



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS**



**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: IRRIGAÇÃO E DRENAGEM
DOUTORADO**

**DESEMPENHO DE CULTIVARES DE GIRASSOL IRRIGADO
SOB ADUBAÇÃO NITROGENADA E BORATADA**

**TESE
FLÁVIO DA SILVA COSTA**

**CAMPINA GRANDE, PB
AGOSTO - 2015**

FLÁVIO DA SILVA COSTA

**DESEMPENHO DE CULTIVARES DE GIRASSOL IRRIGADO
SOB ADUBAÇÃO NITROGENADA E BORATADA**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título de Doutor em Engenharia Agrícola. Área de Concentração: Irrigação e Drenagem.

ORIENTADORA: Prof^ª. Dr^ª. Lucia Helena Garófalo Chaves

CAMPINA GRANDE, PB

AGOSTO - 2015

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCG

- C837d Costa, Flávio da Silva.
Desempenho de cultivares de girassol irrigado sob adubação nitrogenada e boratada / Flávio da Silva Costa. – Campina Grande, 2015.
113 f.
- Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, 2015.
"Orientação: Prof^a. Dr^a. Lucia Helena Garófalo Chaves".
Referências.
1. *Helianthus annuus L.* 2. Nitrogênio. 3. Boro. 4. Eficiência de Uso do Nutriente. 5. Oleaginosas. I. Chaves, Lucia Helena Garófalo. II. Título.
- CDU 633.85 (043.2)



PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA TESE

FLÁVIO DA SILVA COSTA

**DESEMPENHO DE CULTIVARES DE GIRASSOL IRRIGADO SOB
ADUBAÇÃO NITROGENADA E BORATADA**

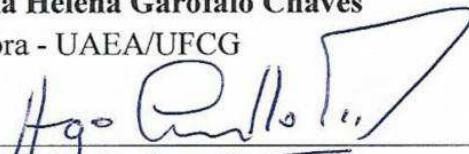
BANCA EXAMINADORA

PARECER



Dr^a. Lucia Helena Garófalo Chaves
Orientadora - UAEA/UFCA

Aprovado



Dr. Hugo Orlando Carvalho Guerra
Examinador - UAEA/UFCA

Aprovado



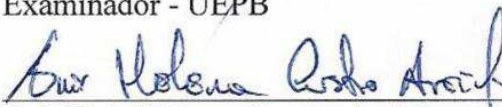
Dr. Luciano Marcelo Falle Saboya
Examinador - UAEA/UFCA

Aprovado



Dr. Alberto Soares de Melo
Examinador - UEPB

Aprovado



Dr^a. Nair Helena Castro Arriel
Examinador - EMBRAPA

Aprovado

AGOSTO DE 2015

A minha Avó, Benedita Ana da Conceição,
“Vozinha”, *in memoriam*, pelo amor e
dedicação incondicional à família.

Dedico

Ofereço, com amor e carinho, a meus pais,
Odaci e Antônia, minhas irmãs, Daniele e
Patrícia e a meus sobrinhos, Júlia e Bruno.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida.

À Universidade Federal de Campina Grande e ao Curso de Pós-graduação em Engenharia Agrícola, pela oportunidade de cursar o Doutorado.

A minha orientadora, Prof^a Dr^a Lucia Helena Garófalo Chaves, pelos valiosos ensinamentos científicos e pela incansável dedicação na realização dos projetos da tese.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, pela bolsa concedida.

À Universidade Estadual da Paraíba, por disponibilizar a área experimental do Campus II, Lagoa Seca, PB, para a realização do ensaio em campo.

Aos membros examinadores, Pesquisadora Dr^a Nair Helena de Castro Arriel, Prof. Dr. Alberto Soares de Melo, Prof. Dr. Hugo Orlando Carvallo Guerra e ao Prof. Dr. Luciano Marcelo Fallé Saboya, por aceitarem o convite a fim de compor a banca de avaliação da defesa de minha tese.

Aos Professores Carlos Azevedo, Hugo Orlando, José Dantas, Lucia Helena, Valfisio e a Vera Lúcia, pelos ensinamentos nas disciplinas que compõem o curso.

A Dona Cida, Gilson e Isaias, pelo auxílio nas questões burocráticas ligadas ao curso, sendo indispensáveis para o bom andamento do Curso de Pós-graduação em Engenharia Agrícola.

Aos colegas de curso, Aaron, Abel, Arsênio, Antônio, Denise, Enoque, Marcos, José Alberto, José Wilson e Whellyson, pela parceria nos grupos de estudos e pelas amizades construídas.

Aos amigos Ivomberg e Antônio, pela dedicação na condução das pesquisas e pela parceria.

Aos amigos Janivan, Rosinaldo, Sebastião, Marcelo, Leandro e Sony, pela convivência e contribuição na condução dos experimentos.

À Universidade Federal do Amapá (UNIFAP), pela oportunidade de pôr em prática, no Curso de Licenciatura em Educação do Campo, todos os ensinamentos que absorvi durante a vida acadêmica.

Aos professores da UNIFAP, Mellissa, Débora, Marlo, Ana Cláudia e Prof. Emanuel, pela atenção prestada na fase de conclusão da tese.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

	Pág.
LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE TABELAS	xi
RESUMO.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
1. INTRODUÇÃO	15
1.1. Objetivo geral	17
1.2. Objetivos específicos	17
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
2.1. Aspectos gerais do girassol	18
2.2. Crescimento e desenvolvimento do girassol	19
2.3. Condições edafoclimáticas para o girassol	20
2.4. Cultivares Helio 250 e Helio 251	22
2.5. Requerimentos e adubação mineral do girassol com nitrogênio e boro	24
2.5.1. Importância do nitrogênio	25
2.5.2. Importância do boro	27
3. MATERIAL E MÉTODOS	30
3.1. Experimento I: Campo	30
3.1.1. Localização do experimento	30
3.1.2. Clima	30
3.1.3. Preparo e características do solo	31
3.1.4. Delineamento experimental	33
3.1.5. Cultivares estudados	33
3.1.6. Adubação	33
3.1.7. Irrigação	34
3.1.8. Tratos culturais	35
3.1.9. Variáveis analisadas	36
3.1.9.1. Crescimento vegetativo	36
3.1.9.2. Produção de fitomassa seca	36
3.1.9.3. Razão de área foliar	37
3.1.9.4. Fases de desenvolvimento reprodutivo do girassol	37
3.1.9.5. Características produtivas	38
3.1.9.6. Eficiência de uso do nutriente	38
3.2. Experimento II: Casa de vegetação	39
3.2.1. Localização do experimento	39
3.2.2. Clima	39
3.2.3. Preparo e características do solo	39
3.2.4. Delineamento experimental	40
3.2.5. Cultivares estudados	41
3.2.6. Adubação	41
3.2.7. Irrigação	42
3.2.8. Tratos culturais	42
3.2.9. Variáveis analisadas	43
3.2.9.1. Crescimento vegetativo	43
3.2.9.2. Produção de fitomassa seca	43
3.2.9.3. Fases de desenvolvimento reprodutivo do girassol	43
3.2.9.4. Características produtivas	43

3.2.9.5. Eficiência de uso do nutriente	43
3.3. Análise estatística	44
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	45
4.1. Experimento I: Campo	45
4.1.1. Crescimento vegetativo	45
4.1.1.1. Altura de planta (ALP)	46
4.1.1.2. Diâmetro caulinar (DC)	47
4.1.1.3. Área foliar (AF)	48
4.1.1.4. Índice de área foliar (IAF)	48
4.1.2. Estádios fenológicos da cultura	49
4.1.3. Partição de fitomassa seca	51
4.1.3.1. Fitomassa seca do caule (FSC)	51
4.1.3.2. Fitomassa seca das folhas (FSF)	57
4.1.3.3. Fitomassa seca do capítulo (FSCp)	61
4.1.3.4. Fitomassa seca da parte aérea (FSPA)	64
4.1.4. Razão de área foliar (RAF)	69
4.1.5. Características produtivas	70
4.1.5.1. Massa de aquênios por planta (MAQ)	71
4.1.5.2. Eficiência de uso do nutriente	72
4.2. Experimento II: Casa de vegetação	73
4.2.1. Crescimento vegetativo	73
4.2.1.1. Altura de planta (ALP)	74
4.2.1.2. Diâmetro caulinar (DC)	77
4.2.1.3. Número de folhas (NF)	80
4.2.1.4. Área foliar (AF)	83
4.2.2. Estádios fenológicos da cultura	87
4.2.3. Partição de fitomassa seca	88
4.2.3.1. Fitomassa seca das raízes (FSR)	89
4.2.3.2. Fitomassa seca do caule (FSC)	89
4.2.3.3. Fitomassa seca das folhas (FSF)	90
4.2.3.4. Fitomassa seca do capítulo (FSCp)	90
4.2.3.5. Fitomassa seca total da planta (FST)	91
4.2.4. Características produtivas	92
4.2.4.1. Massa de 250 aquênios (M250)	93
4.2.4.2. Massa de aquênios por planta (MAQ)	94
4.2.4.3. Teor de óleo (TO)	96
4.2.4.4. Rendimento de óleo (RO)	97
4.2.4.5. Eficiência de uso do nutriente	99
5. CONCLUSÕES	101
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	102

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 3.1 Precipitação total mensal (mm) e valores médios mensais de umidade relativa do ar (%), temperatura do ar (°C) e radiação global (MJ.m ⁻² dia ⁻¹) do município de Lagoa Seca, PB, durante o período de julho a outubro de 2012	30
Figura 3.2 Dimensões dos blocos e parcelas do Experimento em Campo. Lagoa Seca, PB	33
Figura 3.3 Dimensões dos espaçamentos da área experimental, blocos e parcelas do Experimento em Casa de Vegetação. Campina Grande, PB	41
Figura 4.1 Altura de planta (ALP) do girassol em função de doses de nitrogênio em condições de semiárido paraibano. Lagoa Seca, PB	47
Figura 4.2 Diâmetro caulinar (DC) do girassol em função de doses de nitrogênio em condições de semiárido paraibano. Lagoa Seca, PB	47
Figura 4.3 Área foliar (AF) do girassol em função de doses de nitrogênio em condições de semiárido paraibano. Lagoa Seca, PB	48
Figura 4.4 Índice de área foliar (IAF) do girassol em função de doses nitrogênio em condições de semiárido paraibano. Lagoa Seca, PB	49
Figura 4.5 Fitomassa seca do caule do girassol (FSC): aos 15, H250 (a) e H251 (b), 30 (c), 45, H250 (d) e H251 (e), 60 (f), 75 dias após a emergência das plântulas (g) e ao final do ciclo da cultura (h) em função de doses de nitrogênio em condições de semiárido paraibano. Lagoa Seca, PB ..	53
Figura 4.6 Partição de fitomassa seca do caule (FSC) do girassol: aos 15, H250 (a) e H251 (b), 30 (c), 45, H250 (d) e H251 (e), 60 (f), 75 dias após a emergência das plântulas (g) e ao final do ciclo da cultura (h) em função de doses de boro em condições de semiárido paraibano. Lagoa Seca, PB	56
Figura 4.7 Partição de fitomassa seca das folhas (FSF) do girassol: aos 30 (a), 45, H250 (b) e H251 (c), 60 (d), 75 dias após a emergência das plântulas (e) e ao final do ciclo da cultura (f) em função de doses de nitrogênio em condições de semiárido paraibano. Lagoa Seca, PB	59
Figura 4.8 Partição de fitomassa seca das folhas (FSF) do girassol: aos 15 (a) e aos 45, H250 (b) e H251 (c), dias após a emergência das plântulas em função de doses de boro em condições de semiárido paraibano. Lagoa Seca, PB	61
Figura 4.9 Partição de fitomassa seca do capítulo do girassol (FSCp): aos 45, H250 (a) e H251 (b), 60 (c), 75 dias após a emergência das plântulas (d) e ao final do ciclo da cultura (e) em função de doses de nitrogênio em condições de semiárido paraibano. Lagoa Seca, PB	63
Figura 4.10 Partição de fitomassa seca do capítulo (FSCp) dos girassóis Helio 250 (a) e Helio 251 (b) aos 45 dias após a emergência das plântulas em função de doses de boro em condições de semiárido paraibano. Lagoa Seca, PB	64

Figura 4.11	Partição de fitomassa seca da parte aérea (FSPA) do girassol: aos 15 (a), 30 (b), 45 (c), 60 (d), 75 dias após a emergência das plântulas (e) e ao final do ciclo da cultura em função de doses de nitrogênio em condições de semiárido paraibano. Lagoa Seca, PB	66
Figura 4.12	Partição de fitomassa seca da parte aérea do girassol (FSPA): aos 15 (a), 30 (b), 45 (c) e 60 dias após a emergência das plântulas (d) em função de doses de boro em condições de semiárido paraibano. Lagoa Seca, PB	68
Figura 4.13	Razão da área foliar do girassol (RAF) em função de doses de nitrogênio em condições de semiárido paraibano. Lagoa Seca, PB	70
Figura 4.14	Massa de aquênios por planta (MAQ) de aquênios por capítulo do girassol em função de doses de nitrogênio em condições de semiárido paraibano	72
Figura 4.15	Eficiência de uso do nitrogênio (a) e do boro (b) para massa de aquênios de girassóis sob adubação nitrogenada e boratada em condições de campo. Lagoa Seca, PB	73
Figura 4.16	Altura de planta do girassol (ALP): aos 15 (a), 30 (b), 45 (c), 60 (d), 75 dias após a emergência das plântulas (e) e ao final do ciclo da cultura (f) em função de doses de nitrogênio em condições de casa de vegetação. Campina Grande, PB	76
Figura 4.17	Altura de planta do girassol (ALP): aos 15 (a) e aos 30 após a emergência das plântulas (b) em função de doses de boro em condições de casa de vegetação. Campina Grande, PB	77
Figura 4.18	Diâmetro caulinar do girassol (DC): aos 30 (a), 45 (b), 60 (c), 75 dias após a emergência das plântulas (d) e ao final do ciclo da cultura (e) em função de doses de nitrogênio em condições de casa de vegetação. Campina Grande, PB	79
Figura 4.19	Diâmetro caulinar do girassol (DC) aos 15 dias após a emergência das plântulas em função de doses de boro em condições de casa de vegetação. Campina Grande, PB	80
Figura 4.20	Número de folhas por planta do girassol (NF): aos 30 (a), 45 (b) e 60 dias após a emergência das plântulas (c) em função de doses de nitrogênio em condições de casa de vegetação. Campina Grande, PB ..	82
Figura 4.21	Número de folhas por planta (NF): aos 45 (a) e aos 60 dias após a emergência das plântulas em função de doses de boro em condições de casa de vegetação. Campina Grande, PB	83
Figura 4.22	Área foliar do girassol (AF): aos 30 (a), 45 (b), 60 (c) e 75 dias após a emergência das plântulas (d) em função de doses de nitrogênio em condições de casa de vegetação. Campina Grande, PB	85
Figura 4.23	Área foliar do girassol (AF): aos 15 (a), 30 (b), 45 (c) e 60 (d) dias após a emergência das plântulas em função de doses de boro em condições de casa de vegetação. Campina Grande, PB	86

Figura 4.24	Fitomassa seca das raízes (FSR) do girassol em função de doses de nitrogênio em condições de casa de vegetação	89
Figura 4.25	Fitomassa seca do caule (FSC) do girassol sob doses de nitrogênio (a) e de boro (b) em condições de casa de vegetação	90
Figura 4.26	Fitomassa seca das folhas (FSF) do girassol em função de doses de nitrogênio em condições de casa de vegetação	90
Figura 4.27	Fitomassa seca do capítulo (FSCp) do girassol em função de doses de nitrogênio em condições de casa de vegetação	91
Figura 4.28	Fitomassa seca do total (FST) do girassol em função de doses de nitrogênio (a) e boro (b) em condições de casa de vegetação	92
Figura 4.29	Massa de 250 aquênios do girassol (M250) em função de doses de nitrogênio em condições de casa de vegetação. Campina Grande, PB ..	94
Figura 4.30	Massa de aquênios do girassol (MAQ) em função de doses de nitrogênio, H250 (a) e H251 (b), e de boro, H250 (c) e H251 (d) sob condições de casa de vegetação. Campina Grande, PB	95
Figura 4.31	Teor de óleo dos aquênios (TO) em função de doses de nitrogênio, H250 (a) e H251 (b), e de boro, H250 (c) e H251 (d) sob condições de casa de vegetação. Campina Grande, PB	97
Figura 4.32	Rendimento de óleo por planta (RO) em função de doses de nitrogênio, H250 (a) e H251 (b), e de boro, H250 (c) e H251 (d) sob condições de casa de vegetação. Campina Grande, PB	99
Figura 4.33	Eficiência do uso do nitrogênio (a) e do boro (b) para massa de aquênios de girassóis sob adubação nitrogenada e boratada em condições de casa de vegetação. Campina Grande, PB	100

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1	Características agronômicas dos híbridos Helio 250 e Helio 251	23
Tabela 3.1	Características físico-hídricas e físico-químicas do solo do Experimento em Campo. Lagoa Seca, PB	32
Tabela 3.2	Atributos químicos da água do açude do Campus II da Universidade Estadual da Paraíba, Lagoa Seca, PB	34
Tabela 3.3	Descrição das fases de desenvolvimento reprodutivo do girassol	38
Tabela 3.4	Características físico-hídricas e físico-químicas do solo. Campina Grande, PB	40
Tabela 3.5	Modelo do quadro da análise de variância utilizada para os experimentos em campo e casa de vegetação	44
Tabela 4.1	Resumo da análise de variância para altura de planta (ALP), diâmetro caulinar (DC), número de folhas (NF), área foliar (AF) e índice de área foliar (IAF) de girassóis sob adubações nitrogenada e boratada em condições de semiárido paraibano. Lagoa Seca, PB	45
Tabela 4.2	Resumo da análise de variância para a duração entre a emergência de plântulas (EM) e a emissão da inflorescência (R1), abertura da inflorescência (R4), senescência das flores tubulares e liguladas (R6), maturação fisiológica das sementes (R9) e ciclo total (CT) dos girassóis sob adubações nitrogenada e boratada em condições de semiárido paraibano. Lagoa Seca, PB	50
Tabela 4.3	Resumo da análise de variância para fitomassa seca do caule (FSC) aos 15, 30, 45, 60, 75 dias após a emergência e ao final do ciclo da cultura de girassóis sob adubações nitrogenada e boratada em condições de semiárido paraibano. Lagoa Seca, PB	51
Tabela 4.4	Resumo da análise de variância para fitomassa seca das folhas (FSF) aos 15, 30, 45, 60, 75 dias após a emergência e ao final do ciclo da cultura de girassóis sob adubações nitrogenada e boratada em condições de semiárido paraibano. Lagoa Seca, PB	58
Tabela 4.5	Resumo da análise de variância para fitomassa seca do capítulo (FSCp) aos 45, 60, 75 dias após a emergência e ao final do ciclo da cultura de girassóis sob adubações nitrogenada e boratada em condições de semiárido paraibano. Lagoa Seca, PB	62
Tabela 4.6	Resumo da análise de variância para fitomassa seca da parte aérea (FSPA) aos 15, 30, 45, 60, 75 dias após a emergência e ao final do ciclo da cultura de girassóis sob adubações nitrogenada e boratada em condições de semiárido paraibano. Lagoa Seca, PB	65
Tabela 4.7	Resumo da análise de variância para a razão de área foliar (RAF) aos 15, 30, 45, 60 e 75 dias após a emergência de girassóis sob adubações nitrogenada e boratada em condições de semiárido paraibano. Lagoa Seca, PB	69

Tabela 4.8	Resumo da análise de variância para a massa de 250 sementes (M250) e massa de aquênios por planta (MAQ) de girassóis submetidos a adubação convencional com nitrogênio e boro em condições de campo. Lagoa Seca, PB	71
Tabela 4.9	Resumo da análise de variância para altura de plantas (ALP) aos 15, 30, 45, 60, 75 dias após a emergência e ao final do ciclo de girassóis sob adubações nitrogenada e boratada em condições de ambiente protegido. Campina Grande, PB	74
Tabela 4.10	Resumo da análise de variância para diâmetro caulinar (DC) aos 15, 30, 45, 60, 75 dias após a emergência e ao final do ciclo de girassóis sob adubações nitrogenada e boratada em condições de ambiente protegido. Campina Grande, PB	78
Tabela 4.11	Resumo da análise de variância para número de folhas (NF) aos 15, 30, 45, 60 e aos 75 dias após a emergência de girassóis sob adubações nitrogenada e boratada em condições de ambiente protegido. Campina Grande, PB	81
Tabela 4.12	Resumo da análise de variância para área foliar (AF) aos 15, 30, 45, 60 e aos 75 dias após a emergência de girassóis sob adubações nitrogenada e boratada em condições de ambiente protegido. Campina Grande, PB ...	84
Tabela 4.13	Resumo da análise de variância para a duração entre a emergência de plântulas (EM) e a emissão da inflorescência (R1), abertura da inflorescência (R4), senescência das flores tubulares e líguladas (R6), maturação fisiológica das sementes (R9) e ciclo total (CT) de girassóis sob adubações nitrogenada e boratada em condições de ambiente protegido. Campina Grande, PB	87
Tabela 4.14	Resumo da análise de variância para Fitomassa seca das raízes (FSR), do caule (FSC), das folhas (FSF), do capítulo sem aquênios (FSCp) e total (FST) de girassóis sob adubações nitrogenada e boratada em condições de ambiente protegido. Campina Grande, PB	88
Tabela 4.15	Resumo da análise de variância para massa de 250 aquênios (M250), massa de aquênios por planta (MAQ), teor de óleo por aquênio (TO) e rendimento de óleo por planta (RO) de girassóis sob adubações nitrogenada e boratada em condições de ambiente protegido. Campina Grande, PB	93

DESEMPENHO DE CULTIVARES DE GIRASSOL IRRIGADO SOB ADUBAÇÃO NITROGENADA E BORATADA

RESUMO

O girassol (*Helianthus annuus* L.) é uma planta altamente adaptável às condições edafoclimáticas brasileiras, podendo ser cultivada de norte a sul do País, no entanto, por se tratar de cultura exigente nutricionalmente, a deficiência mineral dos solos brasileiros é o fator que mais limita sua produção. Dentre os nutrientes essenciais ao seu desenvolvimento, sabe-se que o nitrogênio (N) e o boro (B) exercem funções importantes no crescimento e no desenvolvimento da cultura, embora suas deficiências favoreçam desordens nutricionais à planta, refletindo negativamente no seu rendimento. Neste contexto objetivou-se avaliar o desempenho de dois cultivares de girassol, Helio 250 e Helio 251, em função de adubação convencional com nitrogênio e boro em condições de campo e de casa de vegetação no semiárido do Estado da Paraíba. A pesquisa constou de dois experimentos para estudos de desempenho do girassol: a adubação nitrogenada e a boratada. O primeiro experimento foi conduzido no campo e constituído de três repetições de quatro doses de nitrogênio (30, 60, 90 e 120 kg ha⁻¹) e de quatro doses de boro (1, 2, 3 e 4 kg ha⁻¹) para os dois cultivares de girassol: o segundo experimento foi conduzido na casa de vegetação e contou com quatro doses de nitrogênio (33,33; 66,66; 100 e 133,33 mg kg⁻¹), quatro doses de boro (1, 2, 3 e 4 mg kg⁻¹), nos dois cultivares de girassol e com três repetições. Em ambos os experimentos foram analisados o crescimento vegetativo, as fases de desenvolvimento reprodutivo, a produção de fitomassa, o rendimento e o uso eficiente do nitrogênio e do boro pelos girassóis. As durações dos estádios fenológicos do girassol não sofreram influência do N nem do B. O crescimento vegetativo, o rendimento produtivo e o acúmulo de fitomassa seca nos diversos órgãos da planta foram diretamente correlacionados às quantidades de N disponíveis no solo. Concentrações elevadas de B não resultaram em ganhos expressivos de crescimento ou produção. As máximas eficiências de uso do N e do B foram obtidas com as menores doses testadas nesse estudo. O cv. Helio 251 mostrou-se mais eficiente na produção de fitomassa enquanto o cv. Helio 250 se destacou na produção de óleo.

PALAVRAS-CHAVE: *Helianthus annuus* L., nitrogênio, boro, eficiência de uso do nutriente, estádios fenológicos, oleaginosa.

IRRIGATED SUNFLOWER CULTIVARS PERFORMANCE UNDER NITROGEN AND BORON FERTILIZATION

ABSTRACT

Sunflower (*Helianthus annuus* L.) is a highly adaptable plant to Brazilian soils and climate conditions and can be grown from north to south of the Country, however, being a demanding culture nutritionally, Brazilian soils mineral deficiency is the factor limiting their more production. Among the essential nutrients for its development it is known that nitrogen (N) and boron (B) exert significant roles in the growth and development of culture, and its deficiencies promote nutritional disorders to the plant, reflecting negatively on its yield. In this context, it is aimed to evaluate the performance of two sunflower cultivars, Helio 250 and Helio 251, under conventional fertilization function with nitrogen and boron under conditions of field and vegetation house in the semiarid of Paraíba State. The study consisted of two experiments to sunflower performance studies to nitrogen and boron fertilization. The first experiment was conducted in the field and constituted of three replicates of four nitrogen rates (30, 60, 90, and 120 kg ha⁻¹) and four boron doses (1, 2, 3, and 4 kg ha⁻¹) for the two sunflower cultivars; the second experiment was conducted in a greenhouse and had four nitrogen rates (33.33; 66.66; 100; and 133.33 mg kg⁻¹), four boron doses (1, 2, 3, and 4 mg kg⁻¹) in both cultivars of sunflower and with three replicates. In both experiments were analyzed the vegetative growth, the stages of reproductive development, phytomass production, income and the efficient use of nitrogen and boron. The duration of sunflower phenological stages were not affected by N or B. The vegetative growth, the productive yield and the accumulation of dry phytomass in the various plant organs were directly correlated to the amount of N available in the soil. High concentrations of B did not result in significant gains in growth or production. The maximum N and B use efficiencies were obtained at lower doses tested in this study. The cv. Helio 251 was more efficient in the production of phytomass, while the cv. Helio 250 excelled in the production of oil.

KEYWORDS: *Helianthus annuus* L., nitrogen, boron, nutrient use efficiency, phenological stages, oilseed.

1. INTRODUÇÃO

O girassol (*Helianthus annuus* L) caracteriza-se como espécie altamente adaptável às condições edafoclimáticas brasileiras podendo ser cultivado de Norte a Sul do País. O principal fator que possibilita seu potencial produtivo é a baixa sensibilidade da planta ao fototropismo; no entanto, regiões que apresentam altas temperaturas nas fases de florescimento e produção da cultura evidenciam maiores rendimentos (Leite et al., 2007). Assim, entende-se que o Nordeste brasileiro possui potencial para o cultivo do girassol quando comparado às regiões Sul e Sudeste para produções anuais, já que a radiação solar nesta região é constante e elevada ao longo do ano.

A produção mundial de grãos de girassol em 2013 foi de 44,75 milhões de toneladas com produtividade média de 1.749 kg ha⁻¹, em que os maiores produtores foram Ucrânia, Rússia e Argentina, com 11,05, 10,53 e 3,10 milhões de toneladas, respectivamente (FAOSTAT, 2015). No Brasil, a produção total em 2013 foi de 109.473 toneladas de grãos em área total colhida de 69.515 ha, correspondendo a um rendimento médio de 1.575 kg ha⁻¹. A previsão para a produção de 2014 é de 161.159 toneladas em uma área colhida de 118.067 ha e produtividade média de 1.365 kg ha⁻¹ (IBGE, 2015). Nota-se um aumento de 47% na produção e 69,8% na área colhida de 2013 para 2014; contudo, o rendimento será reduzido na razão de 13%.

Os rendimentos por unidade de área evidenciam o baixo nível tecnológico de produção de grãos de girassol no Brasil, já que, para aumentar a produção os investimentos estão sendo realizados em ampliação do espaço físico e não em melhorias de técnicas e manejos adequados que maximizem a produtividade. Convém ressaltar que as regiões brasileiras com maiores índices produtivos de grãos de girassol são, em ordem decrescente: Centro-Oeste, Sudeste, Sul, Nordeste e Norte (IBGE, 2015).

O Centro-Oeste se destacou no cenário brasileiro em relação às demais Regiões, com produtividade média de grãos de girassol de 1.654 kg ha⁻¹ em 2013, diferentemente do Nordeste, que alcançou apenas 555 kg ha⁻¹ evidenciando uma diferença de 198,02% no rendimento de grãos entre essas regiões. Em 2011 o Nordeste alcançou produção total de 2.082 toneladas de aquênios, tendo o Ceará como maior produtor (1.131 toneladas) e a Paraíba se classificando em 5º lugar com produção de 83 toneladas e rendimento médio de 339 kg ha⁻¹ (IBGE, 2015).

Em relação à média nacional, a baixa produtividade do girassol na Região Nordeste pode estar relacionada a outros fatores, como: variabilidade genética, densidade de plantio, época de semeadura, estágio de desenvolvimento da cultura, disponibilidade de água e fertilidade do solo (Tomich et al., 2003). Dentre os fatores citados a disponibilidade de água e a deficiência nutricional da maioria dos solos brasileiros são os que mais limitam a produção dessa cultura já que o girassol é sensível ao déficit hídrico e exigente quanto à fertilidade do solo (Biscaro et al., 2008; Ivanoff et al., 2010; Lobo et al., 2012).

Dentre os nutrientes essenciais ao desenvolvimento do girassol o nitrogênio é o que mais limita o desenvolvimento da planta, já que sua deficiência causa desordem nutricional influenciando negativamente o crescimento dos órgãos da planta (Prado e Leal, 2006) e seu excesso reduz o percentual de óleo (Biscaro et al., 2008). Segundo Zobiole et al. (2010a), a ordem de extração de macronutrientes do solo pelo girassol é $K > N > Ca > Mg > P = S$, porém, apesar do K ser o nutriente absorvido em maior quantidade pela planta, sua redistribuição para os aquênios é baixa indicando que grande parte desse nutriente retorna ao solo com a decomposição dos restos culturais, diferente do que ocorre com o N, que é o elemento encontrado em maior quantidade nos aquênios na fase de colheita dos grãos seguido de $P = K > Mg = S > Ca$; assim se reforça a importância dos estudos das quantidades adequadas de N a serem aplicadas à cultura do girassol em diferentes regiões, visto que, além do que é exportado pelos grãos, as perdas do elemento por lixiviação e volatilização são elevadas e variam em função das condições edafoclimáticas.

O boro é considerado o micronutriente mais importante para a cultura do girassol em virtude da produção de aquênios estar correlacionada diretamente com o seu teor nas folhas (Castro et al., 2006) e sua deficiência provocar redução significativa na altura e no diâmetro da haste (Lima et al., 2013), na área foliar e na fitomassa seca da parte aérea (Feitosa et al., 2013). O boro possui baixa mobilidade no solo e sua absorção pode ser influenciada por fatores como pH, textura do solo, umidade, temperatura, matéria orgânica e intensidade de luz (Hu e Brown, 1997). Esses autores também enfatizam que um dos fatores mais influentes para maximizar a absorção do B pela planta é sua taxa de transpiração que, por sua vez, é influenciada pela umidade relativa, temperatura e intensidade luminosa. Com isto, ressalta-se o conceito dos estudos sobre o B para a cultura do girassol em condições específicas de clima e solo por ser um elemento absorvido em pequenas quantidades e altamente influenciado por fatores ambientais.

Para a obtenção de rendimentos satisfatórios na produção agrícola torna-se indispensável o conhecimento sobre as condições nutricionais adequadas de um solo, independente da cultura a ser cultivada e principalmente sobre os nutrientes que limitam o crescimento e/ou o desenvolvimento da planta quando este se encontra em déficit ou excesso no solo.

1.1. Objetivo geral

Avaliar o desempenho dos cultivares de girassol, Helio 250 e Helio 251, em função de adubação com nitrogênio e boro em condições de campo e casa de vegetação no semiárido paraibano.

1.2 Objetivos específicos

a) Avaliar o crescimento e a produção dos cultivares de girassol, Helio 250 e Helio 251, em função da adubação com N e B em campo e em casa de vegetação;

b) Avaliar o desenvolvimento reprodutivo de cultivares de girassol, Helio 250 e Helio 251, em função da adubação com N e B em campo e em casa de vegetação;

c) Analisar a influência do N e do B na produção de massa seca do girassol;

d) Identificar as quantidades ótimas de N e B que maximizem o uso eficiente do nutriente para cada cultivar estudada;

e) Identificar o melhor cultivar de girassol para o cultivo em condições edafoclimáticas do Semiárido Paraibano.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Aspectos gerais do girassol

O girassol (*Helianthus annuus* L.) é uma oleaginosa de ciclo anual, da família das Asteraceae, originária da América do Norte, mais precisamente nos Estados do Arizona e Novo México, Estados Unidos, cujas pesquisas arqueológicas comprovaram indícios de uso da cultura por índios norte-americanos cerca de 3.000 a.C. (Selmeczi-Kovacs, 1975). Inicialmente, o girassol foi utilizado como hortaliça e planta ornamental, a partir do século XVIII começou a ser cultivada comercialmente para a produção de ração para alimentação animal, sementes para aves e para a produção de óleo comestível (Dall’Agnol et al., 2005).

O girassol se destaca mundialmente entre as cinco maiores culturas, em termos de produção de óleo vegetal comestível, atrás apenas da soja, do algodão, da colza e do amendoim, sendo responsável por aproximadamente 13% de todo óleo vegetal mundialmente produzido (Freitas, et al., 2012). Identificado sobretudo pela fácil adaptação às mais variadas condições climáticas em diversas regiões, o girassol vem merecendo destaque dentre as culturas de importância econômica e alimentar (Oliveira et al., 2010).

O crescente avanço no cultivo do girassol no Brasil vem inserindo a cultura nos diferentes segmentos do agronegócio possibilitando, assim, a constituição de um mercado sólido, tornando-se uma alternativa para a complementação de sistemas de produção em diversas regiões produtoras do País. Alguns fatores, como a busca crescente por óleo comestível e além da possibilidade de produção de farelo para alimentação animal entre outros, são apontados como fatores decisivos para o fortalecimento do cultivo dessa cultura (Centeno, et al., 2014). Esta oleaginosa figura entre as espécies vegetais que apresentam um potencial maior para a produção de energia renovável no País, com possibilidades de alavancar e expandir o programa Biodiesel no Brasil (Santos Júnior et al., 2011).

A cultura do girassol também pode ser excelente alternativa para rotação de culturas em regiões com problemas de acidez já que, segundo Sutradhar et al. (2014) a planta tolera níveis mais baixos de pH do solo (pH 4,7 a 5,3) que a cultura do sorgo (5,4), da canola (5,8) e da soja (5,5 a 7,0). Outra característica importante que favorece seu cultivo é a de que a planta possui um sistema radicular pivotante que absorve e realiza a ciclagem dos nutrientes das camadas mais profundas do perfil do solo para as mais superficiais, enriquecendo-as nutricionalmente quando ocorre decomposição dos restos vegetais (Castro e Oliveira, 2005).

Santos et al. (2013) enfatizam que o girassol pode constituir-se em uma alternativa de exploração agrícola de grande relevância para os agricultores familiares do semiárido paraibano, sobremaneira como matéria-prima visando à obtenção de ração para alimentação animal e óleo para a produção do biodiesel.

2.2. Crescimento e desenvolvimento do girassol

Os processos de crescimento e desenvolvimento vegetal podem ocorrer independentemente, sem que haja uma relação direta entre ambos. Enquanto o crescimento vegetativo se refere a alongamentos irreversíveis de tecidos em relação a comprimento, área e volume dos órgãos das plantas, o desenvolvimento vegetativo envolve as fases de maturação da planta quando ocorrem diferenciação celular, morfogênese, aparecimento e a senescência de órgãos (Hodges, 1991; Wilhelm e McMaster, 1995).

O girassol cresce lentamente durante os primeiros 30 dias após emergir, diferentemente dos 30 aos 50 dias seguintes quando a planta chega a quadruplicar seu tamanho (Unger, 1990). Este comportamento de crescimento foi comprovado por Souza et al. (2014) que, estudando o cultivo de girassol em diferentes épocas de semeadura em duas localidades do estado da Bahia, observaram que as plantas aos 20 dias após a emergência (DAE) atingiram 7,5% de sua altura total observada ao final do ciclo; aos 40 DAE alcançaram 57,5%, aos 60 DAE, 88,0% e aos 80 DAE, 100%. Nota-se que entre os 20 e os 40 DAE o girassol desenvolveu 50% do total da altura; já entre 40 e os 60 DAE o aumento foi de 30,5% e para o último intervalo, apenas 12%. Conforme os autores, a redução dos índices de crescimento a partir dos 60 DAE ocorreu por coincidir com o período de abertura das flores tubulares e o início do enchimento dos aquênios quando, normalmente, a planta transloca nutrientes e fotoassimilados de outros órgãos para a inflorescência, o que causa retardamento no crescimento dos demais órgãos. Segundo Úngaro et al. (1985) as folhas do girassol atingem a máxima quantidade de assimilados no florescimento; em seguida, ocorre decréscimo devido ao dreno para os aquênios enquanto os capítulos acumulam massa seca até o estágio de maturação fisiológica.

O ciclo de cultivo do girassol se divide em duas fases de desenvolvimento: vegetativo e produtivo. A fase vegetativa corresponde ao intervalo entre a germinação e a emissão da inflorescência (botão floral) e é representada pela letra “V”; a germinação é representada por “Ve”; já o aparecimento das primeiras folhas verdadeiras da plântula com comprimento maior

ou igual a 4 cm é representada por Vn (n = número de folhas). A fase vegetativa é iniciada com a emergência das plântulas e termina com o aparecimento do botão floral que dá início à fase de desenvolvimento reprodutivo a qual se encerra com a maturação fisiológica da planta.

A fase de desenvolvimento reprodutivo se divide em 9 estádios distintos representada pela letra R, sendo R1: inflorescência circundada pela bráctea imatura, encontra-se visível e apresenta muitas pontas (forma estrelada); R2: internódio imediatamente abaixo do botão floral; alonga-se entre 0,5 e 2,0 cm acima da última folha inserida no caule; R3: internódio imediatamente abaixo do botão floral; alonga-se mais de 2,0 cm acima da última folha inserida no caule; R4: início de abertura da inflorescência com as flores liguladas visíveis e frequentemente amarelas; R5: flores liguladas completamente expandidas; R6: flores tubulares abertas e flores liguladas pouco turgidas e murchas; R7: aquênios em início de enchimento; R8: capítulo com dorso amarelo e brácteas verdes e R9: Maturação fisiológica (Schneiter e Miller, 1981; Castro e Farias, 2005).

2.3. Condições edafoclimáticas para o girassol

A cultura do girassol se adapta bem a condições edafoclimáticas adversas tolerando elevadas temperaturas e relativa resistência ao déficit hídrico (Castro e Farias, 2005) podendo ser cultivada em todo o território brasileiro (Leite et al., 2007). No entanto, fatores climáticos, como baixas temperaturas, baixa radiação solar e fotoperíodo curto podem interferir no ciclo da cultura e reduzir significativamente sua produtividade (Goyne e Hammer, 1982).

A maioria dos solos utilizados para a agricultura no Brasil possui baixa fertilidade e necessita de reposição nutricional para que as culturas produzam satisfatoriamente. O girassol é considerado planta rústica, razão pela qual se adapta bem aos diferentes tipos de solo; entretanto, os mais recomendados para o seu cultivo devem apresentar pH entre 5,2 e 6,4, elevada fertilidade, profundos, planos e bem drenados para melhor aproveitamento dos recursos hídricos e nutricionais (Castro et al., 1996). Segundo Euba Neto et al. (2014a) as classes texturais de solo que mais favorecem o desenvolvimento do girassol são a franco arenosa e a franco argilo arenosa, as quais promovem maior área foliar na planta superando os solos de textura arenosa e franco argilo argilosa. Rossi (1998) enfatiza que solos pedregosos, muito ácidos, arenosos e impermeáveis, são inadequados para o cultivo do girassol.

A radiação solar é outro fator climático de grande importância para as culturas visto que afeta diretamente a quantidade de carboidratos resultantes da fotossíntese, transferência

de água da superfície para a atmosfera, o aquecimento e o resfriamento do ar e do solo, tal como o processo de evapotranspiração. Também possui forte correlação com a produção de aquênios e de óleo para a cultura do girassol, a qual necessita de maiores índices de radiação nos estádios de desenvolvimento vegetativo e enchimento dos aquênios (Aguirrezábal et al., 2003; Thomaz et al., 2012b).

Com relação à temperatura do ar, a produção do girassol é maximizada quando a mesma se situa entre 27 e 28 °C; todavia, a cultura consegue desenvolver-se em locais que apresentam oscilações de temperatura na faixa de 10 a 35 °C (Castro et al., 2005), porém sob condições da região Sul do Brasil, Carvalho (2004) registrou temperatura mínima de 7,6 °C na época de emergência das plântulas de girassol e temperatura média de 20,1 °C durante o ciclo de cultivo, sem redução na produção mas o período de crescimento vegetativo foi prolongado para 85 dias quando o intervalo considerado normal para o girassol, de acordo com Castiglioni et al. (1997) é de 45 a 70 dias. O prolongamento do ciclo pode ser explicado pelo fato de baixas temperaturas aumentarem a taxa fotossintética e reduzir os processos de respiração e de transpiração da planta (Zhang e Liu, 2005). De acordo com Thomaz et al. (2012a) temperaturas amenas, oscilando entre 17,5 e 22,8 °C na fase de desenvolvimento vegetativo do girassol acarreta em ganhos de produtividade de aquênios e de óleo e teor de óleo, diferentemente de quando ocorrem na época de florescimento, em que os mesmos autores relataram obter menores rendimentos quando as baixas temperaturas ocorreram nesse período.

A má distribuição das chuvas na maior parte do território brasileiro causa estresse abiótico à maioria das culturas podendo reduzir significativamente seu rendimento já que as plantas são submetidas ao déficit hídrico pela diminuição do conteúdo de água no solo (Bray, 2004; Paiva e Oliveira, 2006). O girassol é uma cultura sensível ao déficit hídrico principalmente se este ocorre na fase de florescimento (Thomaz et al., 2012b), apresentando redução significativa de crescimento e produção quando comparados com rendimentos obtidos em regiões com distribuição pluviométrica adequada ou com uso de irrigação (Castro et al., 2006; Nobre et al., 2010; Silva et al., 2011; Duarte et al., 2012; Campos et al., 2015).

O valor médio de acumulação anual da precipitação pluvial não é um parâmetro adequado para o planejamento agrícola no semiárido já que a distribuição das chuvas é altamente irregular. Segundo Castro e Farias (2005) a necessidade hídrica do girassol se associa aos estádios de desenvolvimento, variando de 0,5 a 0,7 mm dia⁻¹ na fase de

emergência até 6 a 8 mm dia⁻¹ nas fases de floração e maturação. Segundo esses autores e dependendo das condições edafoclimáticas da região produtora, as necessidades hídricas do girassol durante todo o ciclo, podem variar de 200 a 900 mm.

Alguns cultivares de girassol demonstram maior adaptabilidade às regiões de climas secos e quentes, como é o caso do cv. Catissol que alcançou valores semelhantes de massa de 1000 aquênios para as lâminas de 250 e 500 mm por ciclo e produtividade de 2.500 kg ha⁻¹ com a aplicação de 89 mm por ciclo sob condições semiáridas (Silva et al., 2011), ficando bem acima da produtividade nacional em 2013, que foi de 1.575 kg ha⁻¹ (IBGE, 2015). Nas mesmas condições e para o mesmo cultivar, Viana et al. (2012) encontraram respostas lineares de crescimento e produção da planta com o aumento da disponibilidade hídrica até 807,1 mm por ciclo.

Apesar de ser considerada uma planta rústica e tolerante às condições ambientais adversas (Possalto Junior et al., 2013) o girassol tem seu crescimento e desenvolvimento influenciados significativamente por diversos fatores, como clima (Thomaz et al., 2012b), época de semeadura (Santos et al., 2012), genótipos (Capone et al., 2012), densidade de plantio (Souza et al., 2014), déficit hídrico (Dutra et al., 2012; Campos et al., 2015) e baixa fertilidade do solo (Prado e Leal, 2006). Assim, é necessário conhecer e analisar os fatores que interferem no ciclo vital do girassol antes de se realizar a implantação da cultura em determinado local.

2.4. Cultivares Helio 250 e Helio 251

A influência da interação de diferentes genótipos de girassol com o ambiente pode ser reduzida caso os mesmos apresentem adaptabilidade e estabilidade. Para tal, os estudos relacionados à cultura do girassol buscam determinar quais variedades melhor se adaptam a determinada região, condição edafoclimática ou meteorológica. Essas avaliações se baseiam principalmente no comportamento da cultura em relação ao seu desenvolvimento, crescimento, resistência a doenças e condições climáticas e produção (Carvalho et al., 2014; Porto et al., 2009). No entanto, ainda existem limitações para expansão da cultura do girassol no Brasil devido à escassez de estudos sobre genótipos capazes de se adaptarem às diferentes localidades tendo em vista que o desenvolvimento das culturas é resultado de fatores genéticos e ambientais e suas interações (Nobre et al., 2012; Oliveira et al., 2010).

Na produção de girassol a escolha adequada de cultivares constitui um dos principais componentes para o sucesso no cultivo. As características agronômicas de um genótipo fornecem informações úteis como, por exemplo, seu potencial produtivo e sua adaptação às condições ambientais específicas (Aquino et al., 2013; Santos et al., 2013b; Porto et al., 2007). Alguns cultivares de girassol produzidas no Brasil possuem descrições agronômicas disponibilizadas pelas empresas facilitando a escolha do cultivar para os fins desejados, seja para a produção de grãos, óleo ou ração animal, como é o caso dos híbridos Helio 250 e Helio 251 que possui suas principais características agronômicas disponibilizadas pela HELIAGRO Science and Crops (Tabela 2.1) (HELIAGRO, 2015).

Tabela 2.1. Características agronômicas dos cultivares de girassol Helio 250 e Helio 251.

Descrição	Unidade	Helio 250	Helio 251
Tipo de híbrido	-	Simple	Simple
Cor do aquênio	-	Preta	Estriada
Florescimento	dias	50 - 60	52 - 65
Maturação fisiológica	dias	85 - 105	90 - 115
Autocompatibilidade	-	Excelente	Excelente
Reação a doenças			
Downy mildew (<i>Plasmopara halstedii</i>)	-	Resistente	Resistente
Alternária (<i>Alternaria helianthi</i>)	-	Mod. Resistente	Mod. Resistente
Mofa branco (<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>)	-	Mod. Resistente	Mod. Resistente
Resistência ao acamamento	-	Ótima	Ótima
Altura média das plantas	cm	160 - 180	170 - 210
Densidade de plantio (plantas/ha)	un	40.000	40.000
Teor de óleo	%	44 - 48	40 - 44

Os cultivares Helio 250 e Helio 251, segundo Aquino et al. (2013), não diferiram estatisticamente entre si quanto à altura de planta, número de folhas, dias até o florescimento, ciclo de cultivo e produtividade, quando cultivados nas condições edafoclimáticas do Norte de Minas Gerais. Corroborando com esses resultados, Capone et al. (2012a) encontraram, em três épocas de plantio no Cerrado Tocantinense, comportamento semelhante para altura de planta, dias até o florescimento e produtividade de grãos. Para massa de 1000 aquênios e no diâmetro do capítulo, esses autores ressaltam a superioridade do cultivar Helio 251 sobre o Helio 250. Diferentemente dos demais autores, Backes et al. (2008) observaram que a Helio 250 atingiu o florescimento 7 dias antes da Helio 251 em duas épocas de cultivo no Norte Catarinense.

Oliveira et al. (2014) enfatizam que os cultivares Helio 250 e 251 evidenciaram ganhos em altura de planta e diâmetro do caule, de modo linear, com o incremento de N ao solo até 200 kg ha⁻¹. Quanto ao diâmetro do capítulo, os cultivares também evidenciaram comportamento semelhante; contudo, a máxima quantidade aplicada ocasionou redução do diâmetro, para os Helios 250 e 251, obtendo os máximos diâmetros com as quantidades de 148,66 kg ha⁻¹ (15,28 cm) e 111,26 kg ha⁻¹ (15,72 cm), respectivamente; já para o número de aquênios por capítulo, enquanto o girassol Helio 250 apresentou ganhos com o incremento de N ao solo até 200 kg ha⁻¹, o cultivar Helio 251 alcançou o máximo rendimento com 149 kg ha⁻¹; contudo, o nitrogênio não influenciou significativamente a produtividade dos cultivares. Diferentemente, Lobo et al. (2012) evidenciaram efeito do N (0 a 130 kg ha⁻¹) sobre a produtividade do cultivar Helio 251. Segundo Aquino et al. (2013) as concentrações (mg.kg⁻¹) de N, P, K, Ca e Mg, B, Cu, Fe e Mn nas folhas dos girassóis Helio 250 e Helio 251 não diferiram significativamente entre si na época do florescimento da cultura sob condição de irrigação em clima semiúmido.

Nota-se, através dos resultados apresentados para os girassóis Helio 250 e Helio 251, seu alto potencial para cultivos nas diferentes regiões brasileiras já que ambas conseguem altos rendimentos em locais com condições adversas de clima, solo e temperatura.

2.5. Requerimentos e adubação mineral do girassol com nitrogênio e boro

Uma nutrição mineral adequada ao desenvolvimento das plantas estabelece o sucesso do processo produtivo das culturas. As plantas carecem de elementos considerados essenciais para seu desenvolvimento sendo divididos em macronutrientes - nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) - e micronutrientes - boro (B), cloro (Cl), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn), molibdênio (Mo), níquel (Ni) e zinco (Zn) - (Fernandes, 2006). Malavolta (1980) ressalta que cada elemento exerce sempre a mesma função nas plantas e que os sintomas de deficiência ou excesso de um nutriente são semelhantes entre as espécies vegetais. De acordo com Epstein (1999) cada um desses elementos desempenha determinada função fisiológica na planta.

O girassol é uma planta exigente nutricionalmente e requer quantidades mínimas necessárias de nutrientes para se desenvolver adequadamente. Dentre os nutrientes requeridos pelo girassol pode-se citar o nitrogênio, como o macronutriente que mais interfere no

desenvolvimento e na produção de fitomassa da planta quanto ao micronutriente o boro é considerado o elemento mais limitante (Prado e Leal, 2006).

2.5.1. Importância do nitrogênio

O nitrogênio é um dos nutrientes mais importantes no desenvolvimento e no crescimento vegetal, sendo o macronutriente requerido em maior quantidade para a maioria das culturas (Epstein e Bloom, 2006). Isso ocorre devido o N ter função estrutural no metabolismo dos vegetais como constituinte das moléculas de clorofila, ácidos nucleicos, aminoácidos e proteínas (Taiz e Zeiger, 2012). Malavolta (2006) enfatiza que o N é o principal responsável dentre os demais nutrientes essenciais, pelo processo fotossintético, respiração, síntese de proteína, multiplicação e diferenciação celular dos vegetais e ressalta que o nutriente influencia diretamente no crescimento, na coloração e no aumento das folhas das plantas.

O girassol é uma planta que absorve uma quantidade elevada dos principais macronutrientes, em comparação com a soja, milho e trigo (Vigil, 2000). Para que possam expressar todo o seu potencial produtivo, os suprimentos nutricional e hídrico devem ser adequados desde o início do seu desenvolvimento, sobretudo a partir da emissão do botão floral, mais precisamente entre os estádios R3 e R4 (alongamento do internódio e início da abertura da inflorescência, respectivamente) quando se inicia o período de maior crescimento, acompanhado do aumento no consumo de água e da demanda nutricional atingindo o ponto de máxima absorção aos 85 dias após a emergência (Zobiolo et al., 2010b).

O nitrogênio é o segundo nutriente mais requerido pela cultura do girassol e o que mais limita sua produção (Zobiolo et al., 2010a). Segundo Prado e Leal (2006) omissões individuais de N, P, K e Ca na cultura do girassol causam desordem nutricional e influenciam negativamente o crescimento vegetativo da planta e a produção de matéria seca. Os autores ressaltaram com a omissão do N que, em solução nutritiva para a produção do girassol, houve redução de 37,5% no diâmetro do caule, 42,9% no número de folhas, 70,8% na altura de planta e 93,5% na área foliar, em comparação com as plantas que receberam todos os nutrientes essenciais. Também foi observada redução significativa da matéria seca das folhas (93%), do caule (96%) e das raízes (90%) em relação ao tratamento completo; por outro lado e de acordo com Santos, et al. (2013) o excesso de N no solo provoca diminuição na produção de grãos e na porcentagem de óleo.

A recomendação de N para ensaios em ambiente protegido é de 100 mg.kg^{-1} de solo e simula uma adubação adequada de N para todas as culturas agrícolas (Novais et al., 1991). Nobre et al. (2010) ressaltaram, estudando a cultura do girassol em casa de vegetação, que a duração em dias entre a emergência da plântula e o início do seu florescimento do girassol não foi influenciada significativamente por aplicações de N variando de 50 a 125 mg.kg^{-1} de solo mas verificaram, Nobre et al. (2011), redução do número de dias entre o florescimento e a colheita e do ciclo vital do girassol à medida que as concentrações de N ao solo aumentaram, assim, entende-se que o déficit de N ao solo se torna mais prejudicial à cultura quando ocorre no período do seu florescimento.

Segundo Oliveira et al. (2014) o aumento na adubação do solo de 0 a 200 kg ha^{-1} de N influenciou significativamente a altura da planta, a altura do capítulo e o diâmetro da haste, de modo linear crescente. Corroborando com esses resultados, Guedes Filho et al. (2013) observaram que o diâmetro caulinar, o número de folhas e a área foliar, aumentaram linearmente com os incrementos de N ao solo até a quantidade de 100 kg ha^{-1} . Analisando o crescimento do girassol nas mesmas quantidades de N, Campos et al. (2015) observaram comportamento semelhante da planta com relação ao diâmetro caulinar do girassol mas não constataram efeito isolado do N na altura de planta, no número de folhas nem na área foliar, por planta. Este comportamento pode ter ocorrido devido ao solo conter, em sua composição inicial, antes da semeadura, $6,03 \text{ g dm}^{-3}$ de Matéria Orgânica, podendo ter suprido o N requerido pela planta na fase vegetativa.

A recomendação de nitrogênio para o cultivo do girassol varia de 40 a 60 kg ha^{-1} (Castro e Oliveira, 2005; Leite et al., 2007; Biscaro et al., 2008). No entanto, na literatura são encontradas diferentes recomendações em decorrência das condições edafoclimáticas e tipo de variedade que está sendo cultivado. Freitas et al. (2012) constataram que a aplicação de 75 kg ha^{-1} de N proporcionou maior diâmetro do capítulo para o cv. Multissol. Lobo et al. (2012) recomendam a aplicação de 100 kg ha^{-1} de N para obtenção da máxima produção do cv. Helio 251. Com aplicação semelhante da quantidade de N ao solo, Guedes Filho et al. (2013) e Campos et al. (2015) obtiveram os maiores índices de crescimento para o girassol cv. EMBRAPA 122-V2000. Em estudo com três cultivares de girassol (Helios 250, 251 e 360), Oliveira et al. (2014) encontraram o máximo número de aquênios por planta com aplicações de N variando de 130 a 200 kg ha^{-1} .

Com relação à produtividade do girassol, aplicações de fertilizantes nitrogenados até 200 kg ha⁻¹ influenciaram significativamente, de forma linear ou quadrática, diversos genótipos de girassol em diferentes condições edafoclimáticas (Biscaro et al., 2008; Lobo et al., 2012; Santos et al., 2013; Oliveira et al., 2014). No entanto, de acordo com Teixeira Filho et al. 2010, nem sempre a quantidade de N requerida para obtenção do maior rendimento de uma cultura é a mais eficiente já que em grande parte das vezes a produtividade não decresce proporcionalmente com redução dos fertilizantes aplicados.

Uma das formas de se avaliar a eficiência de uma cultura em relação à quantidade de nitrogênio aplicado é comparar seus rendimentos pelas quantidades aplicadas, recebendo a denominação de eficiência de uso do nitrogênio (EUN) (Moll et al., 1982). De acordo com DoVale et al. (2012) independentemente da disponibilidade de N ao solo, a eficiência na absorção é o componente mais importante da eficiência no uso de N; desta forma, cada vez mais se torna necessário manejar adequadamente as fertilizações nitrogenadas objetivando melhorar sua eficiência de uso.

2.5.2. Importância do boro

O boro (B) é um dos micronutrientes essenciais ao desenvolvimento das plantas superiores, juntamente com Cu, Zn, Mn, Mo, Fe e Cl, e sua deficiência é mais comum que qualquer outro desses micronutrientes (Silva et al., 2004).

O mesmo ocorre no solo sob as seguintes formas: minerais primários como turmalina e micas ricas em B; minerais secundários, normalmente dentro da estrutura das argilas; adsorvido às argilas, na superfície de hidróxidos e na matéria orgânica; ácido bórico e como borato (solução) e na matéria orgânica e biomassa microbiana (Shorrocks, 1997). A absorção desse nutriente pelas plantas é influenciada por sua concentração na solução do solo que por sua vez, depende das reações de adsorção entre o B e os óxidos de ferro e alumínio, os minerais de argila, a matéria orgânica, o hidróxido de magnésio e o carbonato de cálcio (Goldberg, 1997). As plantas apresentam baixa eficiência na absorção do B já que se trata de um elemento de baixa mobilidade no solo e sua disponibilidade sofre influência da textura, pH, condutividade elétrica, matéria orgânica e umidade do solo (Castro, 1999).

Na agricultura a adubação com B é realizada principalmente se utilizando, como fontes, o Bórax (Na₂B₄O₇.10H₂O) e o Ácido bórico (H₃BO₃). Thair et al. (2013) concluíram, aplicando B via adubação foliar na cultura do girassol, que os valores máximos de

crescimento e produção da planta foram obtidos com o Ácido bórico em comparação ao Bórax. Diferentemente, Silva et al. (2011) não verificaram, estudando dois híbridos de girassol, diferença estatística para o crescimento e produção da cultura em função das fontes de B (Bórax e Ácido bórico) aplicadas completamente em fundação.

O boro é um elemento de grande relevância para os vegetais por promover aumento na formação da parede e divisão celular e, quando ocorre deficiência deste nutriente, o crescimento dos tecidos meristemáticos da parte aérea e das raízes da planta é inibido, limitando a taxa fotossintética e a transpiração, através da redução da área foliar e pela alteração dos compostos presentes na folha (Malavolta et al., 1997). Esses processos são atenuados ou acentuados por fatores ambientais, como temperatura, luminosidade, conteúdo de água no solo e umidade relativa do ar já que seu transporte e distribuição nas plantas ocorrem, predominantemente via fluxo de transpiração (Hu e Brown, 1997).

Prado e Leal (2006) consideram o B o micronutriente mais influente para a cultura do girassol e relatam que esta é uma cultura extremamente sensível à sua deficiência. Os mesmos autores ressaltam que a ausência de boro em solução nutritiva provocou redução significativa no número de folhas por planta e na produção de matéria seca das raízes, em girassol var. Catissol-01. Asad et al. (2001) observaram que a concentração de B na proporção de 0,5 mg.L⁻¹ em solução de nutritiva desenvolveu apenas os cotilédones das plântulas de girassol e tornou as raízes curtas e finas.

Thair et al. (2014) observaram, estudando adubação borácica (0 a 12 kg ha⁻¹) em duas épocas de aplicação (semeadura e início do florescimento) na cultura do girassol (Híbrido Hysun-33), que os melhores resultados, com exceção do teor de óleo, foram obtidos com a adubação realizada na época da semeadura havendo efeito significativo sobre a altura de planta, diâmetro do caule e do capítulo, número de aquênios por capítulo, peso de 1000 aquênios, produtividade de aquênios e teor de proteína. Com relação às quantidades de B aplicadas, a dose de 4 kg ha⁻¹ evidenciou os maiores ganhos para as variáveis citadas anteriormente, com exceção do teor de óleo (6 kg ha⁻¹) e do teor de proteína (2 kg ha⁻¹). Segundo os autores, aplicações de B em quantidades superiores a 6 kg ha⁻¹ são ineficientes para a cultura do girassol. Corroborando os resultados, Lima et al. (2013) observaram que a aplicação de 4 kg ha⁻¹ de B maximizou a massa média de aquênios, a produtividade potencial de aquênios e o potencial de produção de óleo. Diferente dos resultados citados anteriormente, diversos autores (Silva et al., 2007; Bonacin et al., 2009; Santos et al., 2011; Euba Neto et al.,

2014b) relataram não encontrar influência do B sobre o crescimento e/ou as características produtivas do girassol; no entanto, é conveniente ressaltar que o B é requerido em baixas concentrações pela cultura do girassol e que sua existência no solo, mesmo que em pequenas quantidades, pode interferir significativamente nos resultados obtidos.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Experimento I: Campo

3.1.1. Localização

O experimento foi desenvolvido na área experimental do Campus II da Universidade Estadual da Paraíba, localizada no município de Lagoa Seca, Paraíba, com as seguintes coordenadas geográficas: 07° 10' 15" de Longitude Sul, 35° 51' 14" de Latitude Oeste e 620 metros de altitude média. O trabalho foi conduzido entre julho e outubro de 2012.

3.1.2. Clima

O clima do município de Lagoa Seca, Paraíba, de acordo com a classificação de Köppen, é do tipo As', ou seja, Tropical Quente e Semiúmido com média anual de temperatura, umidade relativa do ar e pluviosidade de 22 °C, 65% e 940 mm, respectivamente. As médias mensais de temperatura, pluviosidade e umidade relativa, durante o período de condução do experimento, podem ser observadas na Figura 3.1.

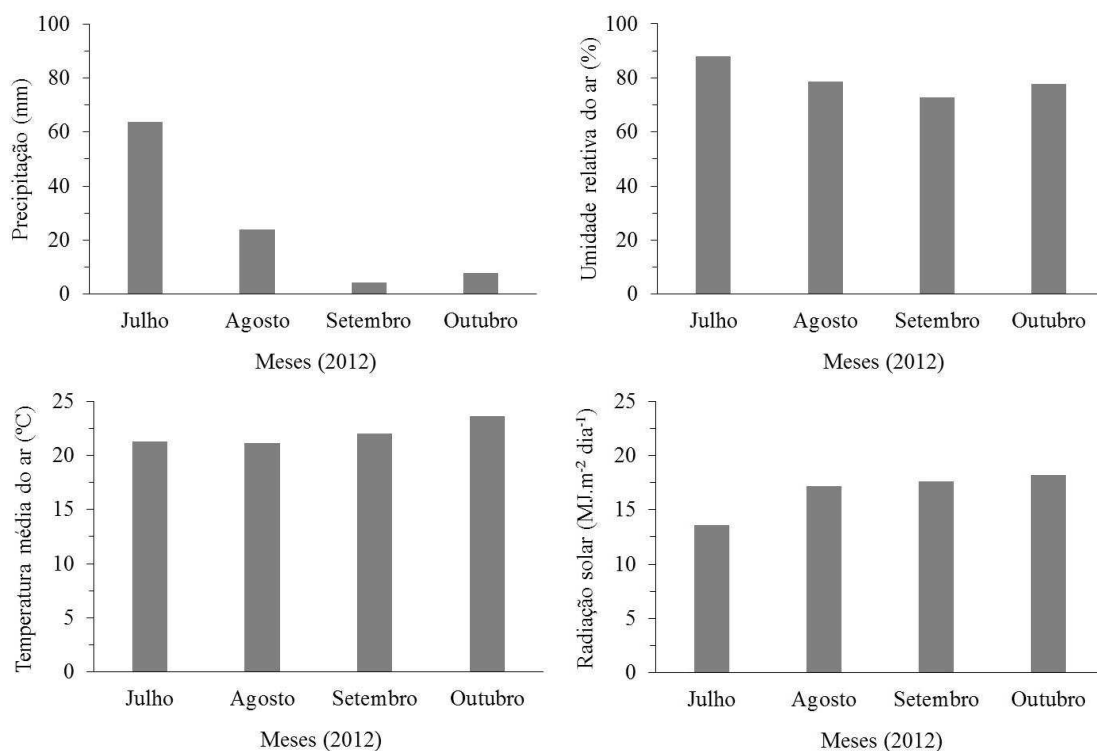


Figura 3.1 – Precipitação total mensal (mm) e valores médios mensais de umidade relativa do ar (%), temperatura do ar (°C) e radiação global (MJ.m⁻²) do município de Lagoa Seca, PB, durante o período de julho a outubro de 2012.

3.1.3. Preparo e características do solo

O solo da área experimental foi previamente gradeado para nivelamento do terreno e posterior sulcamento da área. Os sulcos foram abertos com enxadas no sentido longitudinal, a uma profundidade média de 0,15 m e distanciados 0,70 m; logo após, realizou-se manualmente a adubação de fundação recobrindo os fertilizantes com uma camada de solo de 10 cm para que não houvesse contato desse com as sementes, que foram semeadas diretamente nos sulcos, na profundidade de 0,05 m e distanciadas a 0,30 m nas fileiras de plantio.

O solo da área experimental, de acordo com Santos et al. (2006), é do tipo Neossolo Regolítico; as características químicas e físico-hídrica do solo são apresentadas na Tabela 3.1.

Tabela 3.1. Características físico-hídricas e físico-químicas do solo do experimento em campo. Lagoa Seca, PB.

Atributo	Unidade	Valor
Características físico-hídricas		
Areia	g kg ⁻¹	731,0
Silte	g kg ⁻¹	157,7
Argila	g kg ⁻¹	111,3
Classificação textural	-	Franco-arenoso
Densidade do solo (DS)	g cm ⁻³	1,42
Densidade de partículas (DP)	g cm ⁻³	2,65
Porosidade (E)	%	46,32
Capacidade de campo (CC) (0,33 atm)	cm ³ cm ⁻³	0,158
Ponto de murcha (PM) (15,00 atm)	cm ³ cm ⁻³	0,060
Água disponível (AD)	cm ³ cm ⁻³	0,098
Composição química do solo		
Cálcio (Ca)	cmol _c kg ⁻¹	1,75
Magnésio (Mg)	cmol _c kg ⁻¹	1,53
Sódio (Na)	cmol _c kg ⁻¹	0,08
Potássio (K)	cmol _c kg ⁻¹	0,28
Soma de bases (S)	cmol _c kg ⁻¹	3,64
Hidrogênio (H)	cmol _c kg ⁻¹	0,82
Alumínio (Al)	cmol _c kg ⁻¹	0,00
Capacidade de troca catiônica (CTC)	cmol _c kg ⁻¹	4,46
Porcentagem de saturação por bases (V)	%	81,60
Carbono Orgânico (CO)	g kg ⁻¹	7,30
Matéria Orgânica (MO)	g kg ⁻¹	12,60
Nitrogênio (N)	g kg ⁻¹	0,70
Fósforo Assimilável (P)	mg 100 g ⁻¹	0,97
Ferro (Fe)	mg dm ⁻³	22,30
Zinco (Zn)	mg dm ⁻³	1,50
Cobre (Cu)	mg dm ⁻³	0,20
Manganês (Mn)	mg dm ⁻³	6,90
Boro (B)	mg dm ⁻³	1,70
pH em água (1:2,5)	-	5,95
CE suspensão solo – água (1:2,5)	dS m ⁻¹	0,07

Análises físico-hídricas e complexo sortivo - Laboratório de Irrigação e Salinidade do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais (CTRN/UFCG) Campina Grande, PB.

Análises de micronutrientes - Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte S/A – EMPARN, Parnamirim, RN.

3.1.4. Delineamento experimental

O delineamento em bloco casualizado com três repetições e esquema fatorial triplo (2 x 4 x 4) com dois cultivares de girassol (Helio 250 e Helio 251), quatro dosagens de nitrogênio (30, 60, 90 e 120 kg ha⁻¹) quatro dosagens de boro (1, 2, 3 e 4 kg ha⁻¹). A parcela experimental foi constituída de 40 plantas com espaçamento de 0,7 m entre fileiras e 0,3 m entre plantas com 3 metros de comprimento com área total da parcela de 8,4 m². As plantas localizadas na bordadura foram desprezadas e se consideraram para as análises, as 16 plantas centrais, com área útil total por parcela, de 3,36 m² (Figura 3.2).

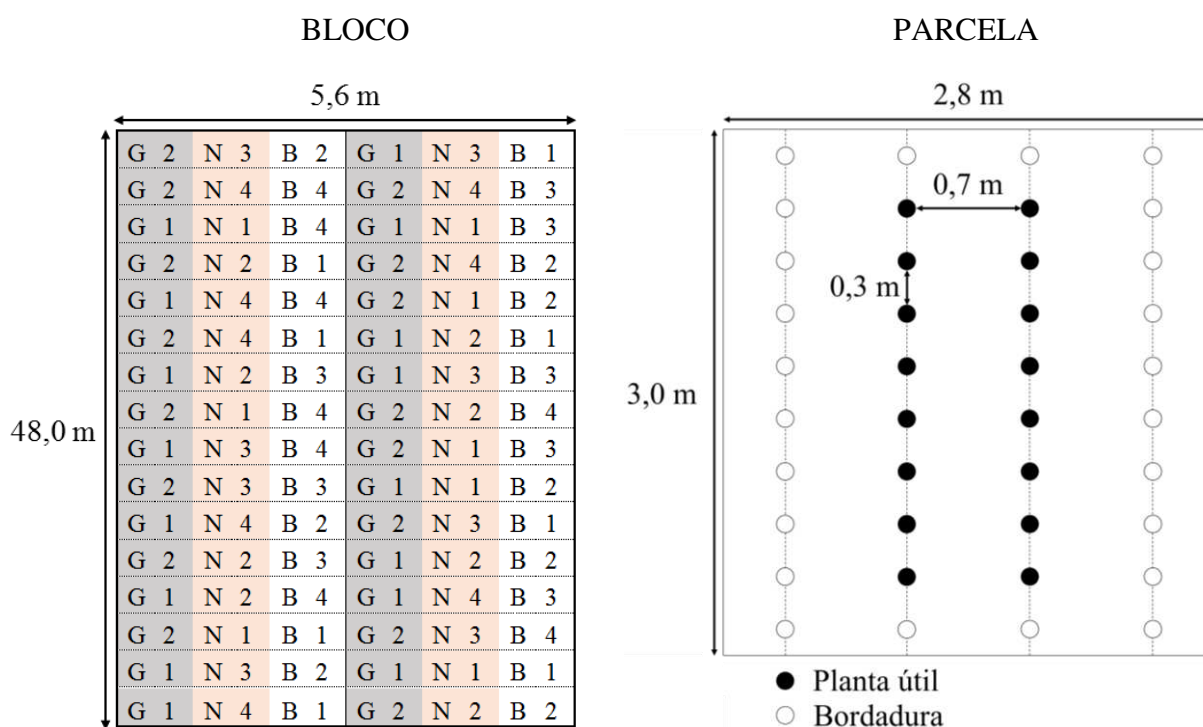


Figura 3.2 – Representação do bloco e da parcela experimento em campo. Lagoa Seca, PB.

3.1.5. Cultivares estudados

Os cultivares de girassol estudados foram os híbridos Helio 250 e o Helio 251; as sementes foram cedidas em junho de 2012, pela empresa Heliagro Agricultura e Pecuária Ltda e semeadas em julho de 2012.

3.1.6. Adubação

As adubações fosfatada e potássica foram realizadas com base na análise química do solo seguindo a recomendação de Leite et al. (2007) para a cultura do girassol; foram

utilizadas, como fontes de fósforo e potássio, o Superfosfato simples (18% de P) e o Cloreto de potássio (60% de K) respectivamente. A adubação nitrogenada foi aplicada na forma amoniacal utilizando-se, como fonte a Ureia (45% de N), e 1/3 do total em fundação e 2/3 em cobertura 30 dias após a emergência; enfim, o boro foi aplicado totalmente em fundação utilizando-se como fonte, o Bórax (17% de B).

3.1.7. Irrigação

Para a irrigação utilizou-se água do açude do Campus II da Universidade Estadual da Paraíba localizado a 200 metros da área experimental. Na Tabela 3.2 observa-se a análise química da água de irrigação, realizada no Laboratório de Irrigação e Salinidade (LIS) do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais (CTRN) da Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba.

Tabela 3.2. Atributos químicos da água do açude do Campus II da Universidade Estadual da Paraíba, Lagoa Seca, PB.

Análise	Unidade	Valor
pH	-	8,00
Condutividade elétrica (CE)	dS m ⁻¹	1,27
Cálcio (Ca)	meq L ⁻¹	2,15
Magnésio (Mg)	meq L ⁻¹	2,87
Sódio (Na)	meq L ⁻¹	6,42
Potássio (K)	meq L ⁻¹	0,68
Carbonatos	meq L ⁻¹	1,44
Bicarbonato	meq L ⁻¹	3,34
Cloretos	meq L ⁻¹	7,42
Sulfatos	meq L ⁻¹	Ausente
Relação de Absorção do Sódio (RAS)	-	4,06
Classe da água	-	C ₃ S ₁

Na irrigação utilizou-se uma motobomba de 3CV com saída para tubo PVC com diâmetro de 50 mm (linha principal). Um cabeçal de controle constituído de três saídas para a tubulação secundária (50 mm) foi montado no início da área experimental para se irrigar os blocos experimentais alternadamente buscando-se reduzir a variação de pressão nas linhas terciárias localizadas nas extremidades da área já que o terreno possuía declividade acentuada. Para garantir a pressão de serviço requerida pelo sistema (0,5 bar) nos diferentes blocos experimentais, manômetros foram instalados no início das linhas secundárias e a pressão foi

controlada por meio de abertura ou fechamento dos registros de esfera localizados no seu início.

O sistema de gotejamento utilizado foi uma fita gotejadora com diâmetro de 16 mm e espaçamento entre gotejadores de 0,2 m e vazão de $1,02 \text{ L h}^{-1}$ por emissor; as fitas gotejadoras seguiram as linhas de plantio e foram posicionadas a 5 cm de distância das plantas.

A irrigação foi realizada na época de estiagem, entre agosto e outubro, iniciando-se 25 dias após a emergência das plantas já que o período em que se realizou a semeadura coincidiu com o período chuvoso da região (Figura 3.1).

A determinação da lâmina de irrigação foi realizada com base nos dados agrometeorológicos coletados diariamente da estação automática da Empresa Estadual de Pesquisa Agropecuária da Paraíba (EMEPA) situada próximo à área experimental determinando-se a evapotranspiração de referência (ET_o) por meio do modelo de Penman-Monteith, padronizado por Allen et al. (1998). Determinou-se a ET_c utilizando os coeficientes da cultura (k_c), conforme Cavalcante Junior (2011) e Cavalcante Junior et al. (2013) para as fases de desenvolvimento inicial, desenvolvimento vegetativo, floração e murcha fisiológica, que são de 0,54, 0,78, 1,01 e 0,82, respectivamente. Adotou-se um turno de rega de dois dias, ou seja, a lâmina a ser aplicada foi calculada com base no somatório das ET_c dos dois dias que antecederam o momento da irrigação.

3.1.8. Tratos culturais

O controle de plantas invasoras foi procedido aos 20 e aos 75 dias após a emergência (DAE) das plântulas; a primeira capina foi realizada em toda a área experimental devido à incidência de chuvas na época, diferentemente da segunda, que foi realizada apenas nas proximidades das linhas laterais do plantio em que se localizava a faixa molhada pelos gotejadores; não foi necessário aplicar defensivos químicos para o controle de pragas, já que não ocorreram ataques às plantas durante o cultivo.

3.1.9. Variáveis analisadas

3.1.9.1. Crescimento vegetativo

Aos 75 dias após a emergência foram mensurados a altura de planta (m), entre o solo e o ápice do capítulo; o diâmetro do caule (mm), na primeira inserção do caule; o número de folhas por planta e área foliar total por planta (cm²) medindo-se todas as folhas que se encontravam totalmente abertas e com área verde superior a 50%, seguindo metodologia proposta por Maldaner et al. (2009) (Equação 1).

$$AF = 1,7582L^{1,7067} \text{ (cm}^2\text{)} \quad \text{Equação (1)}$$

Onde:

AF - área foliar estimada pelo modelo (cm²);

L - largura do limbo foliar (cm).

A relação entre área foliar e a área ocupada pela planta foi utilizada para determinar o índice de área foliar (IAF) do girassol (Benincasa, 2003) conforme Equação 2.

$$IAF = \frac{AF}{AP} \quad \text{Equação (2)}$$

Onde:

AF - área foliar (cm²);

AP - área ocupada pela planta (cm²).

3.1.9.2. Produção de fitomassa seca

Para obtenção da fitomassa seca do girassol foram coletadas, quinzenalmente, duas plantas por parcela que representassem a média da maioria para posterior separação dos órgãos, (caule, folhas e capítulo); em seguida, os diferentes órgãos vegetativos foram

armazenados em sacos de papel, identificados e acondicionados em estufa com circulação forçada de ar a 65 °C para secagem, até atingir peso constante. Sequencialmente, o material foi pesado em balança semianalítica ($\geq 0,01$ g) para obtenção da fitomassa seca do caule (g), das folhas (g) e do capítulo; com a soma das fitomassas dos diferentes órgãos obteve-se a fitomassa da parte aérea da planta (g).

3.1.9.3. Razão de área foliar

A razão de área foliar (RAF) foi obtida por meio da relação entre a área foliar e a fitomassa seca das folhas (Equação 3) (Benincasa, 2003).

$$RAF = \frac{AF}{FSF} \text{ (cm}^2 \cdot \text{g}^{-1}\text{)} \quad \text{Equação (3)}$$

Onde:





AF - área foliar (cm²);

FSF - fitomassa seca das folhas (g).

3.1.9.4. Fases de desenvolvimento reprodutivo do girassol

Foram determinados, no decorrer do ciclo total da cultura, os seguintes estádios de desenvolvimento reprodutivo do girassol, seguindo o sistema de caracterização adotado por Schneiter e Miller (1981): emissão da inflorescência (R1), início da abertura do capítulo (R4), final da antese (R6) e maturação fisiológica (R9) representados na Tabela 3.3.

Tabela 3.3. Descrição das fases de desenvolvimento reprodutivo do girassol.

Estádio	Descrição	Representação
R1	Início da formação do capítulo - a inflorescência circundada pela bráctea imatura está visível e apresenta muitas pontas (forma estrelada).	
R4	A inflorescência começa a abrir, as flores liguladas são visíveis e frequentemente amarelas.	
R6	Abertura de todas as flores tubulares e as flores liguladas perderam a turgidez e estão murchando.	
R9	Maturação fisiológica - brácteas amarelas e marrons.	

3.1.9.5. Características produtivas

Ao final do ciclo da cultura do girassol foram quantificadas a massa de 250 aquênios (g) e a massa de aquênios por capítulo (g). A colheita foi realizada quando a coloração do capítulo se encontrava na transição de amarelo com bordas castanhas para o castanho amarelado, evitando-se a necessidade de secagem (Silva et al., 2009).

3.1.9.6. Eficiência de uso do nutriente

A eficiência do uso do nutriente (EUN) foi determinada pela relação entre a massa de aquênios por planta (g) em função da quantidade de fertilizante utilizada (g), de acordo com Fageria (1998) (Equação 4).

$$EUN = \frac{MA}{QN} \text{ (g g}^{-1}\text{)} \quad \text{Equação (4)}$$

Onde:

MA - massa de aquênios (g);

QN - quantidade de nutriente aplicado (g).

3.2. Experimento II: Casa de vegetação

3.2.1. Localização do experimento

O experimento foi realizado em uma casa de vegetação localizada na Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba, possuindo coordenadas geográficas de 7° 15' 18'' de latitude Sul, 35° 52' 28'' de longitude Oeste e altitude de 550 m. Realizou-se o trabalho entre os meses de outubro de 2013 e fevereiro de 2014.

3.2.2. Clima

O clima da Região é classificado, de acordo com Köppen, como mesotérmico, semiúmido, com verão quente e seco (CSa) com média anual de temperatura e umidade relativa e pluviosidade de 23,4 °C, 76% e 787 mm, respectivamente.

3.2.3. Preparo e características do solo

O solo utilizado foi adquirido em um terreno próximo à Universidade Federal de Campina Grande. Inicialmente, o solo foi peneirado em malha de 2 mm e os vasos, com capacidade para 20 dm³, foram preenchidos com 30 kg desse solo utilizando-se uma balança com precisão de 5,0 g. O solo utilizado foi classificado como Luvisolo Crômico (Santos et al., 2006). As características química e físico-hídrica do solo são apresentadas na Tabela 3.4

Tabela 3.4. Características físico-hídricas e físico-químicas do solo. Campina Grande, PB.

Atributo	Unidade	Valor
Características físico-hídricas		
Areia	g kg ⁻¹	811,8
Silte	g kg ⁻¹	107,2
Argila	g kg ⁻¹	81,0
Classificação textural	-	Areia franca
Densidade aparente (DA)	g cm ⁻³	1,59
Densidade de partículas (DP)	g cm ⁻³	2,68
Porosidade (E)	%	40,76
Capacidade de campo (CC) (0,33 atm)	cm ³ cm ⁻³	0,128
Ponto de murcha (PM) (15,00 atm)	cm ³ cm ⁻³	0,044
Água disponível (AD)	cm ³ cm ⁻³	0,084
Composição química do solo		
Cálcio (Ca)	cmol _c kg ⁻¹	2,26
Magnésio (Mg)	cmol _c kg ⁻¹	0,94
Sódio (Na)	cmol _c kg ⁻¹	0,34
Potássio (K)	cmol _c kg ⁻¹	0,03
Soma de bases (S)	cmol _c kg ⁻¹	3,57
Hidrogênio (H)	cmol _c kg ⁻¹	1,83
Alumínio (Al)	cmol _c kg ⁻¹	0,40
Capacidade de troca catiônica (CTC)	cmol _c kg ⁻¹	5,80
Porcentagem de saturação por bases (V)	%	61,55
Carbono Orgânico (CO)	g kg ⁻¹	4,50
Matéria Orgânica (MO)	g kg ⁻¹	7,70
Nitrogênio (N)	g kg ⁻¹	0,40
Fósforo Assimilável (P)	mg 100 g ⁻¹	0,93
Ferro (Fe)	mg dm ⁻³	31,50
Zinco (Zn)	mg dm ⁻³	1,07
Cobre (Cu)	mg dm ⁻³	0,28
Manganês (Mn)	mg dm ⁻³	5,09
Boro (B)	mg dm ⁻³	1,71
pH em água (1:2,5)	-	5,41
CE suspensão solo – água (1:2,5)	dS m ⁻¹	0,10

Análises físico-hídricas e complexo sortivo - Laboratório de Irrigação e Salinidade do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais (CTRN/UFCG), Campina Grande, PB.

Análises de micronutrientes - Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte S/A – EMPARN, Parnamirim, RN.

3.2.4. Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi um esquema fatorial triplo (2 x 4 x 4) sendo dois cultivares de girassol (Helio 250 e Helio 251), quatro dosagens de nitrogênio (30, 60, 90

e 120 mg kg^{-1} de solo), quatro dosagens de boro ($0,333$, $0,67$, $1,00$ e $1,33 \text{ mg kg}^{-1}$ de solo) com três repetições. A parcela experimental foi constituída de um vaso com uma planta útil. Os vasos foram dispostos na casa de vegetação tomando-se os blocos como referência a uma distância de $0,6 \text{ m}$ na longitudinal e $1,0 \text{ m}$ na transversal (Figura 3.4).

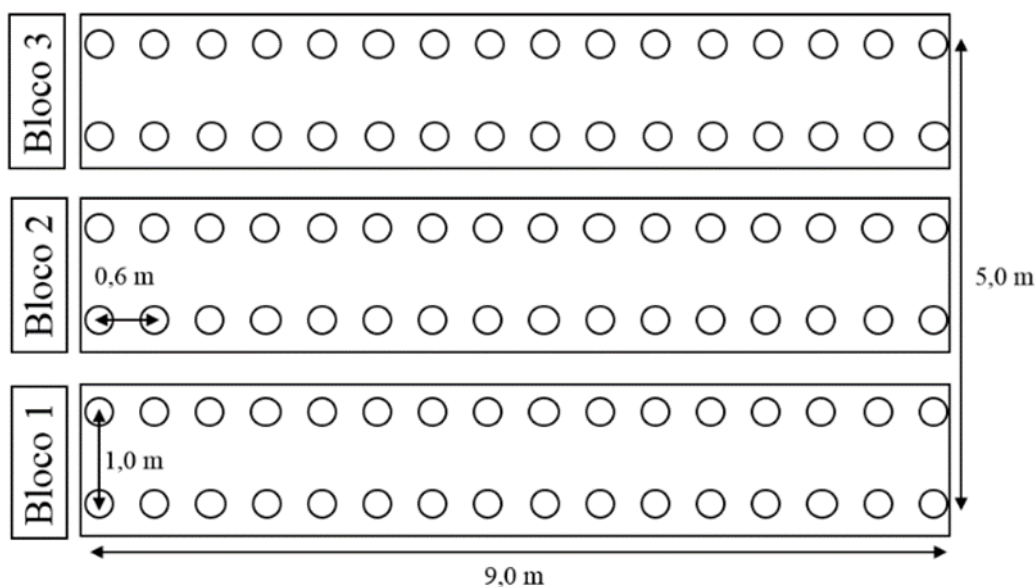


Figura 3.3 - Representação da área experimental, blocos e parcelas do experimento em casa de vegetação. Campina Grande, PB.

3.2.5. Cultivares estudados

Os cultivares estudados em ambiente protegido foram os mesmos citados no subitem 3.1.5; no entanto, novas sementes foram cedidas pela empresa HELIAGRO® na época da implantação do experimento em casa de vegetação não sendo utilizadas as sementes remanescentes do experimento de campo.

A semeadura foi realizada com 5 sementes por vaso a uma profundidade de 2 cm em solo úmido (Capacidade de Campo). O desbaste das plântulas foi realizado aos sete dias após a emergência e na ocasião selecionou-se a mais vigorosa para ser conduzida até a fase de maturação.

3.2.6. Adubação

Para o cálculo da adubação de fundação adotou-se a metodologia sugerida por Novais et al. (1991) para experimentos conduzidos em ambiente protegido, incorporando-se os fertilizantes ao solo, no momento do preenchimento dos vasos; foram aplicados, por

quilograma de solo, 300 mg de P_2O_5 e 150 mg de K_2O utilizando-se como fontes nutritivas, o Superfosfato simples (18% de P) e o Cloreto de potássio (60% de K) respectivamente. O Bórax (17% de B) foi utilizado como fonte de boro e aplicado totalmente em fundação diferentemente do nitrogênio que foi aplicado na forma de Ureia (45% de N) e parcelado em duas adubações, sendo 1/3 do total em fundação e 2/3 aos 30 dias após a emergência das plântulas.

3.2.7. Irrigação

O manejo da irrigação constituiu-se de um turno de rega diário repondo-se água até que o solo retornasse à condição de capacidade de campo (CC). O volume de água armazenado no solo em CC, conforme análise físico-hídrica do solo (Tabela 3.4) foi de 2,56 L; desta forma, o peso total estimado do conjunto (vaso + solo em CC) foi de 33 kg. O volume de água a ser aplicado diariamente foi obtido por diferença de peso utilizando-se uma balança digital (Precisão de $\pm 5,0$ g) entre a pesagem inicial e a pesagem diária, que representava a reposição da água evapotranspirada entre dois dias.

Para evitar que a massa da planta subestimasse o volume de água a ser aplicado em cada evento de irrigação, subtraiu-se a massa fresca total da planta, após pesagem diária, no cálculo do volume a ser aplicado utilizando os valores encontrados por Guareschi et al. (2012), para o Híbrido Guará, para diferentes fases de desenvolvimento da planta sendo 15, 60, 110 e 120 g de massa fresca aos 15, 30, 54 e 60 dias após a emergência, respectivamente; a partir dos 60 dias após a emergência manteve-se a massa fresca de 120 g por planta no cálculo diário da irrigação.

3.2.8. Tratos culturais

O controle das plantas invasoras foi realizado manualmente, com intervalos de 10 dias. Procederam-se às duas aplicações com Actara 250 WG, na proporção de $0,01 \text{ g L}^{-1}$, para controle de infestações de Mosca-branca (*Bemisia argentifolii*). As aplicações foram realizadas aos 60 e aos 75 após a emergência das plântulas utilizando-se um pulverizador costal de 20 L.

3.2.9. Variáveis analisadas

3.2.9.1. Crescimento vegetativo

As análises de crescimento (altura de planta, diâmetro do caule, número de folhas e área foliar) foram realizadas quinzenalmente seguindo-se a metodologia utilizada no experimento em campo (Ítem 3.1.9.1).

3.2.9.2. Produção de fitomassa seca

Ao final do ciclo do girassol coletou-se a planta para se determinar a fitomassa seca; após o corte a planta foi dividida; separaram-se os órgãos em raízes, caule, folhas e capítulo; em seguida, os órgãos foram postos em sacos de papel e acondicionados em estufa com circulação forçada de ar a 65 °C para secagem, até atingir peso constante; sequencialmente, o material foi pesado em balança semianalítica ($\geq 0,01$ g) para obtenção da fitomassa seca das raízes (g), do caule (g), das folhas (g) e do capítulo (g).

3.2.9.3. Fases de desenvolvimento reprodutivo do girassol

Para determinação das fases reprodutivas da cultura do girassol seguiu-se a metodologia utilizada no experimento em campo (Item 3.1.9.6).

3.2.9.4. Características produtivas

Ao final do ciclo da cultura do girassol foram quantificados a massa de 250 aquênios (g), a massa de aquênios por capítulo (g), o teor de óleo (%) e o rendimento de óleo por planta (%).

3.2.9.5. Eficiência de uso do nutriente

A eficiência do uso do nutriente (EUN) foi determinada pela relação entre a produção de aquênios por planta (g) e a quantidade de fertilizante utilizado (g) seguindo metodologia utilizada no item 3.1.9.6.

3.3. Análise estatística

Os dados obtidos nos dois experimentos, campo e casa de vegetação, foram avaliados mediante análise de variância pelo teste F e analisados pelo programa estatístico SISVAR (Ferreira, 2011) procedendo-se à regressão para fatores quantitativos (níveis de adubação); na Tabela 3.5 pode ser observado o modelo de análise de variância (ANAVA) utilizado para os dois experimentos.

Tabela 3.5. Modelo do quadro da análise de variância utilizada para os experimentos em campo e casa de vegetação.

FV	GL	QM	F (α)
Bloco	2	$SQ_{\text{Bloco}}/2$	$QM_{\text{Bloco}}/QM_{\text{Erro}}$
Cultivar (C)	1	SQ_{Cultivar}	$QM_{\text{Cultivar}}/QM_{\text{Erro}}$
Nitrogênio (N)	3	$SQ_{\text{Nitrogênio}}/3$	$QM_{\text{Nitrogênio}}/QM_{\text{Erro}}$
Boro (B)	3	$SQ_{\text{Boro}}/3$	$QM_{\text{Boro}}/QM_{\text{Erro}}$
Cultivar x Nitrogênio (C x N)	3	$SQ_{(C \times N)}/3$	$QM_{(C \times N)}/QM_{\text{Erro}}$
Cultivar x Boro (C x B)	3	$SQ_{(N \times B)}/3$	$QM_{(N \times B)}/QM_{\text{Erro}}$
Nitrogênio x Boro (N x B)	9	$SQ_{(N \times B)}/9$	$QM_{(N \times B)}/QM_{\text{Erro}}$
Cultivar x Nitrogênio x Boro (C x N x B)	9	$SQ_{(C \times N \times B)}/9$	$QM_{(C \times N \times B)}/QM_{\text{Erro}}$
Erro	62	$SQ_{\text{Erro}}/62$	
Total	95		

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Experimento I: Campo

4.1.1. Crescimento vegetativo

Entre os cultivares de girassol Helio 250 (H250) e Helio 251 (H251) aos 75 dias após a emergência (DAE) não houve diferença significativa ($p > 0,05$) para a área foliar (AF) e o índice de área foliar (IAF) diferentemente da altura de planta (ALP) e do diâmetro caulinar (DC), em que os cultivares diferiram estatisticamente ($p < 0,01$) entre si, tendo a H251 superado a H250. Quanto ao para o número de folhas (NF), a H250 produziu 19,27 folhas por planta, 1,94 folhas a mais que o cv. H251 (Tabela 4.1).

Com relação aos fertilizantes, a variação de 1 a 4 kg de B ha^{-1} não exerceu influência significativa sobre as variáveis de crescimento vegetativo aos 75 DAE, diferente do observado para o N, que influenciou estatisticamente, com exceção do NF, as variáveis de crescimento vegetativo da cultura. Ressalta-se ainda que não ocorreu efeito combinado dos tratamentos sobre o crescimento da cultura, não havendo interação significativa entre os fatores quantitativos (nitrogênio x boro) tanto quanto da sua interação com o fator qualitativo (cultivares).

Ressalta-se que o solo da área experimental possuía uma quantidade considerada de B ($1,70 \text{ mg dm}^{-3}$) na época da semeadura, podendo ter suprido as necessidades nutricionais requeridas para o crescimento das plantas. Diferentemente, Lima et al. (2013) observaram efeito de doses crescentes de B, entre 1 e 4 kg ha^{-1} , sobre a altura de planta e o diâmetro do caule; no entanto, não foi especificado, na análise química do solo, o teor de B da área experimental antes da implantação da pesquisa.

Tabela 4.1. Resumo da análise de variância para altura de planta (ALP), diâmetro caulinar (DC), número de folhas (NF), área foliar (AF) e índice de área foliar (IAF) de girassóis sob adubações nitrogenada e boratada, em condições de semiárido paraibano. Lagoa Seca, PB.

FV	GL	-----Quadrado Médio-----				
		ALP (cm)	DC (mm)	NF	AF (cm ²)	IAF (cm ² cm ⁻²)
Bloco	2	80,635	0,2076	0,0729	171.164,24	0,03885
Cultivar (C)	1	8.085,010**	35,1626**	102,0937**	647.177,88	0,14260
Nitrogênio (N)	3	276,233**	19,6516**	2,2604	2.977.222,16**	0,66094**
Linear	1	256,669*	58,4505**	0,9187	8.277.887,52**	1,83769**
Quadrática	1	455,010**	0,4788	5,5104	598.725,27	0,12760
Boro (B)	3	57,344	0,5786	4,2882	89.428,57	0,01649
Linear	1	1,752	1,0849	0,0020	42.876,54	0,00919
Quadrática	1	168,010	0,6501	11,3437	74.292,75	0,01760
C x N	3	91,205	0,1960	3,5104	157.310,84	0,03344
C x B	3	20,594	0,3586	2,4826	48.980,06	0,01121
N x B	9	20,612	0,5526	1,3715	124.853,27	0,02473
C x N x B	9	66,640	0,3706	2,9734	111.415,76	0,03094
Erro	62	39,324	0,3846	4,6858	211.343,05	0,04971
CV (%)		5,16	3,90	11,87	17,75	18,09

Teste de médias

H250	112,27 b	15,29 b	19,27 a	2.671,86 a	1,270 a
H251	130,62 a	16,50 a	17,21 b	2.636,03 a	1,193 a

** e *, significativo a 1% e 5% de probabilidade pelo teste F, respectivamente. Médias seguidas de letras iguais não diferem estatisticamente pelo teste de F, a 5% de probabilidade.

4.1.1.1. Altura de planta (ALP)

A variação da ALP em relação aos tratamentos com nitrogênio se ajustou a um modelo quadrático, com altura máxima estimada de 123,16 cm utilizando-se a dose de 63,03 kg ha⁻¹ de N (Figura 4.1). Este resultado supera em 2,0% e 6,33% as alturas obtidas com as aplicações de 30 e 120 kg ha⁻¹ de N, respectivamente. Tais resultados se encontram acima dos obtidos por Silva et al. (2009) para o cv. H251 (97,1 cm) e abaixo dos alcançados por Aquino et al. (2013) no Norte de Minas Gerais, que obtiveram altura média de 181,5 cm para os cultivares H250 e H251. De acordo com Capone et al. (2012) o crescimento da planta é diretamente influenciado pela época de plantio, tendo os mesmos autores constatado APL variando entre 113,0 e 177,4 cm, em quatro épocas distintas de cultivo, no Centro-Oeste brasileiro.

Considerando os resultados obtidos para ALP entre 30 e 120 kg ha⁻¹ de N, associados à ótima resistência dos cultivares ao acamamento (HELIAGRO, 2015), característica

imprescindível para a redução de perdas no momento da colheita, constata-se viabilidade dos cultivares à prática da colheita mecanizada (Tomich et al., 2003; Uchôa et al., 2011).

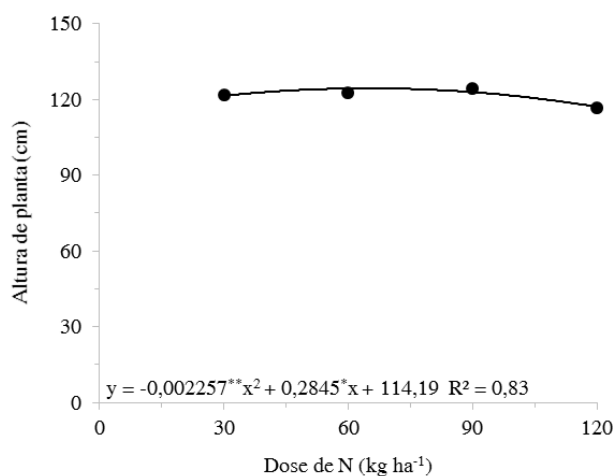


Figura 4.1 – Altura de planta (ALP) do girassol em função de doses de nitrogênio em condições de semiárido paraibano. Lagoa Seca, PB.

4.1.1.2. Diâmetro caulinar (DC)

Os cultivares de girassol evidenciaram ganhos em DC na ordem de 0,0233 mm para cada kg de N ha⁻¹ aplicado ao solo, alcançando máximo diâmetro de 16,94 mm com a quantidade de 120 kg ha⁻¹ (Figura 4.2). Comparando os resultados da menor para a maior dose de N estudada, o incremento total para esta variável foi de 14,13% enquanto o acréscimo de N foi de 300%; evidencia-se, com isso, que as doses de N não proporcionaram ganhos percentuais equivalentes de DC às quantidades aplicadas; no entanto, caules com maior espessura são mais favoráveis ao cultivo do girassol por possuírem a função de suportar o capítulo da planta, da emissão da inflorescência à colheita, concretizando-se como um dos fatores imprescindíveis para o sucesso da colheita mecanizada (Carvalho et al., 2006).

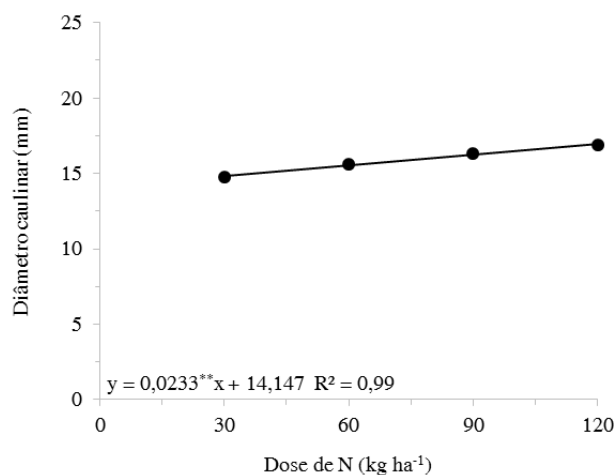


Figura 4.2 – Diâmetro caulinar (DC) do girassol em função de doses de nitrogênio em condições de semiárido paraibano. Lagoa Seca, PB.

4.1.1.3. Área foliar (AF)

A AF comportou-se de modo linear em função das quantidades de N aplicadas ao solo encontrando-se área máxima de 2.983,68 cm² (0,298 m²) na dose de 120 kg ha⁻¹ evidenciando incremento de 35,88% em relação à menor quantidade de N aplicada (Figura 4.3). Este órgão é de extrema importância para o girassol pelo fato das folhas serem fonte de nutrientes e compostos orgânicos para a formação dos aquênios (Aquino et al., 2013). Zobiolo et al. (2010a) afirmam que a cultura do girassol cultivado em solo sem limitações físico-hídricas e nutricionais, precisaria de uma área foliar mínima de 0,8 m² para produzir potencialmente.

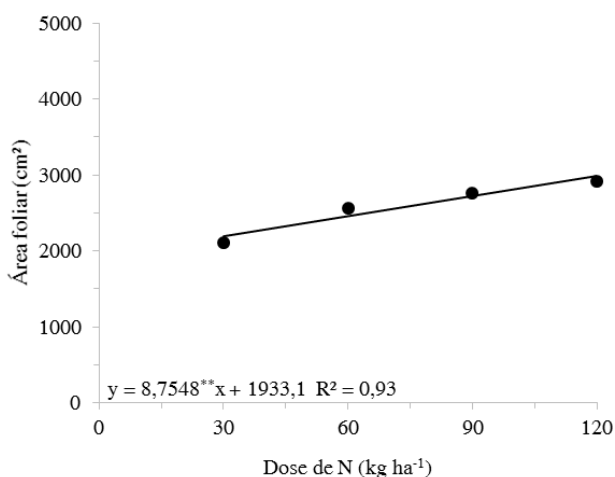


Figura 4.3 – Área foliar (AF) do girassol em função de doses de nitrogênio em condições de semiárido paraibano. Lagoa Seca, PB.

4.1.1.4. Índice de área foliar (IAF)

Verificou-se que o IAF, em função do N, variou de 1,0456 cm² cm⁻², com aplicação de 30 kg ha⁻¹, a 1,421 cm² cm⁻² (120 kg ha⁻¹) resultando em um incremento de 35,90% da menor para a maior dose de N testada (Figura 4.4). Ressalta-se que na condição de menor dose de N (< IAF) precisaria aumentar em 1/3, aproximadamente, a densidade do plantio para obtenção do mesmo índice proporcionado pela dose de 120 kg ha⁻¹, de vez que as plantas que receberam 30 kg de N ha⁻¹ ocuparam uma área maior que o necessário em comparação com as plantas submetidas à máxima dose de N. De acordo com Bezerra et al. (2014) a redução do espaçamento entre linhas e/ou plantas afeta negativamente o crescimento do girassol, com exceção do IAF, que aumenta em maiores densidades de plantio. Os mesmos autores não

encontraram efeito da densidade de plantio entre 30.000 e 75.000 plantas ha⁻¹ sobre a produtividade do cv. Embrapa 122; no entanto, observaram que o local de cultivo é determinante no comportamento vegetativo e produtivo de aquênios de girassol dessa variedade.

Alves et al. (2014) verificaram, avaliando arranjos espaciais para o girassol entre 0,5 x 0,3 m e 0,9 x 0,3 m, que a maior densidade de plantio (0,15 m²) obteve acréscimo de 80,35% na produtividade de aquênios quando comparado com a menor densidade (0,27 m²). Esses autores observaram que a AF por planta variou da menor para a maior área ocupada de 4490,5 para 5771 cm² e o IAF foi de 2,99 para 2,14 cm² cm⁻², respectivamente, revelando que a produtividade do girassol está correlacionada fortemente com o IAF.

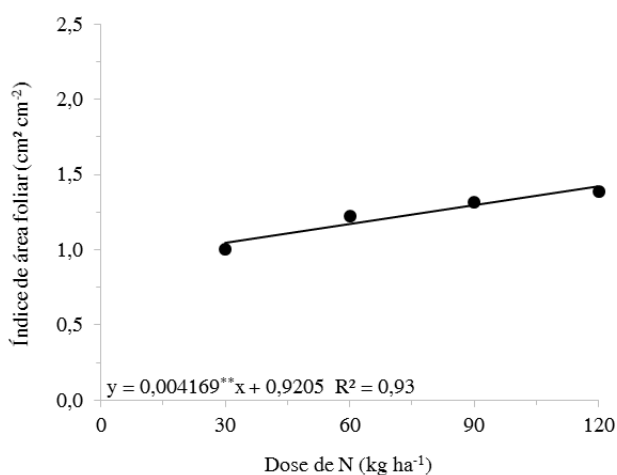


Figura 4.4 – Índice de área foliar (IAF) do girassol em função de doses nitrogênio em condições de semiárido paraibano. Lagoa Seca, PB.

4.1.2. Estádios fenológicos da cultura

Verifica-se, no resumo da análise de variância, que houve diferença significativa ($p < 0,01$) entre os cultivares estudados para o intervalo, em dias, entre a emergência das plântulas (EMP) e a emissão da inflorescência pela planta (R1), cujo cv. H250 antecedeu em 2,83 dias, o surgimento do botão floral em relação ao cv. H251 (Tabela 4.2); contudo, a precocidade do cv. H250 apresentada durante a fase de crescimento da cultura não foi constatada entre os estádios R1 e R4 (início da abertura da inflorescência) bem como entre o R4 e o final da antese (R6) quando as flores tubulares e liguladas iniciaram a fase de senescência, e deste até a maturação fisiológica completa das sementes (R9), não havendo contraste significativo entre os cultivares durante esses estádios, porém na época da colheita denotou-se uma precocidade de 4,4 dias no ciclo de cultivo do cv. H251 em relação ao cv.

H251. Quanto aos N e B, não ocorreu efeito significativo dos mesmos sobre quaisquer os estádios fenológicos analisados.

Tabela 4.2. Resumo da análise de variância para a duração entre a emergência de plântulas (EMP) e a emissão da inflorescência (R1), abertura da inflorescência (R4), senescência das flores tubulares e liguladas (R6), maturação fisiológica das sementes (R9) e ciclo total (CT) dos girassóis sob adubações nitrogenada e boratada, em condições de semiárido paraibano. Lagoa Seca, PB.

FV	GL	Estádios fenológicos do girassol (dias)				
		-----Quadrado Médio-----				
		EMP – R1	R1 – R4	R4 – R6	R6 – R9	CT
Bloco	2	1,1354	47,0104	47,2604	2,7917	2,6250
Cultivar (C)	1	192,6667**	3,3750	14,2604	4,1667	463,7604**
Nitrogênio (N)	3	4,0694	38,9028	11,3437	4,0694	8,2326
Linear	1	3,0083	70,5333	23,8521	3,0083	12,3521
Quadrática	1	2,6666	12,0417	0,2604	0,6667	4,5938
Boro (B)	3	4,1805	33,9027	24,5937	1,2361	11,2882
Linear	1	0,8333	85,0083	31,5188	0,0001	20,4188
Quadrática	1	1,5000	16,6667	38,7604	0,3750	2,3438
C x N	3	2,7500	35,6250	30,0382	3,8611	7,4549
C x B	3	0,4722	18,6250	15,0660	7,0278	14,7882
N x B	9	2,7639	37,9120	15,8160	2,4861	21,2234
C x N x B	9	2,0741	39,9120	25,1030	2,1296	10,4086
Erro	62	3,1784	31,4190	22,3034	2,8239	10,4745
CV (%)		5,46	23,62	33,71	7,50	3,49

	Teste de médias				
H250	31,23 b	23,54 a	13,62 a	22,19 a	90,58 b
H251	34,06 a	23,92 a	14,40 a	22,60 a	94,98 a

** e *, significativo a 1% e 5% de probabilidade pelo teste F, respectivamente. Médias seguidas de letras iguais não diferem estatisticamente pelo teste de F, a 5% de probabilidade.

De acordo com Souza et al. (2011) as durações dos estádios fenológicos do girassol são perfeitamente definidas mas podem variar em função das condições climáticas, como temperatura, luminosidade e umidade relativa do ar. Esses autores, comparando épocas de semeadura e locais diferentes de cultivo para o girassol cv. Embrapa 122, observaram diferença de 9 dias entre a emergência de plântula e a emissão do botão floral (R1), o que influenciou o ciclo total da cultura; no entanto, se constatou, ao longo dos cultivos, diferença média de 3 graus de temperatura tendo encontrado menor duração do ciclo quando as temperaturas foram mais elevadas. Borges et al. (2013) observaram que não houve diferença significativa, em dias, da duração dos estádios fenológicos (R1, R4, R5, R6, R7, R8 e R9) de 18 cultivares de girassol.

4.1.3. Partição de fitomassa seca

4.1.3.1. Fitomassa seca do caule (FSC)

De acordo com a análise de variância, ocorreu para a fitomassa seca do caule (FSC) diferença significativa ($p < 0,01$) entre os cultivares para todas as fases de desenvolvimento da cultura e o teste de F ($p < 0,05$) revelou que o cv. H251 se sobressaiu à cv. H250 (Tabela 4.3). As doses crescentes de N e B influenciaram, de modo isolado, a FSC dos 15 DAE até o final do ciclo da cultura. Deve-se ressaltar que foi evidenciado o efeito da interação entre cultivares e adubação nitrogenada ($p < 0,01$) aos 45 DAE; já a interação entre as cultivares e a adubação boratada ($p < 0,05$) foi verificada a partir dos 60 DAE até o final do ciclo da cultura; a interação entre cultivares e adubações nitrogenada e boratada ($p < 0,05$) foi observada apenas para FSC, aos 15 DAE; para esta época desdobrou-se o efeito das adubações para cada cultivar.

Tabela 4.3. Resumo da análise de variância para fitomassa seca do caule (FSC) aos 15, 30, 45, 60, 75 dias após a emergência e ao final do ciclo da cultura de girassóis sob adubações nitrogenada e boratada, em condições de semiárido paraibano. Lagoa Seca, PB.

FV	GL	Fitomassa seca do caule (g)					
		-----Quadrado Médio-----					
		15	30	45	60	75	Final
Bloco	2	0,0231	0,1543	0,8432	0,2081	0,4734	0,3351
Cultivar (C)	1	1,5504**	7,2765**	9,2752**	46,6209**	49,7088**	45,9958**
Nitrogênio (N)	3	0,8548**	2,2811**	34,8961**	45,6110**	44,0209**	41,8994**
Linear	1	2,4083**	5,6398**	93,0336**	127,4728**	121,0824**	115,5127**
Quadrática	1	0,0126	0,8344**	10,8676**	9,3500**	10,9620**	10,1855**
Boro (B)	3	0,1856**	0,9664**	2,8285**	1,9611*	1,9424*	1,7653*
Linear	1	0,4212**	2,7376**	8,0290**	2,9579*	2,5579*	2,7831*
Quadrática	1	0,0004	0,0094	0,0748	2,8843*	3,2047*	2,4736*
C x N	3	0,0527	0,2768	1,9773**	1,2648	1,3629	1,2236
C x B	3	0,0211	0,1160	0,8952	1,6122*	1,5625*	1,8353*
N x B	9	0,0193	0,1259	0,5480	0,2036	0,2795	0,2950
C x N x B	9	0,0498*	0,2046	1,0643	0,4525	0,7360	0,5643
Erro	62	0,0233	0,1062	0,4384	0,5377	0,5090	0,4952
CV (%)		9,57	8,93	7,41	6,75	6,58	6,55

Teste de Médias						
H250	1,47 b	3,37 b	8,63 b	10,17 b	10,12 b	10,04 b

H251 1,72 a 3,92 a 9,25 a 11,56 a 11,56 a 11,43 a

** e *, significativo a 1% e 5% de probabilidade pelo teste F, respectivamente. Médias seguidas de letras iguais não diferem estatisticamente pelo teste de F, a 5% de probabilidade.

Verifica-se, nas Figuras 4.5a e 4.5b, que a fitomassa seca do caule, aos 15 DAE, dos cultivares H250 e H251, respectivamente, evidenciou ganhos em massa nos diferentes tratamentos de adubação boratada (B1, B2, B3 e B4) ao se incrementar doses crescentes de N ao solo, com exceção do cv. H250, submetida a adubação boratada de 2 kg ha⁻¹, que manteve fitomassa seca média de 1,5205 g, independentemente da quantidade de N aplicada.

Aos 30 DAE a FSC ajustou-se a um modelo polinomial quadrático aos acréscimos de N no solo (Figura 4.5c), com ganhos em fitomassa seca à medida que se aumentaram as quantidades de N ao solo até 110,2 kg ha⁻¹, sendo a quantidade de N responsável pela máxima produção de FSC (3,89 g). É importante ressaltar que o efeito das adubações nitrogenadas sobre a FSC, entre 60 e 120 kg ha⁻¹, foi pouco expressivo, já que a diferença percentual da mínima para a máxima produção de massa foi, neste intervalo, de 7,14%, diferentemente do que foi observado em relação à mínima quantidade de N testada já que o ganho percentual foi na razão 20,51% quando comparado com a máxima FSC obtida.

As máximas alocações de FSC da cv. H250, aos 45 DAE, foram obtidas com aplicações de quantidades de N superiores a 90 kg ha⁻¹ em interação com as diferentes doses de B (Figura 4.5d); no entanto, não foi observado comportamento incomum entre os tratamentos boratados já que B1 e B3 se ajustaram a um modelo quadrático e B2 e B4 a um linear crescente à medida que se aumentaram as quantidades de N ao solo; semelhante ao que ocorreu com o cv. H250, o H251 obteve suas máximas produções de FSC com quantidades de N superiores a 90 kg ha⁻¹; no entanto, apenas as plantas submetidas ao tratamento com 4 kg de B ha⁻¹ obtiveram máxima produção em interação com quantidade de N inferior a 120 kg ha⁻¹ (Figura 4.5e).

Verifica-se, nas Figuras 4.5f, 4.5g e 4.5h, que a produção de FSC entre os 60 DAE e o final do ciclo da cultura, manteve comportamento semelhante com o aumento das adubações nitrogenadas; aos 60 DAE houve um aumento de 9 g na FSC obtida com a dose de 30 kg ha⁻¹, para a 12,05 g, na dose de 120 kg ha⁻¹ acarretando um ganho de 33,89%, da menor para a maior dose testada; constataram-se, aos 75 DAE e ao final do ciclo da cultura, máximas quantidades de FSC aproximados ao encontrado pela cultura aos 60 DAE, com 11,95 e 11,88 g, respectivamente.

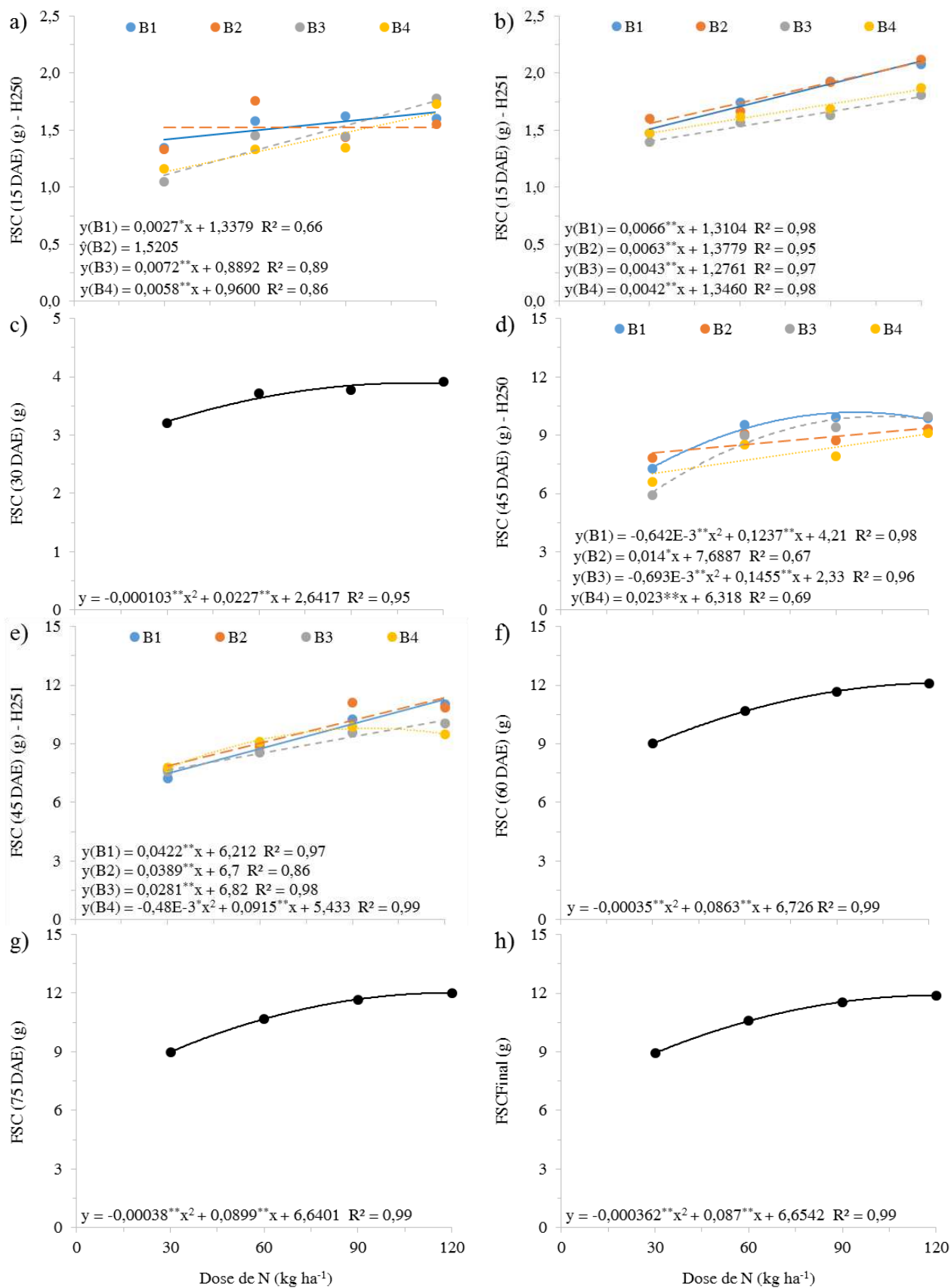


Figura 4.5 – Fitomassa seca do caule do girassol (FSC): aos 15, H250 (a) e H251 (b), 30 (c), 45, H250 (d) e H251 (e), 60 (f), 75 dias após a emergência das plântulas (g) e ao final do ciclo da cultura (h) em função de doses de nitrogênio em condições de semiárido paraibano. Lagoa Seca, PB.

Oliveira et al. (2012) constataram efeito significativo ($p < 0,05$) do N sobre a fitomassa seca do caule do girassol cv. Multissol na época da colheita (maturação fisiológica completa), em função de doses de N variando entre 0 e 100 kg ha^{-1} , porém o comportamento encontrado pelos autores foi de natureza linear, enquanto as curvas características para FSC médias dos cultivares H250 e H251 neste estudo se ajustaram de modo quadrático. Comparando o acúmulo de FSC do girassol cv. H251 entre plantas testemunhas e plantas submetidas a adubação nitrogenada (70 kg ha^{-1}). Lobo et al. (2013) obtiveram incremento de 120,80% para as plantas que receberam N; do mesmo modo, Lobo et al. (2014) constataram, para o cv. H251, superioridade dos tratamentos nitrogenados sobre a FSC, tanto de origem mineral (Ureia) quanto orgânica (lodo de esgoto), em relação às testemunhas (sem adubação com nitrogênio) em dois ciclos de cultivo. Silva et al. (2012) ressaltam que a FSC do girassol é influenciada negativamente por déficit hídrico superior a 50% da ETo, independentemente da condição nitrogenada do solo e do estágio de desenvolvimento em que a planta se encontre.

Constatou-se que, aos 15 DAE, foi observado que a fitomassa seca do caule (FSC) dos cultivares H250 e H251 não evidenciou ganhos de massa com o aumento das doses crescentes de B, independentemente da quantidade de N aplicada ao solo (Figuras 4.6a, 4.6b), tendo os incrementos de N entre 30 e 90 kg ha^{-1} , para o cv. H250 e entre 90 e 120 kg ha^{-1} , para o cv. H251, reduzido FSC e os demais tratamentos evidenciado valores médios fitomassa para este órgão, apesar dos incrementos de B ao solo.

Aos 30 DAE o ajuste para a FSC foi linear aos incrementos de B (Figura 4.6c) reduzindo o ganho de massa com o aumento de suas quantidades ao solo, encontrando máxima produção de FSC ($3,87 \text{ g}$) com a aplicação de 1 kg ha^{-1} e que resultou em ganho de 13,23% quando comparado com a FSC obtida com a aplicação de 4 kg ha^{-1} .

Aos 45 DAE os cultivares apresentaram comportamento incomum de produção de FSC para os diferentes tratamentos nitrogenados já que não houve efeito das doses crescentes de boro sobre 60 e 120 kg ha^{-1} de N, para o cv. H250, nem 30 , 60 e 90 kg ha^{-1} , para o cv. H251 (Figuras 4.6d e 4.6e). Os demais tratamentos se ajustaram a um modelo linear decrescente para os dois cultivares, com as plantas reduzindo a produção de FSC com o acréscimo de B ao solo.

Verifica-se, na Figura 4.6f, que a produção de FSC foi, aos 60 DAE, influenciada significativamente ($p < 0,05$) pelas doses crescentes de B encontrando-se máxima produção de $10,5 \text{ g}$ com a aplicação de 2 kg ha^{-1} , para o cv. H250 enquanto que o cv. H251 não foi

influenciado por esse nutriente mantendo produção média de 11,56 g por planta. A exemplo do ocorrido entre os 75 DAE e final do ciclo da cultura, sob influência dos tratamentos com N (Figuras 4.6g e 4.6h) o B promoveu ajustes semelhantes aos cultivares entre os 75 DAE e o final do ciclo, para os cultivares H250 e H251, com acúmulos de FSC na razão de 10,43 e 11,56 g e de 10,32 e 11,43 g, respectivamente.

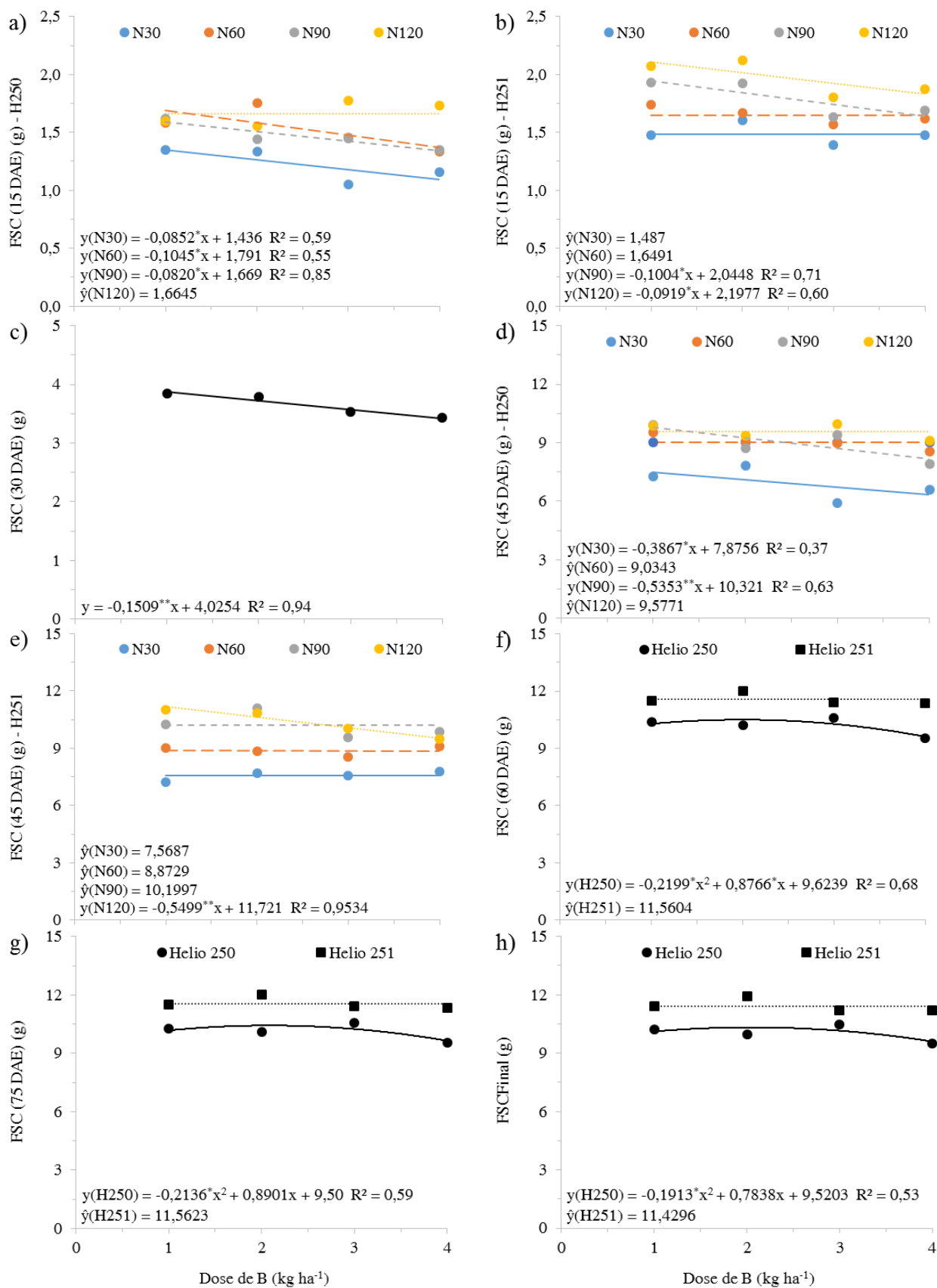


Figura 4.6 – Partição de fitomassa seca do caule (FSC) do girassol: aos 15, H250 (a) e H251 (b), 30 (c), 45, H250 (d) e H251 (e), 60 (f), 75 dias após a emergência das plântulas (g) e ao final do ciclo da cultura (h) em função de doses de boro em condições de semiárido paraibano. Lagoa Seca, PB.

Elba Neto et al. (2014) não observaram efeito do B sobre a fitomassa seca do caule do girassol Hélio 863 até os 50 dias após a emergência. Esses autores também revelaram que as doses crescentes de B (0 a 2 mg dm⁻³) não influenciaram a concentração no nutriente nas folhas da planta. Corroborando com esses resultados Martin et al. (2014) verificaram que aplicações B via foliar, até 1 kg ha⁻¹, em fundação, 2 kg ha⁻¹, não exerceram significância (p<0,05) sobre a fitomassa seca do caule do girassol, tampouco diferiram estatisticamente das plantas testemunhas (não receberam adubação com B). Os mesmos autores relataram que a análise química do solo revelou a existência de 0,3 mg de B dm⁻³ no solo da área experimental antes da implantação da cultura, o que representaria, para uma profundidade de 0,2 m, quantidade total de 0,6 kg de B ha⁻¹ podendo ter suprido a necessidade da cultura durante o ciclo por se encontrar próximo da quantidade indicada por Viana et al. (2012) (1 kg ha⁻¹); isto pode explicar, para esse estudo, o efeito depressivo de aplicações superiores a 5 kg de B ha⁻¹ sobre a FSC em todos os estádios fenológicos da cultura (Figura 4.6); contudo, não foi observado efeito de toxicidade do elemento sobre as plantas. De acordo com Souza et al. (2004) o girassol não sofre de modo expressivo com excesso B no solo, pela grande tolerância da cultura às altas concentrações do nutriente; no entanto, o excesso desse nutriente não estabelece correlação positiva com a produtividade.

4.1.3.2. Fitomassa seca das folhas (FSF)

A análise de variância revelou que a fitomassa das folhas (FSF) dos cultivares estudados, diferiu estatisticamente (p<0,01) pelo teste F, aos 15 e 30 DAE, tendo o cv. H250 acumulado maior quantidade de massa nesse órgão em relação ao cv. H251 (Tabela 4.4) mesmo que este comportamento não tenha sido observado na continuidade do ciclo da cultura já que os cultivares não diferiram estatisticamente entre os 45 e 75 DAE e ao final do ciclo o cv. H251 se encontrou com maior FSF (10,69 g) que o cv. H250 (8,12 g). Com relação às adubações, houve efeito significativo (p<0,01) do N sobre a FSF dos 30 DAE até o final do ciclo da cultura, diferentemente do B, que exerceu efeito (p<0,05) apenas aos 15 DAE. Salienta-se que houve efeito significativo (p<0,01) da interação entre cultivares e dosagens de nitrogênio ao final do ciclo da cultura e interação tripla significativa (cultivares x N x B) aos 45 DAE; deste modo e para a época, foi desdobrado o efeito das adubações nitrogenadas e boratadas para cada cultivar, isoladamente.

Tabela 4.4. Resumo da análise de variância para fitomassa seca das folhas (FSF) aos 15, 30, 45, 60, 75 dias após a emergência e ao final do ciclo da cultura de girassóis sob adubações nitrogenada e boratada em condições de semiárido paraibano. Lagoa Seca, PB.

FV	GL	Fitomassa seca das folhas (g)					
		-----Quadrado Médio-----					
		15	30	45	60	75	Final
Bloco	2	0,4573**	0,2841	2,3813	4,5390	0,5292	0,3142
Cultivar (C)	1	1,3824**	11,2545**	3,8360	0,3372	2,8669	158,4919**
Nitrogênio (N)	3	0,0402	8,9140**	53,9045**	96,3452**	62,6794**	46,6709**
Linear	1	0,1197	23,5277**	154,8936**	58,3533**	175,4863**	89,3291**
Quadrática	1	0,0005	3,0139*	1,9981	23,8303**	9,7473**	43,0810**
Boro (B)	3	0,2408*	0,6251	0,4670	4,6572	1,6555	0,7215
Linear	1	0,6092*	0,9091	0,1077	5,3911	0,0007	0,0423
Quadrática	1	0,1093	0,9660	0,9341	8,0678	3,2819	1,5733
C x N	3	0,1036	0,5474	3,7412*	0,7459	2,4635	8,3788**
C x B	3	0,0402	0,8072	6,3957**	1,8111	1,2717	2,7206
N x B	9	0,1198	0,3258	2,4793*	1,7180	0,9718	0,5853
C x N x B	9	0,0931	0,3595	3,3056**	2,0972	1,3002	2,4541
Erro	62	0,0868	0,5532	1,0285	2,1662	1,2493	1,8207
CV (%)		19,06	12,88	12,50	13,04	10,55	14,34

	Teste de Médias					
H250	1,67 a	6,12 a	8,32 a	11,23 a	10,77 a	8,12 b
H251	1,42 b	5,43 b	7,92 a	11,36 a	10,42 a	10,69 a

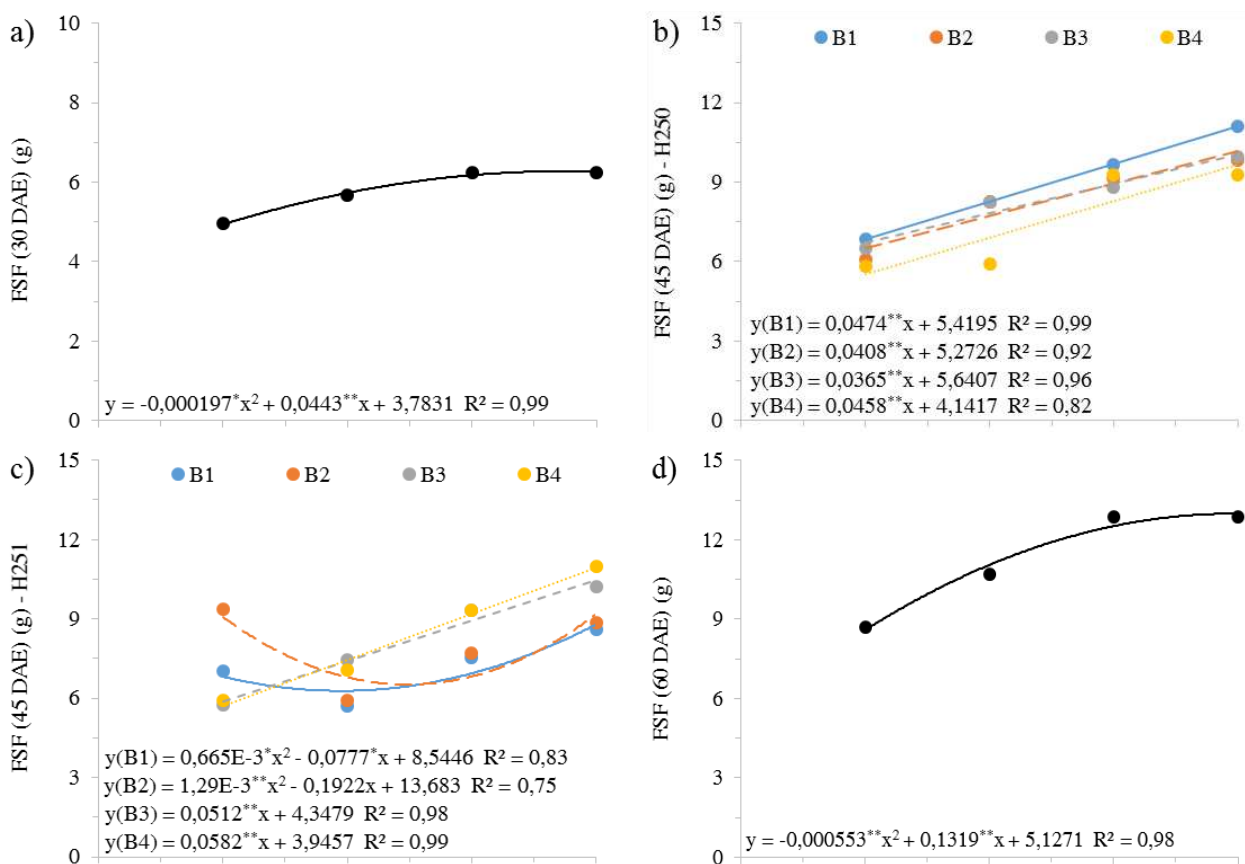
** e *, significativo a 1% e 5% de probabilidade pelo teste F, respectivamente. Médias seguidas de letras iguais não diferem estatisticamente pelo teste de F, a 5% de probabilidade.

Verificou-se, aos 30 DAE, que a produção de FSF foi influenciada pelas doses de N promovendo ganho de massa pela planta com o aumento da quantidade do nutriente no solo entre 30 kg ha⁻¹ e 112,44 kg ha⁻¹, sendo a última necessária para obtenção da máxima produção de FSF (6,27 g) (Figura 4.7a).

Aos 45 DAE nota-se que com o desdobramento da interação significativa (p<0,01) entre cultivares e fertilizantes (N x B) o cv. H250 evidenciou ganhos lineares de fitomassa seca para os diferentes tratamentos boratados, à medida em que foram incrementadas quantidades de N ao solo (Figura 4.7b) enquanto o cv. H251 expressou comportamento semelhante para os tratamentos B3 e B4 e quadrático para B1 e B2, os quais evidenciaram menores rendimentos de FSF com as quantidades de 58,4 kg de N ha⁻¹ (6,26 g) e 74,5 kg ha⁻¹ (6,52 g) respectivamente (Figura 4.7c).

Aos 60 e 75 DAE, o comportamento da produção de FSF foi semelhante ao que ocorreu com a FSC nesse mesmo período (Figuras 4.7g e 4.7h, respectivamente) com ajustes

quadráticos para ganho de massa, em ambas as épocas; contudo, a máxima produção de FSF aos 60 DAE seria obtida com a dose de 119,3 kg ha⁻¹ e aos 75 DAE com a aplicação de 131,9 kg ha⁻¹ (Figuras 4.7d e 4.7e). Ao final do ciclo e se desdobrando as dosagens de N para cada cultivar de girassol, observou-se que a aplicação de 94,82 e 94,15 kg ha⁻¹ seria responsável pelas máximas produções de FSF para os cultivares H250 e H251, respectivamente (Figura 4.7f); contudo, o cv. H251 expressou um ganho de FSF, entre a menor dose de N testada (30 kg ha⁻¹) e a responsável pela máxima produção, de 53,3%, enquanto o cv. H250, sob os mesmos critérios de comparação, alcançou 27,6%, expressando menor discrepância na resposta de produção em função da variação de N no solo, em relação à H251.



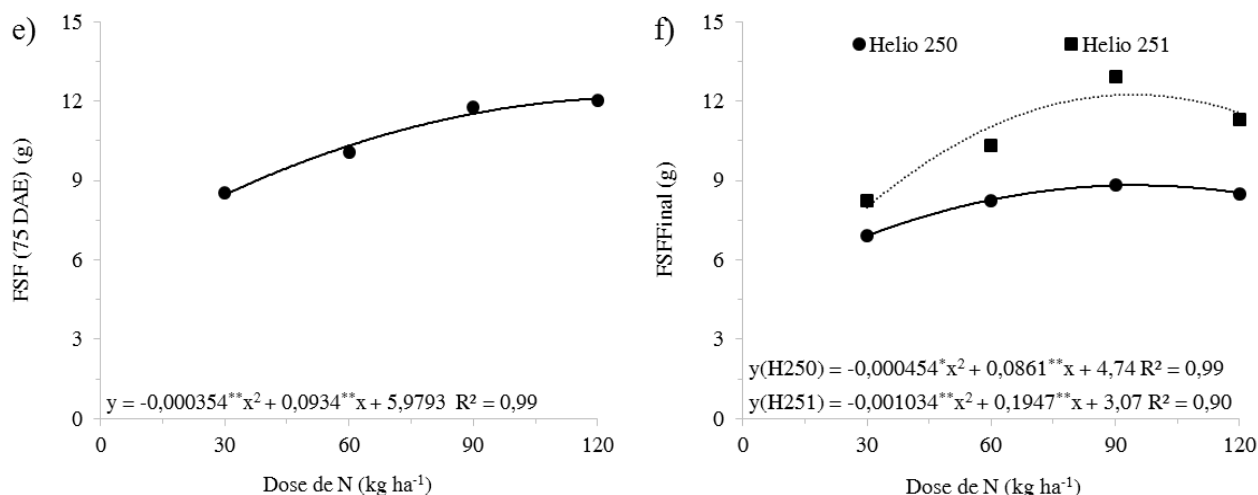


Figura 4.7 – Partição de fitomassa seca das folhas (FSF) do girassol: aos 30 (a), 45, H250 (b) e H251 (c), 60 (d), 75 dias após a emergência das plântulas (e) e ao final do ciclo da cultura (f) em função de doses de nitrogênio em condições de semiárido paraibano. Lagoa Seca, PB.

Dentre os órgãos do girassol as folhas se encontram como terceiro maior acumulador de fitomassa fresca e seca, produzindo menos que o caule e o capítulo (Dantas et al., 2015). De acordo com Malavolta et al. (1997) a fitomassa seca dos órgãos se associa intimamente com quantidade de nitrogênio disponível à planta. Prado & Leal (2006) afirmam que a omissão de N à cultura do girassol reduz a fitomassa seca das folhas em até 93%. Lobo et al. (2013) obtiveram, avaliando o desempenho agrônomo do girassol cv. Helio 251 em função N, proveniente de adubações orgânica e mineral em solo manejado por quatro anos com lodo de esgoto em sistema de rotação de culturas, acréscimo de 170,01% na FSF ao incrementar 70 kg de N ha⁻¹, em comparação com plantas que não receberam N alcançando 20,74 g na época da colheita, resultados que superaram os obtidos nesse estudo com a mesma quantidade de N aplicada.

Aos 15 DAE verificou-se redução da FSF com o aumento das quantidades de B, quando foi encontrada produção máxima de 1,654 g, obtida com a dose de 1 kg ha⁻¹ e mínima de 1,44 g para a dose de 4 kg ha⁻¹, o que resultou em um decréscimo de 12,93% na FSF da menor para a maior dose testada (Figura 4.8a).

Ao desdobrar as doses de N, isoladamente, em B, para o cv. H250 aos 45 DAE observa-se que não houve efeito desse elemento sobre a FSF nas plantas que receberam os tratamentos 30 e 90 kg ha⁻¹ de N e que houve decréscimo na interação com 60 e 120 kg ha⁻¹ (Figura 4.8b); já para o cv. H251 o aumento do B no solo causou decréscimo da FSF nas plantas submetidas a 30 kg ha⁻¹ de N e aumento da produção de FSF com inserções crescentes de B ao solo para os tratamentos 60, 90 e 120 kg ha⁻¹ (Figura 4.8c).

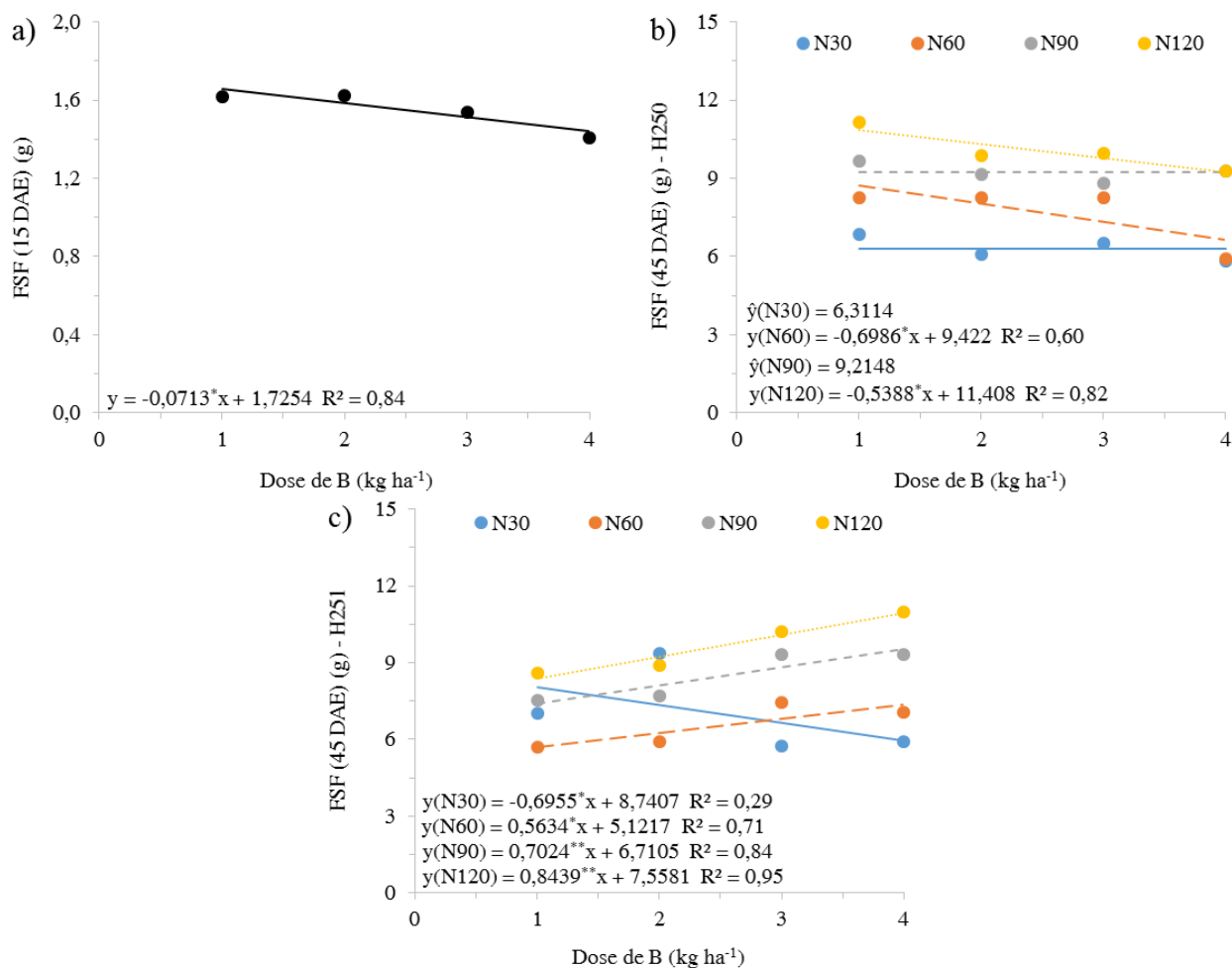


Figura 4.8 – Partição de fitomassa seca das folhas (FSF) do girassol: aos 15 (a) e aos 45, H250 (b) e H251 (c), dias após a emergência das plântulas em função de doses de boro em condições de semiárido paraibano. Lagoa Seca, PB.

Viana et al. (2014) não evidenciaram, estudando a interação entre doses de B e classes de solo (CLS) efeito significativo ($p > 0,05$) do B, tampouco da interação B x CLS sobre a fitomassa seca das folhas. Euba Neto et al. (2014b) observaram que o acúmulo de fitomassa seca das folhas do girassol, aos 50 dias após a emergência, cultivado em 6 classes distintas de solo, diferiu estatisticamente ($p < 0,05$) com médias de fitomassa seca variando entre 6,33 e 11,86 g por planta; contudo, não houve interação do boro com as classes de solo. Asad et al. (2001) afirmam que a deficiência de B na planta provoca, nas folhas jovens de girassol,

endurecimento e má formação e as torna necróticas; nenhum desses sintomas foi observado entre os cultivares utilizados neste estudo, inclusive na menor dose testada (1 kg ha⁻¹).

4.1.3.3. Fitomassa seca do capítulo (FSCp)

A fitomassa seca do capítulo (FSCP) foi medida inicialmente a partir dos 45 DAE das plântulas quando todas as plantas haviam emitido a inflorescência. Em todas as fases de avaliação da FSCP foram observadas diferenças estatísticas entre os cultivares de girassol tendo o cv. H251 superado o cv. H250 em 11,20%, 16,54%, 9,12% e 4,19% aos 45, 60, 75 DAE e ao final do ciclo da cultura, respectivamente (Tabela 4.5). Verifica-se ainda que as doses de N exerceram efeito sobre a FSCP em todas as etapas analisadas, diferentemente do B, que causou efeito apenas aos 45 DAE, quando se evidenciou uma interação tripla (cultivares x N x B) para essa época.

Tabela 4.5. Resumo da análise de variância para fitomassa seca do capítulo (FSCp) aos 45, 60, 75 dias após a emergência e ao final do ciclo da cultura de girassóis sob adubações nitrogenada e boratada em condições de semiárido paraibano. Lagoa Seca, PB.

FV	GL	Fitomassa seca do capítulo (g)			
		-----Quadrado Médio-----			
		45	60	75	Final
Bloco	2	0,1726	1,8394	0,6326	3,6272
Cultivar (C)	1	2,0288**	39,5586**	43,5586**	23,1727**
Nitrogênio (N)	3	3,1333**	26,8739**	37,4663**	38,3886**
Linear	1	8,2446**	69,6065**	104,5954**	106,5652**
Quadrática	1	0,6063*	8,9236**	6,6389*	8,2517
Boro (B)	3	0,0630	1,7950	1,2988	2,1154
Linear	1	0,0329	2,1894	0,0036	0,0102
Quadrática	1	0,1004	3,0586	2,6986	3,2250
C x N	3	0,5150*	1,5123	2,7316	2,2091
C x B	3	0,6394**	0,9088	1,7302	1,2077
N x B	9	0,2425	1,3529	1,3793	2,0993
C x N x B	9	0,4280**	0,4201	0,5936	0,9882
Erro	62	0,1435	1,1312	1,6160	2,3538
CV (%)		15,48	14,86	9,00	6,70

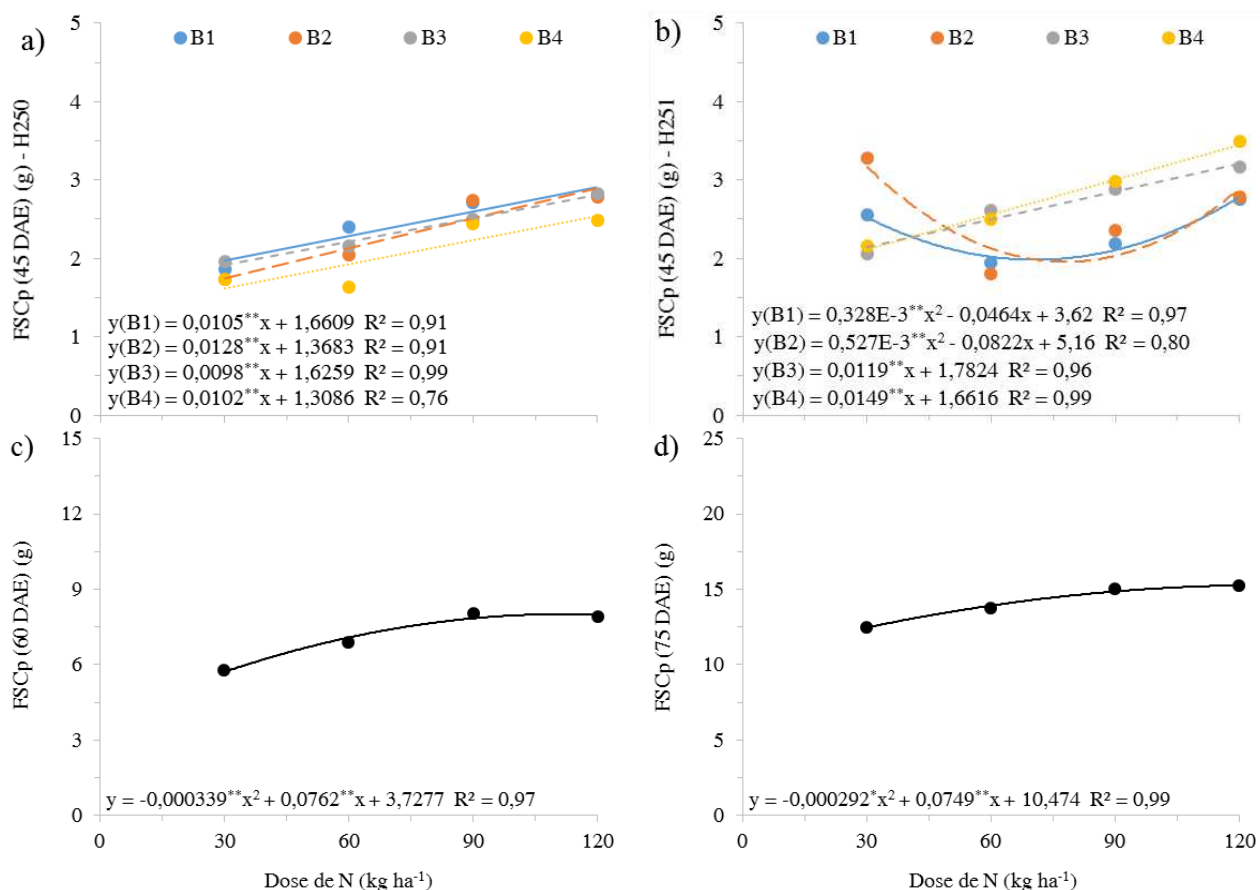
Teste de Médias				
H250	2,30 b	6,51 b	13,45 b	22,42 b
H251	2,59 a	7,80 a	14,80 a	23,40 a

** e *, significativo a 1% e 5% de probabilidade pelo teste F, respectivamente. Médias seguidas de letras iguais não diferem estatisticamente pelo teste de F, a 5% de probabilidade.

Aos 45 DAE o cv. H250 obteve os maiores acúmulos de FSCP concomitantemente aos incrementos de N ao solo em todas as doses de B testadas (Figura 4.9a). Contrariamente, para

o mesmo desdobramento e para o cv. H251, o ajuste linear em função das doses de N foi crescente apenas para os tratamentos B3 e B4; já B1 e B2 se adequaram a um modelo de natureza quadrática, o qual representou melhor a curva de resposta do cultivar à FSCP.

Aos 60 DAE apenas o N, de modo isolado, exerceu efeito sobre a FSCP do girassol obtendo-se 8,01 g de fitomassa seca com a aplicação de 112,4 kg de N ha⁻¹, dose que estima o máximo rendimento (Figura 4.9c). Enquanto aos 75 DAE, a máxima produção de fitomassa desse órgão (15,26 g) foi observada com a maior dose de N testada (120 kg ha⁻¹) (Figura 4.9d), diferentemente do que ocorreu ao final do ciclo, em que os incrementos de N evidenciaram respostas significativas (p<0,01) de natureza linear, na razão de 0,0314 g de fitomassa seca para cada 1 kg ha⁻¹ de N adicionado ao solo (Figura 4.9e).



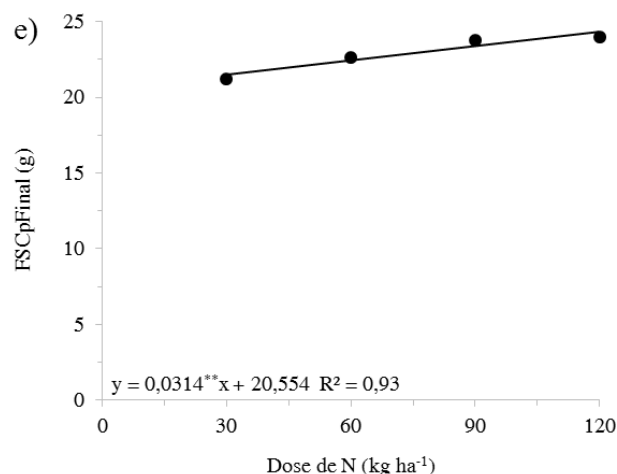


Figura 4.9 – Partição de fitomassa seca do capítulo do girassol (FSCp): aos 45, H250 (a) e H251 (b), 60 (c), 75 dias após a emergência das plântulas (d) e ao final do ciclo da cultura (e) em função de doses de nitrogênio em condições de semiárido paraibano. Lagoa Seca, PB.

Lobo et al. (2014) encontraram, durante os 1º e 2º ciclo do cv. Helio 251, produções de 22,09 e 22,05 g de FSCp por planta, respectivamente. Joner et al. (2011) relataram, em estudo realizado com girassóis no Sul do Brasil, que o capítulo + aquênios aloca, para os cultivares Helio 251 e Helio 360, 60,5% e 69,4% de toda a fitomassa seca total produzida pela planta, respectivamente. Segundo Lobo et al. (2012) a FSCp da Helio 251 é influenciada significativamente pelos incrementos de N entre 50 e 130 kg ha⁻¹ sendo que a aplicação de 100 kg ha⁻¹ proporciona o maior incremento de fitomassa seca enquanto o teor de N na folha aumenta de modo linear e positivamente aos incrementos de N ao solo.

A interação entre C x N x B influenciou significativamente ($p < 0,01$) a FSCp dos cultivares estudados aos 45 DAE, no entanto, quando se desdobraram as diferentes doses de N dentro de B observou-se que o cv. H250 foi influenciado apenas na dose 60 kg de N ha⁻¹, as quais evidenciaram a redução de acúmulo de massa no capítulo à medida que incrementaram B ao solo (Figura 4.10a). Diferentemente do modo como se comportou o cv. H250 às doses crescentes de B ao solo, o cv. H251 manifestou ganhos simultâneos de FSCP aos incrementos de B ao solo, com exceção das plantas que receberam 30 kg de N ha⁻¹, as quais apresentaram desempenho inverso ao evidenciado nos demais tratamentos nitrogenados (Figura 4.10b) e comportamento este que diverge dos encontrados por Castro et al. (2006), Euba Neto et al. (2014b) e Martin et al. (2014) os quais não constataram efeito do B sobre a FSCp entre a emissão da inflorescência e a maturação fisiológica das sementes.

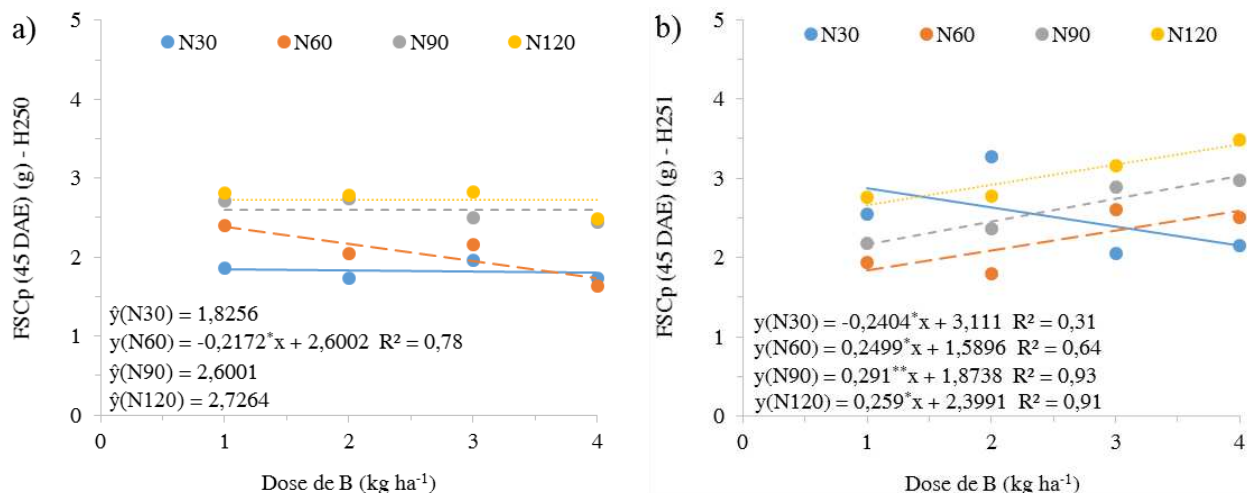


Figura 4.10 – Partição de fitomassa seca do capítulo (FSCp) dos girassóis Helio 250 (a) e Helio 251 (b) aos 45 dias após a emergência das plântulas em função de doses de boro em condições de semiárido paraibano. Lagoa Seca, PB.

4.1.3.4. Fitomassa seca da parte aérea (FSPA)

A análise de variância revelou que os cultivares de girassol diferiram estatisticamente entre si pelo teste F ($p < 0,01$) para a variável fitomassa seca da parte aérea (FSPA) entre os 60 DAE e manteve o comportamento até o final do ciclo da cultura tendo o cv. H251 evidenciado maiores produções de fitomassa que o cv. H250 durante este período (Tabela 4.6). Nota-se ainda que as doses de N influenciaram significativamente ($p < 0,01$) a FSPA em todas as etapas analisadas e que o efeito do B ocorreu apenas aos 15, 30 e 60 DAE. Nota-se também que houve interação significativa entre C x N e C x B mas não foi observada interação tripla significativa ($P < 0,05$) entre os fatores estudados durante o ciclo da cultura.

Tabela 4.6. Resumo da análise de variância para fitomassa seca da parte aérea (FSPA) aos 15, 30, 45, 60, 75 dias após a emergência e ao final do ciclo da cultura de girassóis sob adubações nitrogenada e boratada em condições de semiárido paraibano. Lagoa Seca, PB.

FV	GL	Fitomassa seca da parte aérea (g)					
		-----Quadrado Médio-----					
		15	30	45	60	75	Final
Bloco	2	0,6328*	0,2360	1,4745	8,8811	0,9320	1,8651
Cultivar (C)	1	0,0048	0,4299	6,3071	187,6208**	142,9622**	584,9485*
Nitrogênio (N)	3	1,2639**	19,7615**	209,5258**	470,2032**	425,6989**	367,4935*
Linear	1	3,6473**	52,2621**	623,1620**	1.275,558*	1.189,0074**	931,8356*
Quadrática	1	0,0178	6,9984**	1,2098	119,3252**	81,2446**	159,5013*

Boro (B)	3	0,7713**	2,7195*	3,7937	23,8596*	12,2578	10,1719
Linear	1	2,0374**	6,8213**	8,8927	30,4214*	2,2907	1,8422
Quadrática	1	0,0975	1,1743	2,4389	39,4908*	27,4933	21,3438
C x N	3	0,2509	1,1205	10,2327**	2,8971	11,4796	13,3967
C x B	3	0,0510	1,2196	16,8669**	11,7598	12,2512	11,4718
N x B	9	0,2082	0,3199	4,3944	5,6910	4,1048	4,3870
C x N x B	9	0,2415	0,4506	3,5893	5,4573	4,7118	5,9932
Erro	62	0,1538	0,6788	2,4275	7,3070	6,7218	7,8965
CV (%)		12,47	8,74	7,99	9,22	7,29	6,53

Teste de Médias

H250	3,14 a	9,49 a	19,24 a	27,91 b	34,34 b	40,59 b
H251	3,15 a	9,36 a	19,76 a	30,70 a	36,78 a	45,53 a

** e *, significativo a 1% e 5% de probabilidade pelo teste F, respectivamente. Médias seguidas de letras iguais não diferem estatisticamente pelo teste de F, a 5% de probabilidade.

A FSPA foi influenciada significativamente ($p < 0,01$) pelo N aos 15 DAE aumentando o acúmulo de fitomassa à medida que se incrementou o nutriente ao solo que, por sua vez, proporcionou ganho máximo de 3,41 g de fitomassa seca com a aplicação de 120 kg ha⁻¹ (Figura 4.11a). Contrariamente, aos 30 DAE foi observada resposta quadrática da cultura em relação ao acúmulo de FSPA em função de N encontrando-se, na dose de 111,5 kg ha⁻¹, quantidade ideal do nutriente para expressar a máxima produção FSPA para esta época (Figura 4.11b).

Observou-se, aos 45 DAE, que a curva característica de resposta da FSPA dos cultivares se ajustou a modelos distintos de regressão enquanto o cv. H250 apresentou linearidade aos incrementos de N ao solo, o cv. H251 se ajustou significativamente ($p < 0,05$) a um modelo de natureza quadrática mas, apesar dos ajustes distintos, a diferença percentual entre as máximas produções de FSPA encontrada para os cultivares estudados foi de apenas 2,97%.

Com relação à FSPA, dos 60 DAE ao final do ciclo da cultura as plantas foram influenciadas pelos incrementos de N ao solo ajustando-se a um modelo quadrático específico (ax^2+bx+c) para ambas as épocas (Figuras 4.11d, 4.11e e 4.11c). As doses de N responsáveis por expressar os máximos rendimentos de FSPA foram 118,85; 126,32 e 107,44 kg ha⁻¹, as quais estabeleceram acúmulos de 33,08; 39,40 e 46,18 g por planta, respectivamente.

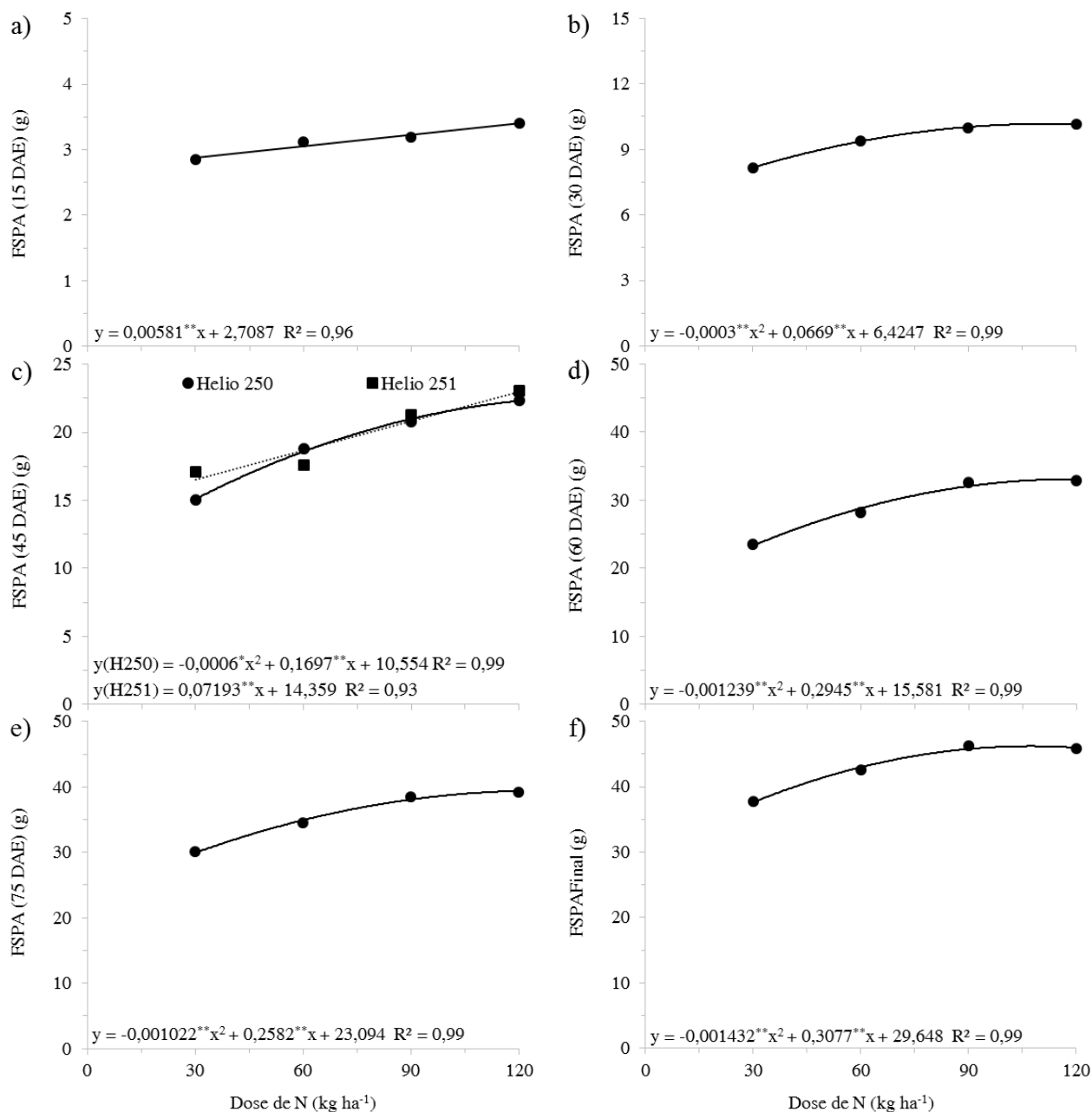


Figura 4.11 – Partição de fitomassa seca da parte aérea (FSPA) do girassol: aos 15 (a), 30 (b), 45 (c), 60 (d), 75 dias após a emergência das plântulas (e) e ao final do ciclo da cultura em função de doses de nitrogênio em condições de semiárido paraibano. Lagoa Seca, PB.

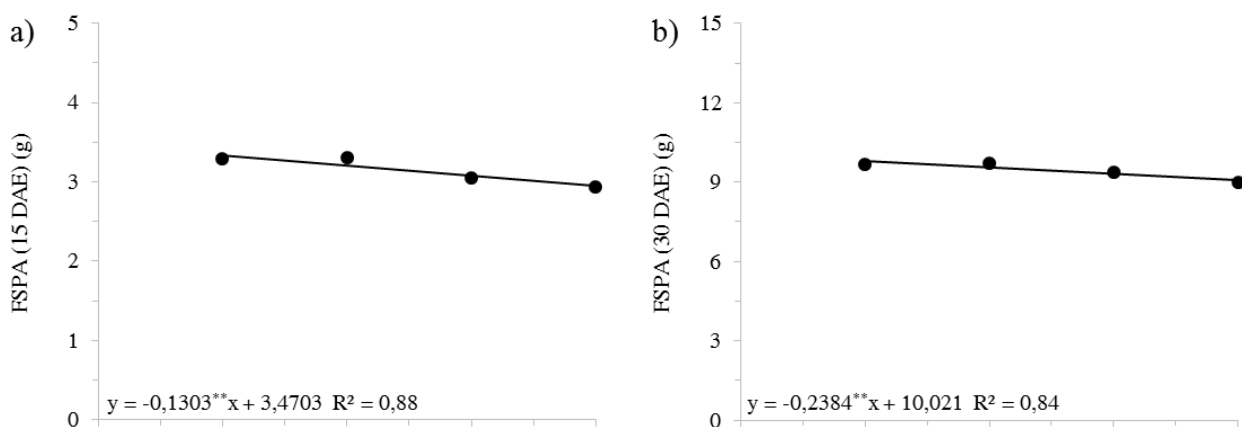
Diferente do observado nesse estudo, Nobre et al. (2010) não evidenciaram efeito do N sobre a FSPA do girassol, cv. Embrapa 122/V-2000, em ambiente protegido até os 26 dias após a semeadura. Nas mesmas condições de cultivo Oliveira et al. (2010) encontraram alocação de 6,09 g de fitomassa seca da parte aérea por planta aos 34 dias após a emergência. Esses resultados se encontraram abaixo dos evidenciados pelos cultivares estudados já que dos 30 aos DAE constatou-se 10,15 g de FSPA por planta e ao final do ciclo, com aplicação 107,44 kg ha⁻¹, obteve-se produtividade de fitomassa seca de 46,2 g por planta (Figura 4.11f), bem abaixo do observado por Lobo & Grassi Filho (2007) que encontraram 77,93 g de FSPA

por planta para o cv. Helio 251 com a aplicação de 70 kg de N ha⁻¹. Segundo Souza et al. (2003) na seleção de culturas para a produção de silagem é necessário considerar principalmente a quantidade de biomassa produzida. De acordo com Tomich et al. (2003) após a extração do óleo dos aquênios todos os subprodutos remanescentes da cultura do girassol podem ser utilizados na alimentação animal.

A FSPA foi influenciada significativamente ($p < 0,01$) pelo B aos 15 DAE; contudo, a resposta da cultura foi inversamente proporcional às crescentes doses de B verificando-se redução de 11,70% da maior para a menor quantidade aplicada do nutriente (Figura 4.12a). De modo semelhante, aos 30 DAE o aumento das doses de B novamente promoveu decréscimo do acúmulo de FSPA (Figura 4.12b); no entanto, a redução foi menos acentuada (7,31%) em comparação aos 15 DAE.

Aos 45 DAE houve interação significativa ($p < 0,01$) do B com os cultivares estudados sobre a FSPA, porém o efeito ocorreu apenas para o cv. H250, que evidenciou menores acúmulos de fitomassa seca com o aumento da concentração do nutriente ao solo; contudo, o cv. H251 manteve produção média de 19,756 g, independentemente da quantidade de B aplicada (Figura 4.12c).

Aos 60 DAE verificou-se que o B influenciou significativamente ($p < 0,05$) de modo quadrático, a FSPA (Figura 4.12d), em que o máximo acúmulo de fitomassa (30,21 g) foi encontrado com a dose de 2,1 kg ha⁻¹, diferentemente do ocorrido dos 15 aos 45 DAE, com maiores acúmulos de fitomassa seca evidenciada pela menor dose de B aplicada (1 kg ha⁻¹).



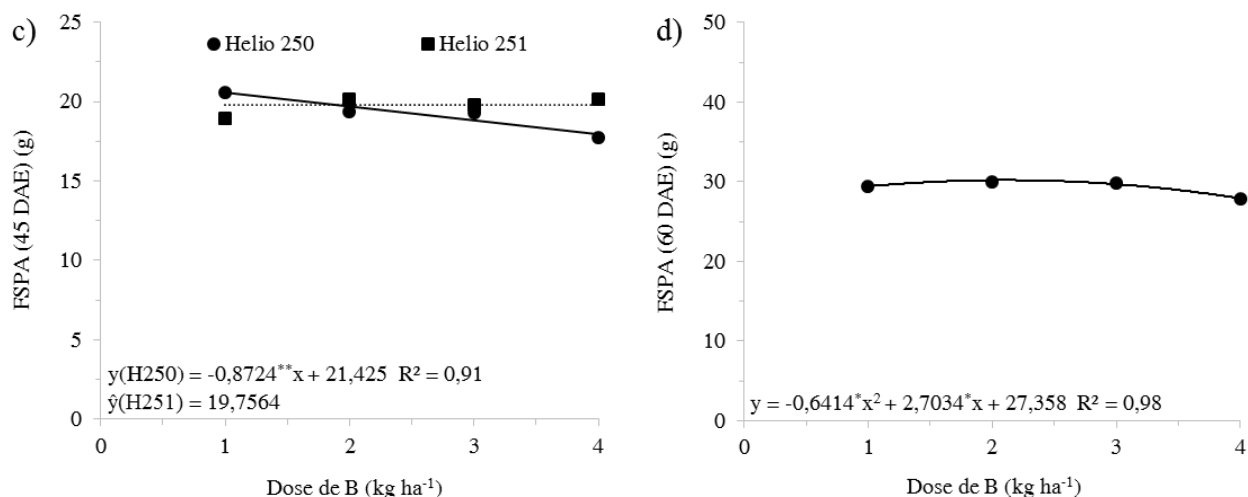


Figura 4.12 – Partição de fitomassa seca da parte aérea do girassol (FSPA): aos 15 (a), 30 (b), 45 (c) e 60 dias após a emergência das plântulas (d) em função de doses de boro em condições de semiárido paraibano. Lagoa Seca, PB.

Neste estudo o acúmulo de fitomassa da parte aérea da cultura tendeu a diminuir com os acréscimos B ao solo até a quantidade de 4 kg ha⁻¹ (Figura 4.12). Este comportamento contrasta com o observado por Feitosa et al. (2013) evidenciando efeito significativo da interação entre boro (0 a 8 kg ha⁻¹) e potássio (0 a 90 kg ha⁻¹) sobre a cultivar Catissol. Nesse estudo os autores observaram que o máximo acúmulo de FSPA (175 g por planta) foi obtido com a interação de 6 kg de B ha⁻¹ com 90 kg de N ha⁻¹. Zahoor et al. (2011) evidenciaram efeito do B em relação à testemunha, sobre a FSPA, interagindo formas distintas de aplicação do nutriente (0 ≥ 2,0 kg ha⁻¹) em fundação e via foliar, e épocas de aplicação. Segundo Foloni et al. (2010) quando se aplica B diretamente no solo, não se justifica aplicar via foliar. Os mesmos autores afirmam que adubações em fundação e via foliar com elevadas quantidades de B prejudicaram a produção de fitomassa seca de órgãos da parte aérea do girassol. Contrariamente, diversos autores (Castro et al., 2006; Euba Neto et al., 2014b; Martin et al., 2014; Santos et al., 2015) não constataram diferença estatística para a FSPA entre plantas testemunhas e as que receberam até 4 kg de B ha⁻¹.

4.1.4. Razão de área foliar (RAF)

A razão da área foliar dos cultivares de girassol não diferiu significativamente entre si durante todas as fases da cultura (Tabela 4.7). Do mesmo modo, o N e o B não exerceram efeito significativo sobre a RAF com exceção do N aos 15 DAE. A RAF tende a declinar à medida que a planta cresce, pela diminuição da área foliar fotossinteticamente ativa, responsável por captar a radiação luminosa em função do autossombreamento; conseqüentemente, o CO₂ para realização da fotossíntese (Benincasa, 2003; Peixoto &

Peixoto, 2007). O baixo autossombreamento constatado para esse estudo, no decorrer do ciclo da cultura, associado ao baixo índice de área foliar médio obtido ($1,23 \text{ cm}^2 \text{ cm}^{-2} \pm 0,188 \text{ cm}^2 \text{ cm}^{-2}$) pode ter sido a causa da ausência de efeito dos fertilizantes sobre a RAF dos cultivares estudados já que o sombreamento das folhas basais foi baixo e as mesmas ficaram expostas à radiação solar. De acordo com Castiglioni et al. (1994) o girassol possui uma característica morfológica que lhe possibilita reduzir o autossombreamento por ser dotado de folhas alternas espiraladas que tendem a diminuir de tamanho sempre que se aproximam do ápice da planta, favorecendo a captação de luz pelas folhas basais.

Tabela 4.7. Resumo da análise de variância para a razão de área foliar (RAF) aos 15, 30, 45, 60 e 75 dias após a emergência de girassóis sob adubações nitrogenada e boratada em condições de semiárido paraibano. Lagoa Seca, PB.

FV	GL	Razão de área foliar ($\text{cm}^2 \text{ g}^{-1}$)				
		-----Quadrado Médio-----				
		15	30	45	60	75
Bloco	2	607,015	1.849,916	1.976,03	2.250,703	3.154,997
Cultivar (C)	1	505,264	1.130,257	894,285	1.189,918	1.292,205
Nitrogênio (N)	3	4.423,556**	1.668,755	1.489,738	1.237,813	1.783,732
Linear	1	11.832,279**	1828,440	2216,933	811,252	1112,271
Quadrática	1	578,820	17,037	422,311	27,193	33,453
Boro (B)	3	384,816	141,995	479,461	225,683	435,592
Linear	1	627,533	9,683	638,972	414,930	625,824
Quadrática	1	509,839	336,815	365,650	169,795	629,250
C x N	3	692,240	370,633	1.086,972	399,585	691,222
C x B	3	1.383,255	940,991	1.126,527	1.319,279	1.845,479
N x B	9	587,976	1.075,279	1.256,395	1.467,932	2.004,160
C x N x B	9	1.083,519	1.212,955	1.355,286	1.596,078	1.960,643
Erro	62	825,320	1.140,980	1.208,856	1.486,529	1.777,139
CV (%)		15,99	15,65	15,38	16,16	17,14

	Teste de Médias				
H250	181,93 a	219,23 a	229,18 a	242,17 a	249,60 a
H251	177,34 a	212,37 a	223,08 a	235,13 a	242,26 a

** e *, significativo a 1% e 5% de probabilidade pelo teste F, respectivamente. Médias seguidas de letras iguais não diferem estatisticamente pelo teste de F, a 5% de probabilidade.

Aos 15 DAE a RAF reduziu linearmente ao se incrementar N ao solo, obtendo-se $194,53 \text{ cm}^2$ de área foliar para cada grama de fitomassa seca de folha com a aplicação de $30 \text{ kg de N ha}^{-1}$ enquanto a dose de 120 kg ha^{-1} evidenciou relação de $164,74 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$ correspondendo a um decréscimo de 15,31% da área foliar por unidade de fitomassa seca, da menor para a maior dose de N aplicada (Figura 4.13).

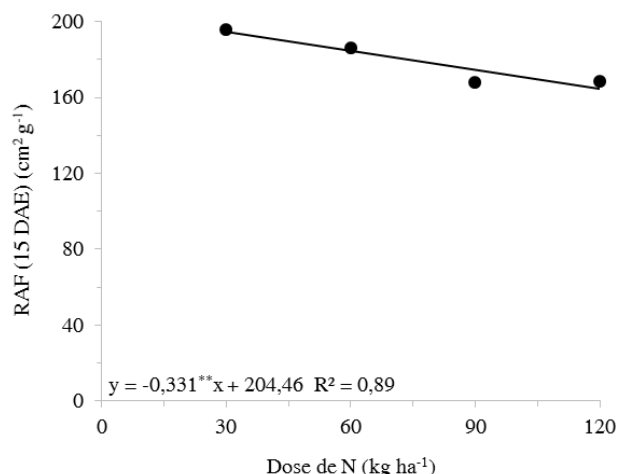


Figura 4.13 – Razão da área foliar do girassol (RAF) em função de doses de nitrogênio em condições de semiárido paraibano. Lagoa Seca, PB.

4.1.5. Características produtivas

Nota-se, na Tabela 4.8, que os cultivares de girassol diferiram estatisticamente quanto à massa de aquênios por planta (MAQ) tendo o cv. H251 obtido os maiores rendimentos em relação ao cv. H250; no entanto, não divergiram entre si quanto à massa de 250 sementes (M250). O N tanto de forma isolada quanto em interação com os cultivares, exerceu efeito significativo ($p < 0,01$) sobre a MAQ, com o acréscimo de N ao solo. Diferentemente, o B, tanto isolado quanto em interação com os demais fatores estudados, não influenciou significativamente as características produtivas do girassol; corroborando os resultados com Oliveira et al. (2014) que não constataram efeito de doses de N entre 0 e 200 kg ha⁻¹, sobre a M250; entretanto, sobre a MAQ a cultivar H251 se sobressaiu à H250.

Tabela 4.8. Resumo da análise de variância para a massa de 250 sementes (M250) e massa de aquênios por planta (MAQ) de girassóis submetidos a adubação convencional com nitrogênio e boro em condições de campo. Lagoa Seca, PB.

FV	GL	-----Quadrado Médio-----	
		M250 (g)	MAQ (g)
Bloco	2	0,55462	73,249757 ^{***}

Cultivar (C)	1	0,50750	1.328,33760**
Nitrogênio (N)	3	0,69198	169,06715**
Linear	1	1,73280	263,73675**
Quadrática	1	0,27735	176,63801**
Boro (B)	3	1,66020	14,18122
Linear	1	4,52408	5,26264
Quadrática	1	0,24401	37,00167
C x N	3	1,23519	34,63925**
C x B	3	1,11181	7,90416
N x B	9	1,09987	6,48310
C x N x B	9	1,39334	6,61187
Erro	62	1,50174	7,49458
CV (%)		12,79	8,94

Teste de médias		
H250	9,51 a	26,91 b
H251	9,65 a	34,35 a

** e *, significativo a 1% e 5% de probabilidade pelo teste F, respectivamente. Médias seguidas de letras iguais não diferem estatisticamente pelo teste de F, a 5% de probabilidade.

4.1.5.1. Massa de aquênios por planta (MAQ)

A MAQ evidenciada pelo cv. H250 aumentou concomitantemente com os incrementos de N ao solo alcançando máxima produção (29,48 g) com a aplicação de 120 kg ha⁻¹, o que acarretou em ganho de 21,11% quando comparado com a da produção obtida com aplicação de 30 kg ha⁻¹ (Figura 4.14). De modo discrepante, o cv. H251 evidenciou máximo rendimento com a dose de N estimada em 83,56 kg ha⁻¹, a qual acarretaria em produção de 37,24 g de aquênios por planta. Multiplicando-se as máximas produções obtidas por planta para o cv. H250 e H251, pela densidade de plantio utilizada na área experimental (0,7 x 0,3 m), as produtividades alcançadas seriam de 1.403,95 e 1.773,23 kg ha⁻¹, respectivamente. O rendimento de aquênios encontrado para a H251 está acima da produtividade brasileira de 2013 (1.576 kg ha⁻¹) enquanto o cv. H251 evidenciou redução de 12,25% em relação à média nacional. Oliveira et al. (2014) não observaram efeito do N entre 0 e 200 kg ha⁻¹, sobre a produtividade de três cultivares de girassol; no entanto, constataram diferença estatística da produtividade entre os cultivares H250 e H251, encontrando rendimentos de 1.436,2 kg ha⁻¹ e 1.884,5 kg ha⁻¹, respectivamente, revelando comportamentos semelhantes aos obtidos neste estudo. Diferentemente, Lobo et al. (2012) concluíram que a aplicação de 105 kg de N ha⁻¹ expressou rendimento 3.935 kg de grãos ha⁻¹ para o cv. H251, superando em 122% o rendimento obtido nesse estudo para a mesma cultivar.

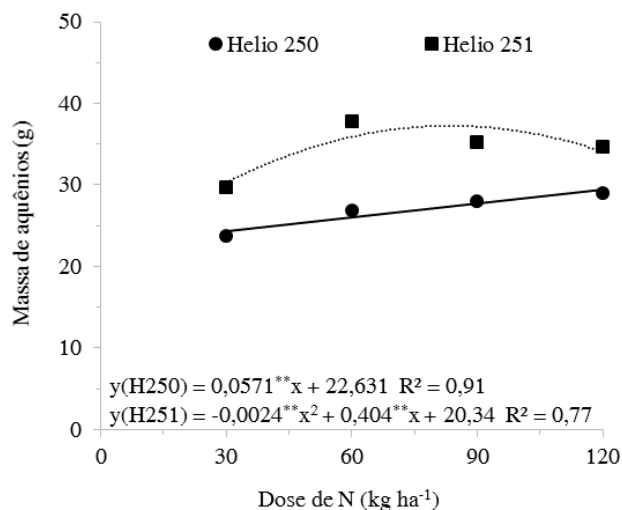


Figura 4.14 – Massa de aquênios por planta (MAQ) de aquênios por capítulo do girassol em função de doses de nitrogênio em condições de semiárido paraibano.

4.1.5.2. Eficiência de uso do nutriente

O comportamento das eficiências de uso do nitrogênio (EUN) e do boro (EUB) sobre a massa de aquênios (MAQ) dos girassóis estudados, foi semelhante para ambos os cultivares diminuindo sempre que se incrementaram maiores doses dos nutrientes ao solo (Figura 4.15); para o cv. H250 observou-se que a maior eficiência de uso do N (EUN) foi proporcionada pela aplicação de 30 kg ha⁻¹ constatando rendimento de 37,29 g g⁻¹ de aquênios de N aplicado enquanto a máxima dose (120 kg ha⁻¹) evidenciou rendimento de 11,78 g g⁻¹, originando uma redução de 68,4% na produção da menor para a maior dose testada (Figura 4.15a). Comportamento semelhante para EUN sobre a MAQ foi revelado pelo cv. H251, tendo-se obtido a maior eficiência de uso (44,13 g g⁻¹ de N) com a aplicação de 30 kg ha⁻¹, evidenciando uma redução de 70,46% ao ser comparado com a EUN (13,92 g g⁻¹) evidenciada pela aplicação de 120 kg ha⁻¹.

Quanto à EUB sobre a MAQ observou-se, para o cv. H250, com aplicação de 1 kg de B ha⁻¹, variação de produção na razão de 1.670,54 g de aquênios g⁻¹ de B a 442,64 g g⁻¹ com aplicação de 4 kg ha⁻¹ resultando em uma redução de 73,5% (Figura 4.15b). Quanto ao mesmo contexto, o cv. H251 evidenciou decréscimo de 74,18% na EUB sobre a MAQ, entre a menor e maior dose testada; no entanto, ao se comparar a EUB obtida com a aplicação 3 kg de B ha⁻¹, com a evidenciada pela dose máxima testada, se encontraram diminuições de 3,02 e 9,98% g g⁻¹ para os girassóis H250 e H251, respectivamente.

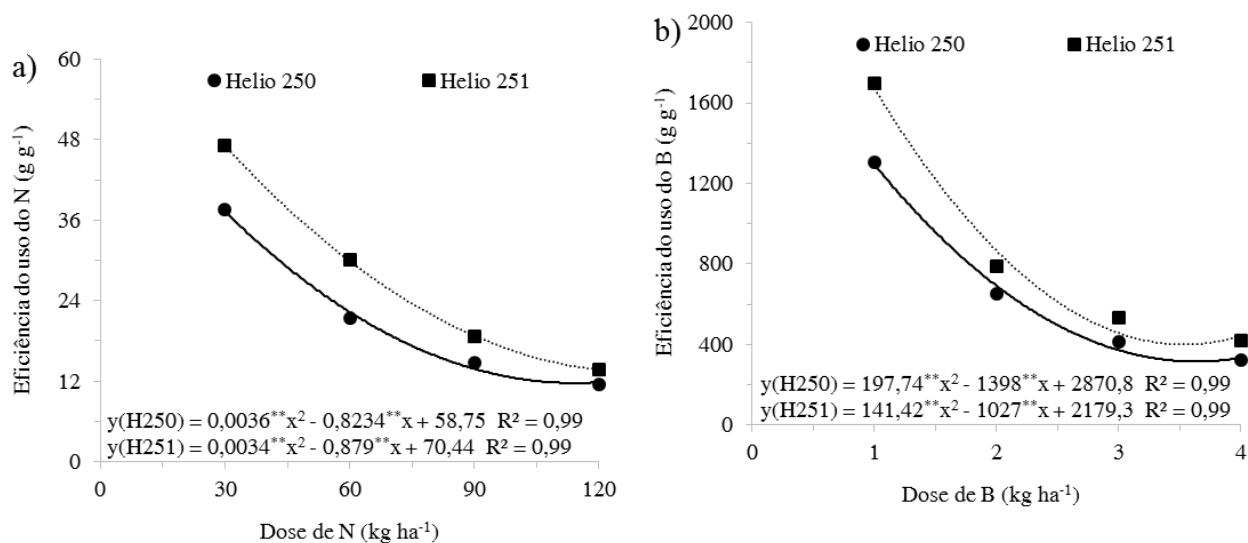


Figura 4.15 - Eficiência de uso do nitrogênio (a) e do boro (b) para massa de aquênios de girassóis sob adubação nitrogenada e boratada em condições de campo. Lagoa Seca, PB.

Nota-se que as menores doses de N e B foram as mais eficientes para ambos os cultivares (H250 e H251) (MAQ g^{-1} de fertilizante) (Figuras 4.15a e b); contudo, em relação ao B não houve efeito desse nutriente na produção de aquênios, podendo-se utilizar a quantidade de 1 kg ha^{-1} para o cultivo do girassol. Diferentemente, a maior dose de N (120 kg ha^{-1}) foi responsável por expressar o maior rendimento do cv. H251 enquanto o cv. H250 obteria máxima produção com a aplicação de $83,56 \text{ kg ha}^{-1}$ (Figura 4.14). Este comportamento evidenciou que o cv. H250 é mais eficiente que o cv. H251 já que requereu menor quantidade de N para obter seu máximo rendimento. Fageria & Baldiga (2015) afirmam que o aumento da eficiência de uso dos nutrientes pela planta está associado com aplicações de taxas adequadas de fertilizante, fontes eficazes, parcelamentos e métodos propícios de emprego dos mesmos.

4.2. Experimento II: Casa de vegetação

4.2.1. Crescimento vegetativo

A análise de variância revelou que a altura de planta (ALP) dos cultivares estudados diferiu estatisticamente ($p < 0,01$) pelo teste F, durante todo o ciclo da cultura, tendo o cv. H251 se sobressaído ao cv. H250 (Tabela 4.9). Ressalta-se que o comportamento do crescimento dos cultivares a partir dos 60 DAE foi minimamente acentuado podendo-se observar pequena variação ($\pm 1 \text{ cm}$) entre os ganhos e/ou perdas em altura, para cada cultivar, de modo isolado. Com relação às adubações, ocorreu efeito significativo ($p < 0,05$) do B sobre a ALP aos 15e 30 DAE, diferentemente do N que influenciou significativamente ($p < 0,01$) a

ALP durante todo o ciclo de cultivo do girassol. Salienta-se que não houve interação significativa ($p < 0,05$) entre cultivares e dosagens de nitrogênio e boro para ALP em nenhuma das épocas avaliadas.

Tabela 4.9. Resumo da análise de variância para altura de plantas (ALP) aos 15, 30, 45, 60, 75 dias após a emergência e ao final do ciclo de girassóis sob adubações nitrogenada e boratada em condições de ambiente protegido. Campina Grande, PB.

FV	GL	Altura de planta (cm)					
		-----Quadrado Médio-----					
		15	30	45	60	75	Final
Bloco	2	2,491	29,227	138,664	48,799	79,697	68,877
Cultivar (C)	1	236,568**	1124,428**	1717,041**	7570,377**	8030,041**	7704,166**
Nitrogênio (N)	3	10,093**	158,305**	208,006**	204,530**	305,736**	277,812**
Linear	1	25,807**	461,667**	43,781	170,981	329,969**	302,385**
Quadrática	1	0,270	9,167	580,187**	331,892**	450,668**	388,008**
Boro (B)	3	15,5548**	59,055*	102,340	51,835	50,347	40,979
Linear	1	28,275**	152,720**	228,252	9,492	0,208	2,269
Quadrática	1	2,438	3,507	12,760	143,815	150,000	119,260
C x N	3	1,752	28,229	136,048	94,780	77,347	73,090
C x B	3	0,356	2,500	45,729	20,335	23,013	28,701
N x B	9	2,326	16,113	85,620	11,229	19,226	21,875
C x N x B	9	3,837	20,095	85,069	47,794	54,208	53,523
Erro	62	2,424	14,433	48,825	46,536	39,117	38,686
CV (%)		10,15	9,61	7,16	5,72	5,24	5,25

	Teste de Médias					
H250	13,77 b	36,13 b	93,33 b	110,33 b	110,25 b	109,45 b
H251	16,91 a	42,97 a	101,79 a	128,09 a	128,54 a	127,37 a

** e *, significativo a 1% e 5% de probabilidade pelo teste F, respectivamente. Médias seguidas de letras iguais não diferem estatisticamente pelo teste de F, a 5% de probabilidade.

4.2.1.1. Altura de planta (ALP)

As plantas apresentaram decréscimos de altura aos 15 DAE, com o aumento das concentrações de N no solo, evidenciando perdas na ordem de 0,0139 cm para cada miligrama do nutriente adicionado (Figura 4.16a). Do mesmo modo, aos 30 DAE as plantas continuaram evidenciando reduções significativas ($p < 0,01$) à medida que se incrementava N ao solo; no entanto, com reduções mais acentuadas ($0,0588 \text{ cm mg}^{-1}$ de N) evidenciando-se redução de 13,84% da menor para a maior dose testada (Figura 4.16b).

Aos 45 DAE o comportamento evidenciado pelas doses de N para a ALP se ajustou ($R^2 = 0,99^{**}$) a um modelo quadrático, com ganhos em altura ao se incrementar doses de N ao solo até $79,25 \text{ mg kg}^{-1}$, dose responsável para estimar a máxima altura da planta ($100,67 \text{ cm}$) constatando incrementos de $4,86\%$ em comparação com a de aplicação $33,33 \text{ mg kg}^{-1}$ e de $6,87\%$ com relação à maior dose testada ($133,33 \text{ mg kg}^{-1}$) (Figura 4.16c). De modo semelhante, aos 60 e 75 DAE e ao final do ciclo da cultura o comportamento da ALP se ajustou a modelos de natureza quadrática; aos 60 DAE a ALP máxima obtida foi de $121,73 \text{ cm}$ obtida com a aplicação de $72,64 \text{ mg kg}^{-1}$ (Figura 4.16d), aos 75 DAE a dose $70,57 \text{ mg kg}^{-1}$ proporcionou altura máxima de $122,42 \text{ cm}$ (Figura 4.16e) e, ao final do ciclo, com aplicação de $70,18 \text{ mg kg}^{-1}$ foram obtidos $121,24 \text{ cm}$ de altura de planta (Figura 4.16f). Esses resultados revelaram que as máximas alturas de planta variaram a partir dos 60 DAE, de modo atenuado ($\pm 1 \text{ cm}$) e as doses consideradas ideais para obtenção dos máximos rendimentos foram de aproximadamente 70 mg kg^{-1} .

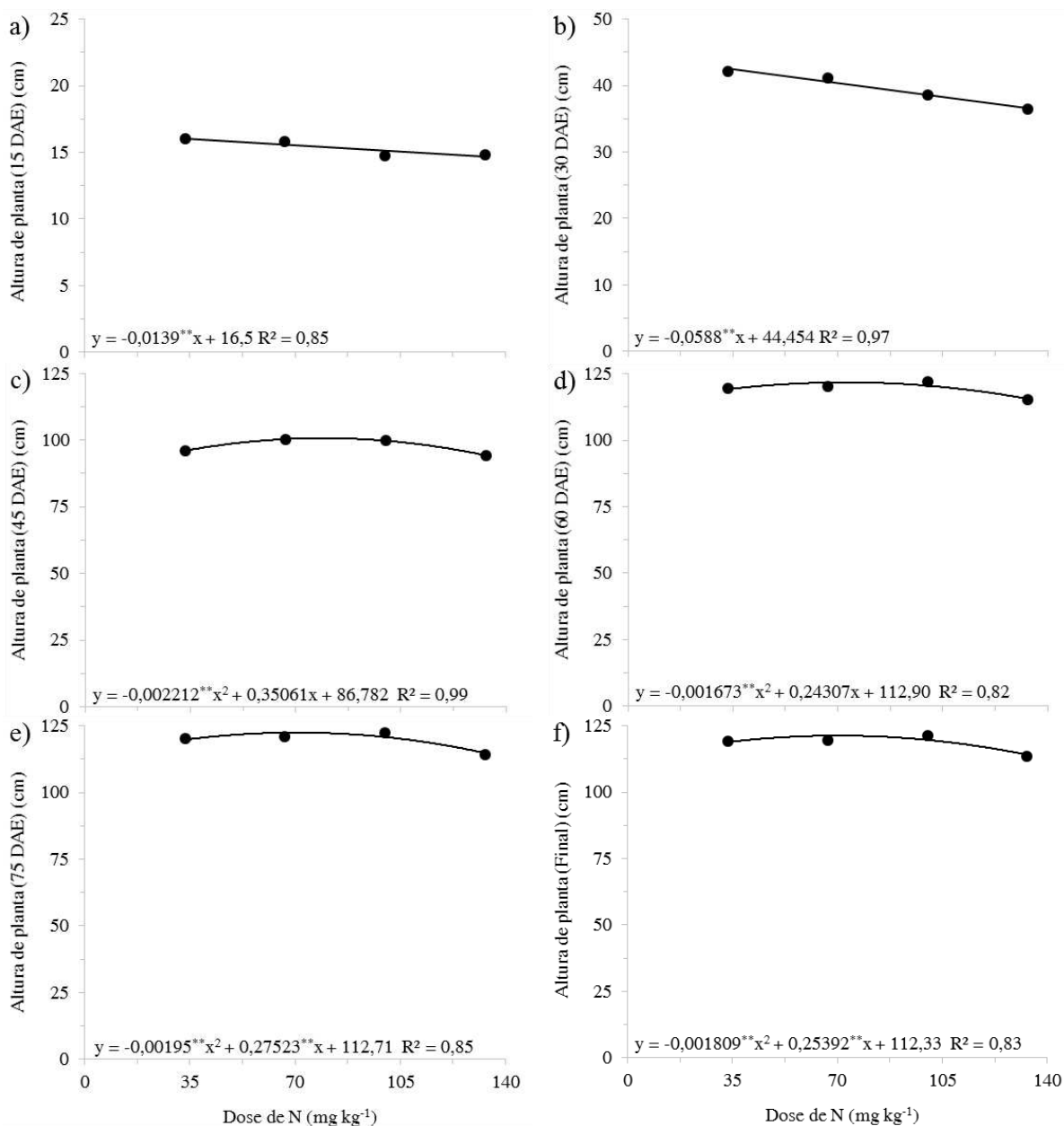


Figura 4.16 – Altura de planta do girassol (ALP): aos 15 (a), 30 (b), 45 (c), 60 (d), 75 dias após a emergência das plântulas (e) e ao final do ciclo da cultura (f) em função de doses de nitrogênio em condições de casa de vegetação. Campina Grande, PB.

O aumento crescente das concentrações de B no solo influenciou significativamente ($p < 0,01$) e de modo negativo, a ALP, aos 15 e 30 DAE (Figura 4.17); aos 15 DAE a maior altura de planta (17,77 cm) foi proporcionada pela dose de 1 mg de B kg⁻¹, tendendo a reduzir em escala de 0,5708 cm para cada miligrama de B adicionado ao solo (Figura 4.17a). De modo similar, aos 30 DAE a ALP reduziu com os incrementos de B ao solo; entretanto, com decréscimos mais expressivos (0,9758 cm) que os aumentos unitários do nutriente ao solo (Figura 4.17b).

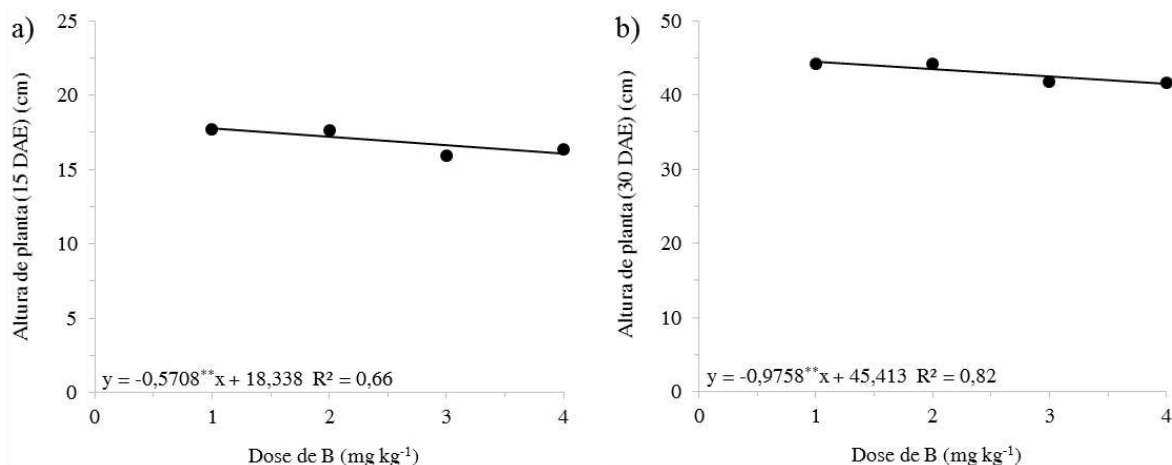


Figura 4.17– Altura de planta do girassol (ALP): aos 15 (a) e aos 30 após a emergência das plântulas (b) em função de doses de boro em condições de casa de vegetação. Campina Grande, PB.

Campos et al. (2015) observaram que a altura do girassol cv. Embrapa 122, conduzido sob as mesmas condições utilizadas nesse ensaio, não foi influenciada significativamente ($p > 0,05$) aos 40 e 60 dias após a semeadura em função de doses crescentes de N até 100 kg ha^{-1} . Corroborando com esses resultados Nobre et al. (2010) não evidenciaram efeito de doses crescentes de N até 125 mg kg^{-1} sobre a altura de planta dos 26 aos 50 dias após a semeadura, diferente do que foi observado por Lima et al. (2013) já que denotaram efeito significativo do N sobre esta variável; os mesmos autores também observaram efeito do boro sobre a altura de planta ao final do ciclo encontrando a máxima altura com a aplicação de 2 kg ha^{-1} .

4.2.1.2 Diâmetro caulinar (DC)

Os cultivares de girassol, H250 e H251, diferiram estatisticamente ($p < 0,01$) quanto ao diâmetro caulinar da planta (DC) em todas as fases do crescimento da cultura, com exceção do momento em que foi realizada a colheita do capítulo (Final do ciclo) sendo observada superioridade do cv. H250 sobre a H251 até os 30 DAE; a partir daí o comportamento é invertido com o cv. H251 evidenciando os maiores diâmetros até os 75 DAE (Tabela 4.10). Com relação ao N, constatou-se seu efeito ($p < 0,01$) sobre o DC a partir dos 30 DAE e manteve o mesmo comportamento até o final do ciclo do girassol; já para o B, observou-se efeito significativo ($p < 0,01$) apenas na aferição realizada aos 15 DAE; além disso, foi constatada interação significativa ($p < 0,01$) entre as doses crescentes de N e os cultivares de girassol estudados aos 45 DAE; no entanto, não houve interação tripla significativa entre os fatores (C x N x B) em nenhuma das épocas de avaliação.

Tabela 4.10. Resumo da análise de variância para diâmetro caulinar (DC) aos 15, 30, 45, 60, 75 dias após a emergência e ao final do ciclo de girassóis sob adubações nitrogenada e boratada em condições de ambiente protegido. Campina Grande, PB.

FV	GL	Diâmetro caulinar (mm)					
		-----Quadrado Médio-----					
		15	30	45	60	75	Final
Bloco	2	1,489**	0,163	0,092	0,864	0,322	0,015
Cultivar (C)	1	4,208**	10,487**	21,774**	38,976**	35,017**	1,073
Nitrogênio (N)	3	0,259	3,565**	33,810**	26,134**	19,451**	15,776**
Linear	1	0,485	10,618**	101,329**	78,126**	58,186**	47,018**
Quadrática	1	0,273	0,061	0,001	0,132	0,109	0,080
Boro (B)	3	0,772**	0,766	0,500	0,390	0,261	0,563
Linear	1	2,125**	0,003	0,277	0,072	0,492	0,275
Quadrática	1	0,096	1,542	0,956	0,838	0,277	1,290
C x N	3	0,661	0,281	2,025**	0,710	0,305	0,580
C x B	3	0,013	0,075	0,202	0,270	0,402	0,185
N x B	9	0,217	0,122	0,384	0,507	0,467	0,413
C x N x B	9	0,177	0,185	0,213	0,331	0,235	0,261
Erro	62	0,258	0,288	0,421	0,348	0,349	0,276
CV (%)		9,61	5,22	5,06	4,58	4,68	4,84

	Teste de Médias					
H250	5,50 a	10,63 a	12,36 b	12,24 b	12,02 b	10,95 a
H251	5,09 b	9,97 b	13,31 a	13,52 a	13,23 a	10,74 a

** e *, significativo a 1% e 5% de probabilidade pelo teste F, respectivamente. Médias seguidas de letras iguais não diferem estatisticamente pelo teste de F, a 5% de probabilidade.

O DC foi influenciado significativamente ($p < 0,01$) e de modo positivo pelos incrementos crescentes de N ao solo, aos 30 DAE, alcançando diâmetro máximo de 10,74 mm para a dose de 133,33 mg kg⁻¹ (Figura 4.18a). Do mesmo modo foram observadas, aos 45 DAE, respostas lineares dos cultivares H250 e H251 para o DC em função de N; todavia, o cv. H251 evidenciou ganhos mais expressivos em diâmetro (0,0342 cm) com o aumento de N ao solo em relação ao cv. H250 (0,0209 cm mg⁻¹) alcançando 15,03 mm enquanto o cv. H250 atingiu 13,40 mm (Figura 4.18b).

Verificou-se, dos 60 DAE ao final do ciclo da cultura que os DC foram influenciados ($p < 0,01$) linearmente pelo acréscimo de N ao solo observando-se os máximos diâmetros em ambas as épocas quando se aplicaram 133,33 mg kg⁻¹ alcançando, de modo respectivo, de 14,06, 13,67 e 11,79 mm de diâmetro aos 60 e 75 DAE e ao final do ciclo (Figuras 4.23c, 4.23d, 4.23e, respectivamente).

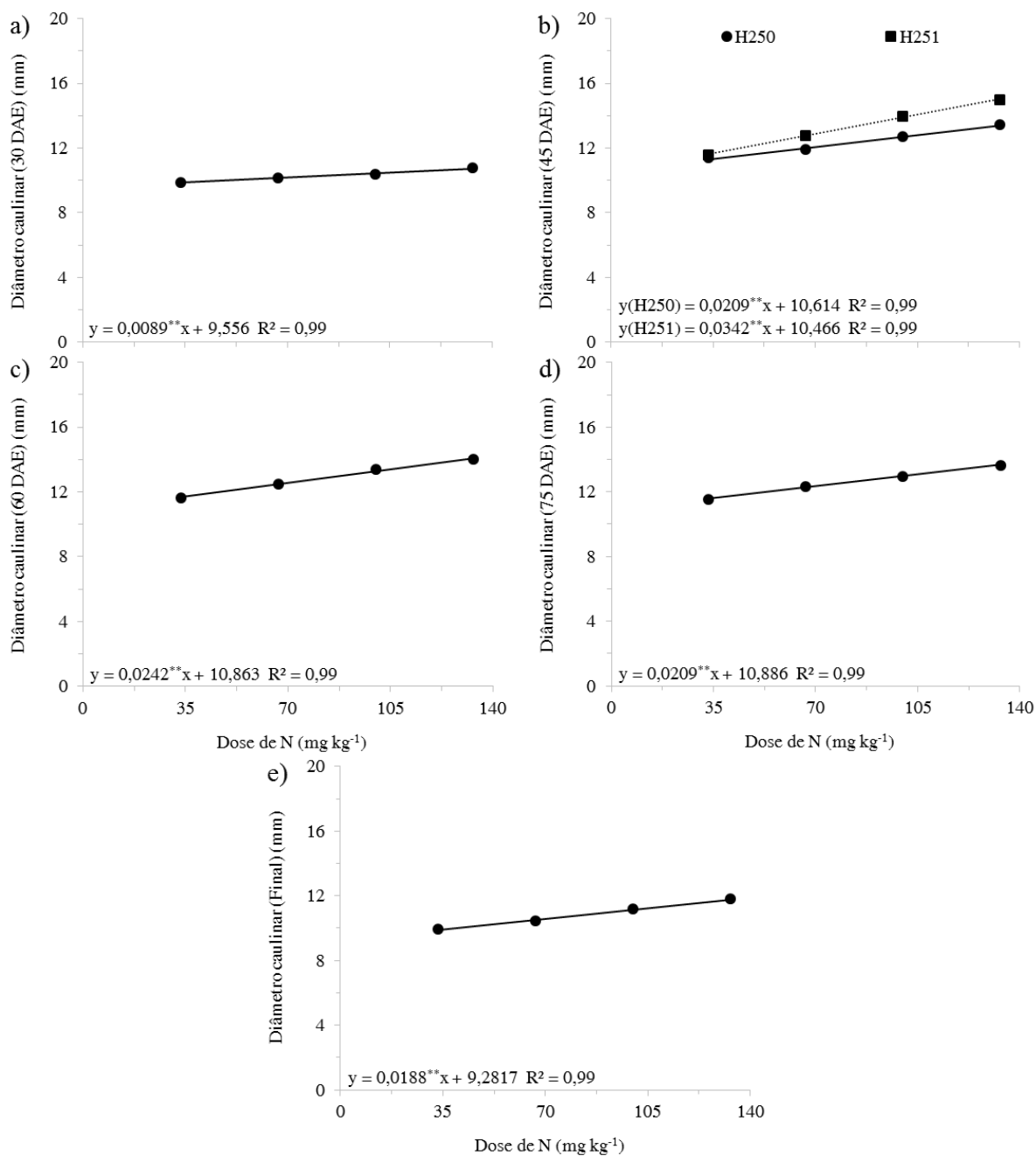


Figura 4.18 – Diâmetro caulinar do girassol (DC): aos 30 (a), 45 (b), 60 (c), 75 dias após a emergência das plântulas (d) e ao final do ciclo da cultura (e) em função de doses de nitrogênio em condições de casa de vegetação. Campina Grande, PB.

O B influenciou significativamente ($p < 0,01$) o DC do girassol aos 15 DAE provocando comportamento linear decrescente à medida que se aumentava sua concentração no solo (Figura 4.19). Esta redução ocorreu na ordem de 0,1382 mm para cada unidade de B acrescida ao solo até o mínimo diâmetro encontrado de 5,57 mm (4 mg kg^{-1}) revelando redução percentual de 7,83% da menor para a maior dose estudada.

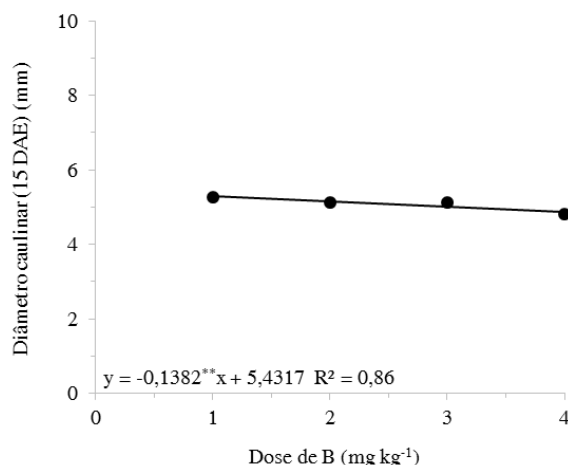


Figura 4.19 – Diâmetro caulinar do girassol (DC) aos 15 dias após a emergência das plântulas em função de doses de boro em condições de casa de vegetação. Campina Grande, PB.

Campos et al. (2015) não encontraram, em condições semelhantes de cultivo, efeito de doses crescente de N com aplicações de até 100 kg ha⁻¹ sobre o diâmetro caulinar do girassol cv. Embrapa 122 aos 40 dias após a semeadura (DAS), diferentemente dos 60 DAS, encontrando-se incrementos lineares na ordem de 0,022 mm para cada kg ha⁻¹ de N adicionado revelando comportamento similar ao encontrado nesse estudo para o mesmo período (0,0242 mm mg de N kg⁻¹ de solo). Guedes Filho et al. (2013) evidenciaram efeito de doses de N até 100 kg ha⁻¹, sobre o diâmetro caulinar entre os 15 e os 75 DAE; já Nobre et al. (2010) constataram que não houve efeito do N sobre o diâmetro caulinar do girassol tanto aos 26 quanto aos 50 dias após a semeadura.

Lima et al. (2013) observaram que incrementos de B até 3 kg ha⁻¹ aumentaram o diâmetro caulinar da cultura do girassol e causaram efeito depressivo quando aplicaram quantidades superiores a esta, diferente de Santos Junior (2011) que não encontraram efeito do B sobre esta variável com doses crescentes de até 4,0 mg dm⁻³.

4.2.1.3. Número de folhas (NF)

A análise de variância revelou que os cultivares de girassol diferiram estatisticamente entre si pelo teste F ($p < 0,01$) quanto ao número de folhas por planta (NF) durante todo o ciclo da cultura, encontrando-se maior número de unidades no cv. H250 que manteve média, a partir dos 30 DAE, de 2 ou mais folhas por planta que o cv. H251 (Tabela 4.11). Este comportamento evidencia que o cv. H250 emite folhas com menor distanciamento de internódios que o cv. H251 já que o desempenho dos cultivares quanto ao NF foi

inversamente proporcional ao observado para a altura de plantas (Tabela 4.9). Em se tratando de fertilizações, constatou-se efeito isolado tanto de N quanto do B; no entanto, com o N exercendo efeito sobre o NF dos 30 aos 60 DAE e o B dos 45 aos 75 DAE; não houve interação significativa ($p < 0,05$) entre os diversos fatores sobre o NF do girassol.

Tabela 4.11. Resumo da análise de variância para número de folhas (NF) aos 15, 30, 45, 60 e aos 75 dias após a emergência de girassóis sob adubações nitrogenada e boratada em condições de ambiente protegido. Campina Grande, PB.

FV	GL	Número de folhas				
		-----Quadrado Médio-----				
		15	30	45	60	75
Bloco	2	1,125	0,760	3,135	2,843	1,322
Cultivar (C)	1	40,041**	145,041**	160,166**	94,010**	160,166**
Nitrogênio (N)	3	1,027	1,861*	53,750**	13,454*	1,833
Linear	1	2,700	3,334*	161,009**	40,252**	1,200
Quadrática	1	0,374	2,041	0,166	0,010	4,167
Boro (B)	3	0,305	0,638	14,750**	16,649**	2,194
Linear	1	0,408	0,408	39,675**	27,552**	0,133
Quadrática	1	0,375	1,500	4,167	21,093*	5,042
C x N	3	0,347	0,125	1,694	2,343	4,944
C x B	3	0,291	0,125	2,916	3,204	1,472
N x B	9	0,629	0,611	1,870	1,427	1,157
C x N x B	9	0,560	0,949	1,000	2,019	1,620
Erro	62	0,404	0,685	2,318	3,822	4,140
CV (%)		9,42	5,58	8,50	9,70	11,12

	Teste de médias				
H250	7,40 a	16,06 a	19,21 a	21,14 a	19,58 a
H251	6,10 b	13,60 b	16,62 b	19,17 b	17,00 b

** e *, significativo a 1% e 5% de probabilidade pelo teste F, respectivamente. Médias seguidas de letras iguais não diferem estatisticamente pelo teste de F, a 5% de probabilidade.

Durante o intervalo dos 30 aos 60 DAE o NF aumentou em função dos acréscimos de N no solo (Figura 4.20). Contudo, observa-se que aos 30 DAE as plantas que receberam a aplicação de 133,33 mg kg⁻¹ emitiram apenas 0,5 folha a mais que as submetidas a 33,33 mg kg⁻¹, acarretando incremento de apenas 3,44% da menor para a maior dose testada com a planta alcançando máxima produção de 15,085 folhas por planta (Figura 4.20a); já aos 45 DAE, observam-se ganhos mais expressivos de NF (0,0348 folhas mg⁻¹) com os acréscimos de N ao solo, tendo a planta emitindo uma folha a mais para cada incremento de 28,7356 mg de N ao solo (Figura 4.20b); já aos 60 DAE a planta atingiu ganhos de 0,0174 folhas para cada miligrama de N adicionado ao solo, 50% menos que aos 45 DAE sob as mesmas

condições, até a aplicação de 133,33 mg kg⁻¹, alcançando emissão máxima de 21,03 folhas por planta (Figura 4.20c).

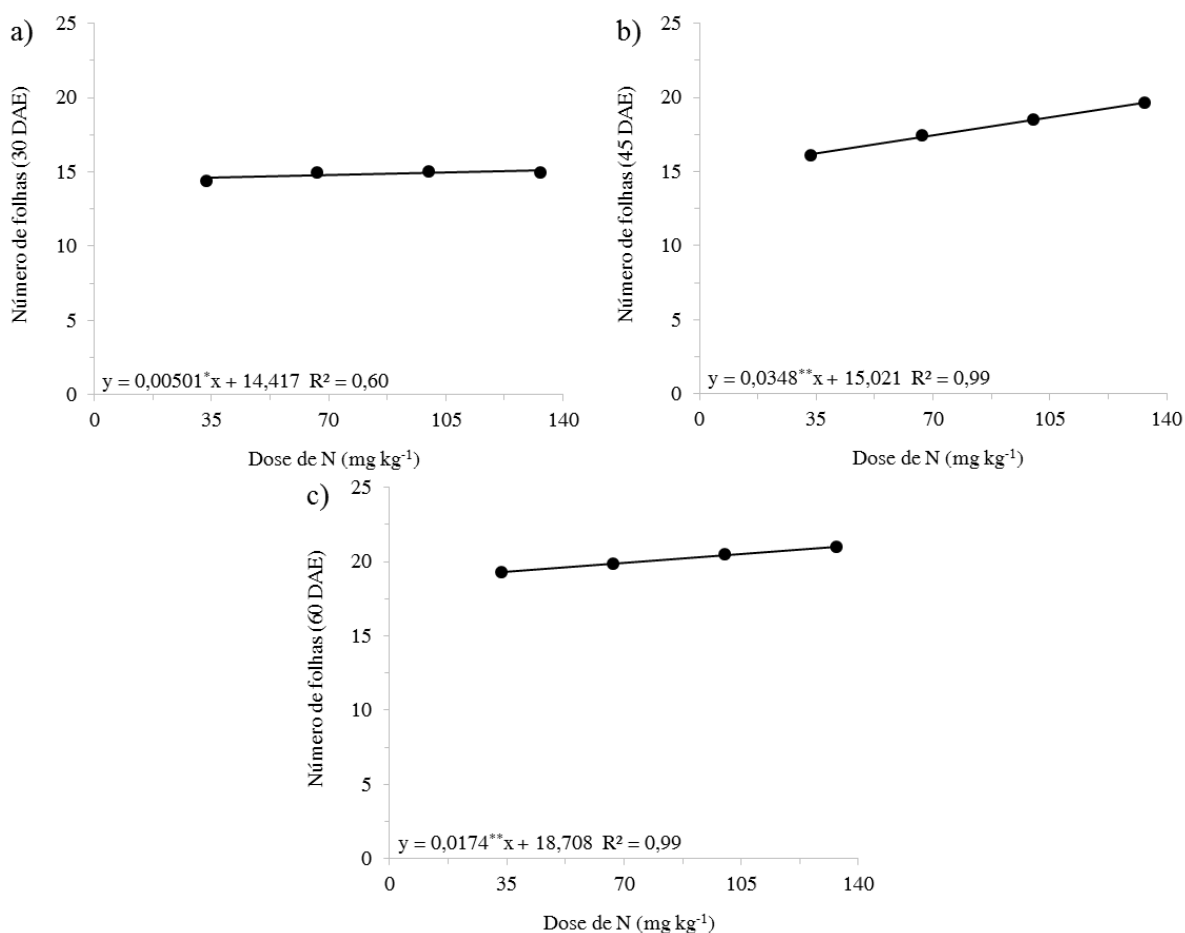


Figura 4.20 – Número de folhas por planta do girassol (NF): aos 30 (a), 45 (b) e 60 dias após a emergência das plântulas (c) em função de doses de nitrogênio em condições de casa de vegetação. Campina Grande, PB.

Os incrementos de B ao solo influenciaram de modo linear e negativo a emissão de folhas por planta aos 45 DAE evidenciando reduções na ordem de 0,55 folhas para cada unidade do nutriente acrescida ao solo, resultando em perda de 10,44% da menor (33,33 mg kg⁻¹) para a maior dose testada (133,33 mg kg⁻¹) (Figuras 4.21a). Diferentemente, aos 60 DAE a resposta da cultura aos incrementos de B ao solo ajustou-se a um modelo quadrático ($R^2 = 0,99^*$) sendo que o máximo NF (19,93 folhas) foi obtido com a aplicação de 1,475 mg de B kg⁻¹ (Figuras 4.21b).

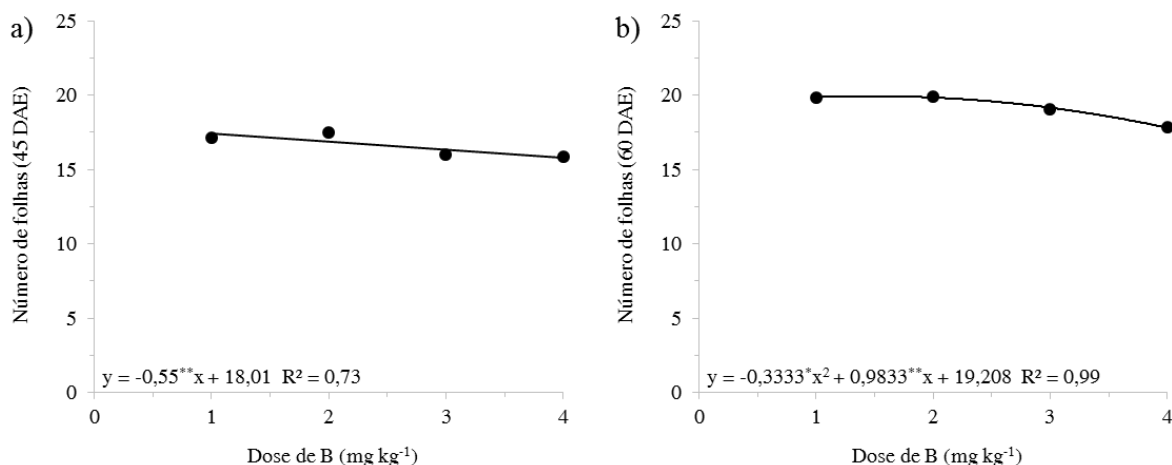


Figura 4.21 – Número de folhas por planta (NF): aos 45 (a) e aos 60 dias após a emergência das plântulas em função de doses de boro em condições de casa de vegetação. Campina Grande, PB.

Os resultados obtidos estão de acordo com os encontrados por Fagundes et al. (2007) que constataram maior NF com a aplicação de 100 mg de N dm⁻³ e em desacordo aos resultados apresentados por Campos et al. (2015) e Nobre et al. (2010) que não constataram efeito significativo do N sobre o NF do girassol cv. Embrapa 122 entre os 26 e os 60 dias após a semeadura. De modo semelhante, Freitas et al. (2012) não evidenciaram efeito do N sobre o cv. Multissol em condições de semiárido; já Guedes Filho et al. (2013) verificaram efeito significativo do N sobre o NF apenas a partir dos 60 dias após a semeadura. Quanto à influência do B sobre o diâmetro caulinar, Euba Neto et al. (2014) não obtiveram efeito do B sobre o NF dos 12 aos 50 dias após a emergência das plântulas de girassol. Santos Junior et al. (2011) também não evidenciaram influência sobre a mesma variável, ao final do ciclo da cultura.

4.2.1.4. Área foliar (AF)

A análise de variância revelou que a área foliar por planta (AF) dos cultivares de girassol estudados, diferiu estatisticamente ($p < 0,01$) pelo teste F aos 15, 30 e 45 DAE tendo o cv. H250 superado o cv. H251 em 16,92, 13,38 e 10,62%, respectivamente não diferindo ($p > 0,05$) a partir dos 60 DAE até o final do ciclo da cultura (Tabela 4.12). Em relação às adubações, houve efeito significativo ($p < 0,05$) do N sobre a AF entre os 30 e 75 DAE e do B ($p < 0,05$) entre os 15 e 60 DAE. Ressalta-se que houve efeito significativo ($p < 0,01$) da interação entre cultivares e dosagens de B aos 45 DAE; no entanto, não foi evidenciada interação tripla significativa ($p < 0,05$) entre os fatores estudados (C x N x B).

Tabela 4.12. Resumo da análise de variância para área foliar (AF) aos 15, 30, 45, 60 e aos 75 dias após a emergência de girassóis sob adubações nitrogenada e boratada em condições de ambiente protegido. Campina Grande, PB.

FV	GL	Área Foliar (cm ²)				
		-----Quadrado Médio-----				
		15	30	45	60	75
Bloco	2	11.934,77*	2.668,49	18.198,69	14.111,07	181.306,435
Cultivar (C)	1	55.276,80**	699.904,26**	875.549,73**	17.487,90	605.345,61
Nitrogênio (N)	3	2.721,69	261.235,39**	2.962.875,27**	4.562.590,07*	3.127.998,48**
Linear	1	6.820,91	701.907,43**	8.884.986,72**	12.596.483,84**	8.606.344,81**
Quadrática	1	895,02	64.894,83**	2.955,52	1.033.543,07**	709.109,84
Boro (B)	3	12.619,10**	37.871,07**	93.206,84**	273.422,02**	107.205,75
Linear	1	35.397,67**	75.260,22**	50.118,26*	273.469,04	698.80,48
Quadrática	1	2.227,23	35.905,87**	15.530,86	465.944,60*	114.650,73
C x N	3	4.491,11	9.308,21	35.900,24	84,99	160.195,53
C x B	3	570,11	8.023,96	279.449,40**	43.119,35	63.497,81
N x B	9	4.097,15	4.643,81	17.071,94	41.449,11	109.428,29
C x N x B	9	2.833,38	4.754,76	39.160,09	15.696,23	100.161,89
Erro	62	2.789,155	4.803,13	19.963,18	91.489,74	204.350,23
CV (%)		20,34	5,82	8,30	11,99	18,76

Teste de médias					
H250	283,68 a	1.276,33 a	1.798,51 a	2.535,92 a	2.488,71 a
H251	235,69 b	1.105,56 b	1.607,52 b	2.508,93 a	2.329,89 a

** e *, significativo a 1% e 5% de probabilidade pelo teste F, respectivamente. Médias seguidas de letras iguais não diferem estatisticamente pelo teste de F, a 5% de probabilidade.

Verificou-se, aos 30 DAE que a área foliar da planta aumentou em função dos acréscimos de N ao solo até a aplicação de 132,35 mg kg⁻¹, quantidade necessária para expressar a máxima área foliar do girassol (1.279,64 cm²) (Figura 4.22a); já aos 45 DAE a AF aumentou concomitantemente aos incrementos de N ao solo, com ganhos de 8,163 cm² g⁻¹ de N adicionado alcançando 2.111,21 cm² com a aplicação de 133,33 mg kg⁻¹ (Figura 4.22b) porém, aos 60 DAE a cultura apresentou comportamento semelhante ao observado aos 30 DAE; contudo, a máxima área foliar da planta (2.904,7 cm²) só seria obtida com a aplicação de 135,35 mg kg, valor acima do estudado até o final das avaliações (Figura 4.22c); aos 75 DAE o comportamento da AF foi semelhante ao que ocorreu aos 45 DAE tendo a variável se ajustado linearmente e positivamente aos incrementos de N ao solo, com ganhos de 8,0342 cm² mg⁻¹ de N até máxima área foliar de 2.811 cm² por planta (Figura 4.22d).

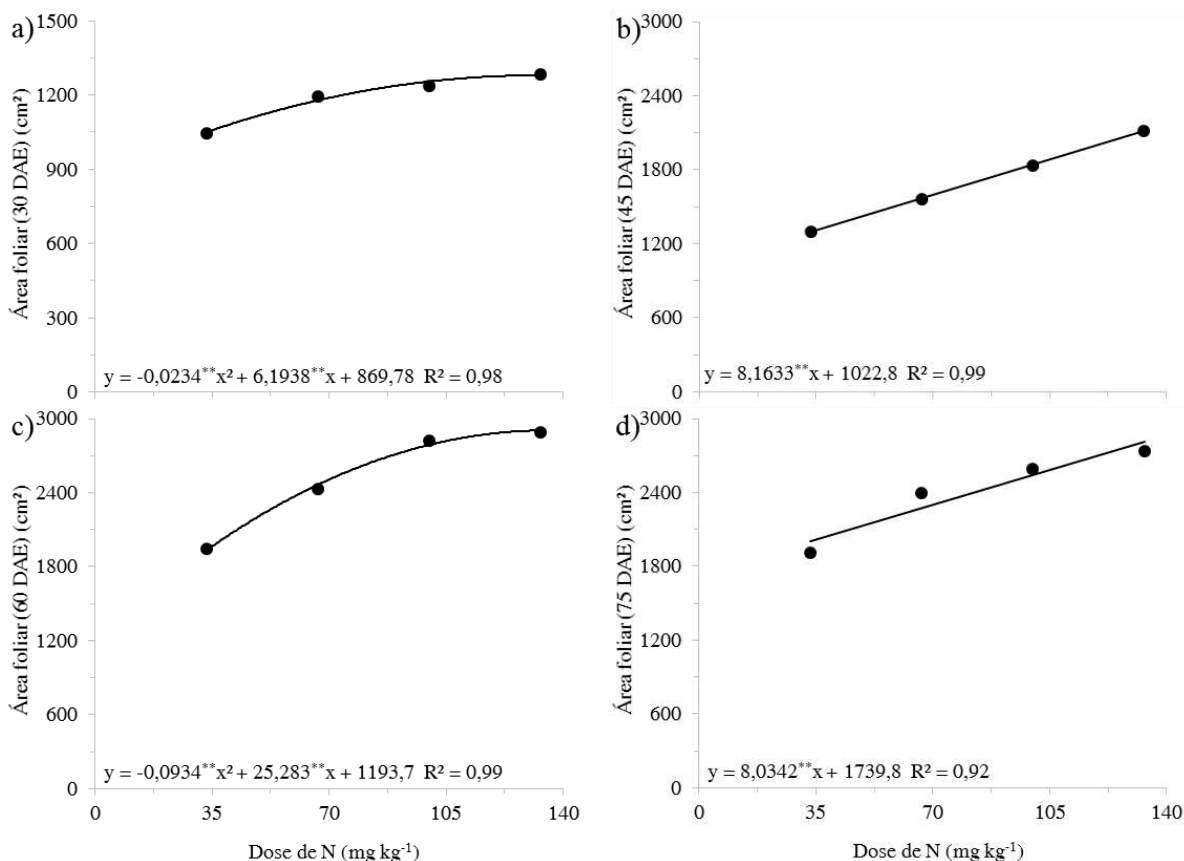


Figura 4.22 – Área foliar do girassol (AF): aos 30 (a), 45 (b), 60 (c) e 75 dias após a emergência das plântulas (d) em função de doses de nitrogênio em condições de casa de vegetação. Campina Grande, PB.

Aos 15 DAE a AF do girassol reduziu linearmente à medida que se incrementava B ao solo, evidenciando-se queda de 261,31 cm² para 210,08 cm², da menor para a maior dose testada constatando, de modo respectivo, redução de 19,6% da AF (Figura 4.23a). Diferentemente, aos 30 DAE a AF se ajustou a um modelo quadrático em função dos acréscimos de B ao solo, com máxima AF de 1.128,23 cm² proporcionada pela aplicação de 2,16 mg kg⁻¹ (Figura 4.23b). Este resultado ao ser comparado com o obtido pela concentração de 4 mg de B kg⁻¹, evidenciou acréscimo de 5,23% da AF da planta enquanto a redução da quantidade de B utilizado foi de 45,95%.

A interação entre cultivares de girassol e doses de B exerceu efeito significativo ($p < 0,01$) e linear sobre a AF da planta aos 45 DAE (Figura 4.23c); no entanto, enquanto o cv. H250 evidenciou quedas de AF (61,293 cm² mg⁻¹) com os acréscimos de B ao solo, o cv. H251 constatou ganhos na ordem de 102,16 cm² mg⁻¹ de B aplicado. Este comportamento revela que o cv. H251 mostrou-se mais tolerante a níveis mais elevados de B no solo que o cv. H250 já que tanto aos 15 quanto aos 30 DAE as plantas reduziram a AF com os incrementos do nutriente ao solo.

Verifica-se, na Figura 4.23d, que a AF a exemplo do que ocorreu aos 30 DAE (Figura 4.23b) foi influenciada significativa ($p < 0,05$) e positivamente pelas doses crescentes de B até a concentração de $1,89 \text{ mg kg}^{-1}$ que proporcionou crescimento de $2.582,80 \text{ cm}^2$ de AF superando em $8,52\%$ a AF obtida com a aplicação de 4 mg de B kg^{-1} .

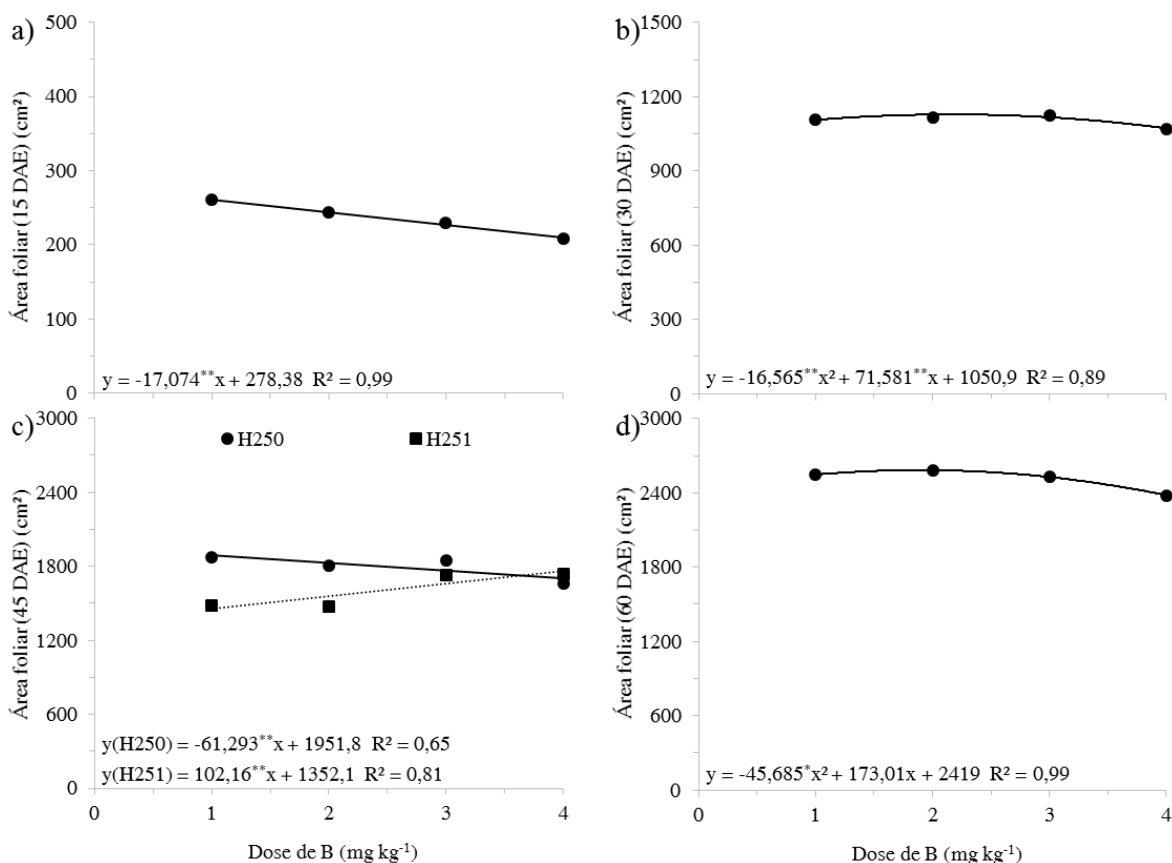


Figura 4.23 – Área foliar do girassol (AF): aos 15 (a), 30 (b), 45 (c) e 60 (d) dias após a emergência das plântulas em função de doses de boro em condições de casa de vegetação. Campina Grande, PB.

Guedes Filho et al. (2013) observaram, ao aplicar doses crescentes de N até 100 kg ha^{-1} , que a área foliar do girassol cv. Embrapa 122 evidenciou ganhos lineares aos incrementos de N dos 15 aos 60 dias após a emergência de plântulas; nas mesmas condições de adubação e para mesma cultivar estudada, Campos et al. (2015) não observaram efeito do N sobre a área foliar da planta aos 40 e aos 60 dias após a semeadura. Fagundes et al. (2007) ressaltam que a fonte de N tem influência sobre a área foliar do girassol e que a aplicação de $100 \text{ mg de N dm}^{-3}$, utilizando a fertirrigação, favorece o desenvolvimento precoce e retarda a senescência das folhas.

4.2.2. Estádios fenológicos da cultura

Os tratamentos nitrogenados e boratados, tanto isoladamente quanto em interação (N x B) não influenciaram significativamente ($p < 0,05$) as durações dos estádios fenológicos da cultura do girassol (Tabela 4.13); no entanto, foi constatada diferença significativa ($p < 0,01$) entre os cultivares H250 e H251 durante o desenvolvimento vegetativo da cultura, entre a emergência das plântulas (EP) e a emissão da inflorescência (R1), tendo o cv. H250 apresentado redução de 2,75 dias entre essas fases com relação ao cv. H251; contudo, a duração entre as fases de desenvolvimento reprodutivo dos cultivares, estádios R1 e maturação fisiológica completa das sementes (R9), não diferiu estatisticamente pelo teste F a 5% de probabilidade, diferente da duração do ciclo total da cultura já que na época da colheita do capítulo o cv. H250 revelou precocidade no ciclo de cultivo de 3,85 dias em relação ao cv. H251; a interação entre os fatores quantitativos (N e B) e qualitativo (C) não influenciou significativamente durações das fases vegetativa e reprodutivas do girassol.

Tabela 4.13. Resumo da análise de variância para a duração entre a emergência de plântulas (EM) e a emissão da inflorescência (R1), abertura da inflorescência (R4), senescência das flores tubulares e líguladas (R6), maturação fisiológica das sementes (R9) e ciclo total (CT) de girassóis sob adubações nitrogenada e boratada em condições de ambiente protegido. Campina Grande, PB.

FV	GL	Estádios fenológicos do girassol (dias)				
		-----Quadrado Médio-----				
		EMP – R1	R1 – R4	R4 – R6	R6 – R9	CT
Bloco	2	2,7917	39,5937	37,7812	0,4479	5,0937
Cultivar (C)	1	181,5000**	0,0937	19,2604	0,5104	356,5104**
Nitrogênio (N)	3	0,3611	27,0937	9,8437	2,3437	9,5937
Linear	1	0,0333	60,9183	18,0183	3,1689	26,6031
Quadrática	1	0,0416	4,5942	3,7604	2,3430	1,2598
Boro (B)	3	1,0278	48,0382	31,0937	0,6493	4,0937
Linear	1	0,2083	94,5187	51,3520	0,0187	9,9187
Quadrática	1	2,0416	49,5937	38,7604	1,7604	0,8437
C x N	3	0,1944	24,6215	30,0937	1,6771	0,8437
C x B	3	0,5278	14,4549	15,6771	2,2604	8,6771
N x B	9	0,6667	32,1956	14,4826	0,3900	6,4271
C x N x B	9	0,2222	43,2789	26,9178	0,7234	6,2326
Erro	62	0,6196	28,7658	22,9533	1,2866	5,7927
CV (%)		2,42	21,59	32,28	4,83	2,51

	Teste de médias				
H250	31,17 b	24,81 a	14,40 a	23,42 a	93,79 b
H251	33,92 a	24,87 a	15,29 a	23,56 a	97,64 a

** e *, significativo a 1% e 5% de probabilidade pelo teste F, respectivamente. Médias seguidas de letras iguais não diferem estatisticamente pelo teste de F, a 5% de probabilidade.

4.2.3. Partição de fitomassa seca

Ao final do ciclo, entre os cultivares de girassol H250 e H251 não houve diferença significativa ($p > 0,05$) para a fitomassa seca das folhas (FSF) diferentemente da fitomassa seca das raízes (FSR), do caule (FSC), do capítulo sem aquênios (FSCp) e total (FST) cujos cultivares diferiram estatisticamente entre si pelo teste F a 5% de probabilidade ($p < 0,05$) (Tabela 4.14). Os máximos valores foram evidenciados pelo cv. H251, o qual sobrepujou em 9,21% o acúmulo de FST obtido pelo cv. H250; de modo isolado, as doses de N entre 33,33 e 133,33 mg kg⁻¹ exerceram influência significativa ($p < 0,01$) sobre a fitomassa seca dos diversos órgãos analisados, diferentemente das concentrações de boro no solo (1 a 4 mg kg⁻¹), que influenciaram apenas a FSC e a FST do girassol. Ressalta-se que não ocorreu efeito significativo das interações entre os tratamentos quantitativos (N e B) nem desses com o qualitativo (cultivares). É necessário destacar que o solo utilizado nesse ensaio possuía concentração de B na razão de 1,71 mg dm⁻³ de solo antes da semeadura.

Tabela 4.14. Resumo da análise de variância para Fitomassa seca das raízes (FSR), do caule (FSC), das folhas (FSF), do capítulo sem aquênios (FSCp) e total (FST) de girassóis sob adubações nitrogenada e boratada em condições de ambiente protegido. Campina Grande, PB.

FV	GL	Fitomassa seca (g)				
		-----Quadrado Médio-----				
		FSR	FSC	FSF	FSCp	FST
Bloco	2	1,3228	0,3472	0,2946	0,3443	2,1065
Cultivar (C)	1	14,4615**	47,3204**	2,9540	46,6070**	249,0670**
Nitrogênio (N)	3	14,5195**	40,7146**	65,0071**	39,9023**	304,4103**
Linear	1	33,2034**	112,2151**	181,7250**	110,8931**	832,2848**
Quadrática	1	3,4499	9,9285**	11,0226**	7,8559*	54,9128*
Boro (B)	3	3,9899	1,6526*	1,7229	1,5364	28,6827*
Linear	1	0,1228	2,4538*	0,0464	0,1316	1,8068
Quadrática	1	5,8707	2,4512*	3,6192	3,4922	60,2775*
C x N	3	0,2846	1,1806	2,3758	2,3426	11,1382
C x B	3	3,5527	1,5341	1,0010	1,6014	27,1244
N x B	9	3,9106	0,3489	0,7750	1,3398	10,8640
C x N x B	9	1,9225	0,5680	1,1191	0,4754	8,3231
Erro	62	2,0256	0,4953	1,1248	1,4687	10,1504
CV (%)		26,71	6,66	10,02	12,00	8,71

Teste de médias					
H250	4,94 b	9,87 b	10,40 a	9,41 b	34,97 b
H251	5,71 a	11,27 a	10,75 a	10,80 a	38,19 a

** e *, significativo a 1% e 5% de probabilidade pelo teste F, respectivamente. Médias seguidas de letras iguais não diferem estatisticamente pelo teste de F, a 5% de probabilidade.

4.2.3.1. Fitomassa seca das raízes (FSR)

A FSR se ajustou a um modelo linear ($R^2 = 0,76^{**}$), reduzindo o acúmulo de fitomassa seca à medida em que se aumentaram as concentrações de N ao solo, com perdas na razão de 0,0158 g de fitomassa seca para cada miligrama de N aplicado, atingindo 4,54 g com a aplicação de 133,33 mg kg⁻¹ (Figura 4.24); contudo, a redução de FSR provocada pelas concentrações mais elevadas de N não refletiu negativamente sobre os acúmulos de fitomassa seca pelos demais órgãos do girassol (caule, folhas e capítulo) já que não se observou efeito depressivo do N sobre os mesmos (Tabela 4.14).

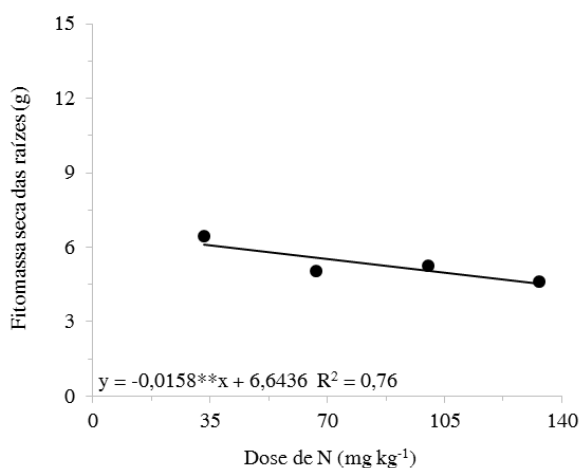


Figura 4.24 – Fitomassa seca das raízes (FSR) do girassol em função de doses de nitrogênio em condições de casa de vegetação.

4.2.3.2. Fitomassa seca do caule (FSC)

A FSC se ajustou a um modelo polinomial quadrático aos acréscimos de N ao solo, com ganhos em fitomassa seca à medida que se aumentaram as quantidades de N ao solo até a concentração de 133,65 mg kg⁻¹, dose responsável por estimar sua máxima produção (11,71 g), sendo superior ao maior teor de N estudado (133,33 mg kg⁻¹) (Figura 4.25a). Ressalta-se que os ganhos em fitomassa seca entre as aplicações de 100 e 133,33 mg kg⁻¹ foram pouco expressivos (0,0098 g mg⁻¹ de N) em relação aos obtidos entre as concentrações de 33,33 e 100 mg kg⁻¹ (0,0387 g mg⁻¹ de N). Comportamento semelhante foi observado quando se

incrementaram maiores concentrações de B ao solo com o máximo acúmulo de FSC (11,46 g) mensurado pela aplicação de 2,054 mg kg⁻¹ (Figura 4.25b).

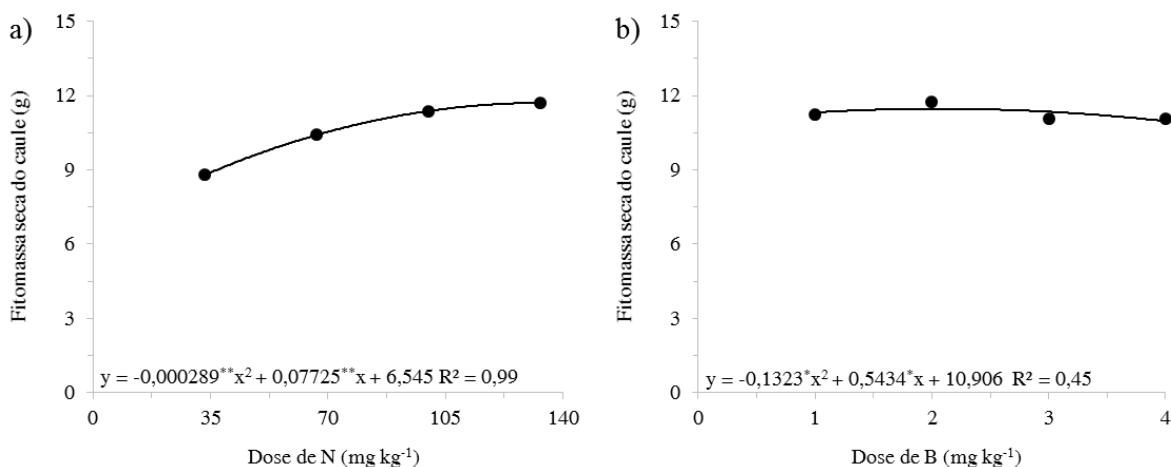


Figura 4.25 – Fitomassa seca do caule (FSC) do girassol sob doses de nitrogênio (a) e de boro (b) em condições de casa de vegetação.

4.2.3.3. Fitomassa seca das folhas (FSF)

As doses crescentes de N promoveram ganhos de FSF sempre que se aumentaram suas concentrações no solo; no entanto, a dose necessária para expressar a produção máxima de fitomassa seca desse órgão (12,12 g) era de 143,84 mg kg, revelando um incremento de 44,35% na FSF em relação ao acúmulo de massa obtido pela dose de 33,33 mg kg⁻¹ (Figura 4.26); no entanto, se comparado à máxima FSC estimada com a encontrada pela aplicação de 133,33 mg kg⁻¹ (12,09 g) o incremento foi de apenas 0,28%.

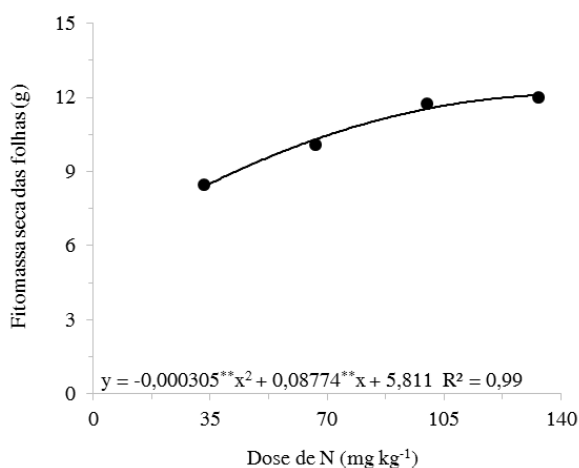


Figura 4.26 – Fitomassa seca das folhas (FSF) do girassol em função de doses de nitrogênio em condições de casa de vegetação.

4.2.3.4. Fitomassa seca do capítulo (FSCp)

Verifica-se, na Figura 4.27, que o comportamento da produção de FSF se ajustou a um modelo de natureza quadrática em função dos acréscimos da concentração de N ao solo entre 33,33 e 133,33 mg kg⁻¹; contudo, a máxima produção de FSF seria obtida com a dose de 139,59 mg kg⁻¹, correspondendo a um acúmulo de 10,82 g, sobressaindo-se em apenas 3,87% com relação à FSCp obtida pela aplicação de 100 mg kg⁻¹, para um incremento de N ao solo, de 39,6%.

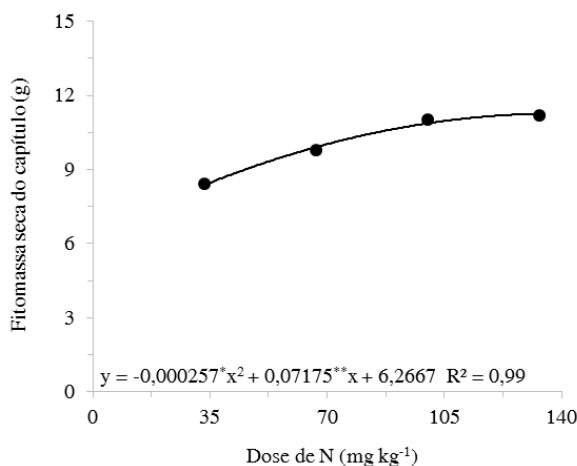


Figura 4.27 – Fitomassa seca do capítulo (FSCp) do girassol em função de doses de nitrogênio em condições de casa de vegetação.

4.2.3.5. Fitomassa seca total da planta (FST)

Na época da colheita a FST da planta (raízes + caule + folhas + capítulo) foi influenciada significativamente ($p < 0,05$) pelos aumentos crescentes de N ao solo, com produção máxima de 39,81 g de fitomassa seca obtida com a dose estimada de 141,3 mg kg⁻¹ (Figura 4.28a). Ainda é provável que a máxima produção observada supera em apenas 3,01% a FST encontrada com a aplicação de 100 mg kg⁻¹ (38,65 g), dose considerada ideal para expressar o máximo rendimento das culturas agrícolas em ambiente protegido (Novais et al., 1991). Quanto à FST sob influência do B, e a exemplo do ocorrido com os tratamentos nitrogenados, o maior acúmulo (37,57 g) foi obtido ao se aplicar 2,42 mg kg⁻¹, contabilizando incremento de 4,45% na FST quando comparado à obtida pela dose de 33,33 mg kg⁻¹ e 5,54% pela quantidade de 133,33 mg kg⁻¹ (Figura 4.28b).

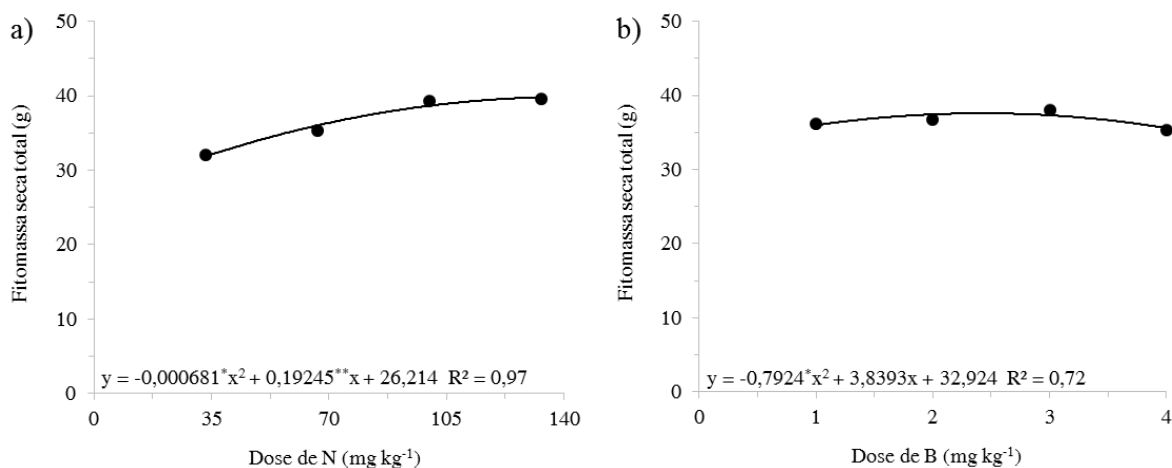


Figura 4.28 – Fitomassa seca do total (FST) do girassol em função de doses de nitrogênio (a) e boro (b) em condições de casa de vegetação.

Nobre et al. (2010) não encontraram efeito significativo ($p > 0,05$) do N sobre a fitomassa seca da parte aérea da planta até os 26 dias após a semeadura do girassol que foi submetido a concentrações que variavam de 50 a 125 mg kg⁻¹. De modo semelhante, Oliveira et al. (2012) não evidenciaram influência das doses de N entre 0 e 100 kg ha⁻¹ para o cv. Embrapa 122, conduzida em casa de vegetação. Os acúmulos de fitomassa seca das raízes e das folhas do girassol encontrados por Euba Neto et al. (2014) para o cv. Helio 863, sob aplicação de 50 mg de N kg⁻¹, para classe de solo semelhante, se encontram de acordo com os obtidos nesse estudo e acima dos evidenciados para fitomassas secas do caule, capítulo e total da planta.

Santos Junior et al. (2011) não encontraram efeito das doses de B variando entre 1 e 4 mg L⁻¹ sobre os acúmulos de fitomassa seca do girassol cv. Embrapa 122. Segundo Euba Neto et al. (2014) e Marchetti et al (2001) aplicações de B até 2,0 mg kg⁻¹ de solo não exercem efeito significativo sobre o acúmulo de fitomassas seca nos diferentes órgãos da planta; pelo fato desse nutriente não exercer efeito significativo sobre as concentrações de B nos tecidos vegetais dos diversos órgãos da planta, entendendo que a planta absorve apenas a quantidade de B necessária ao crescimento e desenvolvimento da cultura mas, de acordo com Marchetti et al (2001), níveis superiores a 2 mg de B kg⁻¹ influenciam a concentração desses elementos nos tecidos vegetais do girassol.

4.2.4. Características produtivas

Os cultivares de girassol H250 e H251 diferiram estatisticamente ($p < 0,01$) pelo teste F, a 5% de probabilidade, quanto à massa de 250 aquênios (M250), massa de aquênios por

planta (MAQ), teor de óleo (TO) e rendimento de óleo por planta (RO) (Tabela 4.15). Quanto a M250, o cv. H250 superou em 0,62 g a obtida pelo cv. H251. De modo semelhante, o cv. H250 se sobressaiu ao cv. H251 tanto para TO quanto para RO, superando-o em 19,44 e 13,67%, respectivamente. Diferentemente, a maior MAQ foi obtida pelo cv. H251, que alcançou produção de 28,58 g enquanto o cv. H250 obteve 26,65 g; com relação à interação entre cultivares x nitrogênio e boro, todas as características produtivas do girassol foram influenciadas significativamente ($p < 0,01$) com exceção da M250, que sofreu efeito ($p < 0,05$) apenas da interação entre C e N.

Tabela 4.15. Resumo da análise de variância para massa de 250 aquênios (M250), massa de aquênios por planta (MAQ), teor de óleo por aquênio (TO) e rendimento de óleo por planta (RO) de girassóis sob adubações nitrogenada e boratada em condições de ambiente protegido. Campina Grande, PB.

FV	GL	-----Quadrado Médio-----			
		M250 (g)	MAQ (g)	TO (%)	RO (g)
Bloco	2	0,770	4,026	0,174	0,705
Cultivar (C)	1	8,967**	89,591**	1.595,770**	54,964**
Nitrogênio (N)	3	0,121	434,201**	160,832**	25,839**
Linear	1	0,272	1.112,393**	452,424	50,328**
Quadrática	1	0,019	181,927**	13,946	24,154**
Boro (B)	3	1,387	15,878**	1,293**	2,672**
Linear	1	0,812	40,136**	1,387*	7,655**
Quadrática	1	0,360	2,059	2,407**	0,037
C x N	3	2,930*	22,001**	13,347**	8,392**
C x B	3	1,030	12,240*	14,576**	3,396**
N x B	9	1,118	5,997	13,491**	2,694**
C x N x B	9	0,828	9,676**	3,076**	1,695**
Erro	62	0,879	3,487	0,240	0,533
CV (%)		9,74	6,76	1,29	7,05

Teste de Médias				
H250	9,94 a	26,65 b	41,98 a	11,12 a
H251	9,32 b	28,58 a	33,82 b	9,60 b

** e *, significativo a 1% e 5% de probabilidade pelo teste F, respectivamente. Médias seguidas de letras iguais não diferem estatisticamente pelo teste de F, a 5% de probabilidade.

4.2.4.1. Massa de 250 aquênios (M250)

A M250 do cv. H250 foi influenciada significativamente ($p < 0,05$) e de modo quadrático, pelos aumentos das concentrações de N ao solo alcançando massa de 10,26 g de aquênios com a aplicação de 80,09 mg de N kg^{-1} de solo, dose responsável para expressar o máximo rendimento do cultivar para esta variável (Figura 4.29); diferentemente do que foi

evidenciado pelo cv. H251, que manteve M250 média de 9,32 g, independentemente da dosagem de N aplicada ao solo. Aquino et al. (2013) não observaram efeito significativo de N sobre a M250 com aplicações de 0 a 200 kg ha⁻¹ e constataram valores médios de 8,525 g para o cv. H250 e 8,475 g para o cv. H251, próximos dos resultados obtidos neste estudo.

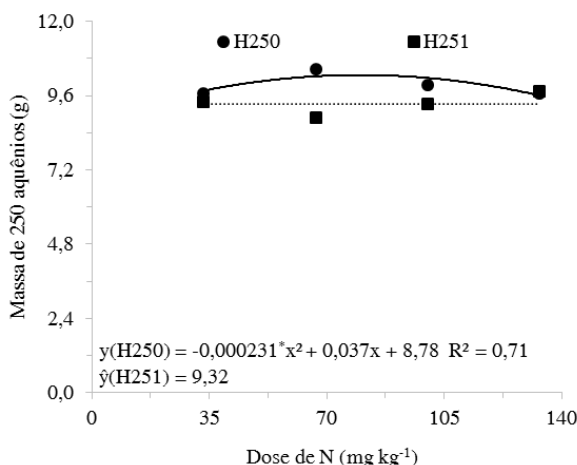


Figura 4.29 – Massa de 250 aquênios do girassol (M250) em função de doses de nitrogênio em condições de casa de vegetação. Campina Grande, PB.

4.2.4.2. Massa de aquênios por planta (MAQ)

O desdobramento de N dentro de B para o cv. H250 evidenciou comportamento quadrático para a MAQ à medida que se incrementavam maiores quantidades de N ao solo, com exceção das plantas que receberam a maior dose de B (4 mg kg⁻¹) (Figura 4.30). Nessas plantas foram constatados acréscimos lineares aos incrementos desse nutriente até a obtenção de 28,7 g de aquênios por planta. Com relação às aplicações de 1, 2 e 3 mg de B kg⁻¹ de solo, observou-se que os máximos rendimentos foram obtidos com aplicações de aproximadamente 110 mg de N kg⁻¹ as quais proporcionaram rendimentos de 30,38, 31,22 e 31,53 g de aquênios por planta, respectivamente; já para o cv. H251, com a aplicação de 133,33 mg de N kg⁻¹ de solo constataram-se ganhos de MAQ de ordem linear apenas pelas plantas que foram fertilizadas com 1 e 3 mg de B kg⁻¹ de solo, as quais foram responsáveis pela produção de 34,94 e 32,33 g de aquênios por planta, respectivamente (Figura 4.30b); diferentemente do que foi observado pelas plantas submetidas às adubações com 2 e 4 mg de B kg⁻¹, as quais expressaram seus máximos rendimentos, 33,27 e 30,63 g, quando receberam 136,77 e 100 mg de B kg⁻¹, respectivamente.

Ao se desdobrar os níveis de B em N nos diferentes cultivares de girassol observou-se comportamento comum entre os cultivares quanto à MAQ em função dos acréscimos de B ao solo, com ambos os tratamentos boratados evidenciando efeito significativo ($p < 0,05$) apenas quando interagidos com as dosagens 66,67 e 133,33 mg de N kg^{-1} de solo. Para esses níveis de N o cv. H250 expressou seu máximo rendimento de aquênios quando recebeu, de modo respectivo, 2,07 e 2,30 mg de B kg^{-1} de solo, constando rendimentos de 29,57 e 30,86 g de aquênios por planta (Figuras 4.30c); já o cv. H251, ao ser fertilizado com 133,33 mg de N kg^{-1} de solo, precisou de apenas 1 mg de B kg^{-1} para expressar a máxima MAQ (34,97 g) constatando-se reduções lineares na ordem de 1,97 g de aquênios para cada miligrama de B kg^{-1} adicionado (Figura 4.30d).

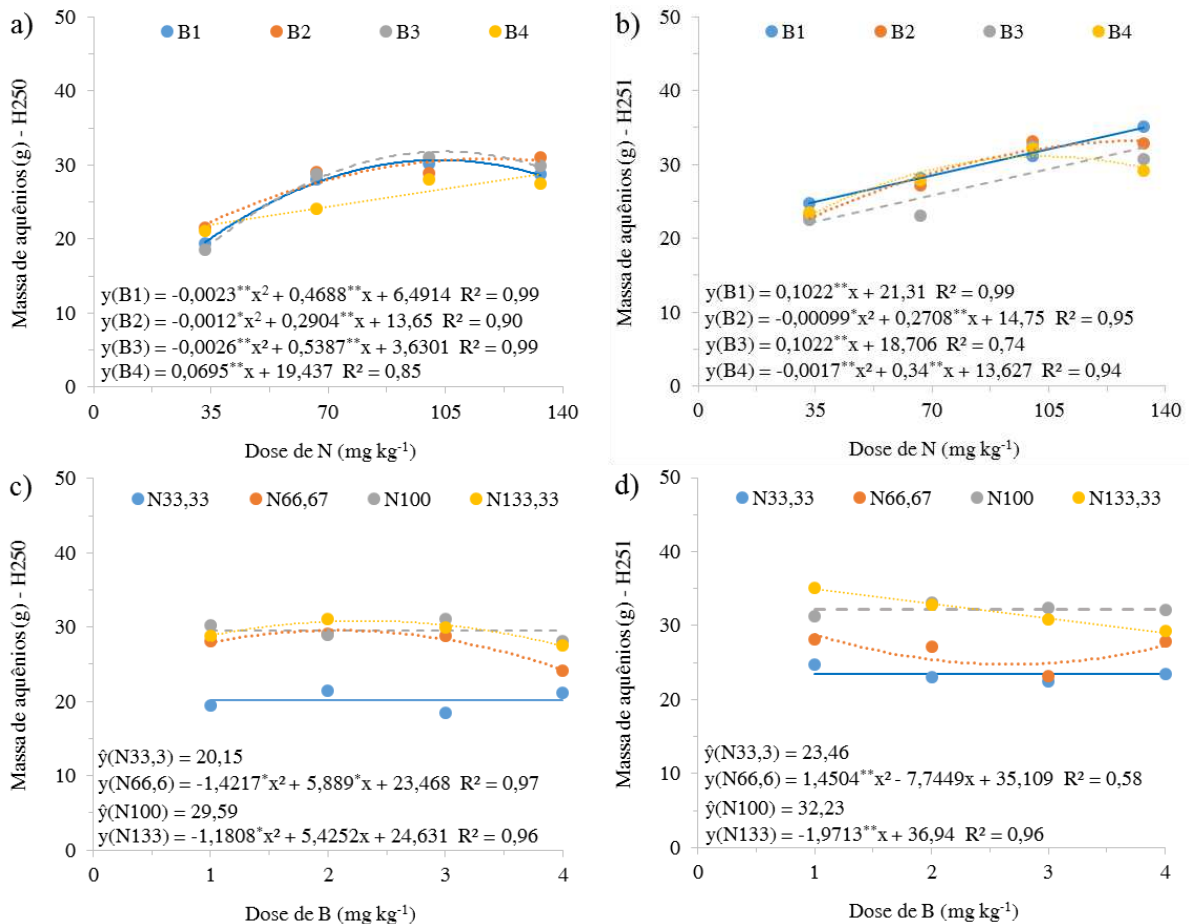


Figura 4.30 – Massa de aquênios do girassol (MAQ) em função de doses de nitrogênio, H250 (a) e H251 (b), e de boro, H250 (c) e H251 (d) sob condições de casa de vegetação. Campina Grande, PB.

Zobiolo et al. (2010b) encontraram resultados que superaram os evidenciados neste estudo e ressaltam que a cultura do girassol precisa extrair, do solo, aproximadamente 150kg de N ha^{-1} de N para obter produtividades superiores a 3.000 kg ha^{-1} , enquanto Aquino et. al. (2013), diferente do que foi evidenciado neste estudo, não encontraram resposta significativa

do girassol aos acréscimos de N até 200 kg ha⁻¹; em relação ao boro, Castro et al. (2006) enfatizam que a melhor dose para obtenção da maior produção de aquênios por planta é de 0,5 mg dm⁻³. Segundo Foloni et al. (2010) a obtenção de produções elevadas de aquênios em função do B, está associada às aplicações que variam entre 2 e 3 kg ha⁻¹.

4.2.4.3. Teor de óleo (TO)

Desdobrando o N em B para o cv. H250 observou-se que o teor de óleo (TO) nos aquênios das plantas que receberam 1 mg de B kg⁻¹ de solo, foi maior (43,85%) quando interagido com 59,14 mg de N kg⁻¹, diferentemente das plantas submetidas aos demais tratamentos boratados (2 a 4 mg de B kg⁻¹) as quais evidenciaram os máximos percentuais de TO quando receberam 33,33 mg de N kg⁻¹ (Figura 4.31a). Este comportamento está de acordo com os encontrados para o cv. H251, que expressou seus máximos teores de óleo, dentre os tratamentos boratados, com a aplicação de 33,33 mg de B kg⁻¹, resultando em rendimentos que variaram de 36,7 a 38,9% de óleo nos aquênios das plantas submetidas às concentrações de 1 e 4 mg de B kg⁻¹, respectivamente (Figura 4.31b).

O desdobramento de B em N para o cv. H250, revelou ajustes quadráticos para o TO dos aquênios das plantas submetidas às adubações nitrogenadas entre 33,33 e 100 mg kg⁻¹ de solo com os incrementos de B ao solo, evidenciando máximos rendimentos com aplicações de concentrações inferiores a 4 mg kg⁻¹ (Figura 4.31c). O mesmo não foi observado ao se aplicar 133,33 mg de N kg⁻¹ já que o TO aumentou linearmente (0,6% mg⁻¹ de B) com as doses crescentes de B. Com relação ao cv. H251, o TO tendeu a aumentar de 36,49% para 38,7% com a aplicação de 33,33 mg de N kg⁻¹ de solo em interação com a concentração mais elevada de B no solo diferentemente do que foi observado com a aplicação dos demais tratamentos nitrogenados, 66,67; 100 e 133,33 mg de N kg⁻¹, que evidenciaram maiores TO, dentre os tratamentos boratados testados, com a adição de 1 mg de B kg⁻¹ de solo (Figura 4.31d).

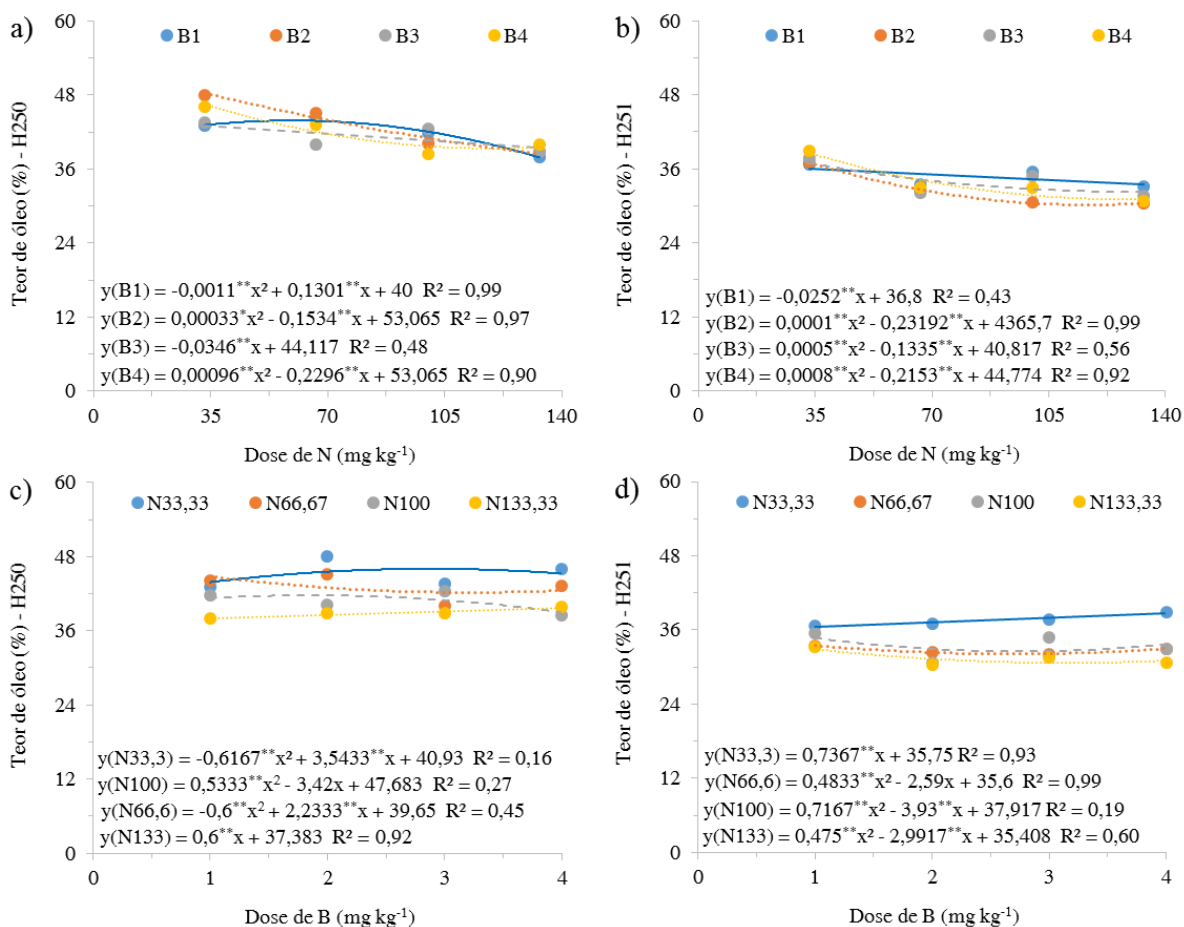


Figura 4.31 – Teor de óleo dos aquênios (TO) em função de doses de nitrogênio, H250 (a) e H251 (b), e de boro, H250 (c) e H251 (d) sob condições de casa de vegetação. Campina Grande, PB.

Carvalho e Pissaiá (2002) não obtiveram efeito da adubação nitrogenada de até 125 kg ha⁻¹ em interação com 1 kg de B ha⁻¹ sobre o teor de óleo nos aquênios de girassol, mantendo teor médio de 41,68%. De modo semelhante, Lobo et al. (2007) não evidenciaram diferença significativa do TO entre plantas que receberam 40 kg de N ha⁻¹ em relação às plantas testemunha. De acordo com Castro & Farias (2005) o teor de óleo nos aquênios do girassol deve encontrar-se entre 28 e 60%; desta forma, os resultados obtidos neste estudo, independentemente da interação entre os fertilizantes nitrogenado e boratado, se encontram dentro dos limites de teor de óleo considerados adequados para a cultura do girassol.

4.2.4.4. Rendimento de óleo (RO)

Verificaram-se, para o cv. H250 com o desdobramento de N dentro de B, respostas quadráticas de RO às doses crescentes de N em interação com os tratamentos boratados entre 1 e 3 mg kg⁻¹ e linear para a máxima dose de B testada (4 mg kg⁻¹) (Figura 4.32a). Destaca-se

que o máximo RO (12,88 g) foi encontrado pela interação entre 1 mg de B kg⁻¹ e 91,73 mg de N kg⁻¹, ficando acima do rendimento de 11,12 g de óleo obtido com as aplicações de 4 mg de B kg⁻¹ de solo e 133,33 mg de N kg⁻¹. Quanto ao cv. H251 foram constatadas, nas plantas que receberam os tratamentos boratados, 1, 2 e 3 mg de B kg⁻¹, ganhos lineares aos acréscimos de N ao solo na ordem de 0,0282; 0,0169 e 0,0229 g mg⁻¹, respectivamente enquanto as plantas submetidas à máxima dose de B evidenciaram máximo RO (9,98 g) com a aplicação de 86,32 mg de N kg⁻¹ (Figura 4.32a).

Com o desdobramento de B em N constatou-se que os tratamentos boratados entre 1 e 4 mg kg⁻¹ de solo não influenciaram significativamente ($p>0,05$) o RO dos cultivares de girassol H250 e H251 quando foram submetidos a fertilizações com 33,33 mg de N kg⁻¹ (Figuras 4.32c e 4.32d). Ressalta-se que a aplicação de 4 mg de B kg⁻¹ em interação com os diversos tratamentos nitrogenados estudados, para o cv. H250 evidenciou menor eficiência na produção de óleo pela planta já que em nenhuma das interações entre os nutrientes se constatasse máximos rendimentos com a maior quantidade de B aplicada (Figuras 4.32c); comportamento semelhante foi evidenciado pelo cv. H251, com exceção das plantas que receberam a aplicação de 66,67 mg de N kg⁻¹ de solo as quais evidenciaram mínimo RO ao se aplicar 2,67 mg de B kg⁻¹ (Figuras 4.32d).

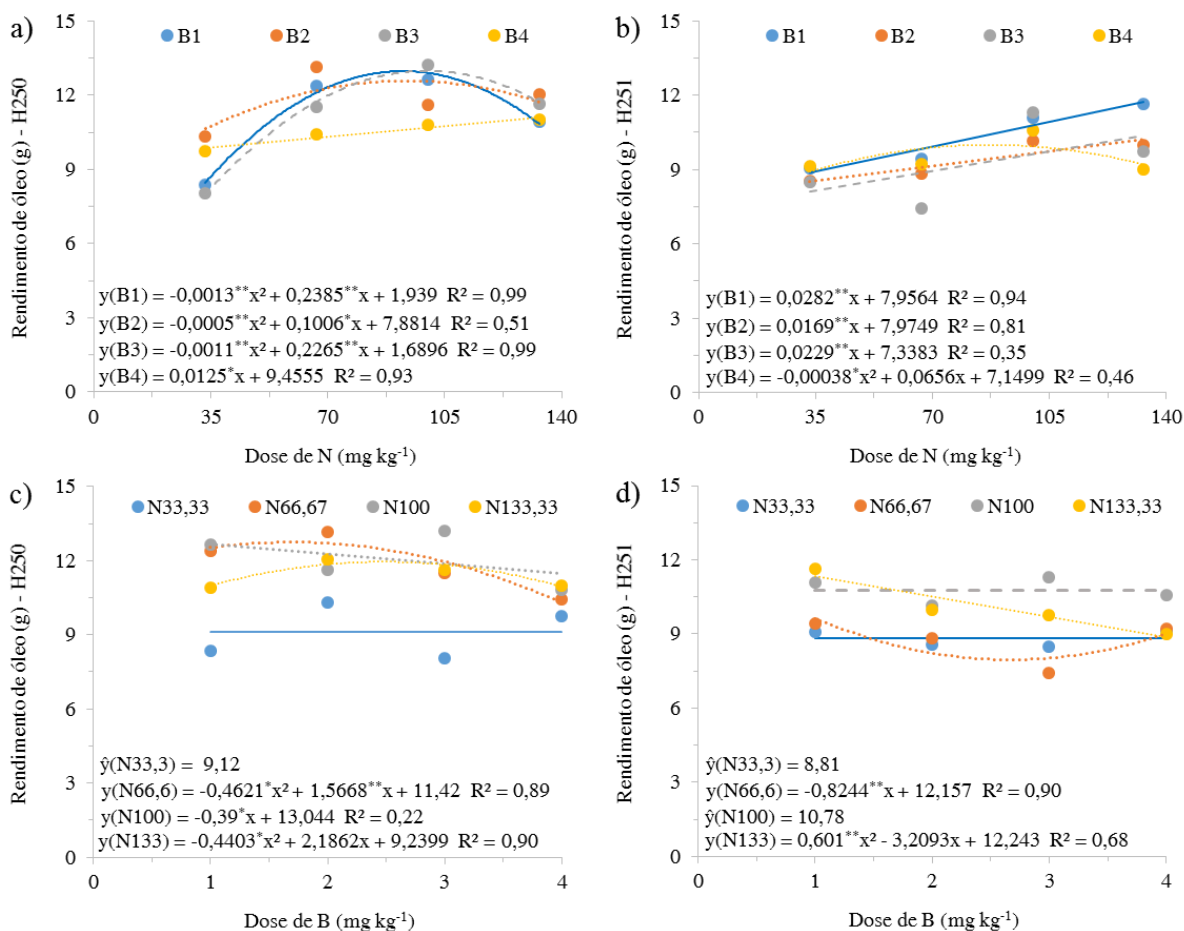


Figura 4.32 – Rendimento de óleo por planta (RO) em função de doses de nitrogênio, H250 (a) e H251 (b), e de boro, H250 (c) e H251 (d) sob condições de casa de vegetação. Campina Grande, PB.

Lobo et al. (2007) verificaram que o rendimento de óleo da cv. H251 não sofreu influência significativa ($p > 0,05$) entre as adubações com (40 kg ha^{-1}) e sem fertilizante nitrogenado (0 kg ha^{-1}). Em relação ao boro, Castro et al. (2006) enfatizam que a aplicação de $0,5 \text{ mg de B dm}^{-3}$ maximiza o rendimento de óleo para a cultura do girassol.

4.2.4.5. Eficiência de uso do nutriente

A eficiência de uso do N (EUN) para o cv. H250 variou de $20,09 \text{ g aquênios g}^{-1}$ de N com dose de $33,33 \text{ mg kg}^{-1}$ a $7,39 \text{ g de aquênios g}^{-1}$ de N na dose de $133,33 \text{ mg kg}^{-1}$ (Figura 4.33a). Esta diferença revelou acréscimo de $63,21\%$ na EUN com economia de 300% do N total aplicado da menor para a maior dosagem de N testada mas com a dose máxima de N ($133,33 \text{ mg kg}^{-1}$) obteve-se incremento de $45,61\%$ na MAQ por planta em relação à dose mínima enquanto que o cv. H251 apresentou variação de EUN de $23,11 \text{ g de aquênios g}^{-1}$ de N a $8,98 \text{ g g}^{-1}$, constatando decréscimo de $61,14\%$ na EUN, da menor para a maior dosagem

de N mas com incremento de apenas 25% na produção de aquênios por planta, evidenciando reduções menos expressivas às variações de concentrações de N no solo, em relação ao cv. H250. O comportamento da eficiência de uso do boro (EUB) sobre a MAQ por planta foi semelhante para ambos os cultivares de girassol estudados com máximos rendimentos de 877,7 g de aquênios g⁻¹ de B, cv. H250 e 984,74 g g⁻¹, cv. H251, obtidos com a aplicação de 1 mg de B kg⁻¹ evidenciando quedas, de modo respectivo, de 387,27 e 467,06% na EUB em relação às encontradas com a aplicação de 4 mg de B kg⁻¹ (Figura 4.33b).

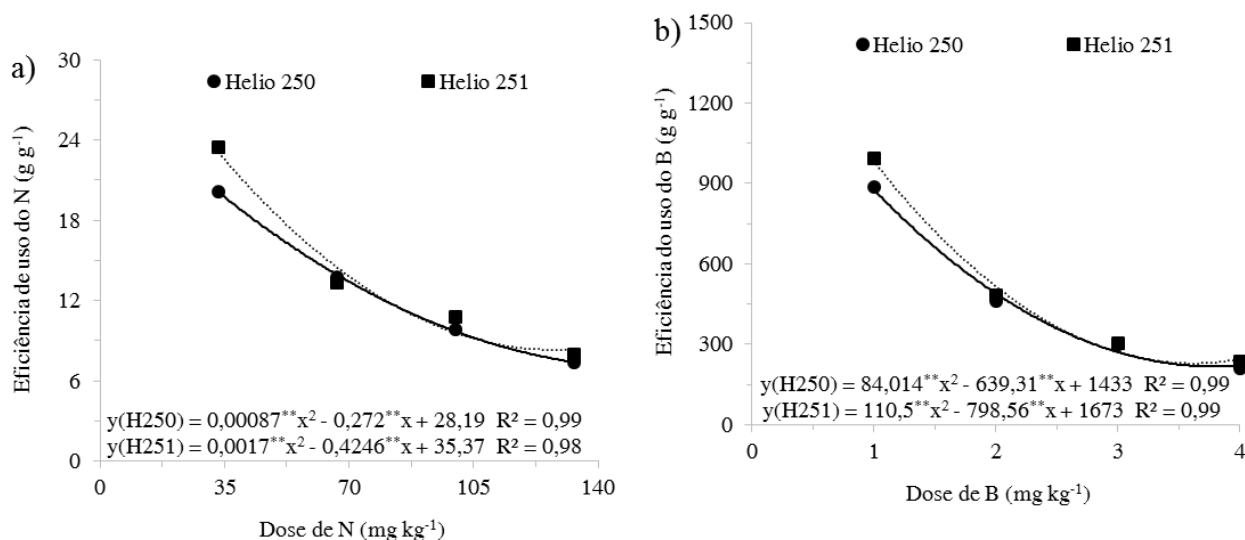


Figura 4.33 – Eficiência do uso do nitrogênio (a) e do boro (b) para massa de aquênios de girassóis sob adubação nitrogenada e boratada em condições de casa de vegetação. Campina Grande, PB.

5. CONCLUSÕES

Experimento I: Campo

O cv. H251 constatou maior crescimento vegetativo, produção de fitomassa seca total e de aquênios enquanto o cv. H250, apresentou menor ciclo de cultivo;

Os estádios fenológicos do desenvolvimento reprodutivo e a razão de área foliar do girassol não foram afetados pelo N ou B, sob condições de semiárido paraibano;

As aplicações de 120 kg de N ha⁻¹, para o cv. H250 (30,24 g) e 84,17 kg ha⁻¹, para o cv. H251 (37,34 g) maximizam a produção de aquênios;

De modo geral, a interação de adubações superiores a 90 kg de N ha⁻¹ com 1 kg de B ha⁻¹, proporcionou os maiores ganhos de crescimento e produção para a cultura do girassol.

As máximas eficiências de uso do N e do B são obtidas com aplicações de 30 kg ha⁻¹ e 1 kg ha⁻¹, respectivamente.

Experimento II: Casa de Vegetação

O crescimento do girassol é afetado negativamente pelos incrementos de B ao solo, até 4 mg kg⁻¹, enquanto o incremento de N até 133,33 mg kg⁻¹ causa ganhos neste parâmetro, com exceção da altura de planta;

Os estádios fenológicos do desenvolvimento reprodutivo do girassol não foram afetados pelo N ou B;

Incrementos de N ao solo acima de 100 mg kg⁻¹, aumentam o acúmulo de fitomassa seca da parte aérea, rendimentos de aquênios e de óleo por planta e reduzem a fitomassa seca da raiz e o teor de óleo dos aquênios;

Aplicações de 33,33 mg de N kg⁻¹ e 1 mg de B kg⁻¹ maximizam as eficiências de uso do N e do B.

Em condições de semiárido paraibano o cv. H251 é mais indicado para a produção de forragem enquanto o cv. H250 deve ser utilizado para a produção de óleo.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUIRREZÁBAL, L. A. N.; LAVAUD, Y.; DOSIO, G. A. A.; IZQUIERDO, N. G.; ANDRADE, F. H.; GONZALEZ, L.M. Intercepted solar radiation during seed filling determines sunflower weight per seed and oil concentration. **Crops Science**, v.43, p.152-161. 2003.
- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Roma: FAO (Irrigation and drainage paper, 56), p. 300, 1998.
- ALVES, G. M. R.; ALMEIDA, A. E. S.; MAGALHÃES, I. D.; COSTA, F. E.; COSTA, L. R.; SOARES, C. S. Cultivo do girassol sob diferentes espaçamentos entre linhas no semiárido paraibano. **Revista de Biologia & Farmácia e Manejo Agrícola**, v.10, n.03, 2014.
- AQUINO, L. A.; SILVA, F.D.B.; BERGER, P.G. Características agronômicas e o estado nutricional de cultivares de girassol irrigado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.5, p.551-557, 2013.
- ARNOM, D. I.; STOUT, P. R. The essentiality of certain elements in minute quantity for plants with special reference to copper. **Plant Physiology**, v.14, 371-375, 1939.
- ASAD, A.; BELL, R.W. AND DELL, B. A critical comparison of the external and internal boron requirements for contrasting species in boron-buffered solution culture. **Plant Soil**, v.233, p.31-45, 2001.
- BACKES, R.L.; SOUZA, A.M.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; GALLOTTI, G. J. M.; BAVARESCO, A. Desempenho de cultivares de girassol em duas épocas de plantio de safrinha no planalto norte catarinense. **Scientia Agraria**, v.9, n.1, p.41-48, 2008.
- BALIGAR, V. C. & FAGERIA, N. K. Nutrient Use Efficiency in Plants: An Overview. In Nutrient Use Efficiency: from Basics to Advances, **Springer India**, p.1-14, 2015.
- BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas: noções básicas**. Jaboticabal: FUNEP, p. 42, 2003.
- 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.

- BONACIN, G. A.; TERESINHA DE J. D. RODRIGUES, T.J.D.; CRUZ, M.C.P.; BANZATTO, D.A. Características morfofisiológicas de sementes e produção de girassol em função de boro no solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, n.2, p.111-116, 2009.
- BORGES, B. M. M. N.; LUCAS, F. T.; PAES, J. M. V. Avaliação fenológica de cultivares de girassol (*Helianthus annuus*, l.) em Uberaba/MG–Safrá 2009. **Nucleus**, v.10, n.2, 2013.
- BRAY, E. Genes commonly regulated by water-deficit stress in *Arabidopsis thaliana*. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 55, n. 407, Nov. 2004.
- CADORIN, A. M.R.; SOUZA, V. Q.; MANFRON, P. A.; CARON, B. O.; MEDEIROS, S. L.P. Características de plantas de girassol, em função da época de semeadura, na Região Noroeste do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, v.42, p.1738-1743, 2012.
- CAMPOS, V.B.; CHAVES, L.H.G.; GUERRA, H.O.C. Adubação com NPK e irrigação do girassol em Luvissolo: Comportamento vegetativo. **Revista Ambiente e Água**, v.10, p. 221-233, 2015.
- CAPONE, A.; BARROS, H.B.; SANTOS, E. R.; SANTOS, A.F.; FERRAZ, E. C.; FIDELIS, R.R. Épocas de semeadura de girassol safrinha após milho, em plantio direto no cerrado Tocantinense. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.6, n.3, p.460-466, 2011.
- CAPONE, A.; BARROS, H. B.; SANTOS, E. R.; FERRAZ, E. C.; SANTOS, A. F.; FIDELIS, R. R. Influência de diferentes épocas de semeadura no desempenho agrônômico de cultivares de girassol no cerrado Tocantinense. **Bioscience Journal**, v.28, n. 2, p. 136-144, 2012.
- CAPONE, A.; SANTOS, E. R.; FERRAZ, E. C.; SANTOS, A. F.; OLIVEIRA, J. L.; BARROS, H. B. Desempenho agrônômico de cultivares de girassol no sul do Estado Tocantins. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v.3, n.3, 2012.
- CARVALHO, C.G.P.; SILVA, M.F.; AMABILE, R.F.; GODINHO, V.P.C.; OLIVEIRA, A. C. B.; CARVALHO, H. W. L.; RAMOS, N.P.; RIBEIRO, J.L. **Informes da avaliação de genótipos de girassol 2012/2013 e 2013**. ed. Londrina: Embrapa Soja, 2014, 105p. (Documentos, 355).
- CARVALHO, D. B. Análise de crescimento de girassol em sistema de semeadura direta. **Revista Acadêmica**, 2, 63 – 70, 2004.

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

CASTRO, C. **Boro e estresse hídrico na nutrição e produção do girassol em casa de vegetação**. 1999. 120p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP. 1999.

CASTRO, C.; CASTIGLIONI, V.B.R.; BALLA, A. **Cultura do girassol: tecnologia de produção**. Londrina: EMBRAPA/CNPSo, 1996. 19p. (Documentos, 67).

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

CASTRO, C. & OLIVEIRA, F. A. **Nutrição e adubação do girassol**. In: Leite, R. M. V. B. C.; Brighnti, A. M.; Castro, C. Girassol no Brasil. 1.ed. Londrina: Embrapa Soja, p.317-365, 2005.

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

CAVALCANTE JUNIOR, E. G.; MEDEIROS, J. F.; MELO, T. K.; ESPINOLA SOBRINHO, J. BRISTOT, G.; ALMEIDA, B. M. Necessidade hídrica da cultura do girassol irrigado na chapada do Apodi. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 3, p. 261–267, 2013.

CAVALCANTE JÚNIOR, E. G. **Produção e necessidade hídrica da cultura do girassol irrigado na chapada do Apodi**. 2011. 61f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem. Área de concentração; Irrigação e Drenagem) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró- RN, 2011.

CENTENO, R.C.M.; SANTOS, J.B.; XAVIER, D.A.; AZEVEDO, C.A.V.; GHEYI, H.R. Componentes de produção do girassol Embrapa 122-V2000 sob salinidade da água e adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, (Suplemento), p.39-45, 2014.

DALL'AGNOL, A.; VIEIRA, O. V.; LEITE, R. M. V. B. C. Origem e histórico do girassol In: LEITE, R. M. V. B. C.; BRIGHENTI, A. M.; CASTRO, C. Girassol no Brasil. Londrina: Embrapa Soja, p. 1- 14, 2005.

DANTAS, M. S.; ROLIM, M. M.; DUARTE, A. D. S.; PEDROSA, E. M.; TABOSA, J. N.; DANTAS, D. D. C. Crescimento do girassol adubado com resíduo líquido do processamento de mandioca. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, n.4, p.350-357, 2015.

DoVALE, J.C.; FRITSCHÉ- NETO, R.; BERMUDEZ, F.;MIRANDA, G.V. Efeitos gênicos de caracteres associados à eficiência no uso de nitrogênio em milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.47, p.385-392, 2012.

DUARTE, J. M. de L.; LIMA, A. D.; NASCIMENTO, R. S.; VIANA, T. V. de A.; SARAIVA, K. R.; AZEVEDO, B. M. de. Eficiência do uso da água na produção de óleo do girassol (*Helianthus annuus* L.), sob suspensão hídrica. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.6, n. 3, p. 166-175, 2012.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A.J. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. Londrina: Editora Planta, 2006. 403p.

EPSTEIN, E. Silicon. **Annual Review of Plant Physiology and Molecular Biology**, v. 50, p. 641-644, 1999.

EUBA NETO, M.; FRAGA, V.S.; PEREIRA, W.E.; DIAS, B.O.; SOUTO, J.S. Níveis críticos de boro para a cultura do girassol em solos com texturas contrastantes. **Revista Caatinga**, v. 27, n. 1, p. 100 – 108, 2014.

EUBA NETO, M.; FRAGA, V.S.; DIAS, B.O.; SOUTO, J. S. Efeito de doses de boro no crescimento vegetativo de girassol em diferentes classes de solos. **Revista Ceres**, v.61, n.3, p.399-405, 2014.

FAGERIA, N. K. Otimização da eficiência nutricional na produção das culturas. **Revista Brasileira de Engenharia Ambiental**, v. 2, n. 1, p. 6-16, 1998.

FAOSTAT. **Production: crops** 2013. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/567/default.aspx#ancor>>. Acesso em: janeiro de 2015.

FEITOSA, H. O.; FARIAS, G. C.; SILVA JUNIOR, J. C.; FERREIRA, F. J.; ANDRADE FILHO, F. L.; LACERDA, C. F. Influência da adubação borácica e potássica no desempenho do girassol. **Comunicata Scientiae**, v. 4, n. 3, p. 302-307, 2013.

FERNANDES, M. S. **Nutrição Mineral de Plantas**. 1. ed. Viçosa: UFV, 2006. 432 p.

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

FIGUEIREDO, T. & GRASSI FILHO, L. Níveis de lodo de esgoto na produtividade do girassol. **Revista de la ciencia del suelo y nutrición vegetal**, v.7, n.3, p.16-25, 2007.

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

GOLDBERG, S. Reactions of boron with soils. In: DELL, B.; BROW, P.H.; BELL, R.W. **Boron in soil and plants: reviews**. Dordrecht: Kluwer Academic, p.35-48, 1997.

GOYNE, P.J. e HAMMER, G.L. Phenology of sunflower cultivars II: Controlled-environment studies of temperature and photoperiod effects. **Australian Journal of Research**, v.33, p.251-261, 1982.

GUARESCHI, R. F.; PERIN, A.; MACAGNAN, D.; TRAMONTINI, A.; GAZOLLA, P. R. . Emprego de *Trichoderma* spp. no controle de *Sclerotinia sclerotiorum* e na promoção de crescimento vegetativo nas culturas de girassol e soja. **Global Science and Technology**, v. 05, p. 01-08, 2012.

GUEDES FILHO, D. H.; JÚNIOR, J. A. S.; CHAVES, L. H. G.; CAMPOS, V. B.; OLIVEIRA, J. T. L. Água disponível no solo e doses de nitrogênio no crescimento do girassol. **Revista brasileira de agricultura irrigada**, v.7, n.3, 201-212, 2013.

HELIAGRO SCIENCE AND CROPS. **Girassóis**. Disponível em: <<http://www.heliagro.com.br/?pagina=produtos>>. Acesso em: fevereiro 2015.

HODGES, T.F. **Predict crop phenology**. Boca Raton: CRC, 1991. 233p.

HU, H.; BROWN, P. H. Absorption of boron by plant roots. **Plant and Soil**, v. 193, n. 1/2, p. 49-58, 1997.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Produção Agrícola Municipal 2013**. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/agric/default.asp?z=t&o=11&i=P>> Acesso em: agosto de 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Rendimento médio da produção da lavoura temporária 2013**. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/>>. Acesso em: janeiro de 2015.

IVANOFF, M. E. A.; UCHÔA, S. C. P.; ALVES, J. M. P.; 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.

JONER, G.; METZ, P. A.M.; ARBOITTE, M. Z.; PIZZUTI, L.A.D.; BRONDANI, I.L.; RESTLE, J. Aspectos agronômicos e produtivos dos híbridos de girassol (*helianthus annus* l.) hélio 251 e hélio 360. **Ciência Animal Brasileira**, v.1 2, n.2, p. 266-273, 2011.

LEITE, R. M. V. B. C.; CASTRO, C.; BRIGHENTI, A. M.; OLIVEIRA, F. A.; CARVALHO, C. G. P.; OLIVEIRA, A. C. B. Indicações para o cultivo de girassol nos Estados do Rio Grande do Sul, Paraná, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Goiás e Roraima. **Comunicado Técnico**, EMBRAPA, Londrina, 2007.

LIMA, A. D.; VIANA, T. V. A.; AZEVEDO, B. M.; MARINHO, A. B.; DUARTE, J. M. L. Adubação borácica na cultura do girassol. **Revista AgroAmbiente On-line**, v. 7, n. 3, p. 269-276, 2013.

LOBO, T. F.; GRASSI FILHO, H.; BULL, L. T.; KUMMER, A. C. Efeito do lodo de esgoto e do nitrogênio nos fatores produtivos do girassol. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.5, p.504-509, 2013.

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

LOBO, T. F.; GRASSI FILHO, H.; KUMMER, A. C. Aplicações sucessivas de lodo de esgoto no girassol e efeito residual no trigo e triticale. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, n.9, p.881-886, 2014.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo, Ceres, 1980. 251p.

MALAVOLTA, E. **Manual de Nutrição Mineral de Plantas**. 1 ed. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 2006. 638 p.

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

- MALDANER, I. C.; HELDWEIN, A. B.; LOOSE, L. H.; LUCAS, D. D. P.; GUSE, F. I.; BERTOLUZZI, M. P. Modelos de determinação não-destrutiva da área foliar em girassol. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 5, p. 1356-1361, 2009.
- MARTIN, T. N.; PAVINATO, P. S.; MENEZES, L. F. G.; SANTI, L. A.; BERTONCELLI, P.; ORTIZ, S. Utilização de cálcio e boro na produção de grãos e silagem de girassol. **Semina: Ciências Agrárias**, v.35, n.4, p.2699-2710, 2014.
- MOLL, R. H.; KAMPRATH, E. J.; JACKSON, W. A. Analysis and interpretation of factors which contribute to efficiency of nitrogen utilization. **Agronomy Journal**, v.74, n.3, p.562-564, 1982.
- MORAIS, F.A.; GURGEL, M.T.; OLIVEIRA, F.H.T.; MOTA, A.F. Influência da irrigação com água salina na cultura do girassol. **Ciência Agrônômica**, v.42, p.327-336, 2011.
- NOBRE, D.A.C.; REZENDE, J.C.F.; JUNIOR, D.S.B.; COSTA, C.A.; MORAES, D.L.B. Desempenho agrônômico de genótipos de girassol no norte de Minas Gerais. **Revista AgroAmbiente Online**, v.6, n.2, p.140-147, 2012.
- NOBRE, R.G.; GHEY, 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. 07, p. 747-754, 2010.
- NOBRE, R.G.; GHEYI, H.R.; SOARES, F.A.L.; CARDOSO, J.A.F. Produção de girassol sob estresse salino e adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, p.929-937, 2011.
- NOVAIS, R. F.; NEVES, J. C. L.; BARROS, N. F. Ensaio em ambiente controlado. In: OLIVEIRA, A. J.; GARRIDO, W. E.; ARAÚJO, J. D.; LOURENÇO, S. (Coord.) **Métodos de pesquisa em fertilidade do solo**. Brasília: Embrapa SEA, p.189-255, 1991.
- OLIVEIRA, C.R.; OLIVEIRA, J.L.; BARBOSA, F.R.; DARIO, A.S.; MOURA, S.G.; BARROS, H.B. Efeito do nitrogênio em cobertura na produtividade de girassol, no Estado do Tocantins. **Científica**, v.42, n.3, p.233-241, 2014.
- OLIVEIRA, F.A.; OLIVEIRA, F.R.A.; CAMPOS, M.S.; OLIVEIRA, M.K.T.; MEDEIROS, DE J.F.; SILVA, O.M.P. Interação entre salinidade e fontes de nitrogênio no desenvolvimento inicial da cultura do girassol. **Revista Brasileira Ciências Agrárias**. v.5, p.479-484, 2010.

OLIVEIRA, J.T.L.; CHAVES, L.H.G.; CAMPOS, V.B.; SANTOS JÚNIOR, J.A.; GUEDES FILHO, D.H. Fitomassa de girassol cultivado sob adubação nitrogenada e níveis de água disponível no solo. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.6, n.1, p.23-32, 2013.

PAIVA, R.; OLIVEIRA, L. M. **Fisiologia e Produção Vegetal**. Lavras: UFLA, 2006. 104p.

PEIXOTO, C. P.; PEIXOTO, M. F. S. P. **Dinâmica do crescimento vegetal (Princípios Básicos)**, 2004. Disponível em: <<http://www.ufrb.edu.br/mapeneo/downloads/curso-fisiologia-vegetal-minter/analise-de-crescimento/146-dinamica-do-crescimento-vegetal/download>> Acesso em: janeiro de 2015.

PIVETTA, L. G.; GUIMARÃES, V.F.; FIOREZE, S. L.; PIVETTA, L.A.; CASTOLDI, G. Avaliação de híbridos de girassol e relação entre parâmetros produtivos e qualitativos. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 43, n. 3, p. 561-568, 2012.

PORTO, W. S.; CARVALHO, C. G. P.; PINTO, R. J. B. Adaptabilidade e estabilidade como critérios para seleção de genótipos de girassol. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, n.4, p.491-499,2007.

PORTO, W. S.; CARVALHO, C. G. P.; PINTO, R. J. B.; OLIVEIRA, M. F.; OLIVEIRA, A.C. B. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de girassol para a região subtropical do Brasil. **Ciência Rural**, v. 39, n. 9, p. 2452-2459, 2009.

POSSATTO JUNIOR, O.; NEUMANN, M.; ROSSI, E.S.; HUNGER, H.; FARIA, M.V. Genetic characters of sunflower (*Helianthus annuus* L.) aiming the improvement for whole plant silage. **Brazilian Journal of Applied Technology for Agricultural Science**, v.6, n.2, p.113-119, 2013.

PRADO, R. M.; LEAL, R. M. Desordens nutricionais por deficiência em girassol var. Catissol-01. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 36, n. 3, p. 187-193, 2006.

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

SANT'ANA, E. V.; SANTOS, A. D.; SILVEIRA, P. D. Eficiência de uso de nitrogênio em cobertura pelo feijoeiro irrigado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.5, p.458-462, 2011.

SANTOS, E. R.; BARROS, H. B.; CAPONE, A.; FERRAZ, E. C.; FIDELIS, R. R. Efeito de épocas de semeadura sobre cultivares de girassol, no sul do Estado do Tocantins. **Ciência Agrônômica**, v.43, n.1, p.199-206, 2012.

- SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; OLIVEIRA, J. B. de; COELHO, M. R.; LUMBRERAS, J. F.; CUNHA, T. J. F. da (Ed.). **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.
- SANTOS, J.F.; GRANGEIRO, J.I.T.; WANDERLEY, J. A. C. Comportamento produtivo do girassol em função de doses de nitrogênio. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 8, n. 2, p. 49-54, 2013.
- SANTOS JÚNIOR, J.A.; CHAVES, L.H.G.; CAMPOS, V.B.; OLIVEIRA, J.T.L. Água disponível no solo e doses de nitrogênio no crescimento do girassol. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 7, n.3, p. 201-212, 2013.
- SANTOS JÚNIOR, J.A.; GHEY, H.R.; DIAS, N.S.; SOARES, F.A.L.; NOBRE, R.G. Doses de boro e água residuária na produção do girassol. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 4, p. 857-864, 2011.
- SANTOS, L. G., SOUZA, U. O.; CARVALHO, Z. S.; PRIMO, D. C.; DOS SANTOS, A. R. Análise de crescimento do girassol em função do suprimento de fósforo e boro. **Bioscience Journal**, v.31, n.2, p.370-381, 2015.
- SANTOS, W.R.; OLIVEIRA, C.R.; NUNES, D.P.; FERRAZ, E.C.; BARROS, H.B. Desempenho de cultivares de girassol em diferentes espaçamentos na região sul do estado do Tocantins. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 8, n.4, p.105 - 110, 2013.
- SCHNEITER, A. A.; MILLER, J. F. Description of Sunflower growth stages. **Crop Science**, v. 21, n. 6, p. 901-903, 1981.
- SELMECZI-KOVACS, A. Akklimatisation und verbreitung der sonnenblume in Europa. **Acta Ethnographica Academiae Hungaricae**, v.24, p.47-88, 1975.
- SHORROCKS, V. The occurrence and correction of boron deficiency. **Plant Soil**, v 193, 121-148, 1997.
- SILVA, A. G.; MORAES, E. B.; PIRES, R.; CARVALHO, C. G. P.; OLIVEIRA, A. C. B. Efeitos do espaçamento entre linhas nos caracteres agronômicos de três híbridos de girassol cultivados na safrinha. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.39, p.105-110, 2009.

- SILVA, H. P.; BRANDÃO JUNIOR, D. D. S.; SAMPAIO, R. A.; DUARTE, R. F.; NEVES, J. M. G.; AQUINO, C. F. Momento ideal para a colheita do girassol em função da coloração do dorso dos capítulos. **Agrarian**, v.2, n.4, p41-48, 2009.
- SILVA, A. R. A.; BEZERRA, F. M. L.; FREITAS, C. A. S; PEREIRA FILHO, J. V. P.; ANDRADE, R. R.; FEITOSA, D. R. C. Morfologia e fitomassa do girassol cultivado com déficits hídricos em diferentes estádios de desenvolvimento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, n.9, p.959-968, 2012.
- SILVA, A. R. A.; BEZERRA, F. M. L.; SOUSA, C. C. M.; PEREIRA FILHO, J. V.; FREITAS, C. A. S. Desempenho de cultivares de girassol sob diferentes lâminas de irrigação no Vale do Curu, CE. **Revista Ciência Agronômica**, v.42, p.57-64, 2011.
- SILVA, C.A.T.; CAGOL, A.; SILVA, T.R.B. NOBREGA, L.H.P. Boron application before sowing of sunflower hybrid. **Journal of Food, Agriculture & Environment**, v.9, p.580-583, 2011.
- SILVA, M. L. O.; FARIA, M. A.; MORAIS, A. R.; ANDRADE, G.P.; LIMA, E. M.C. Crescimento e produtividade do girassol cultivado na entressafra com diferentes lâminas de água. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.11, n.5, p.482-488, 2007.
- SILVA, N. F.; CUNHA, F. N.; TEIXEIRA, M. B.; SOARES, F. A. L. Crescimento vegetativo da cana-de-açúcar submetida a lâminas de irrigação e fertirrigação nitrogenada via gotejamento subsuperficial. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.9, n.2, p.79-90, 2015.
- SILVA, S. S.; WANDERLEY, J.A.C.; BEZERRA, J. M.; CHAVES, L. H.G.; SILVA, A. A.R. Crescimento do girassol com níveis de reposição hídrica e adubação potássica. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v.10, n.2, p 104-110, 2014.
- SOUZA, A. OLIVEIRA M.F.; CASTIGLIONI, V.B.R. O boro na cultura do girassol. **Semina: Ciências Agrárias**, v.25, p.27-34, 2004.
- SOUZA, G.V.; PEREIRA, O.G., MORAES, S.A. Valor nutritivo das silagens de sorgo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.3, p.753-759, 2003.
- SOUZA, L. H. B.; PEIXOTO, C. P.; SILVA LEDO, C. A.; SILVEIRA, P. S.; OLIVEIRA, D.; SANTOS, J. M. D. S. Índices fisiológicos de girassol em diferentes épocas de semeadura e densidade de plantas no Recôncavo da Bahia. **Enciclopédia Biosfera**, v.7, n.13, p.572-585, 2011.

- SOUSA, R P.; SILVA, P.S.L.; ASSIS, J. P.; SILVA, J.; OLIVEIRA, V. R.; OLIVEIRA, A.M.P. Tamanho ótimo de parcela para avaliação do rendimento de grãos do girassol. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, n.1, p.21-26, 2015.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2012. 954p
- THAIR, M.; ASHRAF, S.; IBRHIM, M. Effect of Foliar Application of Boron on Yield and Quality of Sunflower (*Helianthus annuus* L.). **Crop & Environment**, v.4, p.23- 27, 2013.
- THAIR, M.; YOUNASISHAQ, M.; SHEIKH, A.A.; NAEEM, M.; REHMAN, A. Effect of boron on yield and quality of sunflower under agro-ecological conditions of Faisalabad (Pakistan). **Scientia Agriculturae**, v.7, p.19-24, 2014.
- THOMAZ, G.L.; ZAGONEL, J.; COLASANTE, L.O.; NOGUEIRA, R.R. Produção do girassol e teor de óleo nas sementes em diferentes épocas de semeadura no Centro-Sul do Paraná. **Ciência Rural**, v.42, p.203-208, 2012a.
- THOMAZ, G.L.; ZAGONEL, J.; COLASANTE, L.O.; NOGUEIRA, R.R. Produção do girassol e teor de óleo nos aquênios em função da temperatura do ar, precipitação pluvial e radiação solar. **Ciência Rural**, v.42, p.1380-1385, 2012b.
- TOMICH, T. R.; RODRIGUES, J. A. S.; GONÇALVES, L. C. Potencial forrageiro de cultivares de girassol produzidos na safrinha para ensilagem. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.55, n.6, p. 756-762, 2003.
- UCHÔA, S. C. P.; IVANOFF, M. E. A.; ALVES, J. M. A.; SEDIYAMA, T.; MARTINS, S. A. Adubação de potássio em cobertura nos componentes de produção de cultivares de girassol. **Revista Ciência Agronômica**, v.42, n.1, p.8-15, 2011.
- UNGARO, M.R.G.; QUAGGIOÍ, J.A.; GALLOC, P.B.; DECHEN, S.C.F.; LOMBARDI NETO, F.; CASTRO, O. M. Comportamento do girassol em relação à acidez do solo. **Bragantia**, v.44, n.1, 1985.
- UNGER, P. W. Sunflower. In: STEWART, B. A.; NIELSEN, D. R. (Ed.) Irrigation of agricultural crops. **American Society of Agronomy**, v.30, p. 775-794, 1990.
- VIANA, T.V.A.; LIMA, A.D.; MARINHO, A.B.; DUARTE, J.M.L.; AZEVEDO, B.M.; COSTA, S.C. Lâminas de irrigação e coberturas do solo na cultura do girassol, sob condições semiáridas. **Irriga**, v.17, n.2, p.126-136, 2012.

VIGIL, M.F. **Fertilization in dryland cropping systems: a brief overview central great plains research station-USDA-ARS, 2000.**

WILHELM, W.W & McMASTER, G.S. Importance of the phyllochron in studying development and growth in grasses. **Crop Science**, v.35, n.1, p.1-3, 1995.

ZAHOOR, R.; BASRA, S. M. A.; MUNIR, H.; NADEEM, M. A.; YOUSAF, S. Role of boron in improving assimilate partitioning and achene yield in sunflower. **Journal of Agriculture and Social Sciences**, v.7, n.2, p.49-55, 2011.

ZHANG, X. C.; LIU, W. Z. Simulating potential response of hydrology, soil erosion, and crop productivity to climate change in Changwu tableland region on the Loess Plateau of China. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 131, p.127-142, 2005.

ZOBIOLE, L. H. S.; CASTRO, C.; OLIVEIRA, F. A.; OLIVEIRA JUNIOR, A. Marcha de absorção de macronutrientes na cultura do girassol. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 2, p. 425-433, 2010.

ZOBIOLE, L. H. S.; CASTRO, C; OLIVEIRA, F. A.; OLIVEIRA JÚNIOR, A.; MOREIRA, A. Curva de crescimento, estado nutricional, teor de óleo e produtividade do girassol híbrido BRS 191 cultivado no estado do Paraná. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, v.14, p.55-62, 2010.