de água no solo a 60 e 30% da capacidade de campo resultou numa diminuição de 20 e 46% do diâmetro do caule em relação ao controle, respectivamente. De acordo com Molze e Klepper (1973) um dos efeitos de baixa disponibilidade de água é a redução do diâmetro do caule devido ao menor crescimento do raio do caule para cultivo de girassol em vaso.

4.1.3 Número de Folhas

No experimento com Neossolo Regolítico eutrófico o número de folhas foi afetado pelas doses de nitrogênio, fósforo, potássio e água disponível no solo (Tabela 6).

Uma relação linear entre número de folhas e nitrogênio aos 60 DAS, água disponível e fósforo, tal como, também, uma relação polinomial entre número de folhas e nitrogênio e potássio aos 60 DAS, representa uma contribuição das fontes de variação para a variável supracitada.

O número de folhas do girassol Embrapa 122-V2000 aumentou em função da quantidade de adubo nitrogenado fornecido porém para os valores de 40 DAS esse ajuste foi representado por uma regressão quadrática. Observa-se que o aumento da dose resultou no aumento do número de folhas, em que o incremento máximo (16 folhas) foi estimado na dose de 67,95 kg ha⁻¹ de N. A partir do ponto de máxima existe tendência de redução no número final de folhas (Figura 9A).

O conteúdo de água disponível contribuiu de forma significativa para o aumento do número de folhas aos 40 DAS (Figura 9B). Esta elevação ocorreu numa taxa

de 0,0768 por unidade de água disponível, resultando num número máximo de folhas de 18 unidades, obtido no valor de 100% de água disponível.

Assim como o número de folhas aos 60 DAS nos tratamentos com nitrogênio, as doses de P_2O_5 elevaram a variável no mesmo período de avaliação. A adição de fósforo resultou num número máximo de folhas de 15 unidades, valor obtido na dose de 120 kg ha^{-1} de P_2O_5 (Figura 9C).

O potássio interferiu significativamente no número de folhas, aos 60 DAS. O aumento das doses de K_2O elevou o número de folhas do girassol Embrapa 122-V2000 até a dose estimada de $78,6 \text{ kg ha}^{-1}$ de K_2O , proporcionando o número de folhas máximo de 15 unidades.

Tabela 6. Resumo das análises de variância para número de folhas (NF) do girassol (variedade Embrapa 122-V2000) aos 40 e 60 dias após a semeadura (DAS), cultivado em Neossolo Regolítico eutrófico (RRe) e Luvisolo Crômico órtico (TCo) submetido a adubação com NPK e conteúdo de água disponível no solo

Fonte de variação	GL	Quadrado médio			
		RRe		TCo	
		Número de folhas (NF)		Número de folhas (NF)	
		40 DAS	60 DAS	40 DAS	60 DAS
Adubação (NPK)	10	18,568**	63,174**	17,739**	39,096**
Irrigação (I)	3	74,202**	10,636 ^{ns}	103,292**	32,573**
NPK x I	30	7,974 ^{ns}	10,430 ^{ns}	5,004 ^{ns}	10,456 ^{ns}
Resíduo	88	5,863	8,075	5,787	6,969
Total	131	-	-	-	-
CV (%)	-	14,58	21,01	13,78	14,47
N - Regressão Linear	1	1,837 ^{ns}	152,004**	0,0375 ^{ns}	4,150 ^{ns}
N - Regressão Quadrática	1	17,520*	0,521 ^{ns}	2,5208 ^{ns}	0,333 ^{ns}
P - Regressão Linear	1	0,704 ^{ns}	34,504*	2,400 ^{ns}	9,600 ^{ns}
P - Regressão Quadrático	1	11,021 ^{ns}	4,687 ^{ns}	16,333 ^{ns}	40,333*
K - Regressão Linear	1	9,204 ^{ns}	26,666 ^{ns}	0,337 ^{ns}	29,400*
K - Regressão Quadrática	1	0,187 ^{ns}	40,333*	2,520 ^{ns}	10,083 ^{ns}
I - Regressão Linear	1	218,787**	19,006 ^{ns}	306,818**	37,346*
I - Regressão Quadrática	1	2,454 ^{ns}	10,939 ^{ns}	2,454 ^{ns}	54,734**
N - Linear x I Linear	1	10,267 ^{ns}	2,167 ^{ns}	1,140 ^{ns}	4,083 ^{ns}
P - Linear x I Linear	1	3,521 ^{ns}	18,007 ^{ns}	34,003*	36,750**
K - Linear x I Linear	1	16,100 ^{ns}	41,070*	17,520 ^{ns}	27,603**

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

UFCC - BIBLIOTECA

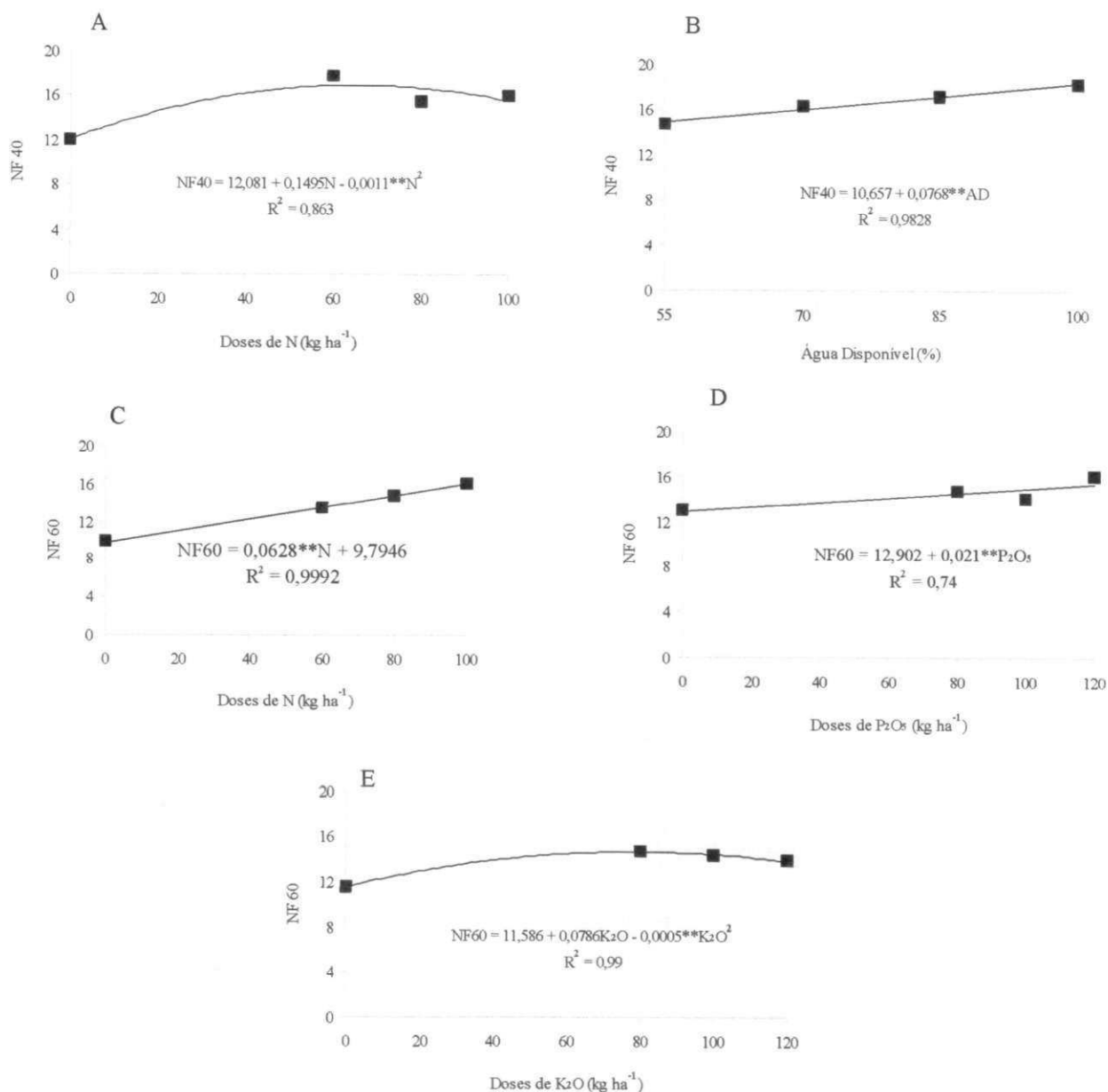


Figura 9. Número de folhas (NF) do girassol variedade Embrapa 122-V2000 aos 40 e 60 DAS em função da adubação com N (A e C), P₂O₅ (D) e K₂O (E) e do conteúdo de água disponível (B) em Neossolo Regolítico eutrófico

A interação doses de fósforo vs conteúdo de água disponível do solo e doses de potássio vs conteúdo de água disponível do Luvisolo Crômico órtico, influenciaram estatisticamente o número de folhas do girassol aos 40, 60 e 60 DAS, respectivamente (Tabela 6).

Em todos os tratamentos de água disponível o número de folhas do girassol Embrapa 122-V2000 aos 40 DAS, aumentou em função da quantidade de adubo fosfatado

adicionado; todavia, apenas nas parcelas com 85% Adi, esta tendência foi linearmente crescente. O maior número de folhas (20,81 unidades) foi obtido na dose de 80 kg ha⁻¹ de P₂O₅ sob manejo de irrigação de 100% AD. Foi observado, ainda, que na dose de 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅, quanto menor o volume de água no substrato menor o número de folhas do girassol (Figura 10A).

Para os dados aos 60 DAS a interação doses de P₂O₅ x água disponível (Figura 10B) e doses de K₂O x água disponível (Figura 10C) afetou o número de folhas do girassol. Tanto para adubação fosfatada quanto potássica, os tratamentos com 85 e 100 da Adi, não se ajustaram a nenhum modelo de regressão, apresentando valores médios de 19,83, 17,92 para P₂O₅ e 21,42 e 18,08 para K₂O, respectivamente. Em relação aos menores conteúdos de água disponível estudados (55 e 70% Adi), nas duas condições de adubação, os dados se ajustaram ao modelo de regressão quadrática e os valores número de folhas máximo (18,98; 20,40; 19,40 e 23,31 unidades) foram obtidos nas doses máximas estimadas de 89,71 e 83,88 kg ha⁻¹ P₂O₅ e 41 e 46,36 kg ha⁻¹ K₂O, respectivamente.

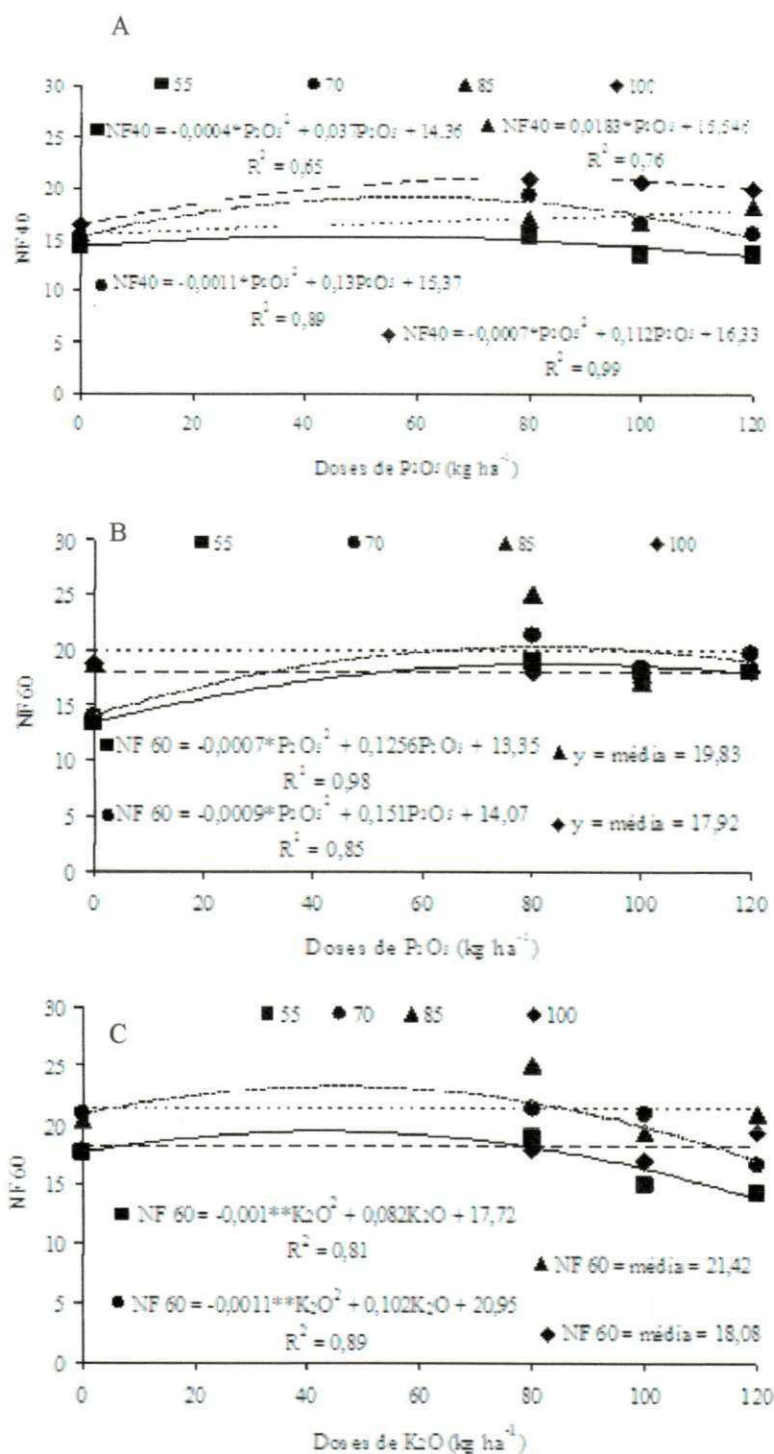


Figura 10. Número de folhas (NF) do girassol variedade Embrapa 122-V2000 em função da interação da adubação fosfatada e conteúdo de água disponível aos 40 (A) e 60 DAS (B) e adubação potássica e conteúdo de água disponível aos 60 DAS (C) em Luvisolo Crômico órtico

Mesmo não ocorrendo efeito estatístico das doses de fósforo, Alves et al. (2010), verificaram redução em 30,33% no número de folhas nos tratamentos sem

adubação em comparação aos 90 kg ha⁻¹ de P₂O₅, apresentando similaridade com os dados dessa pesquisa.

O número de folhas é uma variável diretamente afetada pelo volume de água no solo, fato justificado por alguns autores (GHOLINEZHAD et al., 2011; THAKURIA et al., 2004; BAKHT et al., 2010b).

A sensibilidade do crescimento das plantas para adubação nitrogenada é de grande importância na agricultura. Por exemplo, a privação de nitrogênio reduz a produção de folhas, área foliar individual e área foliar total (TOTH et al., 2002; CECHIN e FUMIS, 2004), resultando em uma área reduzida de interceptação de luz para fotossíntese.

Trapani et al. (1999) mostraram que o tamanho da folha é muito sensível para o fornecimento de nitrogênio, fato também constatado por Fagundes et al. (2007), Oyinola et al. (2010) e Carelli et al. (1996) apenas para cultivo de girassol em vaso, somente em campo e nas duas condições, respectivamente. O tamanho da folha é, em grande parte, resultado da divisão e expansão celular; no entanto, Roggatz et al. (1999) demonstraram que o efeito da deficiência de nitrogênio depende do estado de desenvolvimento da folha e de quando é imposto o estresse por nitrogênio. Vale salientar que este fenômeno pode estar associado ao filocrono, que é uma variável importante de desenvolvimento vegetal pois se refere à velocidade de emissão de folhas nas plantas, as quais são responsáveis pela interceptação e absorção da radiação solar, situação relatada para a cultura do girassol por Carrelli et al. (1996), Villalobos et al. (1996), Fagundes et al. (2007) e Gholinezhad et al. (2011).

Em pesquisa realizada no município de Bahawalpur, Paquistão, com a cultura do girassol submetida a adubação com NPK, Nawaz et al. (2003), verificaram que o maior número de folhas por planta foi obtido no tratamento de 120-90-60 referente ao nitrogênio, fósforo e potássio, respectivamente.

O efeito depauperante do estresse hídrico sobre a taxa de aparecimento de folhas de girassol também foi registrado por Gholinezhad et al. (2011). Segundo os autores, o máximo e o mínimo de taxa de aparecimento foliar foram obtidos com irrigação adequada e estresse hídrico severo, respectivamente.

4.1.4 Área Foliar

Constatou-se, com base no o resumo da análise de variância (Tabela 7), efeito significativo ($p \leq 0,01$) das doses de adubação (NPK), tal como o conteúdo de água disponível no solo para as épocas 40 e 60 dias, sobre a área foliar (AF). Em relação à interação das fontes de variação, apenas sob condições de Neossolo Regolítico eutrófico aos 60 DAS foi significativa ($p \leq 0,01$); entretanto, não foi registrada, após desdobramento, significância estatística ($p > 0,05$).

De forma linear crescente, os dados de área foliar se ajustaram em relação às doses de nitrogênio nos dois períodos de avaliação da cultura; desta forma, a variável em questão aumentou com a elevação das doses de nitrogênio; nos tratamentos com adição de 100 kg ha^{-1} de N os dados foram 81,68 e 32,16% superiores quando comparados aos tratamento controle (0 kg ha^{-1} de N), para as plantas avaliadas aos 40 e 60 DAS, respectivamente (Figura 11A e D).

Para as doses de potássio, mesmo existindo incremento da área foliar, nos tratamentos avaliados aos 60 DAS, os dados se ajustaram ao modelo de regressão quadrático; em ambos os períodos analisados os maiores valores, $1286,68 \text{ cm}^2$ aos 40 DAS e 1181 cm^2 aos 60 DAS, de área foliar, foram registrados na dose de 120 kg ha^{-1} (Figura 11B e E).

Similar ao nitrogênio, o conteúdo de água disponível elevou a área foliar do girassol seguindo um modelo linear crescente (Figura 8 C e F); as plantas estressadas hidricamente apresentaram uma área foliar menor, tanto aos 40 DAS ($670,54 \text{ cm}^2$) quanto aos 60 DAS ($495,65 \text{ cm}^2$); contudo, os maiores valores da área foliar, foram encontrados, em ambos os períodos de avaliação, nos tratamentos de 100% de água disponível.

Tabela 7. Resumo das análises de variância para área foliar (AF) do girassol (variedade Embrapa 122-V2000) aos 40 e 60 dias após a semeadura (DAS), cultivado em Neossolo Regolítico eutrófico (RRe) e Luvisolo Crômico órtico (TCo) submetido à adubação com NPK e conteúdo de água disponível no solo

Fonte de variação	GL	Quadrado médio			
		RRe		TCo	
		Área foliar (cm ²)		Área foliar (cm ²)	
		40 DAS	60 DAS	40 DAS	60 DAS
Adubação (NPK)	10	488848,863**	1540297,07**	185572,53**	284202,6**
Irrigação (I)	3	2882696,998**	2413636,79**	164600,92**	215584,0**
NPK x I	30	111427,795 ^{ns}	166659,09**	152123,03 ^{ns}	2071576,7 ^{ns}
Resíduo	88	130173,03	85867,53	160614,01	22136157
Total	131	-	-	-	-
CV (%)	-	15,10	16,02	17,10	18,70
N – Regressão Linear	1	883788,112*	6356876,246**	20681,18 ^{ns}	10159,08 ^{ns}
N - Regressão Quadrática	1	166279,805 ^{ns}	345821,301*	1620,37 ^{ns}	6138,93 ^{ns}
P – Regressão Linear	1	18541,270 ^{ns}	818,086 ^{ns}	21091,12 ^{ns}	11163,99 ^{ns}
P - Regressão Quadrático	1	25889,416 ^{ns}	251043,829 ^{ns}	8478,57 ^{ns}	118138,56 ^{ns}
K – Regressão Linear	1	1133128,068**	1820303,207**	138627,09 ^{ns}	252336,47 ^{ns}
K - Regressão Quadrática	1	1043174,057**	10633,965 ^{ns}	613753,92**	606012,27**
I – Regressão Linear	1	8628354,034**	7220122,331**	137274,10 ^{ns}	138340,10 ^{ns}
I - Regressão Quadrática	1	10471,751 ^{ns}	3485,934 ^{ns}	150103,58**	861915,63**
N – Linear x I Linear	1	225301,461 ^{ns}	761315,432 ^{ns}	7824,48 ^{ns}	56876,65 ^{ns}
P – Linear x I Linear	1	83291,308 ^{ns}	621182,890 ^{ns}	15732,64 ^{ns}	178750,22 ^{ns}
K – Linear x I Linear	1	514866,838 ^{ns}	810894,042 ^{ns}	99117,26 ^{ns}	263225,01 ^{ns}

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

coeficiente de variação

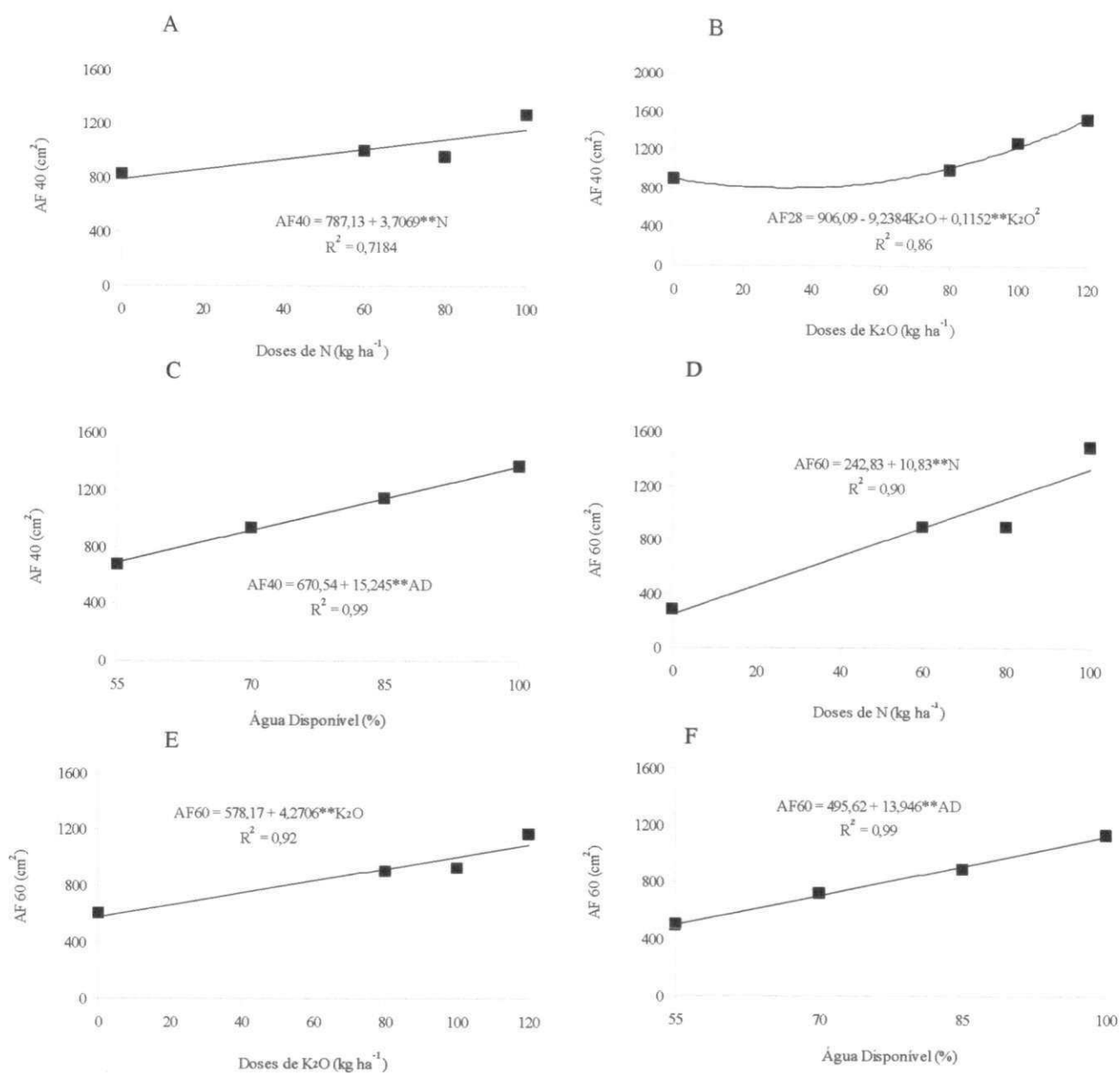


Figura 11. Área foliar (AF) do girassol variedade Embrapa 122-V2000 aos 40 e 60 DAS em função da adubação com N (A e D), P₂O₅ (B) e K₂O (E) e conteúdo de água disponível (C) em Neossolo Regolítico eutrófico

De forma polinomial os dados de área foliar se ajustaram, em relação às doses de potássio, tanto aos 40 quanto aos 60 DAS; desta forma, a variável mencionada aumentou com o crescimento das doses de K₂O até as doses estimadas de 71,26 e 72,61 kg ha⁻¹, respectivamente (Figura 12 A e C).

As plantas sob estresse hídrico (55% Adi) apresentaram área foliar, menor nas duas datas avaliadas e, com isto, os maiores valores da área foliar encontrados foram 83,65 e 82,60 %, aos 40 e 60 DAS, respectivamente (Figura 12 B e D).

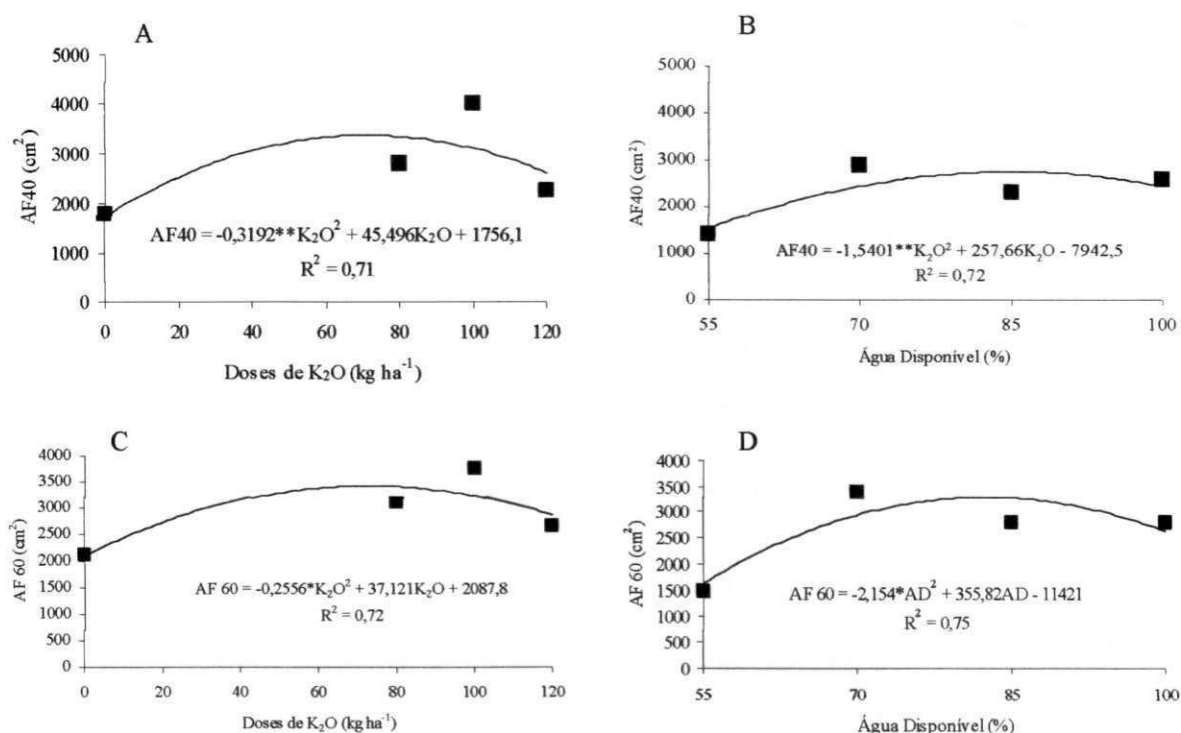


Figura 12. Área foliar (AF) do girassol variedade Embrapa 122-V2000 aos 40 e 60 DAS em função da adubação com K₂O (A e C) e conteúdo de água disponível (B e D) em Luvissole Crômico órtico

Os resultados desta pesquisa corroboram com os apresentados por Ayub et al. (1999) pois, em sua investigação, a área foliar do girassol máxima foi obtida na dose de 100 kg ha⁻¹ de sulfato de potássio.

Vários trabalhos encontrados na literatura fazem referência ao efeito negativo do estresse hídrico sobre a área foliar do girassol, a exemplo de Tan et al. (2000), Berbea e Petcu (2000), Petcu et al. (2001a), Thakuria et al. (2004) e Bakht et al. (2010b). Em todas as pesquisas, quer seja sob condições de vaso ou em cultivo de campo, a área foliar do girassol decresceu nos tratamentos com menor conteúdo de água disponível, cujos resultados estão compatíveis com os relatados por Tahir et al. (2002), ao afirmarem que plantas de girassol sob estresse hídrico apresentaram redução de 25,56% da área foliar quando comparado com a dos tratamentos de 100% da água disponível.

Naim e Ahmed (2010a) apontaram que o estresse hídrico diminui a fotossíntese devido ao fechamento dos estômatos.

Os dados de área foliar submetidos à adubação nitrogenada estão de acordo com os relatados por Ali et al. (2004), Cechin e Fumis (2004), De Giorgio et al. (2007) e Bakht et al. (2010a). Murad et al. (2000) concluíram que o nível crescente de N até 150 kg ha⁻¹ aumentou a área foliar mas não foi afetado significativamente pelas doses de P.

A redução no resultado da biomassa vegetal em área diminui a eficiência do uso da radiação e atividades fotossintéticas reduzindo, finalmente, assimilação de fotossintatos (GERM et al., 2005).

As plantas sob Luvisolo Crômico órtico apresentaram maior crescimento quando comparadas com o cultivo de Neossolo Regolítico eutrófico, tanto em relação à adubação NPK quanto no conteúdo de água disponível no solo. Como os dois experimentos foram realizados em períodos distintos, fatores climatológicos (temperatura, umidade relativa, radiação solar, etc.) e edáficos, proporcionaram o surgimento de valores superiores.

4.1.2 Floração

4.1.2.1 Comprimento da Haste

Para o comprimento da haste foi registrado efeito significativo em relação às doses de P₂O₅ e ao conteúdo de água disponível. O comprimento da haste sofreu no luvisolo efeito estatístico isoladamente das doses de K₂O e conteúdo de água disponível (Tabela 8).

As curvas de regressão para o efeito das doses de P e água disponível para o solo Neossolo Regolítico eutrófico e para o Luvisolo Crômico órtico, são apresentadas nas Figuras 9 e 10; enfim, todas as curvas se ajustaram a uma regressão linear positiva.

O fornecimento de fósforo em função das doses estudadas, contribuiu para o aumento do comprimento da haste do girassol verificando-se, como melhor tratamento no Neossolo Regolítico eutrófico a dose de 120 kg ha⁻¹, resultando no maior comprimento da haste de 108,9 cm (Figura 13A). Resultados semelhantes obtiveram Muralidharudu et al. (2003), os quais concluíram que, em geral, a aplicação de fósforo resulta no crescimento em

altura do girassol. Entretanto divergem dos encontrados por Fagundes et al. (2007) ao afirmarem que a altura final das plantas foi influenciada em relação às doses de N.

Tabela 8. Resumo da ANOVA para comprimento da haste (CH) do girassol (variedade Embrapa122-V2000) aos 40 e 60 dias após a semeadura (DAS), cultivado em Neossolo Regolítico eutrófico (RRe) e Luvisolo Crômico órtico (TCo) submetido à adubação com NPK e conteúdo de água disponível no solo

Fontes de variação	GL	Quadrado médio	
		Comprimento da haste (cm)	
		RRe	TCo
Adubação (NPK)	10	604,718**	467,017**
Irrigação (I)	3	3620,941**	3615,087**
NPK x I	30	214,681 ^{ns}	194,480*
Resíduo	88	235,767	120,636
Total	131	-	-
CV (%)	-	15,17	11,39
N - Regressão Linear	1	358,437 ^{ns}	95,350 ^{ns}
N - Regressão Quadrática	1	8,250 ^{ns}	75,751 ^{ns}
P - Regressão Linear	1	1538,240**	125,047 ^{ns}
P - Regressão Quadrática	1	377,440 ^{ns}	272,396 ^{ns}
K - Regressão Linear	1	553,280 ^{ns}	1144,066**
K - Regressão Quadrática	1	442,867 ^{ns}	40,333 ^{ns}
I - Regressão Linear	1	10657,825**	10489,812**
I - Regressão Quadrática	1	48,484 ^{ns}	294,294 ^{ns}
N - Linear x I Linear	1	65,660 ^{ns}	124,485 ^{ns}
P - Linear x I Linear	1	1,442 ^{ns}	3,489 ^{ns}
K - Linear x I Linear	1	259,284 ^{ns}	93,856 ^{ns}

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

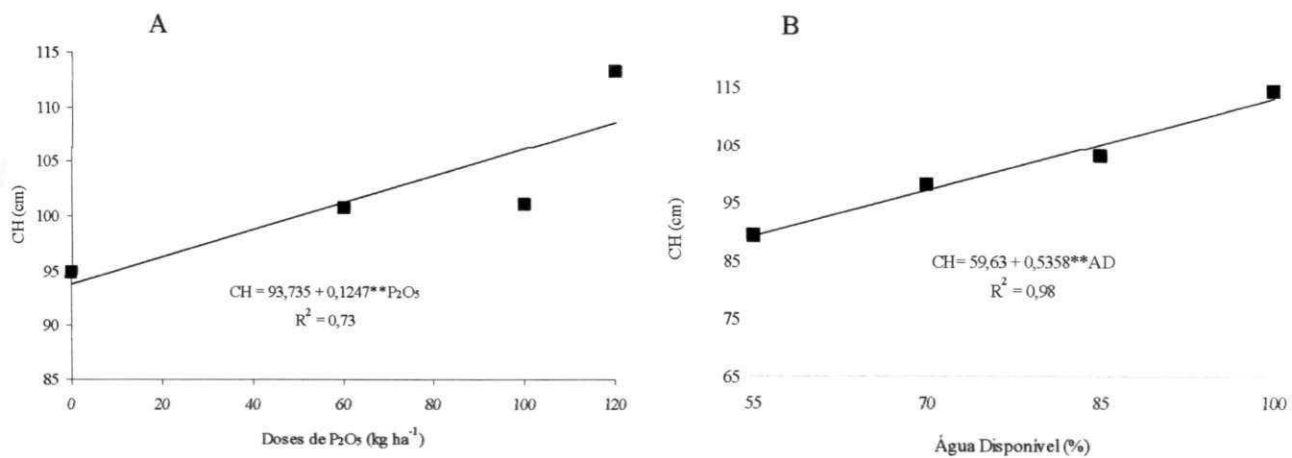


Figura 13. Comprimento da Haste (CH) de plantas de girassol Embrapa 122-V2000 em função das doses P_2O_5 (A) e do conteúdo de água disponível (B) em Neossolo Regolítico eutrófico

A adição de potássio proporcionou aumento do comprimento da haste do girassol, de forma que o melhor tratamento, a dose de 120 kg ha^{-1} , resultou no maior comprimento da haste de $104,94 \text{ cm}$ (Figura 14A).

Nos tratamentos de maior estresse hídrico (55 e 70% Adi), observam-se menores valores da variável e, comparativamente às plantas dos tratamentos de maior Adi, foram 89,85% inferiores (Figura 14B). O aumento no conteúdo de água disponível no solo (Adi) promoveu maior comprimento da haste, sendo este crescimento de $0,5316 \text{ cm}$ por incremento unitário de água disponível. Nos tratamentos de maior estresse hídrico, observam-se menores valores da variável e em comparação com as plantas dos tratamentos de maior Adi, foram 28,31% inferiores (Figura 14B). Estes resultados corroboram com os obtidos por Soleimanzadeh et al. (2010) ao afirmarem que a altura final das plantas foi influenciada em relação às doses de K_2O . Estes resultados estão de acordo com Aziz e Soomro (2001) ao encontrarem que os componentes de crescimento e rendimento foram afetados significativamente por diferentes frequências de irrigação, fato também relatado por Tan et al. (2000).

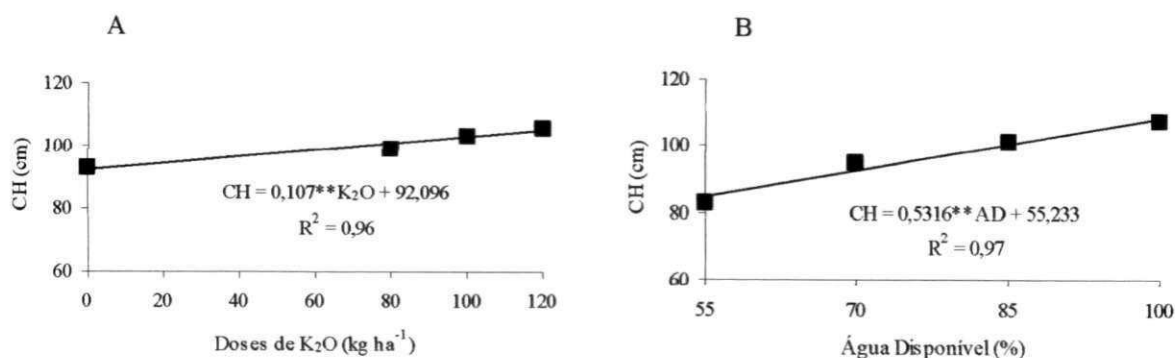


Figura 14. Comprimento da Haste (CH) de plantas de girassol Embrapa 122-V2000 em função das doses K₂O (A) e da reposição de água baseado na água disponível (B) em Luvissole Crômico órtico

A definição de uma altura padrão para a comercialização do girassol ornamental em vasos é tarefa difícil, por ser uma variável subjetiva, dependendo muito da preferência do consumidor. Entretanto, as plantas encontradas em comercialização no mercado apresentam, em média, 25 a 30 cm de altura. Assim e de acordo com Neves et al. (2005), uma alternativa para plantas de elevada altura seria sua utilização para comercialização como flores de corte, fato verificado no presente estudo.

4.1.2.2 Diâmetro externo e interno do capítulo

Conforme resumo das análises de variância (Tabela 9) observa-se resposta linear do conteúdo de água disponível no solo sobre o diâmetro externo do capítulo e doses de N sobre o diâmetro interno do capítulo (Figura 15); notam-se acréscimos de 0,074% do DCE e 0,032% para o DCi por aumento unitário da reposição hídrica (%), ou seja, incremento de 23,58 e 24,43%, respectivamente em relação aos extremos de conteúdo de água disponível, constatando-se os maiores valores (17,63 e 7,42 cm). Esses resultados evidenciam que, no local onde serão produzidos os aquênios (DCi), o estresse hídrico é mais prejudicial quando comparado com o da produção de pétalas. Para os tratamentos de diâmetro interno do capítulo que receberam adubação nitrogenada, os maiores valores (7,43 cm) foram obtidos na dose de 100 kg ha⁻¹ de nitrogênio. No diâmetro interno do capítulo, mesmo apresentando superioridade na dose de 100 kg ha⁻¹, comparativamente à dose de 60 kg de N ha⁻¹, este incremento foi de apenas 7,89%.

Tabela 9. Resumo das análises de variância para diâmetro externo do capítulo (DEC), diâmetro interno do capítulo (DIC) e número de pétalas (NDP) de flores do girassol (variedade Embrapa 122-V2000) cultivado em Neossolo Regolítico eutrófico (RRe) submetido à adubação com NPK e conteúdo de água disponível no solo

Fonte de variação	GL	Quadrado médio		
		DEC	DIC	NDP
		------(cm)-----		
Adubação (NPK)	10	23,817**	5,430**	57,254**
Irrigação (I)	3	73,550**	13,148**	3,724 ^{ns}
NPK x I	30	8,450 ^{ns}	2,136 ^{ns}	14,163 ^{ns}
Resíduo	88	6,854	1,729	15,818
Total	131	-	-	-
CV (%)	-	16,41	19,64	13,50
N - Regressão Linear	1	16,380 ^{ns}	27,490**	42,187 ^{ns}
N - Regressão Quadrática	1	0,060 ^{ns}	0,853 ^{ns}	200,083**
P - Regressão Linear	1	8,475 ^{ns}	0,030 ^{ns}	200,083**
P - Regressão Quadrático	1	12,301 ^{ns}	6,825 ^{ns}	77,066 ^{ns}
K - Regressão Linear	1	4,902 ^{ns}	0,840 ^{ns}	6,666 ^{ns}
K - Regressão Quadrática	1	0,501 ^{ns}	0,213 ^{ns}	200,083**
I - Regressão Linear	1	207,536**	39,039**	5,637 ^{ns}
I - Regressão Quadrática	1	13,047 ^{ns}	0,316 ^{ns}	0,613 ^{ns}
N - Linear x I Linear	1	0,122 ^{ns}	2,539 ^{ns}	6,901 ^{ns}
P - Linear x I Linear	1	5,436 ^{ns}	9,846 ^{ns}	0,271 ^{ns}
K - Linear x I Linear	1	1,477 ^{ns}	0,001 ^{ns}	4,813 ^{ns}

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

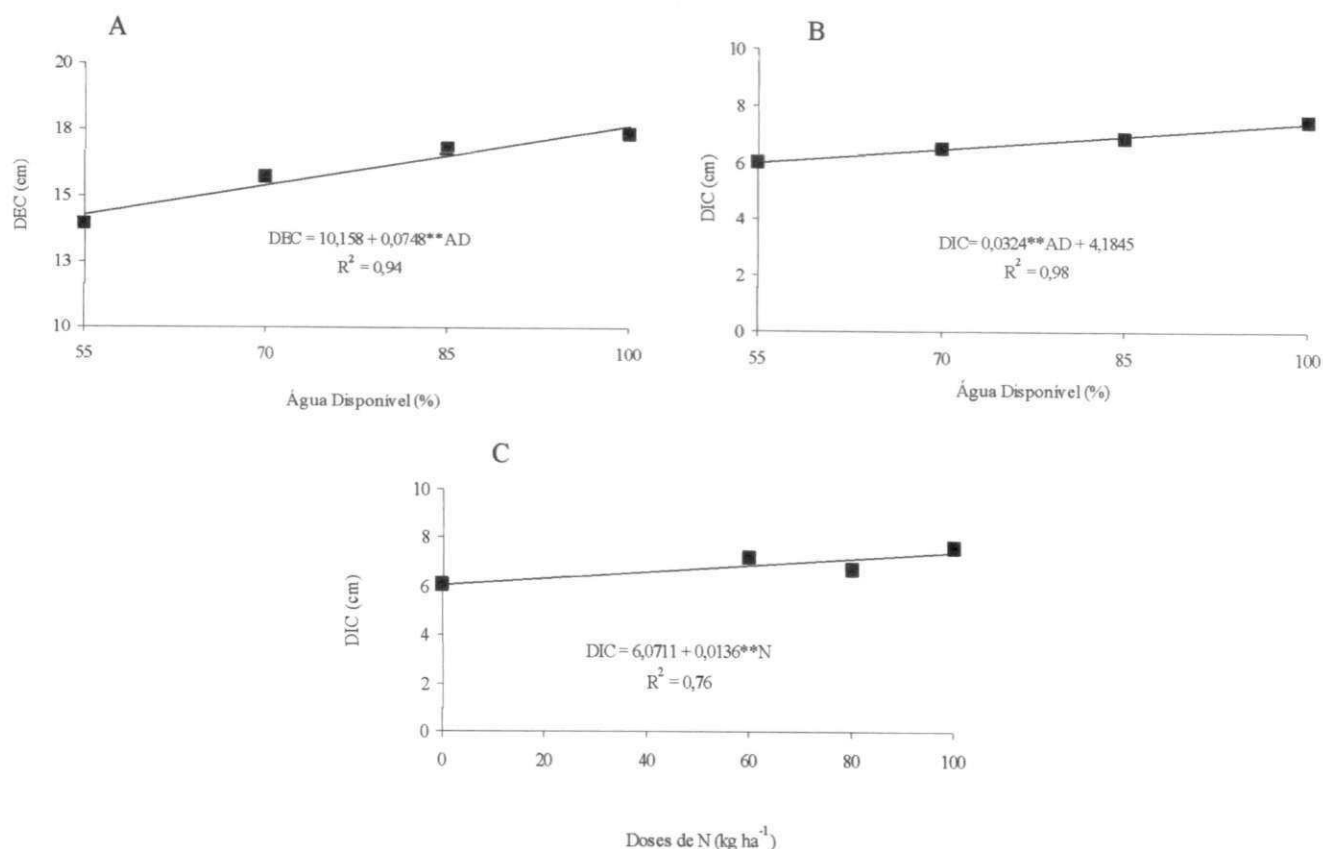


Figura 15. Diâmetro externo (DEC) e interno do capítulo (DIC) de girassol Embrapa 122-V2000 em função do conteúdo de água disponível (A e B) e doses de N (C) em Neossolo Regolítico eutrófico

Tendência similar foi detectada no estudo com a cultura do girassol irrigada com água residuária, por Nobre et al. (2010). Os autores relataram aumento do diâmetro externo e interno do capítulo pela reposição hídrica em virtude dos nutrientes existentes na água. Lobo e Grassi Filho (2007) mencionam resposta positiva da adubação mineral nitrogenada no diâmetro do capítulo do girassol em que os tratamentos com 100% de N superaram o tratamento sem fornecimento desse macronutriente em 12,56%. Souza et al. (2010), verificaram resposta significativa do tipo de água (água de abastecimento e residuária) para irrigação do girassol ornamental, sendo os maiores valores na água residuária.

Dados semelhantes aos do presente estudo, foram apresentados por Silva et al. (2007) que, trabalhando com a cultura a mesma cultura sob diferentes lâminas de irrigação, observaram o incremento hídrico, aumentando os diâmetros externo e interno do capítulo obtendo-se, para as cultivares 'Hélio 250' e 'Hélio 251', respectivamente, DCE

igual a 16,9 e 17,6 cm, assim como DCi médio de 7,2 cm, com lâmina de 130% de reposição da evaporação do tanque Classe A (Eca).

O diâmetro do capítulo para flores de corte é uma das características morfológicas mais afetadas pela adição de nitrogênio evidenciando aumentos com doses pequenas (25 kg ha^{-1}) e mostrando que não é necessária uma alta quantidade para proporcionar bom crescimento do diâmetro do capítulo (BISCARO et al., 2008).

4.1.2.3 Número de Pétalas

Constata-se, na Tabela 9, que o número de pétalas no capítulo (NDP) sofre interferência significativa apenas das doses de adubos analisadas e de forma isolada. Nas três situações os dados se ajustaram ao modelo de regressão quadrático podendo-se observar que os maiores valores de NDP de 32, 31 e 33 unidades foram obtidos com as doses estimadas de 42,16; 72,76; 66,33 kg ha^{-1} de N, P_2O_5 e K_2O , respectivamente (Figura 16).



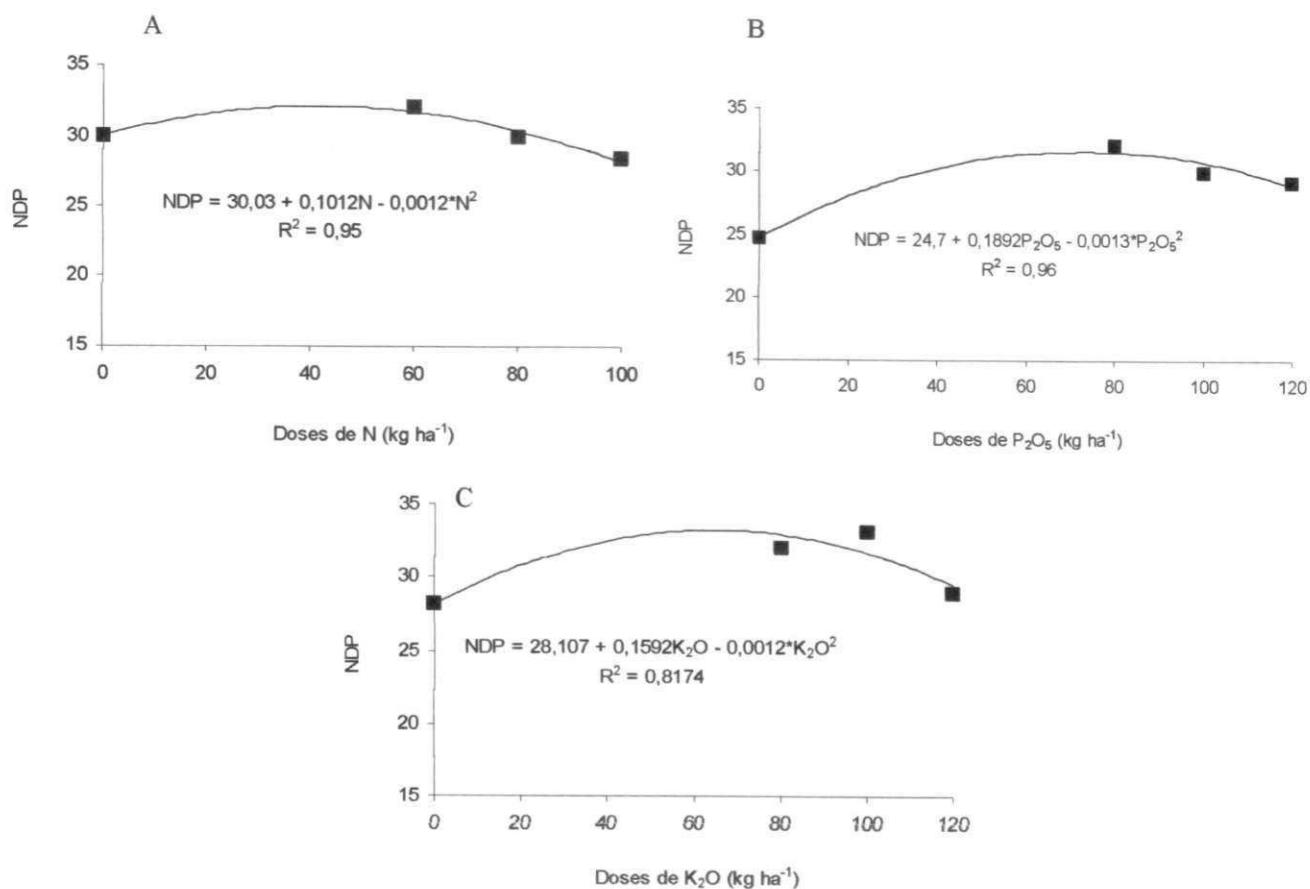


Figura 16. Número de pétalas no capítulo (NDP) de flores de girassol Embrapa 122-V2000 em função das doses N (A), P₂O₅ (B) e K₂O (C) em Neossolo Regolítico eutrófico.

4.1.3 Produção

4.1.3.1 Fitomassa

4.1.3.1.1 Fitomassa Fresca e Seca da Raiz

A adubação NPK e a irrigação afetaram estatisticamente a fitomassa fresca e seca das raízes de girassol ($p \leq 0,01$); entretanto, não foi registrado efeito significativo da interação dos fatores estudados (Tabela 10); o efeito sobre a FFR foi decorrente da aplicação de nitrogênio, fósforo, potássio e irrigação, tendência também verificada para a FRS.

Tabela 10. Resumo das análises de variância para fitomassa fresca (FFR) e seca (FSR) da raiz do girassol (variedade Embrapa 122-V2000) cultivado em Neossolo Regolítico eutrófico submetido a adubação com NPK e conteúdo de água disponível no solo

Fonte de variação	GL	Quadrado médio	
		FFR	FSR
		----- (g planta ⁻¹) -----	
Adubação (NPK)	10	5,424**	4,632**
Irrigação (I)	3	23,365**	19,683**
NPK x I	30	1,058 ^{ns}	1,122 ^{ns}
Resíduo	88	1,274	1,051
Total	131	-	-
CV (%)	-	19,22	18,77
N - Regressão Linear	1	1,587 ^{ns}	1,203 ^{ns}
N - Regressão Quadrática	1	21,378**	18,995**
P - Regressão Linear	1	21,965**	12,073**
P - Regressão Quadrático	1	0,258 ^{ns}	0,222 ^{ns}
K - Regressão Linear	1	11,314**	8,023**
K - Regressão Quadrática	1	0,004 ^{ns}	0,288 ^{ns}
I - Regressão Linear	1	67,245**	55,971**
I - Regressão Quadrática	1	2,807 ^{ns}	2,918 ^{ns}
N - Linear x I Linear	1	3,639 ^{ns}	2,667 ^{ns}
P - Linear x I Linear	1	0,167 ^{ns}	0,068 ^{ns}
K - Linear x I Linear	1	2,839 ^{ns}	2,294 ^{ns}

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

O comportamento das variáveis FFR e FSR pode ser descrito por equações lineares quando os tratamentos observados são a adubação nitrogenada, fosfatada e potássica, ainda, o conteúdo de água no solo, excetuando-se a FFR em função da adubação nitrogenada, a qual foi descrita por uma regressão polinomial quadrática (Figura 17).

Para o intervalo entre o tratamento controle e as maiores doses de nitrogênio, fósforo e potássio estudadas, isto é, 0 e 100 kg ha⁻¹ de N e 0 e 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e K₂O, constata-se incremento da ordem de 151,36 e 145,00% e 30,65% e 32,66 e 61,41% para fitomassa fresca e seca da raiz, respectivamente (Figura 17 A à F). Com relação aos dados do conteúdo de água disponível foi observada uma superioridade de 54,69 e 48,66% para a FFR e FSR, respectivamente, dos tratamentos de 100% da água disponível quando comparada com a dos tratamentos de 55% da Adi (Figura 17 G e H).

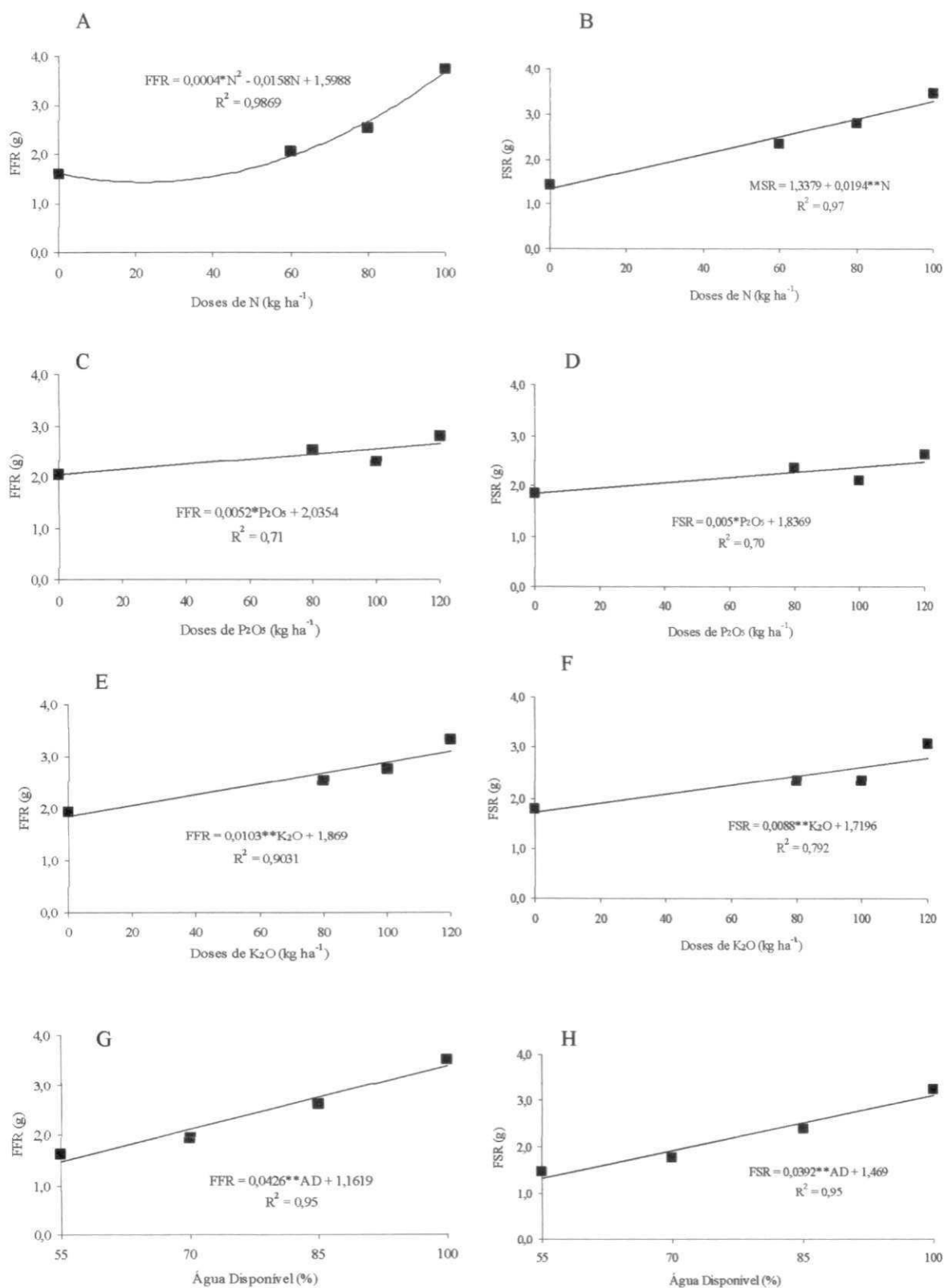


Figura 17. Fitomassa fresca (FFR) e seca da raiz (FSR) de girassol Embrapa 122-V2000 em função das doses N (A e B), P₂O₅ (C e D), K₂O (E e F) e conteúdo de água disponível no solo (G e H) em Neossolo Regolítico eutrófico

Incrementos similares na matéria seca das raízes foram observados em genótipos de girassol (select e Ro 2112), quando submetidos a maiores volumes de água no solo por Petcu et al. (2001b). Avaliando o efeito do ajuste osmótico no comprimento da raiz e partição de matéria seca de girassol (*Helianthus annuus* L.) sob estresse hídrico, Rauf e Sadqat (2008), observaram que a produção de matéria seca das raízes foi reduzida significativamente em função das condições hídrica, e Petcu et al. (2001a) ao registrarem decréscimo de 23,40% da matéria seca das raízes em função da adição do estresse hídrico.

Aguiar Neto et al. (2010) concluíram também, analisando o efeito do fósforo no crescimento do girassol cultivado em vaso com Latossolo Amarelo distrófico, que o aumento das doses de fósforo até 160 kg ha⁻¹ contribuiu para a elevação da matéria seca radicular do girassol; tal resultado se justifica pela diminuição da capacidade de adsorção de P com o aumento da concentração deste elemento no solo (MURALIDHARUDU et al., 2003).

4.1.3.1.2 Fitomassa Fresca e Seca do Caule

Com base no resumo da análise de variância (Tabela 11), constatou-se efeito significativo das doses de fósforo para as épocas 40 e 60 dias, sobre a fitomassa fresca e seca do caule.

Para as plantas tratadas com N tanto a FFC quanto a FSC aumentaram com a elevação das doses de nitrogênio proveniente da uréia. Os maiores valores das variáveis em apreço foram registrados na maior dose de N (100 kg ha⁻¹), apresentando superioridade em relação ao tratamento controle, de 144,45 e 90,16%, respectivamente (Figura 18 A e B).

Assim como para o N, constatou-se relação diretamente proporcional entre as doses de potássio e a FFC e FSC (Figura 18 C e D). As plantas tratadas com 120 kg ha⁻¹ de K₂O apresentaram maiores valores de fitomassa fresca e seca do caule, atingindo 28,84 e 20,05% acima dos dados obtidos no tratamento controle.

O conteúdo de água disponível (Adi), igual ao encontrado para N e K₂O, proporcionou maiores valores de FFC e FSC (Figura 18 E e F); na medida em que a Adi foi reduzida, as variáveis em questão também diminuíram; tendência esta foi, em termos

percentuais, de 109 e 85,22%, em relação aos tratamentos de 55 e 100% Adi, respectivamente.

Tabela 11. Resumo das análises de variância para fitomassa fresca do caule (FFC) e fitomassa seca do caule (FSC) do girassol (variedade Embrapa 122-V2000) cultivado em Neossolo Regolítico eutrófico (RRe) e Luvisolo Crômico órtico (TCo) submetido à adubação com NPK e conteúdo de água disponível no solo

Fontes de variação	GL	Quadrado médio			
		RRe		TCo	
		FFC	FSC	FFC	FSC
		------(g planta ⁻¹)-----			
Adubação (NPK)	10	1220,490**	52,158**	1220,490**	19,483**
Irrigação (I)	3	3508,323**	177,046**	3508,323**	286,143**
NPK x I	30	96,033 ^{ns}	3,151 ^{ns}	96,033 ^{ns}	14,584**
Resíduo	88	183,257	6,751	183,257	3,154
Total	131	-	-	-	-
CV (%)	-	20,82	18,79	29,16	15,35
N - Regressão Linear	1	4122,824**	152,773**	303,446 ^{ns}	3,095 ^{ns}
N - Regressão Quadrática	1	353,683 ^{ns}	6,243 ^{ns}	192,620 ^{ns}	3,310 ^{ns}
P - Regressão Linear	1	267,294 ^{ns}	24,569 ^{ns}	325,082 ^{ns}	7,457 ^{ns}
P - Regressão Quadrático	1	68,640 ^{ns}	10,419 ^{ns}	8,052 ^{ns}	14,354*
K - Regressão Linear	1	843,262*	36,902**	51,30 ^{ns}	4,328 ^{ns}
K - Regressão Quadrática	1	152,261 ^{ns}	0,001 ^{ns}	536,313 **	13,669*
I - Regressão Linear	1	10439,346**	522,035**	18636,887**	851,768**
I - Regressão Quadrática	1	75,810 ^{ns}	5,408 ^{ns}	31,845 ^{ns}	6,639 ^{ns}
N - Linear x I Linear	1	66,549 ^{ns}	9,436 ^{ns}	13,327 ^{ns}	0,547 ^{ns}
P - Linear x I Linear	1	0,075 ^{ns}	1,162 ^{ns}	5,095 ^{ns}	0,042 ^{ns}
K - Linear x I Linear	1	0,005 ^{ns}	4,489 ^{ns}	135,710 ^{ns}	3,298 ^{ns}

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

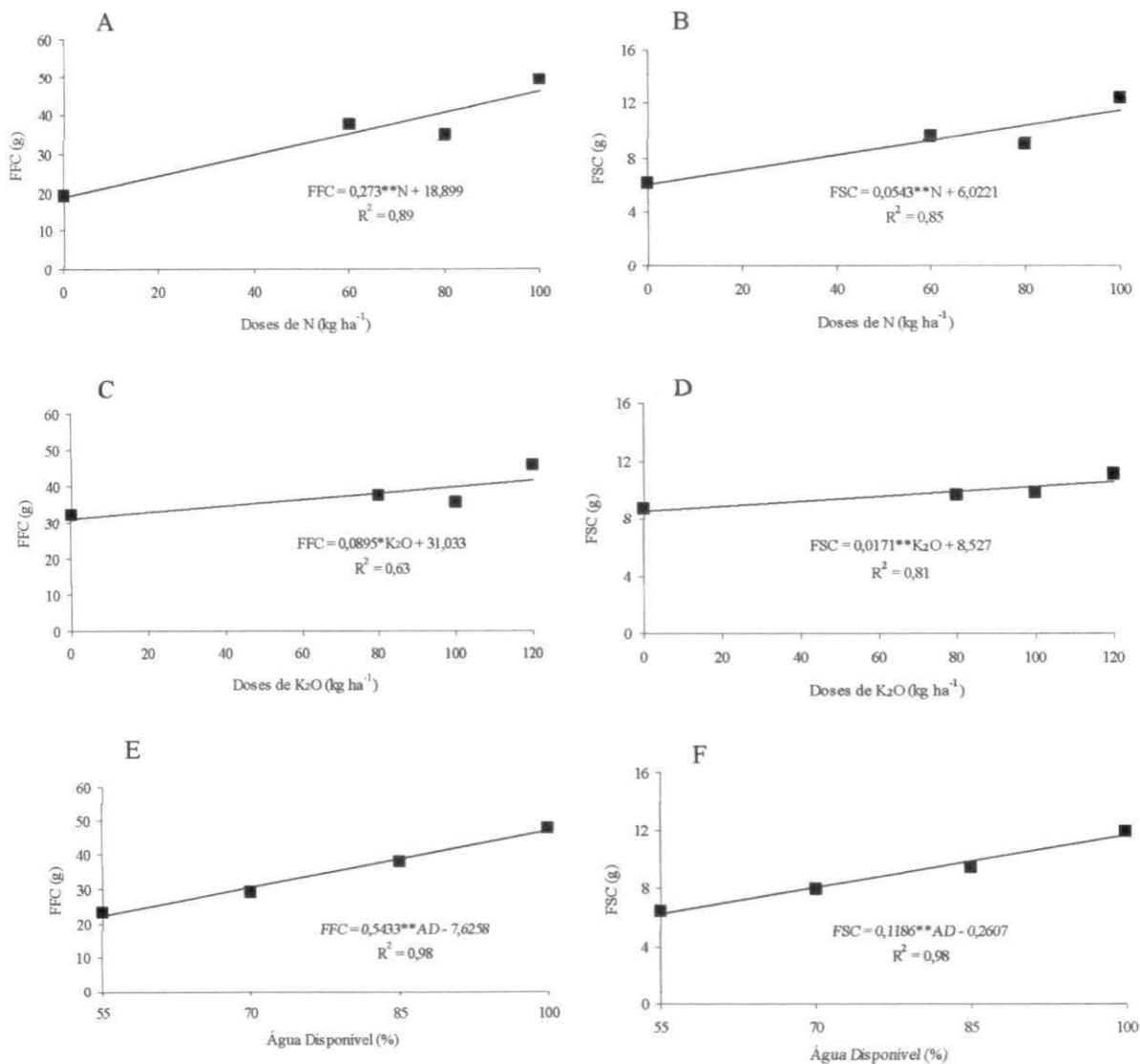


Figura 18. Fitomassa fresca (FFC) e seca do caule (FSC) de girassol Embrapa 122-V2000 em função das doses N (A e B), K₂O (C e D) e conteúdo de água disponível no solo (E e F) em Neossolo Regolítico eutrófico

A fitomassa fresca (FFC) e seca (FSC) do caule de girassol no Luvissole Crômico órtico foi afetada significativamente pelo conteúdo de água no solo e pelas doses de K₂O e P₂O₅ para a FFC e FSC, respectivamente (Tabela 11). O comportamento das variáveis FFC e FSC pode ser descrito por equações lineares quando o tratamento observado foi o conteúdo de água disponível e de forma polinomial para a fonte de variação adubação (Figura 19).

Para o intervalo entre o tratamento controle e as maiores doses de fósforo e potássio estudadas, ou seja, 0 e 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e K₂O, verifica-se incremento da

ordem de 25,98 e 24,35%, para fitomassa fresca e seca do caule, respectivamente (Figura 19 A e B). Em relação aos dados do conteúdo de água disponível foi observada superioridade de 132,11 e 85,69% para a FFC e FSC, respectivamente, ao se comparar os tratamentos de 100 e 55% da Adi (Figura 19 C e D).

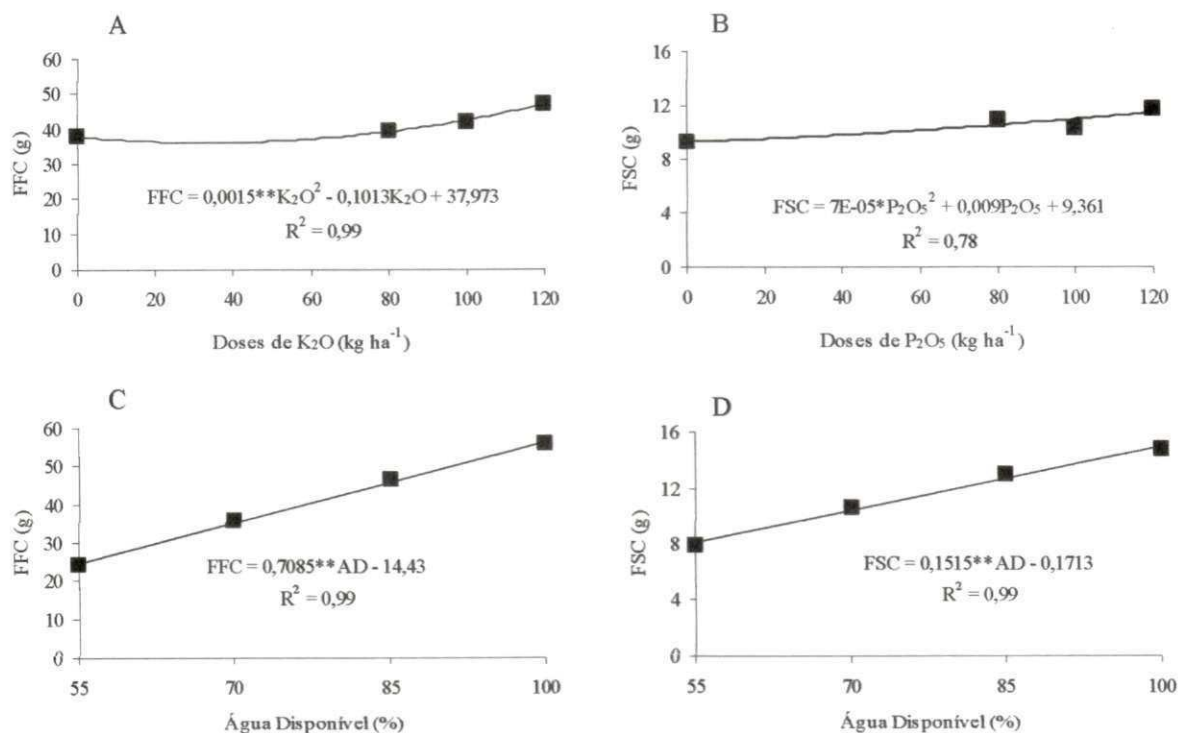


Figura 19. Fitomassa fresca (FFC) e seca do caule (FSC) de girassol Embrapa 122-V2000 em função das doses K₂O (A), P₂O₅ (B) e conteúdo de água disponível (C e D) em Luvissole Crômico órtico

Os resultados obtidos no Neossolo Regolítico eutrófico estão coerentes com os obtidos por Abaddi e Gerandás (2011) que, estudando o suprimento de fósforo no crescimento, produção e componentes da produção de açafrão e girassol, relataram que a nutrição com P tem influência positiva na produção de matéria seca do caule do girassol.

A adição de potássio em vasos no crescimento e na produção do girassol, resultando em respostas significativas, também foi relatada por Gerendás et al. (2008).

Os dados do cultivo em Luvissole Crômico órtico são similares aos obtidos por Tahir et al. (2002) ao avaliarem linhagens endogâmicas de girassol submetidas a

estresse hídrico e constataram decréscimo da fitomassa seca do caule da ordem de 19,56% comparando os tratamentos de irrigação normal e estresse hídrico. Esses resultados estão em acordo com os encontrados por Petcu et al. (2001a) e Petcu et al. (2001b).

A fitomassa do caule, conhecida por funcionar como um compartimento de armazenamento temporário para fotossintatos, aumentou linearmente com o suprimento de nitrogênio (nitrato de amônio), sendo constatada uma redução de 158,56% do controle em relação ao maior tratamento de N (ABBADI et al., 2008a), tendência similar à dos dados do presente estudo.

Os dados de manejo de água no solo corroboram com os obtidos por Petcu et al. (2001a) e Petcu et al. (2001b). Ao avaliarem linhagens endogâmicas de girassol submetidas a estresse hídrico, Tahir et al. (2002), averiguaram decréscimo da fitomassa seca do caule da ordem de 19,56% comparando os tratamentos de irrigação normal e estresse hídrico.

4.1.3.1.3 Fitomassa Fresca e Seca das Folhas

A fitomassa fresca (FFF) e seca (FSF) das folhas de girassol sofreu interferência estatística de todas as fontes de variação isoladamente, exceto pelas doses de fósforo estudadas e a fitomassa fresca das folhas pelas doses de K_2O (Tabela 12). O comportamento das variáveis FFF e FSF pode ser descrito por equações lineares quando os tratamentos observados são a adubação nitrogenada, potássio (FSF) e conteúdo de água no solo (Figura 20).

No intervalo do tratamento controle até as maiores doses de nitrogênio e potássio estudadas, isto é, 0 e 100 kg ha⁻¹ de N e 0 e 120 kg ha⁻¹ de K_2O , houve incremento da ordem de 268,41 e 150,03% para fitomassa fresca e seca das folhas (Figura 20 A e B), respectivamente, e 25,17% para fitomassa seca das folhas (Figura 20 E). Quanto aos dados do conteúdo de água disponível foi observada uma superioridade de 53,40 e 46,59% para a FFR e FSR, respectivamente, dos tratamentos de 100% da água disponível (AD) quando comparado com a dos tratamentos de 55% da AD (Figura 20 C e D).

Tabela 12. Resumo das análises de variância para fitomassa fresca das folhas (FFF) e fitomassa seca das folhas (FSF) do girassol (variedade Embrapa 122-V2000) cultivado em Neossolo Regolítico eutrófico (RRe) e Luvissoilo Crômico órtico (TCo) submetido à adubação com NPK e conteúdo de água disponível no solo

Fontes de variação	GL	Quadrado médio			
		RRe		TCo	
		FFF	FSF	FFF	FSF
		------(g planta ⁻¹)-----			
Adubação (NPK)	10	224,006**	34,047**	21,059*	12,671**
Irrigação (I)	3	189,979**	23,121**	70,019**	75,362**
NPK x I	30	34,702 ^{ns}	2,753 ^{ns}	19,056*	7,418**
Resíduo	88	46,065	3,168	10,720	1,918
Total	131	-	-	-	-
CV (%)	-	18,01	28,54	25,32	16,62
N – Regressão Linear	1	1041,416**	123,900**	1,407 ^{ns}	3,383**
N - Regressão Quadrática	1	24,396 ^{ns}	0,041 ^{ns}	58,472 ^{ns}	2,152 ^{ns}
P – Regressão Linear	1	66,381 ^{ns}	4,596 ^{ns}	66,381*	1,159 ^{ns}
P - Regressão Quadrático	1	27,331 ^{ns}	1,686 ^{ns}	0,010 ^{ns}	0,653 ^{ns}
K – Regressão Linear	1	13,239 ^{ns}	21,546*	1,410 ^{ns}	0,653**
K - Regressão Quadrática	1	7,122 ^{ns}	3,270 ^{ns}	2,167 ^{ns}	6,413 ^{ns}
I – Regressão Linear	1	475,134**	67,728**	168,294**	10,172 ^{ns}
I - Regressão Quadrática	1	15,022 ^{ns}	0,008 ^{ns}	41,55 ^{ns}	215,915**
N - Linear x I Linear	1	3,182 ^{ns}	3,629 ^{ns}	0,662 ^{ns}	0,507 ^{ns}
P – Linear x I Linear	1	50,602 ^{ns}	1,104 ^{ns}	1,146 ^{ns}	0,037 ^{ns}
K - Linear x I Linear	1	15,288 ^{ns}	2,037 ^{ns}	3,392 ^{ns}	0,447 ^{ns}

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

coeficiente de variação

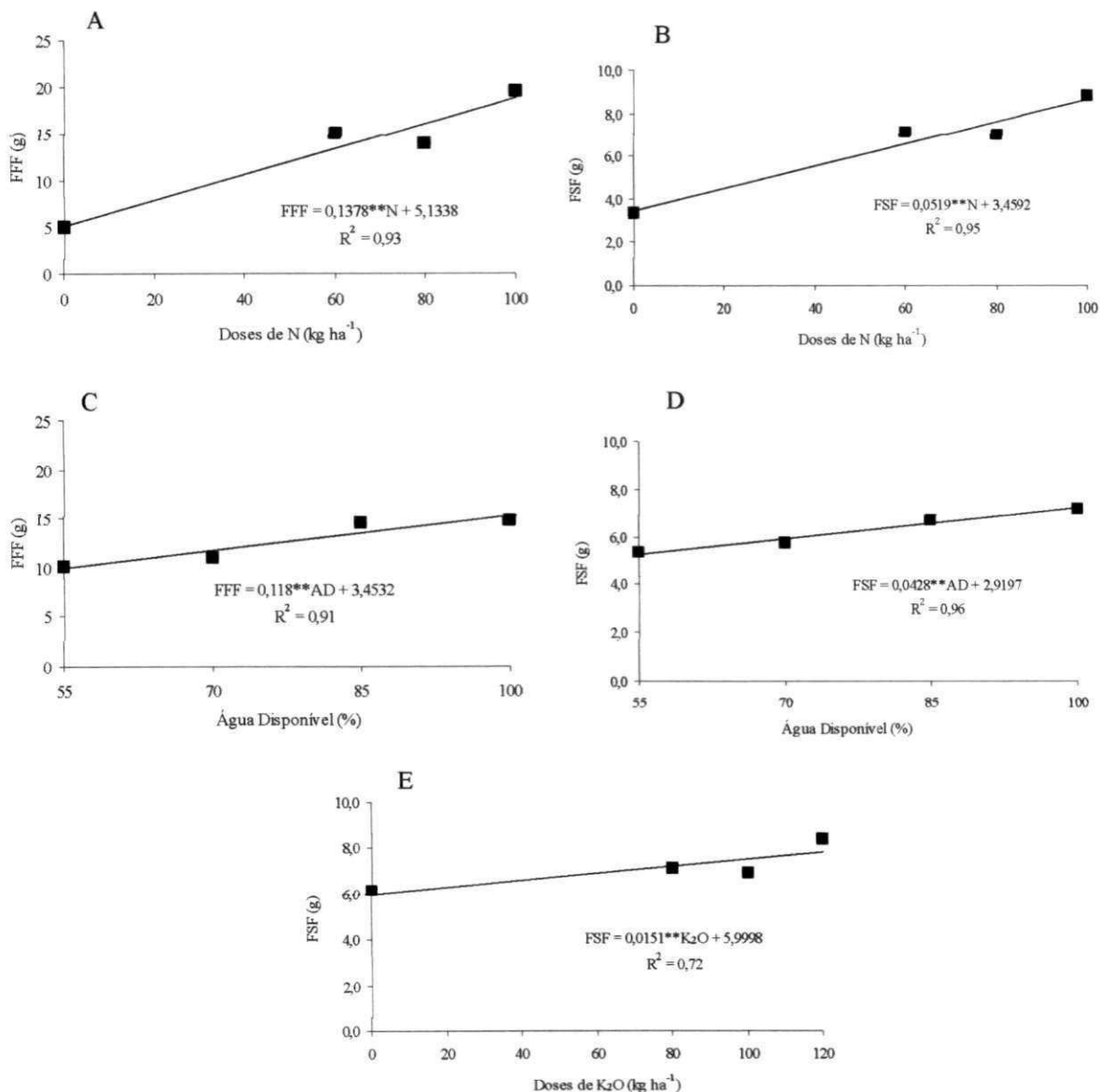


Figura 20. Fitomassa fresca (FFF) e seca da folha (FSF) de girassol Embrapa 122-V2000 em função das doses N (A e B), K₂O (E) e conteúdo de água disponível (C e D) em Neossolo Regolítico eutrófico

A fitomassa fresca (FFF) e seca (FSF) das folhas do girassol variedade Embrapa 122-V2000, ajustou-se ao modelo de regressão linear em relação às doses de fósforo e conteúdo de água no solo (Tabela 12).

Para as plantas adubadas com P₂O₅, a FFF e a FSF aumentaram com a elevação das doses de fósforo proveniente do superfosfato triplo. Os maiores valores das variáveis acima citadas foram registrados na maior dose de P₂O₅ (120 kg ha⁻¹), apresentando superioridade em relação ao tratamento controle, de 41,72 e 31,23%, respectivamente (Figura 21 A e B).

O conteúdo de água disponível (AD), igualmente ao encontrado para fósforo, promoveu maiores valores de FFC e FSC (Figura 26 C e D). Na medida em que se aumentou o conteúdo de água as variáveis também aumentaram; este aumento foi, em termos percentuais, de 74,73 e 56,93%, respectivamente.

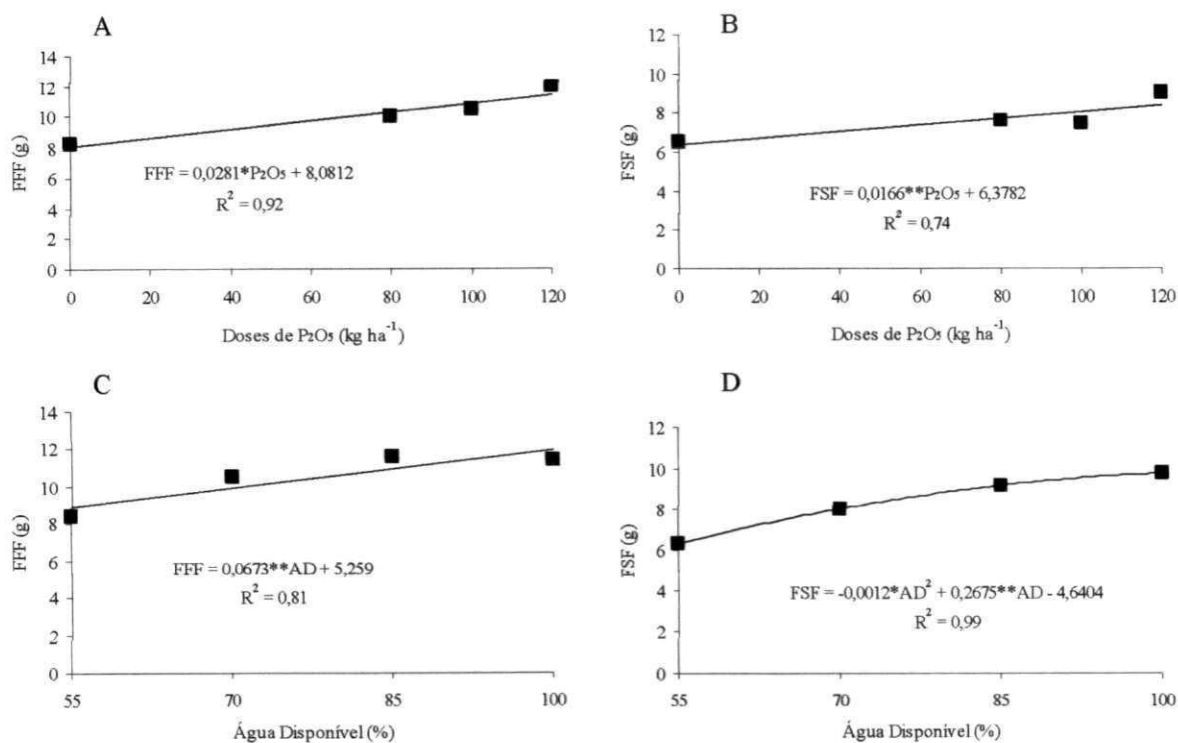


Figura 21. Fitomassa fresca (FFF) e seca da folha (FSF) de girassol Embrapa 122-V2000 em função das doses P₂O₅ (A e B) e conteúdo de água disponível (C e D) em Luvissole Crômico órtico

O efeito estatístico da adubação nitrogenada na fitomassa seca das folhas em Neossolo Regolítico eutrófico também foi relatado por Abbadi et al. (2008a). Segundo os autores, as doses de N afetam expressivamente a matéria seca foliar do girassol, em até 148,56% em comparação ao tratamento controle.

A diminuição da massa seca das folhas de girassol foi igualmente observada por Petcu et al. (2001b). Para Petcu et al. (2001a), ao estudarem o crescimento do girassol sob estresse hídrico, a acumulação de biomassa das folhas em solo ácido fertilizado foi menor 52% nos tratamentos em condições hidricamente estressantes.

Abbadí e Gerendás (2011) verificaram efeito significativo das doses de fósforo sobre a matéria seca foliar, em que suprimento de fósforo proporciona maior ganho de biomassa das folhas. Segundo os autores, plantas que sofrem com deficiência de fósforo reduzem a área foliar e o número de folhas é o mais marcante.

Petcu et al. (2001a) reportaram, estudando o crescimento do girassol sob estresse hídrico, que a acumulação de biomassa das folhas em solo ácido fertilizado foi menor 52% nos tratamentos em condições de déficit hídrico. Perniola et al. (2006), também relataram aumento da produção de matéria seca epígea com maior disponibilidade de água no solo.

4.1.3.1.4 Fitomassa Fresca e Seca do Capítulo

Estão resumidas, na Tabela 13, as análises de variância e de regressão para a fitomassa fresca e seca do capítulo. Observa-se ter ocorrido efeito significativo nos dois solos estudados, da adubação com NPK e conteúdo de água disponível sobre as variáveis supracitadas; entretanto, de forma isolada.

As fitomassa fresca (FFCap) e seca (FSCap) do capítulo do girassol variedade Embrapa 122-V2000 se ajustaram ao modelo de regressão linear em relação às doses de nitrogênio e conteúdo de água disponível no solo (Tabela 13).

O conteúdo de água disponível (AD) promoveu maiores valores de FFCap e FSCap (Figura 22 A e B). À medida em que a AD se elevou, as variáveis acima citadas também aumentaram. Comparando os de maior (100%) e menor (55%) de água disponível, observou-se um acréscimo de 61,85 e 76,53% da FFCap e FSCap, respectivamente.

Para as plantas tratadas com N apenas a FSCap aumentou com a elevação das doses de nitrogênio. O maior valor da variável foi registrado na maior dose de N (100 kg ha⁻¹), apresentando superioridade em relação ao tratamento controle, de 84,45% (Figura 22 C).

Tabela 13. Resumo das análises de variância para fitomassa fresca do capítulo (FFCap) e fitomassa seca do capítulo (FSCap) do girassol (variedade Embrapa 122-V2000) cultivado em Neossolo Regolítico eutrófico (RRe) e Luvisolo Crômico órtico (TCo) submetido à adubação com NPK e conteúdo de água disponível no solo

Fontes de variação	GL	Quadrado médio			
		RRe		TCo	
		FFCap	FSCap	FFCap	FSCap
----- (g planta ⁻¹) -----					
Adubação (NPK)	10	1509,379*	42,488**	1509,379*	19,842*
Irrigação (I)	3	7582,193**	125,921**	7582,193**	299,616**
NPK x I	30	494,002 ^{ns}	5,594 ^{ns}	494,002 ^{ns}	24,951**
Resíduo	88	728,228	8,261	728,228	8,216
Total	131	-	-	-	-
CV (%)	-	29,01	15,01	26,98	23,06 ^{ns}
N - Regressão Linear	1	2881,563*	84,515**	2881,563 ^{ns}	2,639 ^{ns}
N - Regressão Quadrática	1	819,640 ^{ns}	0,338 ^{ns}	819,640 ^{ns}	0,286 ^{ns}
P - Regressão Linear	1	158,567 ^{ns}	8,963 ^{ns}	158,567 ^{ns}	2,611 ^{ns}
P - Regressão Quadrático	1	10,509 ^{ns}	0,117 ^{ns}	10,509 ^{ns}	14,538 ^{ns}
K - Regressão Linear	1	834,774 ^{ns}	15,143 ^{ns}	834,774 ^{ns}	0,223 ^{ns}
K - Regressão Quadrática	1	1245,421 ^{ns}	9,534 ^{ns}	1245,421*	13,446*
I - Regressão Linear	1	20976,855**	361,120**	20976,855**	895,641**
I - Regressão Quadrática	1	509,092 ^{ns}	9,058 ^{ns}	509,092 ^{ns}	0,692 ^{ns}
N - Linear x I Linear	1	112,504 ^{ns}	0,078 ^{ns}	112,504 ^{ns}	20,882 ^{ns}
P - Linear x I Linear	1	83,867 ^{ns}	0,067 ^{ns}	83,867 ^{ns}	2,708 ^{ns}
K - Linear x I Linear	1	1590,912 ^{ns}	5,795 ^{ns}	1590,912 ^{ns}	2,008 ^{ns}

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

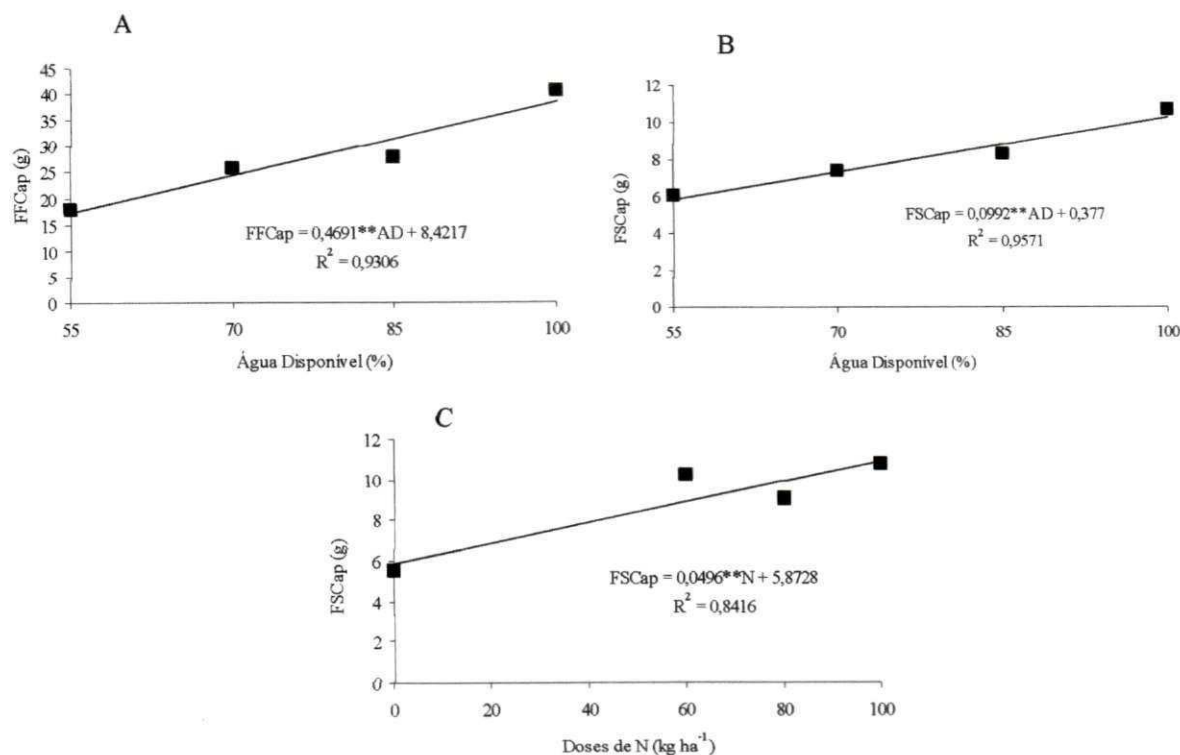


Figura 22. Fitomassa fresca (FFCap) e seca do capítulo (FSCap) de girassol Embrapa 122-V2000 em função do conteúdo de água disponível no solo (A e B) e das doses de N (C) em Neossolo Regolítico eutrófico

As doses de potássio e o conteúdo de água disponível no solo afetaram estatisticamente a fitomassa fresca (FFCap) e seca (FSCap) do capítulo. Para os tratamentos de adubação potássica o comportamento das variáveis foi descrito por equações quadráticas e nos de água disponível foi registrada tendência linear crescente (Tabela 13).

Tanto a fitomassa fresca quanto a seca do capítulo aumentaram com a adição de K₂O até as doses estimadas de 80,48 e 59,5 kg ha⁻¹, conferindo uma FFCap e FSCap máximas de 46,89 e 13,59 g planta⁻¹, respectivamente (Figura 23 A e B). Diferentes aos dados do conteúdo de água disponível foi observada uma superioridade de 172,28 e 78,21% para a FFCap e FSCap, respectivamente, dos tratamentos de 100% da água disponível (Adi) quando comparado com a dos tratamentos de 55% da Adi (Figura 27 C e D).



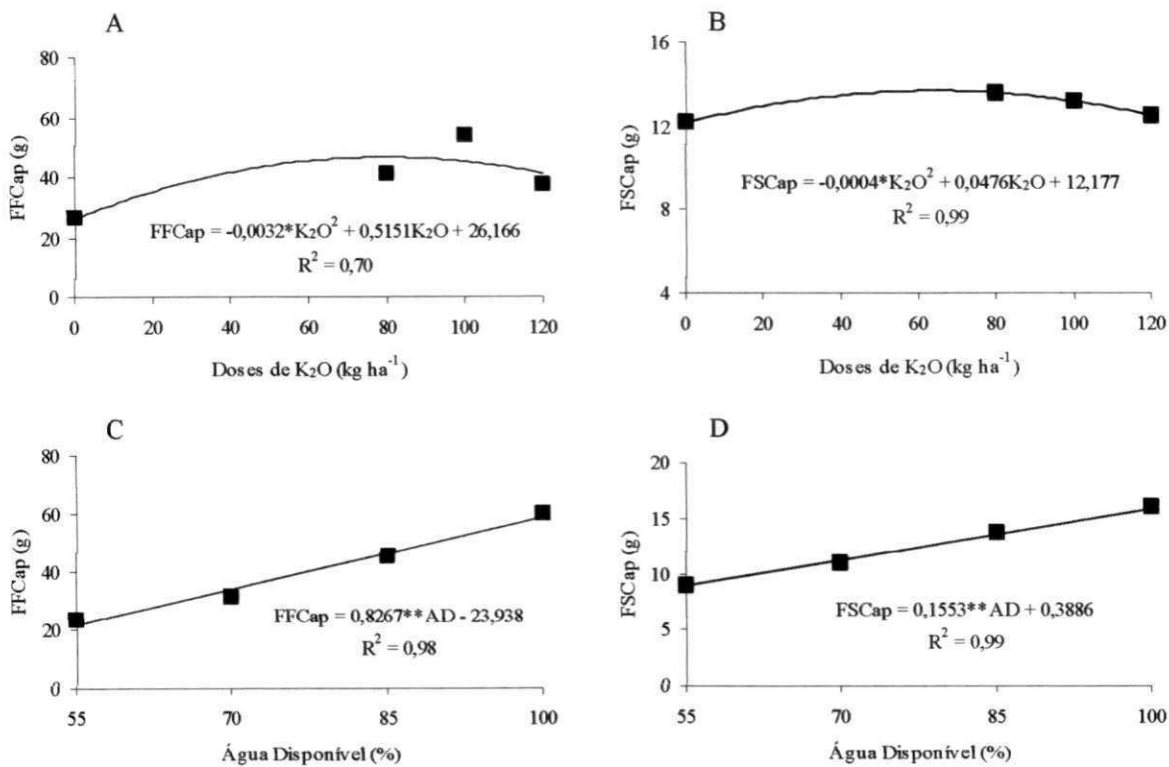


Figura 23. Fitomassa fresca (FFCap) e seca do capítulo (FSCap) de girassol Embrapa 122-V2000 em função das doses de K₂O (A e B) e do conteúdo de água disponível (C e D) em Luvissole Crômico órtico

Todas as variáveis de fitomassa fresca e seca foram influenciadas pela adubação nitrogenada, potássica e regime de irrigação, fenômenos que estão em consonância com os resultados obtidos por Khaliq e Cheema (2005), Munir et al. (2007), Gholinezhad et al. (2009), Silva et al. (2010), para adubação nitrogenada, e por Bakht et al. (2010a) para adubação potássica e, ainda, por Karam et al. (2007), Todorović et al. (2007), Nezami et al. (2008), Bakht et al. (2010b), Gomes et al. (2010) e Bajehbaj (2010a) para regime de irrigação.

Soleimanzadeh et al. (2010) relataram, ao estudar a resposta de girassol ao estresse hídrico e diferentes doses de potássio, efeito significativo apenas do regime de irrigação sobre o rendimento biológico.

Segundo Gholinezhad et al. (2009), o déficit de nitrogênio provoca redução do tamanho da folha que, por sua vez, é causa da redução na quantidade de absorção de luz

e o uso de luz para fotossíntese das plantas que, finalmente, leva à redução do rendimento biológico.

Situação similar ao TCo foi relatada por Abbadi et al. (2008b) que, ao estudarem cinco doses de K (0,50; 1,0; 2,0; 3,0 e 4,0 g vaso⁻¹) no crescimento e produção de girassol, mencionaram que a matéria seca do capítulo de girassol submetido ao suprimento de potássio apresentou o maior valor da variável na dose de 3,0 g vaso⁻¹, evidenciando tendência quadrática. Bakht et al. (2010a) constataram efeito positivo da adubação potássica sobre a produção de matéria seca do girassol, fato também comentado ainda por Dar (2008).

Assim como no comportamento vegetativo, nas plantas cultivadas em Luvissole Crômico órtico foi verificada uma produção maior de matéria fresca e seca do girassol Embrapa 122-V2000. Esta tendência de superioridade está associada, possivelmente, aos fatores climáticos durante a condução dos dois experimentos, tal como as características físico-hídricas dos solos.

4.1.3.2 Aquênios

4.1.3.2.1 Diâmetro do Capítulo

Dentre as fontes de variação analisadas apenas as doses de N e o conteúdo de água disponível do Neossolo Regolítico eutrófico influenciaram o diâmetro do capítulo das plantas de girassol, conforme apresentado na Tabela 14.

Observou-se um aumento relativo linear no diâmetro do capítulo em função das doses de nitrogênio e da água disponível no solo, cujas fontes de variação proporcionaram, isoladamente, maior tamanho aos capítulos das plantas de girassol (8,59 e 9,31 cm, respectivamente). O incremento médio verificado nos tratamentos adubados foi da ordem de 35,7%, comparado com o do tratamento controle; para as parcelas de 70, 85 e 100% Adi, este valor foi de 28,77% em relação ao tratamento de 55% Adi (Figura 24).

Tabela 14. Resumo das análises de variância para diâmetro do capítulo (DCap) do girassol (variedade Embrapa 122-V2000) cultivado em Neossolo Regolítico eutrófico (RRe) e Luvisolo Crômico órtico (TCo) submetido à adubação com NPK e conteúdo de água disponível no solo

Fontes de variação	GL	Quadrado médio	
		DCap (cm)	
		RRe	TCo
Adubação (NPK)	10	15,115**	8,28**
Irrigação (I)	3	37,340**	46,98**
NPK x I	30	1,564 ^{ns}	8,505 ^{ns}
Resíduo	88	2,519	3,681
Total	131	-	-
CV (%)	-	19,65	19,00
N - Regressão Linear	1	40,837**	0,142 ^{ns}
N - Regressão Quadrática	1	0,040 ^{ns}	7,015 ^{ns}
P - Regressão Linear	1	0,575 ^{ns}	46,765**
P - Regressão Quadrático	1	2,362 ^{ns}	1,430 ^{ns}
K - Regressão Linear	1	5,430 ^{ns}	0,027 ^{ns}
K - Regressão Quadrática	1	0,880 ^{ns}	2,876 ^{ns}
I - Regressão Linear	1	111,808**	133,882**
I - Regressão Quadrática	1	0,011 ^{ns}	2,478 ^{ns}
N - Linear x I Linear	1	0,076 ^{ns}	0,169 ^{ns}
P - Linear x I Linear	1	1,251 ^{ns}	2,482 ^{ns}
K - Linear x I Linear	1	10,249 ^{ns}	1,162 ^{ns}

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

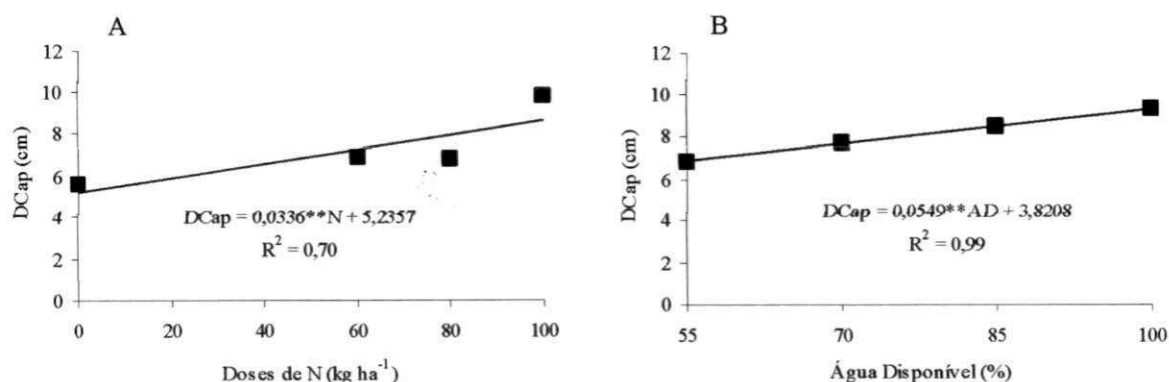


Figura 24. Diâmetro do capítulo (DCap) de girassol Embrapa 122-V2000 em função das doses de N (A) e do conteúdo de água disponível (B) em Neossolo Regolítico eutrófico

Das fontes de variação estudadas apenas as doses de P_2O_5 e o conteúdo de água disponível no solo (Adi) influenciaram o diâmetro do capítulo das plantas de girassol em TCo (Tabela 14).

Constatou-se um aumento relativo linear no diâmetro do capítulo em função das doses de fósforo e da Adi, em que essas fontes proporcionaram, de forma independente, maior diâmetro dos capítulos das plantas de girassol (10,53 e 11,44 cm, respectivamente). O incremento médio verificado nos tratamentos adubados foi da ordem de 6,29%, comparado com o do tratamento controle (0 kg ha^{-1} de P_2O_5); para as parcelas de 70, 85 e 100% Adi, este valor foi de 20,58% em relação ao tratamento de 55% Adi (Figura 25).

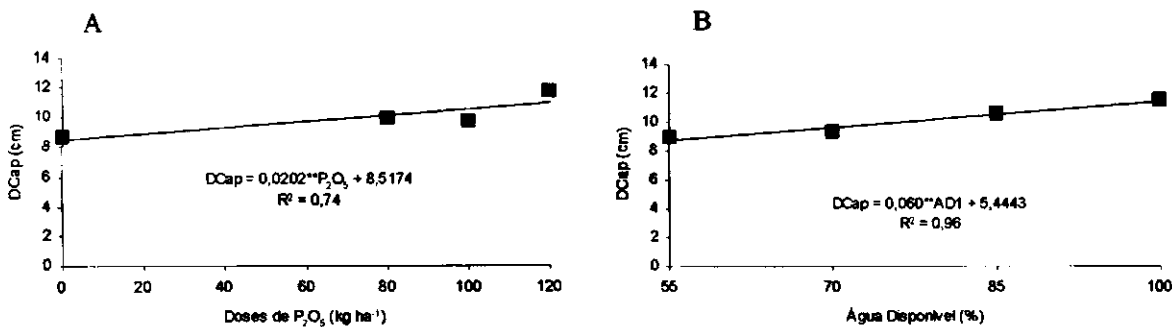


Figura 25. Diâmetro do capítulo (DCap) de girassol Embrapa 122-V2000 em função das doses de P_2O_5 (A) e do conteúdo de água disponível (B) em Luvissole Crômico órtico

Efeito positivo da adubação nitrogenada sobre o diâmetro do capítulo do girassol também foi registrado por Thavaprakash et al. (2002), Siddiqui et al. (2009), Abel-Motagally e Osmar (2010) e Oyinlola et al. (2010). O aumento do diâmetro do capítulo em resposta ao nitrogênio e o manejo de irrigação desse estudo confirma o observado por Khaliq e Cheema (2005), ao relatarem que o nitrogênio e lâminas de irrigação, de forma isolada, aumentam o diâmetro do capítulo.

Resposta positiva das doses de fósforo sobre o diâmetro do capítulo do girassol foi constatada por Souza et al. (2010), Osman e Awed (2010). Thavaprakash et al. (2002) e Jahangir et al. (2006), detectaram aumento do diâmetro do capítulo em função das doses mas sem diferenças estatísticas.

Ao analisar a resposta de girassol ao estresse hídrico e diferentes doses de potássio, Soleimanzadeh et al. (2010), encontraram resposta estatística apenas do regime de irrigação sobre o diâmetro do capítulo.

No tocante ao regime de irrigação, esses resultados estão em conformidade com os obtidos por Gomes et al. (2010). Os autores concluíram que o diâmetro do capítulo do girassol respondeu às lâminas de irrigação de maneira linear, tanto no florescimento como na frutificação e maturação. Similaridade de tendência foi detectada por Ghani et al. (2000), Aziz e Soomro (2001), Göksoy et al. (2004), Dar (2008) e Naim e Ahmed (2010b).

4.1.3.2.2 Número de Aquênios

O número de aquênios (NA), assim como ocorreu com o diâmetro do capítulo, foi influenciado estatisticamente apenas pelas doses de N e conteúdo de água disponível (Tabela 15). Nos solos estudados não foi constatado efeito significativo da interação adubação com NPK e conteúdo de água disponível.

Tabela 15. Resumo das análises de variância para número de aquênios (NA) do girassol (variedade Embrapa 122-V2000) cultivado em Neossolo Regolítico eutrófico (RRe) e Luvisolo Crômico órtico (TCo) submetido à adubação com NPK e conteúdo de água disponível no solo

Fontes de variação	GL	Quadrado médio	
		NA	
		RRe	TCo
Adubação (NPK)	10	206526,608**	188057,233**
Irrigação (I)	3	319129,422**	599308,311**
NPK x I	30	28670,066 ^{ns}	104586,189 ^{ns}
Resíduo	88	25684,871	22801,142
Total	131	-	-
CV (%)	-	29,55	27,63
N - Regressão Linear	1	900742,537**	33335,051 ^{ns}
N - Regressão Quadrática	1	31672,687 ^{ns}	90176,672*
P - Regressão Linear	1	63961,350 ^{ns}	480707,451**
P - Regressão Quadrática	1	2945,333 ^{ns}	44632,338 ^{ns}
K - Regressão Linear	1	11179,350 ^{ns}	187265,067 ^{ns}
K - Regressão Quadrática	1	74261,333 ^{ns}	9464,083 ^{ns}
I - Regressão Linear	1	847100,037**	1685182,279**
I - Regressão Quadrática	1	96606,371 ^{ns}	87044,807*
N - Linear x I Linear	1	14028,840 ^{ns}	101761,292 ^{ns}
P - Linear x I Linear	1	50986,403 ^{ns}	43150,829 ^{ns}
K - Linear x I Linear	1	2397,013 ^{ns}	4177,601 ^{ns}

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

Em ambos os solos o número de aquênios se ajustou de forma linear, sendo verificando-se os maiores valores nos tratamentos de 100 kg ha⁻¹ de N e 100% Adi, respectivamente. A ausência de nitrogênio foi responsável pelo baixo número de aquênios (145,29); contudo, com o aumento das doses de N o número de aquênios foi elevado, promovendo o NA máximo de 570,23 (Figura 26A).

Nos tratamentos de água disponível o número de aquênios também aumentou com o incremento da Adi, constatando-se uma superioridade de 78,66% ao comparar o maior e menor conteúdo de água disponível (Figura 26B).

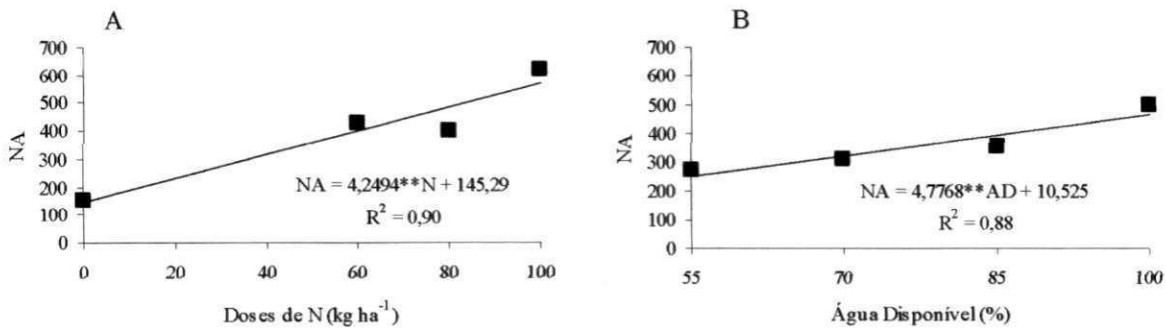


Figura 26. Número de aquênios (NA) de girassol Embrapa 122-V2000 em função das doses de N (A) e do conteúdo de água disponível no solo (B) em Neossolo Regolítico eutrófico

No luvissole o número de aquênios (NA) foi afetado significativamente pelas doses de N e P_2O_5 e ainda pelo conteúdo de água disponível (Tabela 15). Exceto para os tratamentos com fósforo (P_2O_5), os dados se ajustaram ao modelo de regressão polinomial. O aumento do número de aquênios ocorreu até a dose estimada $67,87 \text{ kg ha}^{-1}$, resultando em número de aquênios máximo de 635 unidades. O ponto de maior número de aquênios em função da água disponível foi obtido em 100% Adi (Figura 27 A e B).

A adubação fosfatada proporcionou incremento unitário de 2,8296 número de aquênios por kg ha^{-1} de P_2O_5 aplicado ao solo, ou seja, obtendo-se um acréscimo percentual de 99,18% comparando-se o controle ($0 \text{ kg ha}^{-1} P_2O_5$) e o maior tratamento de fósforo ($120 \text{ kg ha}^{-1} P_2O_5$) (Figura 27 C).

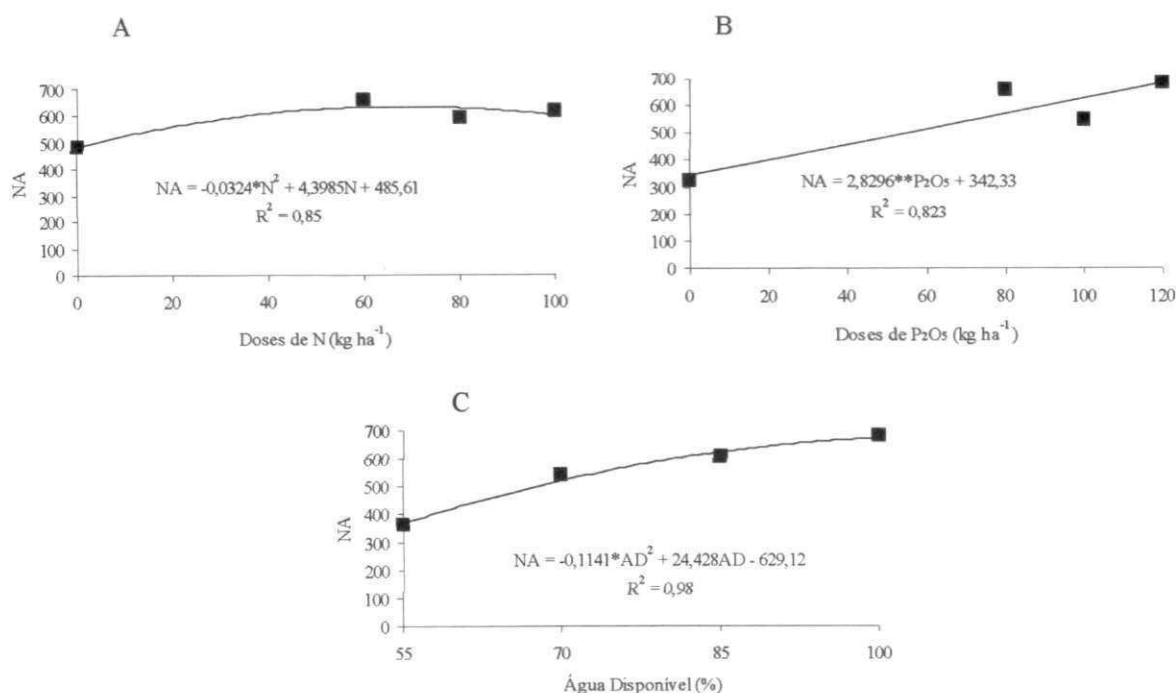


Figura 27. Número de Aquênios (NA) de girassol Embrapa 122-V2000 em função das doses de N (A), P_2O_5 (B) e conteúdo de água disponível (C) em Luvissole Crômico órtico

Resultados semelhantes aos encontrados nesta pesquisa foram relatados por Malik et al. (2009). Os autores encontraram o maior número de aquênios por capítulo (283,4) com a dose de $130\ kg\ ha^{-1}$ N quando comparado ao controle (161,7), tendência também visualizada por Abbadi et al. (2008a).

Estudando a adubação com NPK na variedade Embrapa 122-V2000, Sachs et al. (2006), afirmaram que o número de aquênios por capítulo foi influenciado pela adubação nitrogenada com resposta máxima na dose de $46\ kg\ ha^{-1}$. Segundo os autores, vários fatores afetam o desenvolvimento do capítulo, determinando o número potencial de flores e, conseqüentemente, número de aquênios; esses fatores são a época de semeadura, cultivar, tratos culturais, frequência de agentes polinizadores e doses de N.

Para os resultados de número de aquênios por capítulo influenciados pelo fósforo, Gerendás et al. (2011), também observaram aumento do número de aquênios com o suprimento de fósforo na cultura de girassol cultivada em vaso, fato também relatado por Sadiq et al. (2000).

Os dados dos dois solos estudados concordam com a visão de Dar et al. (2009) ao afirmarem que o número de aquênios de girassol foi maior nos tratamentos sem

estresse hídrico. A diminuição do número de aquênios em girassol é consequência da redução da frequência de irrigação, como reportado por Kakar e Soomro (2001), Asbag et al. (2009), Bajehbaj et al. (2009), Bajehbaj (2010b) e Naim e Ahmed (2010).

4.1.3.2.3 Percentagem de aquênios viáveis

Conforme dados apresentados na Tabela 16, as fontes de variação adubação (NPK) e irrigação (I) influenciaram significativamente na percentagem de aquênios viáveis. No desdobramento dos adubos observa-se que a percentagem de aquênios viáveis respondeu, de forma linear, à adubação nitrogenada no Neossolo Regolítico e de forma quadrática no Luvissoilo Crômico. O conteúdo de água disponível nos dois solos analisados influenciou, de forma linear, no aumento da percentagem de aquênios viáveis.

Tabela 16. Resumo das análises de variância para porcentagem de aquênios viáveis (AV) do girassol (variedade Embrapa 122-V2000) cultivado em Neossolo Regolítico eutrófico (RRe) e Luvissoilo Crômico órtico (TCO) submetido à adubação com NPK e conteúdo de água disponível no solo

Fontes de variação	GL	Quadrado médio	
		AV (%)	
		RRe	TCO
Adubação (NPK)	10	94,903**	33,489**
Irrigação (I)	3	189,306**	294,718**
NPK x I	30	18,711 ^{ns}	39,091 ^{ns}
Resíduo	88	22,704	11,617
Total	131	-	-
CV (%)	-	28,56	19,88
N - Regressão Linear	1	456,255**	5,032*
N - Regressão Quadrática	1	16,815 ^{ns}	142,709**
P - Regressão Linear	1	43,486 ^{ns}	8,672 ^{ns}
P - Regressão Quadrática	1	19,101 ^{ns}	18,419 ^{ns}
K - Regressão Linear	1	26,433 ^{ns}	3,534 ^{ns}
K - Regressão Quadrática	1	15,019 ^{ns}	34,079 ^{ns}
I - Regressão Linear	1	534,078**	877,647**
I - Regressão Quadrática	1	0,262 ^{ns}	0,018 ^{ns}
N - Linear x I Linear	1	84,742 ^{ns}	0,0008 ^{ns}
P - Linear x I Linear	1	7,031 ^{ns}	0,128 ^{ns}
K - Linear x I Linear	1	18,587 ^{ns}	0,911 ^{ns}

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

A porcentagem de aquênios viáveis em relação à adubação nitrogenada se ajustou a regressão quadrática, em o maior valor da variável (33,41%) foi obtido na dose máxima de 100 kg ha⁻¹ de N; todavia, o fator água disponível no solo obteve uma produção de 11,97 e 31,89%, e aumento de 166,26% na porcentagem dos aquênios viáveis, quando se compararam os níveis 55 e 100% de AD (Figura 28).

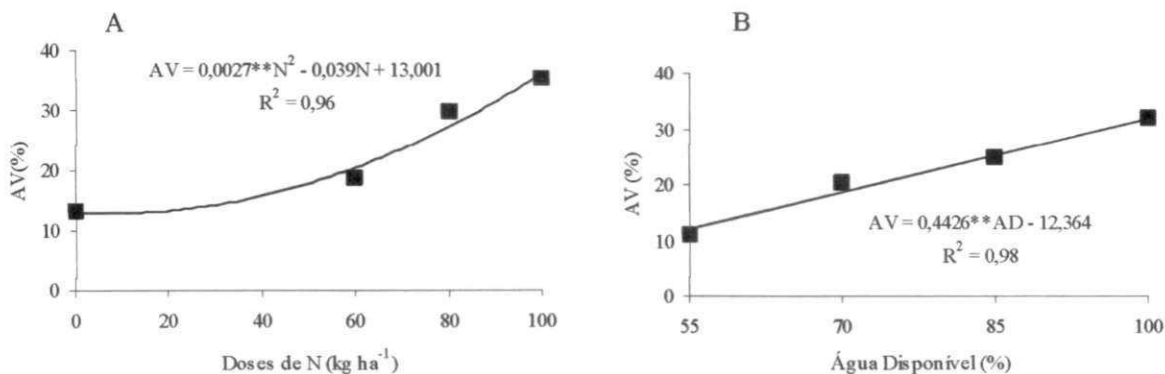


Figura 28. Porcentagem de aquênios viáveis (AV) de girassol Embrapa 122-V2000 em função das doses de N (A) e conteúdo de água disponível (B) em Neossolo Regolítico eutrófico.

Como observado no Neossolo Regolítico eutrófico (Figura 28), apenas as doses de N e o conteúdo de água disponível no solo (Adi) afetaram estatisticamente a porcentagem de aquênios viáveis do girassol em Luvisolo Crômico órtico, conforme apresentado na Tabela 16.

Nos tratamentos com o fornecimento de nitrogênio os dados se ajustaram ao modelo de regressão quadrática, sendo verificada a maior porcentagem de aquênios viáveis (39,7%) na dose máxima estimada de 60,07 kg ha⁻¹ N. No tocante ao conteúdo de água no solo o ajuste ocorreu de forma quadrática, observando-se o maior valor de porcentagem de aquênios viáveis de 38,5%, no tratamento de 100% da Adi (Figura 29 A e B).

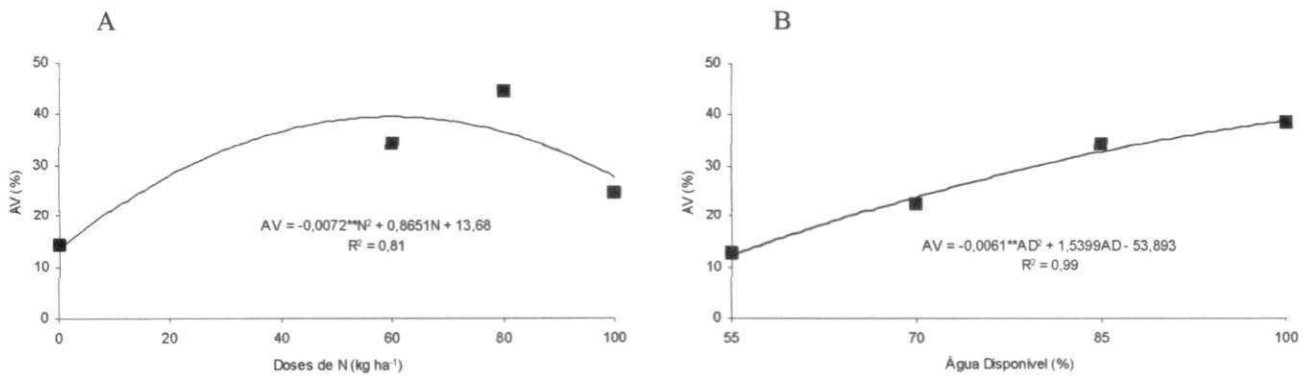


Figura 29. Porcentagem de aquênios viáveis (AV) de girassol Embrapa 122-V2000 em função das doses de N (A) e conteúdo de água disponível (B) em Luvissoilo Crômico órtico

Os resultados obtidos nos dois solos concordam com os de por Naim e Ahmed (2010) que, ao estudando o efeito da irrigação e espaçamento entre linhas sobre o rendimento, componentes de produção e eficiência de uso de água de girassol, registraram aumento de sementes viáveis com o aumento do conteúdo de água no solo.

A reduzida porcentagem de aquênios viáveis pode estar relacionada ao baixo teor do micronutriente boro, no solo utilizado no experimento (Neossolo) o qual é responsável pelo enchimento dos grãos. Além disso, o atraso da aplicação de boro para as plantas, ou seja, aos 28 DAS, poderia não estar disponível às plantas para formação de flores férteis. Para Killi (2004), o rendimento de sementes viáveis máximo (85,33%), foi produzido quando o nitrogênio foi aplicado na dose de 60 kg ha⁻¹.

Hernández (2002) constatou, pesquisando a deficiência de boro e sua relação com o desenvolvimento do capítulo de girassol em solos arenosos e com baixos teores de matéria orgânica do oeste da Argentina, redução da área de receptáculo com a ausência de boro. Em estudo realizado por Vaknin et al. (2008), os autores concluíram que a suplementação com ácido bórico pode, potencialmente, melhorar a extensão do tubo polínico e resultar no aumento do número de sementes.

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, sendo a faixa ótima de boro, segundo Oyinlola (2007), de 5,6 a 8,4 kg ha⁻¹.

De maneira geral, o crescimento, o rendimento biológico e a produção de aquênios de girassol variedade Embrapa 122-V2000, apresentaram tendência superior no experimento com Luvisolo Crômico órtico quando comparado ao Neossolo Regolítico eutrófico, mesmo que não fossem considerados fontes de variação da pesquisa.

5. CONCLUSÕES

Para o estudo com Neossolo Regolítico eutrófico:

1. Os efeitos da água disponível e adubação com NPK sobre a cultura do girassol ocorreram de forma independente.
2. Todas as variáveis apresentaram comportamento crescente em função da água disponível do solo.
3. Para as condições estudadas as doses 100, 120 e 120 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente, proporcionaram maior crescimento e produção do girassol.
4. O potássio promoveu o maior número de pétalas das flores de girassol.

Para o estudo com Luvisolo Crômico órtico:

5. Apenas o número de folhas do girassol foi afetado pela interação doses de P₂O₅ x irrigação.
6. Os maiores tratamentos de adubação e conteúdo de água no solo contribuíram para maior crescimento e produção de matéria fresca e seca do girassol, exceto para o número de folhas, área foliar, fitomassa fresca e seca do capítulo.
7. Para as condições estudadas as doses recomendadas para o cultivo de girassol sob Luvisolo são de 60, 120 e 120 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABBADI, J.; GERENDÁS, J. Effects of phosphorus supply on growth, yield, and yield components of safflower and sunflower. **Journal of Plant Nutrition**, v.34, n.12, p.1769-1787, 2011.

ABBADI, J.; GERENDÁS, J.; SATTELMACHER, B. Effects of nitrogen supply on growth, yield, and yield components of safflower and sunflower. **Plant and Soil**, v.306, p.167-180, 2008a.

ABBADI, J.; GERENDÁS, J.; SATTELMACHER, B. Effects of potassium supply on growth and yield of safflower as compared to sunflower. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, v.171, p. 272-280, 2008b.

ABDEL-MOTAGALLY, F.M.F.; OSMAN, E.A. Effect of nitrogen and potassium fertilization combinations on productivity of two sunflower cultivars under East of El-ewinate Conditions. **American-Eurasian Journal Agricultural and Enviromental Sciences**, v.8, n.4, p.397-401, 2010.

AGUIAR NETO, P.; OLIVEIRA, F.A.; SILVA, P.V.; PEREIRA JÚNIOR, E.D.; SANTOS, F.G.B. Efeitos da aplicação do fósforo no crescimento da cultura do girassol. **Revista verde**, v.5, n.4, p.148-155, 2010.

AHMAD, F. **Effect of potassium application in different proportions with nitrogen and phosphorus on growth, yield and oil content of sunflower**. 100f. 1989. MSc. Thesis. University of Agriculture, Faisalabad, Pakistan.

AHMAD, S.H.; AHMAD, R.; ASHRAF, M.Y.; M. ASHRAF, M.; WARAICH, E.A. Sunflower (*Helianthus annuus* L.) response to drought stress at germination and seedling growth stages. **Pakistan Journal Botany**, v.41, n.2, p. 647-654, 2009.

UFCC - BIBLIOTECA

ALI, H.; RANDHAWA, S.A.; YOUSAF, M. Quantitative and qualitative traits of sunflower (*Helianthus annuus* L.) as influenced by planting dates and nitrogen application. **International Journal of Agriculture & Biology**, v. 06, n.2, p.410–412, 2004.

ALVES, G.M.R.; DINIZ, K.C.A.; SANTOS, P.A.; SILVA, N.R.M.; COSTA, F.E.; SOARES, C.S. Desenvolvimento do girassol sob adubação fosfatada. In: IV Congresso Brasileiro de Mamona, 4 e Simpósio Internacional de Oleaginosas Energéticas, 1, 2010, João Pessoa, PB. **Resumos...** João Pessoa, p.595-599.

ANDRADE, S. J. **Efeito de lâminas de água e doses de boro na cultura do girassol.** 94p. 2000. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola). Escola Superior de Agronomia Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo.

ARTHANARI, P.M.; BALASUBRAMANIAN, T.N.; AMANULLAH, M.M. Impact of Climate and Nutrient Management on Yield Components and Yield of Sunflower (*Helianthus annuus* L.). **American-Eurasian Journal of Sustainable Agriculture**, v.3, n.1,p.13-16, 2009.

ASBAG, F.T.; GORTTAPEH, A.H.; MOGHADAM, A.F.; SABER-REZAIE, M.; FEGHNABI, F.; EIZADKHAH, M.; JAHANNAVAR, S.; PARVIZI, S.; MOGHADAM-POUR, N. Effects of planting date and irrigation management on sunflower yield and yield components. **Research Journal of Biological Sciences**, v.4, n.3, p.306-308, 2009.

AYUB, M.; TANVEER, A.; AMIN, M.Z.; SHARAR, M.S.; PERVAIZ, A. Effect of different sources and levels of potash on yield and oil content of spring sunflower. **Pakistan Journal of Biological Sciences**, Faisalabad, v.2, n.3, p.801-803, 1999.

AZIZ, A.K.; SOOMRO, A.G. Effect of water stress on the growth, yield and oil content of sunflower. **Pakistan Journal Agricultural Science**, Faisalabad, v.38, p.1-2, 2001.

BAJEHBAJ, A.A. Effects of water limitation on grain and oil yields of sunflower cultivars. **Journal Food, Agriculture & Environment**, v.8, n.1, p.98-101, 2010a.

BAJEHBAJ, A.A. Effects of water limitation on grain and oil yields of sunflower cultivars. **Advances in Environmental Biology**, v.4, n.1, p.24-30, 2010b.

BAJEHBAJ, A.A.; QASIMOV, N.; YARNIA, M. Effects of drought stress and potassium on some of the physiological and morphological traits of sunflower (*Helianthus annuus* L.) cultivars. **Journal Food, Agriculture & Environment**, v.7, n.3-4, p.448-451, 2009.

BAKHT, J.; SHAFI, M.; YOUSAF, M.; SHAH, H.U. Physiology, phenology and yield of sunflower (autumn) as affected by NPK fertilizer and hybrids. **Pakistan Journal Botany**, Faisalabad, v.42, n.3, p.1909-1922, 2010a.

BAKHT, J.J.; SHAFI, M.; YOUSAF, M.; KHAN, M.A. Effect of irrigation on physiology and yield of sunflower hybrids. **Pakistan Journal Botany**, Faisalabad, v.42, n.2, p. 1317-1326, 2010b.

BISCARO, G.A.; MACHADO, J.R.; TOSTA, M.S.; MENDONÇA, V.; SORATTO, R.P.; CARVALHO, L.A. Adubação nitrogenada em cobertura no girassol irrigado nas condições de Cassilândia-MS. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 05, p. 1366-1373, 2008.

BLAMEY, F.P.C.; EDWARDS, D.G.; ASHER, C.J. **Nutritional disorders of sunflower**. **Brisbane**: University of Queensland, 1987. 72 p.

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

CARELLI, M.L.C.; UNGARO, M.R.G.; FAHL, J.I.; NOVO, M.C.S.S. Níveis de nitrogênio, metabolismo, crescimento e produção de girassol. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Campinas, v.8, n.2, p.123-130, 1996.

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...CATI**, 2003. 1 CD-ROM.

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, 1993. p. 37.

CASTIGLIONI, V.B.R.; BALLA, A.; CASTRO, C.; SILVEIRA, J.M. **Fases de desenvolvimento da planta de girassol**. Londrina: EMBRAPA, CNPSO, 1997. 24p. (Documentos, 59).

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

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

CASTRO, C., BALLA, A., CASTIGLIONI, V. B. R. Levels and methods of nitrogen supply for sunflower. **Scientia agrícola**, Piracicaba, v.56, no.4, p.827-833. 1999.

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

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

CASTRO, C; de FARIAS, J.R.B. **Ecofisiologia do girassol**. In: LEITE, R.M.V.B. de C.; BRIGHENTI, A.M.; CASTRO, C. (Ed.). **Girassol no Brasil**. Londrina: Embrapa Soja, 2005. p. 163-210.

CECHIN, I.; FUMIS, T.F. Effect of nitrogen supply on growth and photosynthesis of sunflower plants grown in the greenhouse. **Plant Science**, v. 166, p. 1379–1385, 2004.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 4ª aproximação**. Lavras, 1989. p.122.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC. **Manual de recomendações de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. Porto Alegre: SBCS - Núcleo Regional Sul, 2004. 394p.

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.

DAR, J.S. **Irrigation management in spring sunflower (*Helianthus annuus* L.) planted at different patterns and potash levels**. 174f. 2008. DSc. Thesis. University of Agriculture, Faisalabad, Pakistan.

DAR, J.S.; CHEEMA, M.A.; WAHID, M.A.; SALEEM, M.F.; FAROOQ, M.; BASRA, S.M.A. Role of planting pattern and irrigation management on growth and yield of spring planted sunflower (*Helianthus annuus*). **International Journal of Agriculture & Biology**, v.11, n.6, p.701-706, 2009.

DE GIORGIO, D.; MONTEMURRO, V.; FORNARO, F. Four-year field experiment on nitrogen application to sunflower genotypes grown in semiarid conditions. **Helia**, v.30, n.47, p.15-26, 2007.

DEMIR, A.O.; GÖKSOY, A.T.; BÜYÜKCANGAZ, H.; TURAN, Z.M.; KÖKSAL, E.S. Deficit irrigation of sunflower (*Helianthus annuus* L.) in a sub-humid climate. **Irrigation Science**, v.24, p.279-289, 2006.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Soja. **Tecnologia de Produção do Girassol**. Embrapa Soja. Sistema de Produção n1. 2000.

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

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

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

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. EMBRAPA – Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos. 2006. 306p.

EUCLYDES, R. F. **Manual de utilização do programa SAEG** (Sistema para análises estatísticas e genéticas) Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1997. 59p.

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 (*Helianthus annuus* L.): fontes e doses de nitrogênio. **Ciência Rural**, v. 37, n. 4, p. 987-993, 2007.

FAGUNDES, M. H. **Sementes de girassol**: Alguns comentários. Disponível em: <http://www.conab.gov.br>. Acesso em 5 de março de 2009.



FAO. FAOSTAT – Statistics database 2008. Disponível em: <[http:// apps.fao.org/](http://apps.fao.org/)>. Acesso em 10 outubro de 2010.

FLAGELLA, Z.; ROTUNNO, T.; TARANTINO, E.; DI CATERINA, R.; DE CARO, A. Changes in seed yield and oil fatty acid composition of high oleic sunflower (*Helianthus annuus* L.) hybrids in relation to the sowing date and the water regime. **European Journal of Agronomy**, v.17, p.221-230, 2002.

GERENDÁS, J.; ABBADI, J.; SATTELMACHER, B. Potassium efficiency of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) and sunflower (*Helianthus annuus* L.). **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, v.171, p. 431–439, 2008.

GERM, M.; BERČIČ, O.U.; AČKO, D.K. The response of sunflower to acute disturbance in water availability. **Acta Agriculturae Slovenica**, v.85, p.135–141, 2005.

GHANI, A.; HUSSAIN, M.; QURESHI, M.S. Effect of different irrigation regimens on the growth and yield of sunflower. **International Journal of Agriculture and Biology**, v.2, n.4, p. 334-335, 2000.

GHOLINEZHAD, E.; AYNABAND, A.; GHORTHAPEH, A.H.; NOORMOHAMADI, G.; BERNOUSI, I. Study of the effect of drought stress on yield, yield components and harvest index of sunflower hybrid iroflor at different levels of nitrogen and plant population. **Notulae Botanicae Horti Agrobotanic Cluj-Napoca**, v.37, n.2, p.85-94, 2009.

GHOLINEZHAD, E.; AYNABAND, A.; GHORTHAPEH, A.H.; NOORNOHAMADI, G.; BERNOUSI, I. Effect of drought and nitrogen rates on grain yield, quality traits and physiological indices in sunflower hybrid iroflor at different plant density. **World Applied Sciences Journal**, v.14, n.1, p.131-139, 2011.

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...**: CATI, 2003. CD-ROM.

GOMES, E.M.; UNGARO, M.R.G.; VIEIRA, D.B. Produção de grãos, óleo e proteína em girassol sob estresse hídrico. In: Reunião Nacional de Pesquisa de Girassol, 16, e Simpósio Nacional sobre a Cultura do Girassol, 4, 2005, Londrina. **Anais...** Londrina: Embrapa Soja, 2005. p. 23-25.

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

GOMES, E.P.; ÁVILA, M.R.; RICKLI, M.E.; PETRI, F.; FEDRI, G. Desenvolvimento e produtividade do girassol sob lâminas de irrigação em semeadura direta na região do arenito Caiuá, estado do Paraná. **Irriga**, v.15, n. 4, p. 373-385, 2010.

GUEDES FILHO, D.H. **Comportamento do girassol submetido a doses de nitrogênio e níveis de água de irrigação**. 2011. 59f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais.

HERNÁNDEZ, L.F. Initiation and differentiation of floret primordia in naturally wounded capitula of boron deficient sunflower (*Helianthus annuus* L.) plants. **Helia**, v.25, n.37, p.1-8, 2002.

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.



IQBAL, M.; ASHRAF, M.Y. Does seed treatment with glycinebetaine improve germination rate and seedling growth of sunflower (*Helianthus annuus* L.) under osmotic stress? **Pakistan Journal Botany**, v.38, n.5, p.1641-1648, 2006.

IQBAL, J.; HUSSAIN, B.; SALEEM, M.F.; MUNIR, M.A.; ASLAM, M. Bio-economics of autumn planted sunflower (*Helianthus annuus* L.) hybrids under different NPK applications. **Pakistan journal Agriculture Science**, v.45, n.3, p.19-24, 2008.

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.

JAHANGIR, A.A.; MONDAL, R.K.; NADA, K.; AFROZE, R.S.; HAKIM, M.A. Response of nitrogen and phosphorus fertilizer and plant spacing on growth and yield contributing character of sunflower. **Bagladesh Journal of Scientific & Industrial Research**, v.41, n.1-2, p.33-40, 2006.

KAKAR, A.A.; SOOMRO, A.G. Effect of water stress on the growth, yield and oil content of sunflower. **Pakistan Journal Agricultural Science**, v.38, p. 73–74, 2001.

KARAM, F.; MASAAD, R.; KABALAN, R.; BREIDI, J.; CHALITA, C.; ROUPHAEL, Y. Evapotranspiration, seed yield and water use efficiency of drip irrigated sunflower under full and deficit irrigation conditions. **Agricultural Water Management**, v.90, p. 213–223, 2007.

KHALIQ, A.; CHEEMA, Z.A. Influence of irrigation and nitrogen management on some agronomic traits and yield of hybrid sunflower (*Helianthus annuus* L.). **International Journal of Agriculture & Biology**, v. 7, n. 6, p.915-919, 2005.

KILLI, F. Influence of difference nitrogen levels on productivity of oilseed and confection sunflower (*Helianthus annuus* L.) under varying plant populations. **International Journal of Agriculture & Biology**, v.6, n.4, p.594-598, 2004.

LIRA, M.A.; CHAGAS, M.C.M.; BRISTOT, G.; DANTAS, J.A.; HOLANDA, J.S. **Girassol**. Natal: EMPARN, 2008. 23p. (Circuito de tecnologias adaptadas para agricultura familiar, 3).

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, 2005. p.108-110.

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

LOBO, T. F.; GRASSI FILHO, H. Níveis de lodo de esgoto na produtividade do girassol. **Revista Ciencia del Suelo e Nutrición Vegetal**, v.7, n.3, p.16-25, 2007.

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

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

MALIK, M.A.; SALEEM, M.F.; SANA, M.; REHMAN, A. Suitable level of N, P and K for harvesting the maximum economic returns of sunflower (*Helianthus annuus* L.). **International Journal of Agriculture & Biology**, v.6, n.2, p. 240-242, 2009.

MCKENDRY, P. Energy production from biomass (part 1): overview of biomass. **Biodiesel Technology**, v. 83, p.37-46, 2002a.

MCKENDRY, P. Energy production from biomass (part 2): conversion technologies. **Biodiesel Technology**, v. 83, p.47-54, 2002b.

MOGHADDASI, S.; MOHAMMAD, S.M.; MOSAVI, J.A. Study of nitrogen fertilization times effects on new sunflower hybrids for grain and oil yields. **Advances in Environmental Biology**, v.5, n.7, p. 1968-1975, 2011.

MOLZ, F.J.; KLEPPER, P. On the mechanism of water stress induced stem deformation. **Agronomy Journal**, v.65, p. 304-306, 1973.

MOUJIRI, A.; ARZANI, A. Effects of nitrogen rate and plant density on yield and yield components of sunflower. **Journal Science Technics Agricultural Nature Research**, v.7, 115-125, 2003.

MUNIR, M.A.; MUHAMMAD ASGHAR MALIK, M.A.; SALEEM, M.F. Impact of integration of crop manuring and nitrogen application on growth, yield and quality of spring planted sunflower (*Helianthus annuus* L.). **Pakistan Journal Botany**, v.39, n.2, p.441-449, 2007.

MURALIDHARUDU, Y.; MURTHY, I.Y.L.N.; REDDY, K.P.C.; REDDY, B.N.; CHANDRANATH, H.T. Response of sunflower (*Helianthus annuus* L.) to phosphorus application in vertisols. **Helia**, v.26, n.39, p.147-154, 2003.

NAIM, A.M.E.; AHMED, M.F. Effect of Irrigation Intervals and Inter-row Spacing on vegetative growth characteristics in Sunflower (*Helianthus annuus* L) hybrids in Shambat soil. **Journal of Applied Sciences Research**, v.6, n.9, p.1440-1445, 2010a.

NAIM, A.M.E.; AHMED, M.F. Effect of Irrigation Intervals and Inter-row Spacing on Yield, Yields Components and Water Use Efficiency of Sunflower (*Helianthus annuus* L). **Journal of Applied Sciences Research**, v.6, n.9, p.1446-1451, 2010b.

NAWAZ, N.; SARWAR, G.; YOUSAF, M.; NASEEB, T.; AHMAD, A.; SHAH, M.J. Yield and Yield components of sunflower as affected by various NPK levels. **Asian Journal of Plant Sciences**, v.2, n.7, p.561-562, 2003.

NEVES, M.B.; BUZETTI, S.; CASTILHO, R.M.M.; BOARO, C.S.F. Desenvolvimento de plantas de girassol ornamental (*Helianthus annuus* L.) em vasos, em dois substratos com solução nutritiva e em solo. **Científica**, Jaboticabal, v.33, n.2, p.127-133, 2005.

NEZAMI, A.; KHAZAEI, H.R.; REZAZADEH, Z.B.; HOSSEINI, A. Effects of drought stress and defoliation on sunflower (*Helianthus annuus*) in controlled condition. **Desert**, v.12, p.99-104, 2008.

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

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

OSMAN, E.B.A.; AWED, M.M.M. Response of sunflower (*Helianthus annuus* L.) to phosphorus and nitrogen fertilization under different plant spacing at New Valley. **Assiut University Bulletin for Environmental Research**, v.13, n.1, p.11-19, 2010.

OYINLOLA, E.Y. Effect of boron fertilizer on yield and oil content of three sunflower cultivars in the Nigerian savanna. **Journal of Agronomy**, v.6, n.3, p.421-426, 2007.

OYINLOLA, E.Y.; OGUNWOLE, J.O.; AMAPU, I.Y. Response of sunflower (*Helianthus annuus* L.) to nitrogen application in a savanna alfisol. **Helia**, v.33, n.52, p.115-126, 2010.

PERNIOLA, M.; NARDIELLO, I.; LOVELLI, S. Effect of sowing date on water use efficiency of sunflower crop. **Italian Journal of Agronomy**, v.3, p.387-392, 2006.

PETCU, E.; ARSINTESCU, A.; STANCIU, D. The effect of hydric stress on some characteristics of sunflower plants. **Romanian Agricultural Research**, v.16, p.15-22, 2001a.

PETCU, E.; GEORGESCU, F.; ARSINTESCU, A.; STANCIU, D. The effect of hydric stress and soil acidity on sunflower seedlings. **Romanian Agricultural Research**, v.16, p.11-14, 2001b.

PRADO, R.M.; LEAL, R.M. Desordens nutricionais por deficiência em girassol var. CATISSOL-011. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.36, n.3, p.187-193, 2006.

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

RAUF, S.; SADQAT, H.A. Effect of osmotic adjustment on root length and dry matter partitioning in sunflower (*Helianthus annuus* L.) under drought stress. **Acta Agriculturae Scandinavica Section B-Soil and Plant Science**, v.58, p.252-260, 2008.

RICHARDS, L.A. **Diagnostico y rehabilitacion de suelos salinos y sodicos**. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de la America, 1954, 172p. (Manual de Agricultura, 60).

ROBINSON, R.G. Production and culture. In: CARTER, J.F. (Ed.) **Sunflower science and technology**. Madison: American Society of Agronomy, 1978. p.89-143.

ROGGATZ, A.J.S.; MCDONALD, I.; STANDERBERG, I.; SCHURR, U. Effect of nitrogen deprivation on cell division and expansion in leaves of *Ricinus communis* L., **Plant Cell Environment**, v.22, p. 81–89, 1999.

RODRIGUES, G.C.; CARVALHO, S.; PAREDES, P.; SILVA, F.G. & PEREIRA, L.S. Relating energy performance and water productivity of sprinkler irrigated maize, wheat and sunflower under limited water availability. **Biodiesel Engineering**, v.106, n.195-204, 2010.

RODRIGUEZ, D. J.; PHILLIPS, B.S.; RODRIGUEZ-GARCÍA, R.; ANGULO-SÁNCHEZ, J.L. **Grain yield and fatty acid composition of sunflower seed for cultivars**

developed under dry land conditions. p. 139–142. In: J. JANICK, J.; WHIPKEY, A. (eds.), Trends in new crops and new uses. ASHS Press, Alexandria, VA, 2002.

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**, Londrina, v. 27, n. 4, p. 533-546, 2006.

SADIQ, S.A.; SHAHID, M.; JAN, A.; NOOR-UD-DIN, S. Effect of various levels of nitrogen, phosphorus, potassium (NPK) on growth, yield, yield components of sunflower. **Pakistan Journal of Biological Sciences**, v.3, n.2, p.338-339, 2000.

SCHEINER, J. D.; LAVADO, R.S. Soil water content, absorption of nutrient elements, and responses to fertilization of sunflower: a case study. **Journal of Plant Nutrition**, v.22, n.2, p.369-377, 1999.

SCHNEITER, A.A.; MILLER, J.F. Description of sunflower growth stages. **Crop Science**,

SFREDO, G. J.; CAMPO, R. J.; SARRUGE, J. R. **Girassol: nutrição mineral e adubação.** Londrina: Embrapa-CNPS, 1984. (Circular Técnica, n.8).

SIDDIQUI, M.H.; OAD, F.C.; ABBASI, M.K.; GANDAHI, A.W. Effect of NPK, micronutrients and N-placement on the growth and yield of sunflower. **Sarhad Journal of Agriculture**, Faisalabad, v.25, n.1, p.45-52, 2009.

SILVA, A.N. **Produção de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) em função da adubação, níveis de água e da seletividade de herbicidas.** 2010. 87f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, ESALQ, USP.

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

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

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, 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.; 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).

SOLEIMANZADEH, H.; HABIBI, D.; ARDAKANI, M.R.; PAKNEJAD, F.; REJALI, F. Response of sunflower (*Helianthus annuus* L.) to drought stress under different potassium levels. **World Applied Sciences Journal**, v.8, n.4, p.443-448, 2010.

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

SOUZA, R.M.; NOBRE, R.G.; GHEYI, H.R.; DIAS, N.S.; SOARES, F.A.L. Utilização de água residuária e de adubação orgânica no cultivo do girassol. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 23, n. 2, p. 125-133, 2010.

SOUZA, T.A.F.; RAPOSO, R.W.C.; DANTAS, A.J.A.; SILVA, C.V.; GOMES NETO, A.D.; SANTOS, L.C.N.; ARAÚJO, R.C.A.; RODRIGUES, R.N.; ANDRADE, D.A.; MEDEIROS, D.A.; DIAS, J.A.; SILVA, E.S.; LIMA, G.K.; LUCENA, E.H.L.; PRATES, C.S.F. Produção de sementes do girassol em função do efeito residual da adubação do feijoeiro. In: IV Congresso Brasileiro de Mamona, 4 e Simpósio Internacional de Oleaginosas Energéticas, 1, 2010, João Pessoa, PB. **Resumos...** João Pessoa, p.765-769.

TAHIR, M.H.N.; IMRAN, M.; HUSSAIN, M.K. Evaluation of sunflower (*Helianthus annuus* L.) inbred lines for drought tolerance. **International Journal of Agriculture & Biology**, v.4, n.3, p.398-400, 2002.

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

TAN, S.; BEYAZGUL, M.; AVCIERI, Z.; KAYAM, Y.; KAYA, H.G. Effect of irrigation at various growth stages on some economic characters of first crop sunflower. **Journal Aegean Agricultural Research Institute**, v.10, p.16-34, 2000.

THAKURIA, R.K.; HARBIR, S.; TEJ, S. Effect of irrigation and antitranspirants on growth and yield of spring sunflower (*Helianthus annuus* L.). **Indian Journal of Agronomy**, v.49, p. 121-123, 2004.

THAVAPRAKASH, N.; KUMAR, S.D.S.; RAJA, K.; KUMAR, G.S. Effect of nitrogen and phosphorus levels and ratios on seed yield and nutrient uptake of sunflower hybrid DSH-I. **Helia**, v.25, n.37, p.59-68, 2002.

TODOROVIĆ, M.; ALBRIZIO, R.; ZIVOTIC, L.J. Deficit irrigation of sunflower under Mediterranean environmental conditions. Water Saving in Mediterranean Agriculture & Future Research Needs. **Proceedings of the International Conference**, Valenzano, Italy. p.153-168, 2007.

TOTH, V.R.; MESZKAROS, I.; VERES, S.; NAGY, J. Effects of the available nitrogen on the photosynthetic activity and xanthophyll cycle pool of maize in field. **Journal of Plant Physiology**, v.159, p. 627–634, 2002.

TRAPÁNI, N. HALL, A.J.; WEBER, M. Effects of constant and variable nitrogen supply on sunflower (*Helianthus annuus* L.) leaf cell number and size. **Annals of Botany**, v.84, p. 599–606, 1999.

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

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

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

VAKNIN, Y.; BARR, N.; SARANGA, Y. Preliminary investigations into the significance of floral applications of calcium, boron and polyphenols for increased seed set in confection sunflowers (*Helianthus annuus* L.). **Field Crops Research**, v.107, p.155-160, 2008.

VIGIL, M.F. **Fertilization in Dry land Cropping Systems**: a brief overview Central Great Plains Research Station-USDA-ARS, 2000. Disponível em: www.akron.ars.usda.gov.

VILLALOBOS, F.J.; HALL, A.J.; RITCHIE, J.T.; ORGAZ, F. Oil crop-sun: a development, growth and yield model of the sunflower crop. **Agronomy Journal**, Madison, v.88, p.403-415, 1996.

VRANCEANU, A.V. **El girasol**. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, 1977. 379p.

ZOBIOLE, L.H.S.; CASTRO, C.; OLIVEIRA, F.A.; OLIVEIRA JÚNIOR, A. Marcha de absorção de macronutrientes na cultura do girassol. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, p. 425-433, 2010.

DERBEA, M.; PETCU, E. The effect of soil water content on sunflower seedlings. **Romanian Agricultural Research**, v. 14, p.43-47, 2000.