



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: IRRIGAÇÃO E DRENAGEM**



**MORFOFISIOLOGIA E PRODUÇÃO DO GIRASSOL SOB TÉCNICAS
DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA “*IN SITU*” E ADUBAÇÃO ORGÂNICA**

JOSÉ ALBERTO CALADO WANDERLEY

**Campina Grande
Fevereiro/2013**

JOSÉ ALBERTO CALADO WANDERLEY
Engenheiro Agrônomo

**MORFOFISIOLOGIA E PRODUÇÃO DO GIRASSOL SOB TÉCNICAS
DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA “*IN SITU*” E ADUBAÇÃO ORGÂNICA**

Orientador (es): Prof. Dr. **CARLOS ALBERTO VIEIRA DE AZEVEDO**
Prof. Dr. **MARCOS ERIC BARBOSA BRITO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Área de Concentração em Irrigação e Drenagem, do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande como requisito para obtenção do Título de Mestre em Engenharia Agrícola.

Campina Grande
Fevereiro/2013

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCG

W245m Wanderley, José Alberto Calado.
Morfofisiologia e produção do girassol sob técnicas de captação de água
“*in situ*” e adubação orgânica / José Alberto Calado Wanderley. – Campina
Grande, 2013.
76 f. : il. color.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal
de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, 2013.

"Orientação: Prof. Dr. Carlos Alberto Vieira de Azevedo, Prof. Dr.
Marcos Eric Barbosa Brito".
Referências.

1. Irrigação - Girassol(*Helianthus annuus* L.). 2. Cultivo de Girassol -
Camalhões. 3. Cultivo de Girassol - Sulcos. 4. Cultivo de Girassol -
Esterco Bovino. I. Azevedo, Carlos Alberto Vieira de. II. Brito, Marcos
Eric Barbosa. III. Título.

CDU 631.67:633.494(043)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: IRRIGAÇÃO E DRENAGEM



PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

JOSÉ ALBERTO CALADO WANDERLEY

MORFOFISIOLOGIA E PRODUÇÃO DO GIRASSOL SOB TÉCNICAS
DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA “*IN SITU*” E ADUBAÇÃO ORGÂNICA

Aprovada em: 28/02/2013

BANCA EXAMINADORA

Dr. Carlos Alberto Vieira de Azevedo - Orientador
UAEA/CTRN/UFPG

Dr. Marcos Eric Barbosa Brito - Orientador
UAGRA/CCTA/UFPG

Dr. Patrício Borges Maracajá - Examinador
UAGRA/CCTA/UFPG

Dr. Pedro Dantas Fernandes – Examinador
UEPB

PARECER

Aprovado

APROVADO

Aprovado

Aprovado

Fevereiro/2013

A Deus, por me permitir o alcance desta meta, iluminando meus caminhos para que sempre trilhasse com segurança e dedicação na construção deste trabalho.

A minha Família, pelo apoio e incentivo à jornada acadêmica.

Dedico

AGRADECIMENTOS

A **DEUS**, que me presenteou com a existência de todas as pessoas que me apoiaram nas conquistas já obtidas na minha vida.

À Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Centro de Tecnologia e Recursos Naturais (CTRN) pela oportunidade de realização do curso.

Aos Professores Carlos Alberto Vieira de Azevedo e Marcos Eric Barbosa Brito, por compartilharem suas experiências acadêmicas e me orientar na realização desta dissertação, com dedicação, a todos os seus orientandos.

Aos membros da banca examinadora por aceitarem contribuir com esta obra, de forma bastante importante.

Ao Professor Pedro Dantas Fernandes, pela contribuição neste trabalho, através de sua pessoa saúdo e agradeço a todos os professores que fazem o corpo de pesquisadores do Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola, pela dedicação e compromisso com a aprendizagem e crescimento dos seus orientandos. Em nome de Dona Cida e Sr. Gilson, a minha sincera gratidão a todos os funcionários, pela atenção e dedicação que sempre tiveram conosco.

Ao CNPQ, que me concedeu bolsa de estudos para a pesquisa, sem a qual não seria possível conclusão.

Agradeço ao Professor Patrício Maracajá, pelos conselhos incentivadores com base em experiência própria.

A meus familiares, sempre presentes no meu dia-a-dia minha Mãe, Marilda Calado, e meu pai, Severino Wanderley, que me guiaram em prol da conclusão deste trabalho, a minhas irmãs, Ana Cleide e Alba, que tanto me ajudaram na jornada do ensinar-aprender a lutar por nossos ideais dos sonhos de criança, transformados em profissionais. A minha esposa, Francisca Moura e a meu filho, Pedro Paulo, pelo carinho, amor e compreensão da ausência em alguns momentos de suas vidas, e a meus sobrinhos, Ana Sara e Gabriel Naum, por alegrarem ainda mais os nossos dias.

Aos amigos (as) de curso Abel, Aaron, Antônio Fernandes, Flávio, Rosinaldo, Sebastião, Janivan, Arsênio, Beijamim, Marcos, Enoque, Denise, Luciano Sabóia, Lenildo, Pedro Henrique, Jailma, Whéllyson, Wilson, José Rodrigues e Dante, por tudo que passamos,

pelos momentos em que nos unimos para compartilhar a aprendizagem e a construção de grandes amizades.

Aos meus colegas de apartamento (bloco B, 302), Whéllyson Cordão e Wilson Barbosa, pelo companheirismo e boa convivência.

Aos jovens cientistas Francisco de Assis, Cláudio, Delzuite, José da Silva e em especial, a Francisco Cássio, pela dedicação e compromisso para com a realização desta pesquisa, tal como ao amigo Aldemir da Silva, pelo apoio na reta final desta jornada.

A todos que fazem o Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar (CCTA/UFCG) campus de Pombal, por terem disponibilizado a estrutura necessária para a realização da presente pesquisa. Em nome dos Professores Marcos Eric e Francisco Hervilásio, saúdo e agradeço aos professores e funcionário do referido Centro.

Meus sinceros agradecimentos às técnicas de laboratório, Joyce e Roberta, contribuindo de forma assídua e importantíssima nas análises laboratoriais, tornando possível este trabalho.

A todos que fizeram a já extinta Faculdade de Agronomia de Pombal (FAP). Ao professor José Cezário, pelo incentivo na iniciação científica ainda nos tempos de FAP, e a todos os meus colegas de graduação, Pedro, Zezinho, Ivanildo, Leonardo, Antônio, Ivan, Lúcia, Marília, Francisco Kerles e José Wilson, enfim a todos os que me ladearam durante esta caminhada.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

	Pág.
Figura 1. Mapa de localização da área de estudo.	9
Figura 2. Preparo do solo em técnicas de captação de água <i>in situ</i> , (A) Sulcos intercalados a Camalhões, (B) Bacias e (C) Plantio Convencional, Pombal, PB.	10
Figura 3. Sistema de Irrigação por aspersão convencional e coletores usados na quantificação das lâminas de salvação aplicadas durante o experimento, Pombal, PB.	13
Figura 4. Curva Característica do solo, utilizada na determinação da umidade em percentual de com base no peso, nos tratamentos estudados, Pombal-PB.	15
Figura 5. Desdobramento para os valores de umidade do solo por tensiometria, através da análise de Regressão para os Níveis de Esterco estudados dentro de cada Técnica de Captação de Água <i>in situ</i> , Sulco, Camalhão, Bacia e Plantio Convencional, em cada Fase fenológica, Fase I (A), Fase II (B), Fase III (C) e Fase IV (D), cultura do Girassol, Pombal, PB.	20
Figura 6. Análise de Regressão para a variável Fotossíntese (A) ($\mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), após o desdobramento aos 30 DAS, para os Níveis de Esterco estudados dentro de cada Técnica de Captação de Água <i>in situ</i> , Sulco (A), Camalhão (B), Bacia (C) e Plantio convencional (D), Cultura do Girassol, Pombal, PB.	24
Figura 7. Análise de Regressão para a variável Condutância estomática (gs) ($\text{mol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), após o desdobramento aos 30 DAS, para os Níveis de Esterco estudados dentro de cada Técnica de Captação de Água <i>in situ</i> , Sulco (A), Camalhão (B), Bacia (C) e Plantio convencional (D), Cultura do Girassol, Pombal, PB.	25
Figura 8. Teste de comparação de média para a variável Transpiração (E) ($\text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) aos 30 DAS em função Técnica de Captação de Água <i>in situ</i> , Pombal, PB.	26
Figura 9. Teste de comparação de média para as variáveis Fotossíntese (A) ($\mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) (A), Transpiração (E) ($\text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) (B), condutância estomática (gs) ($\text{mol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) (C), Concentração interna de CO_2 (Ci) ($\text{mmol de CO}_2 \text{ m}^{-2}$) (D), e Eficiência intrínseca da carboxilação (EICi) [$(\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}) (\text{mmol de CO}_2 \text{ m}^{-2})^{-1}$] (E), aos 69 DAS em função das técnicas de captação de água <i>in situ</i> (Técnicas) para a cultura do Girassol, Pombal, PB.	29
Figura 10. Análise de regressão para o valores de clorofila a (CLA) (g m^{-2}) (A), (CLT) (g m^{-2}) (B) e carotenóides totais (CAT) (g m^{-2}) (C) aos 60 DAS, em função dos níveis de esterco estudados, Cultura do Girassol, Pombal, PB.	31
Figura 11. Análise de regressão para os valores de Potencial Osmótico (Ψ_s) (MPa) aos 60 DAS, em função dos níveis de esterco estudados, Cultura do Girassol, Pombal, PB.	33
Figura 12. Valores de Extravasamento de Eletrólitos (EXTR) (%) aos 60 DAS de comparação de média (Tukey) (A) em função das técnicas de captação de água <i>in situ</i> (Técnicas) e regressão linear, em função dos níveis de esterco estudados, Cultura do Girassol, Pombal, PB.	34

CAPÍTULO 2

Figura 1. Análise de Regressão (Linear e quadrática) para a variável Altura de Planta (Alt)(cm), após o desdobramento aos 20, 40, 60 e 80DAS, para os Níveis de Esterco (adubação orgânica) estudados dentro de cada Técnica de Captação de Água <i>in situ</i> , Sulco, (A) Camalhão(B), Bacia (C) e Plantio Convencional(D), Pombal, PB.	44
---	----

- Figura 2.** Análise de Regressão (Linear e quadrática) para a variável Diâmetro de Caule (Diam) (mm), após o desdobramento aos 20, 40, 60 e 80DAS , para os Níveis de Esterco (adubação orgânica) estudados dentro de cada Técnica de Captação de Água *in situ*, Sulco, (A) Camalhão(B), Bacia (C) e Plantio Convencional(D), Pombal, PB. 47
- Figura 3.** Análise de Regressão (Linear e quadrática) para a variável Número de Folhas (N^0 Folhas), após o desdobramento aos 20, 40, 60 e 80DAS , para os Níveis de Esterco (adubação orgânica) estudados dentro de cada Técnica de Captação de Água *in situ*, Sulco, (A) Camalhão(B), Bacia (C) e Plantio Convencional(D), Pombal, PB. 50
- Figura 4.** Teste de comparação de média para as variáveis, Área Foliar (AF) (m^2) (A) e Índice de Área Foliar (IAF) ($m^2 m^{-2}$) (C) aos 84DAS, em função das Técnicas de Captação de Água *in situ*, E análise de regressão (Linear), para a variável Área Foliar (AF) (m^2) (B) e Índice de Área Foliar (IAF) ($m^2 m^{-2}$) (D) aos 84DAS em função dos Níveis de Esterco (adubação orgânica), Pombal, PB. 52
- Figura 5.** Teste comparação de Médias para as variáveis Massa Seca das Folhas (A) (MSF ($g planta^{-1}$), Massa Seca do Caules (C) (MSC) (g), Massa Seca do Capítulo (MSCP) (g) (E) e Massa Seca da Parte Aérea (MSPA) (g) (G) em função das técnicas de captação de água *in situ* (Técnicas) aos 84 DAS. E Análise de Regressão (Linear) para as variáveis Massa Seca das Folhas (B) (MSF) (g) , Massa Seca do Caules (D) (MSC) (g), Massa Seca do Capítulo (MSCP) (g) (F) e Massa Seca da Parte Aérea (MSPA) (g) (H) em função dos níveis de esterco (Adubação orgânica) aos 84 DAS, para a cultura do Girassol, Pombal, PB. 55
- Figura 6.** Análise de Regressão para a variável Rendimento de Forragem (RF) ($kg m^{-2}$) (fitomassa fresca da parte aérea) após o desdobramento aos 84DAS, para os Níveis de Esterco estudados dentro de cada Técnica de Captação de Água *in situ*, Sulco (A), Camalhão (B), Bacia (C) e Plantio Convencional (D), Cultura do Girassol, Pombal, PB. 57
- Figura 7.** Teste de comparação de média para as variáveis Diâmetro Capítulo (Diam Cap)(cm) (A) e Produção de aquênios ($kg m^{-2}$) (C) em função das Técnicas de Captação de água *in situ* aos 84 DAS . E análise de regressão (Quadrática) para as variáveis Diâmetro Capítulo (Diam Cap)(cm) (B) e Produção de aquênios ($kg m^{-2}$) (D) em função dos Níveis de Esterco (adubação orgânica), cultura do Girassol, Pombal, PB. 60
- Figura 8.** Teste de comparação de média para a variável Peso de mil aquênios ($g 1000^{-1}$ aquênios), em função das Técnicas de Captação de água *in situ*. Cultura do Girassol, Pombal, PB. 61

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1

	pág.
Tabela 1. Atributos físico-hídricos e químicos do solo utilizado no experimento, com amostras coletadas na profundidade de 0 – 20 cm , Pombal-PB.	10
Tabela 2. Quantidade de esterco necessária em cada nível do fertilizante estudado. Pombal, PB.	11
Tabela 3. Característico Químico e físicas do esterco bovino. Pombal, PB	11
Tabela 4: Duração das fases fenológicas, e médias para temperatura do ar: máxima (Tmax), mínima (Tmin), média (Tmed), umidade relativa do ar (UR) e velocidade do vento a 2m de altura (WS), observadas para cada fase fenológica da cultura do girassol, Pombal,PB.	12
Tabela 5. Coeficiente de cultivo (kc), Evapotranspiração de referência (ETo)(mm), Evapotranspiração real (ETc)(mm), Lâmina de irrigação (Li) (mm), Pluviosidade (P)(mm) e Lâmina Total (Ltotal) (mm) acumuladas para cada fase fenológica e ao longo dos 84 dias de cultivo do girassol, Pombal, PB.	14
Tabela 6. Resumo da análise de variância para, Umidade (%) média obtida em cada fase fenológica, através da Tensiometria em função das técnicas de captação de água <i>in situ</i> (Técnicas) e níveis de esterco (Adubação orgânica) para a cultura do Girassol, Pombal, PB.	18
Tabela 7. Resumo da análise de variância para a Fotossíntese (A) ($\mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), Transpiração (E) ($\text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), Condutância estomática (gs) ($\text{mol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), Concentração interna de CO ₂ (Ci) ($\text{mmol de CO}_2 \text{ m}^{-2}$), Eficiência instantânea no uso da água (EUA) [$(\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}) (\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1})^{-1}$] e Eficiência intrínseca da carboxilação (EICi) (A/Ci) [$(\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}) (\text{mmol de CO}_2 \text{ m}^{-2})^{-1}$] medida aos 30 dias em função das técnicas de captação de água <i>in situ</i> (Técnicas) níveis de esterco para a cultura do Girassol, Pombal, PB.	21
Tabela 8. Resumo da análise de variância para a Fotossíntese (A) ($\mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), Transpiração (E) ($\text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), condutância estomática (gs) ($\text{mol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), Concentração interna de CO ₂ (Ci) ($\text{mmol de CO}_2 \text{ m}^{-2}$), Eficiência instantânea no uso da água (EUA) [$(\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}) (\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1})^{-1}$] e eficiência intrínseca da carboxilação (EICi) (A/Ci) [$(\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}) (\text{mmol de CO}_2 \text{ m}^{-2})^{-1}$] medida aos 69 dias em função das técnicas de captação de água <i>in situ</i> (Técnicas) níveis de esterco para a cultura do Girassol, Pombal, PB.	27
Tabela 9. Resumo da análise de variância para as variáveis, Clorofila Total (CLT) (g m^{-2}), Clorofila a (CLa) (g m^{-2}), Clorofila b (CLb) (g m^{-2}), Carotenoides Totais (CAT) (g m^{-2}), Potencial Osmótico (Ψ_s) (MPa) e Extravasamento de Eletrólitos (EXTR) (%) aos 60 dias após a semeadura (DAS), em função das técnicas de captação de água <i>in situ</i> (Técnicas) e níveis de esterco (Adubação orgânica) para a cultura do Girassol, Pombal, PB.	30

CAPÍTULO 2

Tabela 1. Resumo da análise de variância para Altura de Planta Alt, (cm), avaliadas aos 20, 40, 60 e 80 dias após a semeadura (DAS), em função das técnicas de captação de água <i>in situ</i> (Técnicas) e níveis de esterco (Adubação orgânica) para a cultura do Girassol, Pombal, PB.	42
Tabela 2. Resumo da análise de variância para a variável Diâmetro de Caule (Diam) (mm), avaliadas aos 20, 40, 60 e 80 dias após a semeadura (DAS), em função das	45

técnicas de captação de água *in situ* (Técnicas) e níveis de esterco (Adubação orgânica) para a cultura do Girassol, Pombal, PB.

- Tabela 3.** Resumo da análise de variância para a variável Número de Folhas (n° Folhas), (mm), avaliadas aos 20, 40, 60 e 80 dias após a semeadura (DAS), em função das técnicas de captação de água *in situ* (Técnicas) e níveis de esterco (Adubação orgânica) para a cultura do Girassol, Pombal, PB. 48
- Tabela 4.** Resumo da análise de variância para as variáveis, Área Foliar (AF)(m^2), Índice de Área Foliar (IAF)($m^2 m^{-2}$), Massa Seca das Folhas (MSF)(g), Massa Seca do Caule (MSC) (g) , Massa Seca Capítulo(MSCP) (g), Massa Seca da Parte Aérea (MSPA) (g) aos 84 dias após a semeadura (84 DAS), em função das técnicas de captação de água *in situ* (Técnicas) e níveis de esterco (Adubação orgânica) para a cultura do Girassol, Pombal, PB. 51
- Tabela 5.** Resumo da análise de variância para as variáveis, Rendimento de Forragem (RF) ($kg m^{-2}$), Diâmetro de Capítulo (Diam Cap) (cm), Produção de aquênios (PA) ($kg m^{-2}$) e Peso de mil aquênios (PMA) ($g 1000^{-1}$ aquênios) aos 84 dias após a semeadura (84 DAS), em função das técnicas de captação de água *in situ* (Técnicas) e níveis de esterco (Adubação orgânica) para a cultura do Girassol, Pombal, PB. 56

SUMÁRIO		Pg.
AGRADECIMENTOS.....		vi
LISTA DE FIGURAS.....		viii
LISTA DE TABELAS.....		x
RESUMO.....		xiv
ABSTRACT.....		xv
INTRODUÇÃO GERAL.....		1
OBJETIVOS.....		4
Objetivo Geral.....		4
Objetivos Específicos.....		4
CAPÍTULO 1 - RESPOSTA FISIOLÓGICA DO GIRASSOL SUBMETIDO A TÉCNICAS DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA E ADUBAÇÃO ORGÂNICA		5
RESUMO.....		5
ABSTRACT.....		6
1.1 INTRODUÇÃO.....		7
1.2 MATERIAL E MÉTODOS.....		9
1.2.1 Localização e Caracterização da Área.....		9
1.2.2 Tratamentos e Delineamento Experimental.....		9
1.2.3 Monitoramento dos Fatores Climáticos.....		12
1.2.4 Manejo da Irrigação.....		12
1.2.5 Avaliações.....		14
1.2.5.1 Conservação da Umidade do Solo.....		14
1.2.5.2 Trocas Gasosas.....		15
1.2.5.3 Determinação dos pigmentos.....		16
1.2.5.4 Potencial Osmótico.....		16
1.2.5.5 Extravasamento de Eletrólitos.....		17
1.2.5.6 Análise dos Dados.....		17
1.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....		18
1.3.1 Conservação da umidade do solo.....		18
1.3.2 Trocas Gasosas.....		21
1.3.3 Pigmentos, Potencial osmótico e Danos Celulares.....		29
1.3.3.1 Clorofila e Carotenoides.....		31
1.3.3.2 Potencial osmótico foliar.....		32
1.3.3.3 Extravasamento de eletrólitos.....		33
1.4. CONCLUSÕES.....		35
CAPÍTULO 2 - CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DO GIRASSOL SOB TÉCNICAS DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA E ADUBAÇÃO ORGÂNICA		
RESUMO.....		36
ABSTRACT.....		37
2.1. INTRODUÇÃO.....		38
2.2 MATERIAL E MÉTODOS.....		40
2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....		42
2.3.1 Variáveis de Crescimento		42

2.3.1.1 Altura de planta.....	42
2.3.1.2 Diâmetro caulinar.....	44
2.3.1.3 Número de Folhas.....	47
2.3.2 Área Foliar e Produção de Fitomassa Seca.....	50
2.3.2.1 Área Foliar.....	52
2.3.2.2 Produção de Fitomassa Seca.....	53
2.3.3 Variáveis de Produção.....	56
2.3.3.1 Rendimento de Forragem.....	56
2.3.3.2 Diâmetro do Capítulo e Produção de Aquênios.....	58
2.3.3.3 Peso de mil Aquênios.....	61
2.4 CONCLUSÕES.....	63
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	64

MORFOFISIOLOGIA E PRODUÇÃO DO GIRASSOL SOB TÉCNICAS DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA “*IN SITU*” E ADUBAÇÃO ORGÂNICA

WANDERLEY, José Alberto Calado. **Morfofisiologia e produção do girassol sob técnicas de captação de água “*in situ*” e adubação orgânica.** 2013. Dissertação (Mestrado Irrigação e Drenagem), Pós-Graduação Engenharia Agrícola, UFCG, Campina Grande-PB, Brasil.

RESUMO

A cultura do girassol desponta como uma das mais importantes espécies oleaginosas, fornecedora de matéria-prima para a produção de biodiesel, por apresentar características agrônomicas importantes, óleo de excelente qualidade, ciclo curto, por se adapta a diversos solos e a qualquer época do ano, constituindo-se em uma opção para a região semiárida onde pode ser cultivado em regime de chuva ou em condições de irrigação, no período de estiagem, seu cultivo, porém pode ser limitado às baixas condições hídrica e deficiências nutricionais, com o objetivo de desenvolver um sistema de cultivo para cultura do girassol, visando identificar tecnologias apropriadas de captação de água *in situ* e adubação orgânica. Foi instalado e conduzido um experimento no Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar da Universidade Federal de Campina Grande, localizado no Município de Pombal-PB no período de abril a julho de 2012, utilizando-se de um delineamento de blocos casualizados em esquema fatorial 4 x 5, sendo quatro sistemas de cultivo: camalhão, sulco, bacias, constituídos de técnicas de captação de água, e mais uma testemunha, denominada preparo convencional do solo combinadas com cinco níveis de esterco bovino (0 - 2,5 - 5 - 7,5 e 10 L m⁻²), formando vinte tratamentos, em seis repetições, totalizando 120 parcelas de 6 m² distribuídas em uma área de 720 m². O girassol foi plantado no espaçamento de 0,5 x 0,5 m utilizando-se a variedade Embrapa 122, durante 84 dias, e através de tensiômetros, monitorou-se a conservação de umidade no solo. Na planta foram feitas avaliações referentes aos aspectos fisiológicos, crescimento, acúmulo de fitomassa e produção. Verificou-se que a técnica de captação de água tipo sulco e 10 L m⁻² de esterco aumentaram a capacidade de conservação de umidade pelo solo, o que refletiu nas variáveis fisiológicas, crescimento, rendimento de fitomassa e produção. As fontes de variação estudadas apresentaram comportamento dependente da interação para fotossíntese e o crescimento, respondendo as quantidades de esterco, de forma linear nos sulcos e camalhões e quadrática nas bacias e no plantio convencional. O cultivo de girassol na linha do camalhão intercalado a sulco é mais viável a aplicação de 10 L m⁻² de esterco bovino, já nas bacias e no preparo convencional do solo o mais promissor é a adubação entre 4 e 5 L m⁻² de esterco.

Palavras-chave: *Helianthus annuus* L, camalhões, sulcos e esterco bovino

MORPHOPHYSIOLOGY AND SUNFLOWER UNDER PRODUCTION TECHNIQUES OF WATER CATCHMENT "IN SITU" AND ORGANIC FERTILIZERS

WANDERLEY, José Alberto Calado. **Morphophysiology and sunflower under production techniques of water catchment "in situ" and organic fertilizers.** 2013. Dissertação (Mestrado Irrigação e Drenagem), Pós-Graduação Engenharia Agrícola, UFCG, Campina Grande-PB, Brasil.

ABSTRACT

The sunflower crop has emerged as one of the most important oleaginous species, a provider of raw materials for the production of biodiesel, by presenting important agronomic characteristics, oil of excellent quality, short cycle, for fits to various soils and at any time of year, thus becoming an option for the semiarid region where it can be grown under rain or under irrigation in the dry season, its cultivation, but can be limited to low water conditions and nutritional deficiencies, with the goal of developing a cultivation system for sunflower cultivation in order to identify appropriate technologies for water harvesting in situ and organic manure. Was installed and conducted an experiment in the Centro de Ciência e Tecnologia Agroalimentar, da Universidade Federal de Campina Grande, located in the municipality of Pombal-PB in the period april to july 2012, using a randomized block design in a factorial 4x5, four cropping systems: ridge, furrow, basins, consisting of water harvesting techniques, and another witness called conventional tillage combined with five levels of cattle manure (0 – 2,5- 5 - 7,5 e 10 L m⁻²), forming twenty treatments with six replicates, totaling 120 plots of 6 m² distributed over an area of 720 m². The sunflower was planted at a spacing of 0.5 x 0.5 m using a variety Embrapa 122/2000, for 84 days, and by tensiometers, was monitored to conserve soil moisture. The plant was evaluated regarding the physiological, growth, biomass and production. It was found that the technique of water harvesting and groove type 10 L m⁻² of manure increased the capacity of the soil moisture conservation, which reflected on the physiological, growth, yield and biomass production. The sources of variation studied behaved dependent interaction for photosynthesis and growth, responding quantities of manure, linearly in the furrows and ridges and quadratic basins and conventional tillage. The sunflower cultivation in the line of the ridge interspersed groove is more feasible application of 10 L m⁻² of cattle manure, since the basins and conventional tillage is the most promising fertilization between 4 and 5 L m⁻² manure.

Keywords: *Helianthus annuus* L, ridges, grooves and manure

INTRODUÇÃO GERAL

A cultura do girassol (*Helianthus annuus* L.) pertence à família Asteraceae, originária do sudoeste do México, onde cresce de forma espontânea. Devido à eminente crise energética em função da escassez das fontes não renováveis de combustíveis, principalmente os derivados do petróleo, vêm nos últimos anos, novas pesquisas, em busca de fontes alternativas renováveis de combustíveis (ROZA, 2010). Dentre essas fontes estão as de origem vegetal, como o biodiesel, produzido a partir de sementes de oleaginosas. O girassol desponta entre uma das cinco principais espécies produtoras de óleo no mundo (NOBRE et al., 2010), tal fato se deve às vantajosas características apresentadas por esta cultura, do ponto de vista agrícola e econômico (SILVA et al., 2013).

Segundo Freitas et al., (2012), na atualidade a cultura do girassol está entre espécies vegetais de maior potencial para a produção de energia renovável no Brasil, como importante fornecedora de matéria-prima para a produção de bicompostíveis. De acordo com Uchôa et al., (2011), o cultivo de girassol apresenta um dos maiores índices de crescimento no mundo. No Brasil, a área plantada com girassol, foi em 2006 de 69.206 hectares, com rendimento médio de 1.475 kg ha⁻¹. No entanto, a importância socioeconômica desta cultura não se limita, apenas, à produção de matéria-prima para obtenção de biodiesel, pois se trata de uma espécie com diversos potenciais podendo ser utilizada como adubo verde, forragem e silagem, entre outras utilidades (OLIVEIRA et al., 2012). Segundo Tomich et al., (2003), a planta do girassol, os grãos, os restos da cultura e os subprodutos gerados na extração do óleo podem ser usados na alimentação animal na forma de volumoso na dieta dos ruminantes.

As características morfológicas e bioquímicas do girassol, como ciclo curto (90 a 130 dias), polinização cruzada, espécie anual herbácea, adaptação a diferentes climas e solos, e também boa resistência ao frio e períodos de seca (LEITE, 2007; SOBRINHO; TIEPPO; SILVA, 2011), sistema radicular profundo, capaz de extrair água a maiores profundidades, e a capacidade de manutenção da fotossíntese, mesmo em condições adversas, permitem tolerar curtos períodos de seca (DUTRA et al., 2012), conferindo a esta planta, ótima alternativa para exploração agrícola na região semiárida. Entretanto, o advento de tais mecanismos não significa afirmar que o crescimento e a produção do girassol não serão modificados sob condições de escassez hídrica (FREITAS et al., 2012). De acordo com Roza (2010), os recursos hídricos são considerados um dos principais fatores críticos para viabilizar os programas sustentáveis para a geração de fontes de energia renovável, a partir de tecnologias usando-se espécies vegetais.

No semiárido nordestino o girassol pode ser cultivado em condições de sequeiro (com ou sem irrigação suplementar) no período das chuvas ou sob condições de irrigação, no período da estiagem, constituindo-se em mais uma opção para a produção de grãos e para a rotação de culturas (BARBOSA et al., 2010; QUEIROGA, 2011).

Portanto, o girassol é uma cultura de grande importância nos setores econômico, social e alimentar, destacando-se ainda sua potencialidade quanto aos mecanismos morfofisiológicos da tolerância à seca, deste modo, é uma cultura que pode ser cultivada em regiões semiáridas, principalmente na época de escassez, podendo seu cultivo ser potencializado com o uso de técnicas de conservação de água e solo.

O sistema tradicional de cultivo na região semiárida é a semeadura em covas, com o auxílio de uma enxada, o que dá origem a uma pequena depressão capaz de armazenar certa quantidade de água de chuva. Aparentemente, este sistema é pouco agressivo ao meio ambiente, no entanto, como o solo não foi preparado (arado), sua superfície se apresenta ligeiramente compactada dificultando a infiltração e facilitando o escoamento superficial, o que contribui para o processo erosivo, por outro lado, técnicas simples de preparo do solo visando à captação da água de chuva “*in situ*”, são mais apropriadas aos sistemas de produção adotados pelos agricultores e podem ser implantadas usando-se tanto a tração mecânica quanto a tração animal (DURET et al., 1986). Desta forma, a água de chuva que cair ficará acumulada na área de captação e se infiltrará em maior quantidade no solo onde se encontram as raízes das plantas (PACEY; CULLIS, 1986; CULLIS; PACEY, 1992; LAIME, 2012). Proporcionando condições diferenciadas nos valores de água disponível no solo, refletindo no crescimento e na produção das culturas, conforme observado em estudos recentes (BERNAL, 2007; LAIME, 2012).

Segundo Silva et al., (1993), em função da grande variação das chuvas registradas nas unidades geoambientais, identificadas na região semiárida do Nordeste brasileiro, é de fundamental importância o preparo do solo com técnicas de captação de água de chuva “*in situ*”, visando assegurar os cultivos implantados em regime de sequeiro, sobretudo, para amenizar os efeitos do déficit hídrico ocorrido em anos de pouca pluviosidade.

Conforme classificação climática, a região semiárida é caracterizada por precipitações médias anuais de 750 mm, concentradas em 4 meses do ano, havendo evapotranspiração em torno de 2000 mm o que gera um alto déficit hídrico no solo (CARVALHO et al., 2004; MASCARENHAS et al., 2005). Desde modo, nas épocas secas o cultivo só é viabilizado pelo uso de sistemas de irrigação que, embora apresente grandes vantagens ao sistema de produção agrícola, causa problemas de ordem ambiental e onera o custo de produção. Assim, é

interessante aliar esta técnica a outras formas que permitam aumentar a eficiência no uso da água pelos sistemas produtivos, viabilizando, desta maneira, o cultivo na região que possui uma expressiva parcela da população rural, sendo muito importante para a economia, principalmente tendo em vista que a agricultura de sequeiro é a principal atividade na região semiárida brasileira, apesar do alto risco causado pela irregularidade na distribuição das chuvas no espaço e no tempo, o que faz reduzir a produtividade dos cultivos chegando, muitas vezes, a causar perdas totais (LOPES et al., 2009).

Salienta-se, contudo, que os solos na região semiárida brasileira são predominantemente de origem cristalina, rasos, silicosos e pedregosos, com baixa capacidade de retenção de água e, em geral, pobres em nutrientes (FARIA 1992). Esses solos apresentam, em geral, baixos teores de matéria orgânica sendo a produtividade dependente dos níveis de fertilidade natural e da possibilidade de mantê-los através da ciclagem de nutrientes (SAMPAIO et al.,1995), sendo indispensável a incorporação de esterco, compostos orgânicos e adubos verdes. Os esterco de animais são os adubos orgânicos mais importantes devido à sua composição, disponibilidade relativa e benefícios da aplicação (OLIVEIRA JÚNIOR et al., 2009).

Em condições de escassez hídrica as taxas de assimilação de CO₂ são negativamente afetadas, sobretudo em virtude do mecanismo de fechamento dos estômatos (SILVA et al., 2013). Contudo, o crescimento e a produção são afetados, haja vista que 90% da fitomassa seca acumulada ao longo do crescimento são provenientes do processo fotossintético (BENNICASA, 2003)

OBJETIVOS

Objetivo Geral

Desenvolver um sistema de cultivo para a cultura do girassol, visando identificar tecnologias apropriadas de captação de água *in situ* e adubação orgânica para as condições do semiárido paraibano.

Objetivos Específicos

Avaliar técnicas de plantio que contribuam para a maior eficiência de captação de água, por meio do monitoramento regular da umidade do solo, contribuindo para o estabelecimento e a produção das culturas;

Estudar índices fisiológicos relativos às trocas gasosas, teores de pigmentos fotossintetizantes, potencial osmótico foliar e danos celulares, em função das combinações de tratamentos visando à determinação do sistema de produção mais adequado;

Estudar o crescimento/desenvolvimento e o potencial produtivo da cultura do girassol, com técnicas de conservação de água no solo aliado à fertilização orgânica.

CAPÍTULO 1

RESPOSTA FISIOLÓGICA DO GIRASSOL SUBMETIDO A TÉCNICAS DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA E ADUBAÇÃO ORGÂNICA

WANDERLEY, José Alberto Calado. **Resposta fisiológica do girassol submetido a técnicas de captação de água e adubação orgânica.** 2013. Dissertação (Mestrado Irrigação e Drenagem), Pós-Graduação Engenharia Agrícola, UFCG, Campina Grande-PB, Brasil.

RESUMO

O girassol apresenta grande potencial para a produção de matéria-prima utilizada na produção de biodiesel, podendo ser cultivado em diferentes condições edafoclimáticas, todavia, seu cultivo está limitado devido à baixa disponibilidade hídrica e à adubação inadequada, razão por que se objetivou avaliar os aspectos fisiológicos do girassol sob técnicas de captação de água e adubação orgânica no semiárido paraibano. O experimento foi realizado em condições de campo, em que plantas da cultivar EMBRAPA 122-V2000 foram cultivadas durante 84 dias em uma área localizada na Universidade Federal de Campina Grande, Campus de Pombal – PB. Foram testados vinte tratamentos resultante de esquema fatorial 4 x 5, quatro técnicas de cultivo: camalhão, sulco, bacias e uma testemunha (preparo convencional do solo) constituindo-se em técnicas de captação de água, combinadas a cinco níveis de esterco bovino (0 - 2,5 - 5 - 7,5 e 10 L m⁻²), em seis repetições disposto em DBC. Avaliaram-se, por meio de tensiômetros a umidade do solo, através de um medidor portátil mediram-se as trocas gasosas e, em laboratório foram quantificados: os pigmentos, potencial osmótico foliar e extravasamento de eletrólitos. Verificou-se que o sulco e a maior quantidade de esterco conservaram mais a umidade no solo, aos 30 DAS à fotossíntese e a condutância estomática no sulco apresentaram comportamento linear positivo; no entanto, nas bacias e no preparo convencional do solo responderam de forma quadrática, às quantidades de esterco. Na fase de enchimento dos aquênios os maiores valores de trocas gasosas foram observados para as plantas cultivadas nos sulcos e camalhões; no presente não houve efeitos do esterco, porém os teores de clorofila a, total e carotenoides, aumentaram respectivamente até 5,74 - 5,42 e 5 L m⁻² de esterco ocorrendo posteriormente, decréscimo em resposta às mais elevadas doses de esterco. O potencial osmótico do suco foliar tornou-se mais negativo e o aumento de extravasamento de eletrólitos com o aumento das quantidades de esterco no solo. O cultivo de girassol com uso de técnicas no preparo do solo, é mais promissor em sulcos intercalados aos camalhões, com linhas de plantio em ambas as técnicas, aplicando-se em torno de 10 L m⁻² de esterco e nas bacias quantidades entre 4 e 5 L m⁻²

Palavras-chave: esterco bovino, trocas gasosas, potencial osmótico.

CHAPTER 1

PHYSIOLOGICAL RESPONSE OF SUNFLOWER SUBMITTED TO CAPTURE TECHNIQUES OF WATER AND ORGANIC FERTILIZERS

WANDERLEY, José Alberto Calado. 2013. **Physiological response of sunflower submitted to capture techniques of water and organic fertilizers**. Dissertação (Mestrado Irrigação e Drenagem), Pós-Graduação Engenharia Agrícola, UFCG, Campina Grande-PB, Brasil.

ABSTRACT

The sunflower has a great potential for the production of raw material used in the production of biodiesel, which can be grown in different soil and climatic conditions, however, its cultivation is limited due to low water availability and inadequate fertilization, why was aimed to evaluate aspects physiological sunflower under water harvesting techniques, water and organic fertilization in semiarid Paraíba. The experiment was conducted under field conditions, where plants EMBRAPA 122-V2000 were grown for 84 days in an area located at the Federal University of Campina Grande, Campus de Pombal - PB. Twenty treatments were tested resulting in a factorial 4 x 5 four cultivation techniques: ridge, furrow, basins and control (conventional tillage) constituting a water harvesting techniques, combined with five levels of cattle manure (0 – 2,5 - 5 – 7,5 and 10 L m⁻²), arranged in six replicates DBC. It was assessed through tensiometer soil moisture through a portable meter were measured gas exchange and, in the laboratory were quantified: pigments, leaf osmotic potential and electrolyte leakage. It was found that the groove and the largest amount of manure retained more moisture in the soil at 30 DAS to photosynthesis and stomatal conductance in the crease linearly positive, however, basins and conventional tillage quadratic response, the amounts of manure. During the filling phase of the achenes higher values of gas exchange were observed for plants grown in the furrows and ridges, in this there were no effects of manure, but the contents of chlorophyll a, and total carotenoids increased respectively by 5,74 to 5,42 and 5 L m⁻² of manure occurring later decrease in response to higher doses of manure. The osmotic potential of the leaf juice has become more negative and the increase of electrolyte leakage with increasing amounts of manure in the soil. The sunflower cultivation with use of techniques in soil preparation, it is more promising to ridges in grooves interspersed with planting lines in both techniques, applying about 10 L m⁻² and manure basins amounts between 4 and 5 L m⁻².

Keywords: cattle manure, gas exchange, osmotic potential.

1.1. INTRODUÇÃO

A exploração comercial da cultura do girassol (*Helianthus annuus L.*) gira em torno da qualidade do óleo extraído dos aquênios, com destaque entre as mais importantes espécies fornecedoras de óleo do mundo (SOUZA, 2010; JESUS et al., 2011; SILVA et al., 2013). Empregado na produção de óleos comestíveis e por atender a uma promissora fonte de produção para o biodiesel (SOUZA, 2010). Entretanto, a produção de grãos no Brasil para atender a tais demandas ainda é insuficiente (OLIVEIRA et al., 2008).

Esta espécie apresenta capacidade de adaptação a diversos ambientes podendo tolerar altas e baixas temperaturas e estresse hídrico (LEITE et al., 2005; DUTRA et al., 2012; SILVA et al., 2013), seu desempenho agrônômico é pouco influenciado pela latitude, altitude e fotoperíodo (OLIVEIRA et al., 2011), o que confere, a esta cultura, características agrônômicas importantes podendo ser cultivadas em diversos sistemas de produção (DUTRA et al., 2012). Durante muito tempo o girassol foi considerado uma espécie de clima temperado mas o advento do melhoramento genético e de várias pesquisas, permite, hoje, altos rendimentos na região Nordeste (OLIVEIRA et al., 2008).

A região semiárida do nordeste brasileiro enfrenta, ao longo dos tempos, problemas relacionados ao manejo da água de chuva e à conservação do solo, com baixa ocorrência de chuvas e distribuição irregular no espaço e no tempo, havendo alta intensidade em períodos curtos. Configurando-se como fator limitante para as atividades agrícolas nesta região (SILVA, 2011; OLIVEIRA et al., 2012).

Em condições de déficit hídrico as plantas exibem, frequentemente, respostas fisiológicas que resultam, embora de modo indireto, na conservação da água no solo, como se estivessem economizando para períodos posteriores (SANTOS; CARLESSO, 1998). Uma das alternativas seria o sistema de captação de água *in situ* que consiste na modificação da superfície do solo de modo que o terreno entre as fileiras de cultivo sirva de área de captação. Esta área apresenta uma inclinação que intensifica o escoamento superficial ao mesmo tempo em que direciona a água para a porção do solo explorada pelo sistema radicular da planta (PORTO et al., 1990).

Conforme Laime (2012), técnicas de captação "*in situ*", visam evitar o escoamento superficial, direcionando a água diretamente para a área na qual se encontra o sistema radicular da planta, ocorrendo variação no conteúdo de água no solo em função do tipo de técnica. Aliado a essas técnicas, o uso de material orgânico pode favorecer a conservação da água visto que, com o uso frequente de resíduos orgânicos nas plantações, consegue-se, ao longo de alguns anos, a diminuição na aplicação de adubos minerais melhorando a qualidade

do solo os quais atuam, também como condicionadores do solo (SILVA, 2008). Para Fernandes et al., (2012) a utilização de esterco bovino é recomendada tanto para agricultores familiares como para grandes produtores, porém as limitações são referentes à disponibilidade e mão-de-obra. Os adubos orgânicos, sobremaneira o esterco, são amplamente utilizados nas propriedades agrícolas familiares da região semiárida paraibana, mas são quase inexistentes as informações científicas sobre o manejo desses diversos tipos de adubo orgânico (MARIN et al., 2007).

Vários índices fisiológicos estão relacionados ao uso da água pelas plantas, dentre eles a fotossíntese e a condutância estomática, que chamam mais a atenção, visto que um ajuste osmótico, tal como o fechamento dos estômatos permite às plantas escapar da desidratação e da perda do turgor pela manutenção do conteúdo de água nas células (ROZA, 2010).

Outros parâmetros comumente utilizados para se estudar o funcionamento do aparato fotossintético do girassol em condições de estresse hídrico, são os pigmentos fotossintetizantes (CARNEIRO, 2011). Nogueira et al., (2001), também sugerem o estudo de outras variáveis, como potencial hídrico, condutância estomática e transpiração foliar, que são mutuamente indicadores do desempenho dos vegetais diante do estresse hídrico.

Neste contexto objetivou-se estudar índices fisiológicos do girassol em função de técnicas de captação de água e adubação orgânica visando identificar tecnologias de produção agrícola para a região, com limitações hídricas.

1.2 MATERIAL E MÉTODOS

1.2.1 Localização e Caracterização da Área

O experimento foi conduzido em condições de campo, entre os meses de abril e julho de 2012, em uma área localizada no Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar (CCTA), campus de Pombal – PB (Figura 1) pertencente à Universidade Federal de Campina Grande, localizada sob as seguintes coordenadas geográficas: latitude $6^{\circ} 47' 52,15''$ S e longitude $37^{\circ} 48' 10''$ W, a uma altitude de 185 m segundo a classificação de Koppen (1984), o clima predominante da região é do tipo BSh, ou seja, semiárido quente e seco, apresentando um período de chuvas irregulares entre os meses de fevereiro a junho e um período de seca entre os meses de julho a janeiro com precipitação média de 750mm e evapotranspiração média anual de 2000mm.

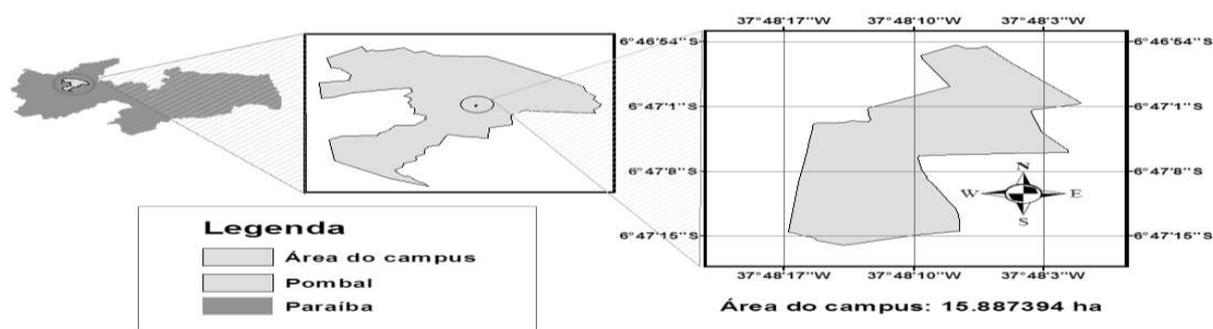


Figura 1. Mapa de localização da área de estudo, Pombal, PB 2012.

1.2.2 Tratamentos e Delineamento Experimental

Os tratamentos resultaram da combinação de dois fatores: Técnicas de preparo do solo par captação de água, sendo quatro: **(TS)** Sulco, **(TC)** Camalhão, **(TB)** Bacia e **(PC)** Plantio Convencional (testemunha); no segundo fator estudou-se a adubação orgânica em cinco doses de esterco bovino ($0,0 - 2,5 - 5,0 - 7,5 - 10L m^{-2}$) distribuídos na linha de plantio. Adotou-se o delineamento experimental de blocos casualizados arranjados em esquema fatorial 4×5 , resultando em vinte tratamentos com seis repetições, totalizando 120 parcelas experimentais que mediam 2×3 m, com $6 m^2$ cada uma, perfazendo uma área total de $720 m^2$. As parcelas foram formadas de seis linhas de 2 m, sendo consideradas como área útil oito plantas centrais da parcela ocupando $2m^2$.

Em janeiro de 2012 foram coletadas, antes do preparo do solo, amostras para caracterização química e física (Tabela 1) da área experimental retirando-se amostras de uma

profundidade de 0 a 20 cm e submetidas às análises de acordo com a metodologia proposta pela (EMBRAPA, 1997).

Tabela 1: Atributos físico-hídricos e químicos do solo utilizado no experimento, com amostras coletadas na profundidade de 0 – 20 cm , Pombal-PB, 2012.

FÍSICO - HÍDRICAS	Valor	QUÍMICAS	Valor
Granulometria (%)		Complexo sortivo (meq 100 g⁻¹)	
Areia	80	Cálcio (Ca ²⁺)	3,34
Silte	14,06	Magnésio (Mg ²⁺)	1,66
Argila	5,49	Sódio (Na ⁺)	0,06
Classificação Textural	Areia Franca	Potássio (K ⁺)	0,44
Densidade do Solo g cm ⁻³	1,48	Fosforo Assimilável (mg 100g⁻¹)	5,43
Densidade de Partículas g cm ⁻³	2,64	Nitrogênio (%)	0,04
Porosidade (%)	43,94	Extrato de Saturação	
Umidade (%)		pH _{ps}	6,34
Natural	3,03	CE _{es} (dS m ⁻¹)	0,6
0,1 atm	20,33	Cloreto (meq L ⁻¹)	3
0,33 atm	17,11	Carbonato (meq L ⁻¹)	0
1,0 atm	7,91	Bicarbonato (meq L ⁻¹)	3
5,0 atm	3,97	Sulfato (meq L ⁻¹)	Ausência
10,0 atm	3,57	Cálcio (Ca ²⁺) (meq L ⁻¹)	1,37
15,0 atm	3,43	Magnésio (Mg ²⁺) (meq L ⁻¹)	3,38
Água Disponível	16,9	Sódio (Na ⁺) (meq L ⁻¹)	0,54
		Potássio (K ⁺) (meq L ⁻¹)	0,74

Fonte: Laboratório de Irrigação e Salinidade, UFCG, Campina Grande -PB

Após o preparo do solo, que consistiu de uma aração e gradagem de nivelamento, foram confeccionadas técnicas de captação de água *in situ*, sendo assim descritas:

Sulcos (TS): confeccionados manualmente com auxílio de uma enxada, com extensão de 4 m, fechados em suas extremidades seguindo as curvas de nível do terreno, as quais foram alocadas com uso de um nível de mangueira, com 1 m de distância entre sulcos;

Camalhões (TC): alocados de maneira intercalar aos sulcos, deste modo, distância também de 1,0 m, conforme Figura 2 A; sua confecção foi realizada também manualmente, perfazendo camalhões com altura de 0,4 m em média e comprimento de 4 m;

Bacias (TB): confeccionadas manualmente por meio da construção de pequenos diques quadrados, gerando áreas de captação de 1m², de acordo com a Figura 2 B. O solo para confecção das bacias foi retirado da área de cultivo seguindo as curvas de nível do terreno.

Plantio Convencional (PC): semeadura em solo sem a construção de estrutura de contenção de água e solo, conforme a Figura 2 C.

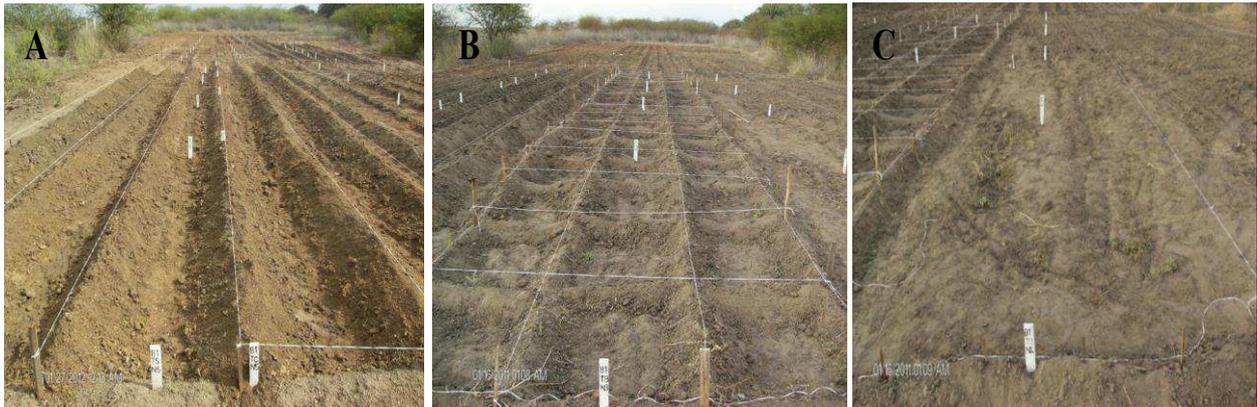


Figura 2. Preparo do solo em técnicas de captação de água *in situ*, (A) Sulcos intercalados a Camalhães, (B) Bacias e (C) Plântio Convencional, Pombal, PB 2012

Com a realização do preparo do solo e a confecção dos sulcos, camalhões e bacias, distribuiu-se o material orgânico na forma de esterco bovino, conforme níveis avaliados, na Tabela 2 se encontram dispostos às quantidades de esterco distribuídas na linha de plantio, para cada nível estudado, e o total geral usado em toda a área experimental.

Tabela 2. Quantidade de esterco necessária em cada nível do fertilizante estudado. Pombal, PB, 2012

Níveis (L m ⁻²)	Nº de Técnicas + Testemunha	Nº de Blocos	Área da Parcela (m ²)	Espaçamento entre linhas (m)	Esterco (L m ⁻¹)	Total (L)
0	4	6	6	0,5	0,0	0,0
2,5	4	6	6	0,5	1,25	360
5,0	4	6	6	0,5	2,5	720
7,5	4	6	6	0,5	3,75	1080
10	4	6	6	0,5	5	1440
Total (L)						3600

O esterco, por sua vez, foi aplicado na linha de cultivo, com posterior incorporação a uma profundidade de 20 cm, permanecendo em pousio até a data de plantio, 60 dias após o preparo inicial. Na Tabela 3 estão os resultados da análise química e física do esterco.

Tabela 3. Características físico-químicas do esterco bovino. Pombal, PB, 2012

Químicas											Físicas		
pH	CE	P	K ⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺	H ⁺ + Al ³⁺	SB	PST	MO	Da	Dp	P
	dS m ⁻¹	mg dm ⁻³	----- cmol _c dm ⁻³ -----				----- % -----		g kg ⁻¹		g cm ⁻³	%	
7,98	1,84	15	22,12	2,9	3,8	10,87	0	39,69	27,38	38	0,46	1,54	70

Realizou-se a semeadura direta do girassol no dia 25 de abril com três sementes por cova, em um espaçamento de 0,5 m entre linhas e 0,5 m entre covas, usando-se a variedade EMBRAPA 122-V2000, segundo dados EMBRAPA, esta cultivar pode atingir, em média, de

1.741 kg ha⁻¹ de produtividade e teor médio de óleo de 43,5%, ao final da fase de emergência, quinze dias após a semeadura, realizou-se o desbaste deixando-se uma planta em cada cova promovendo uma densidade de 4 plantas em cada m², ou 40.000 plantas ha⁻¹ (ACOSTA, 2009). Desta forma, as plantas foram dispostas em linhas, sendo nos camalhões na parte mais superior dessa estrutura, no centro do sulco, em cada bacia foi cultivadas quatro plantas.

1.2.3 Monitoramento dos Fatores Climáticos

Os dados climáticos diários foram medidos às 9:00 horas da manhã na área experimental, por meio de um aparelho portátil THAL-300 Termo-higrômetro, luxímetro e anemômetro digital foram medidas a 2m de altura, as temperaturas máxima, mínima e média do ar, a umidade relativa do ar e a velocidade do vento, para o monitoramento das precipitações foi instalado um pluviômetro a 2 m de altura na área. Na Tabela 4, se encontram os valores médios dos fatores climáticos em cada fase fenológica da cultura, registrados na área experimental durante todo o ciclo da cultura.

Tabela 4: Duração das fases fenológicas, e médias para temperatura do ar: máxima (Tmax), mínima (Tmin), média (Tmed), umidade relativa do ar (UR) e velocidade do vento a 2m de altura (WS), observadas para cada fase fenológica da cultura do girassol, Pombal-PB, 2012

Fases	Duração (Dias)	Tmax	Tmin (°C)	Tmed	UR (%)	WS (m s ⁻¹)
I - Inicial	15	32,45	23,5	27,97	48,03	1,61
II - D. vegetativo	25	33,40	23,8	28,60	46,53	1,30
III - Floração	20	31,89	22,9	27,39	48,52	1,41
IV- M. fisiológica	24	29,16	22,4	25,78	54,14	1,97
Ciclo	84	31,73	23,15	27,44	49,30	1,57

O desenvolvimento do girassol da semeadura até a maturação fisiológica ocorreu em 84 dias, período durante o qual se observou as alterações morfofisiológicas (Fases de desenvolvimento da planta), adotando uma escala de identificação das fases fenológicas de acordo com (SCHNEITER; MILLER, 1981), para o manejo adequado da cultura.

1.2.4 Manejo da Irrigação

Com o intuito de atender à necessidade hídrica da cultura, por motivo da não ocorrência das chuvas na região, instalou-se um sistema de irrigação por aspersão convencional fixo (figura 3) composto por uma linha lateral de tubulação de 32 mm, cinco aspersores (modelo NY 34 da Agropolo) instalado a 1m de altura, arranjado em um

espaçamento de 12m x 12m; desta forma, os cinco aspersores atenderam à área ocupada pelo experimento. Para avaliação do sistema, utilizaram-se duas linhas de coletores, paralelas à linha de aspersores, cujos coletores mediam 100 mm de diâmetro; com uso de uma proveta quantificou-se o volume coletado em cada coletor, sendo possível encontrar a lâmina média aplicada (mm), como também a intensidade média de aplicação (mm h^{-1}).

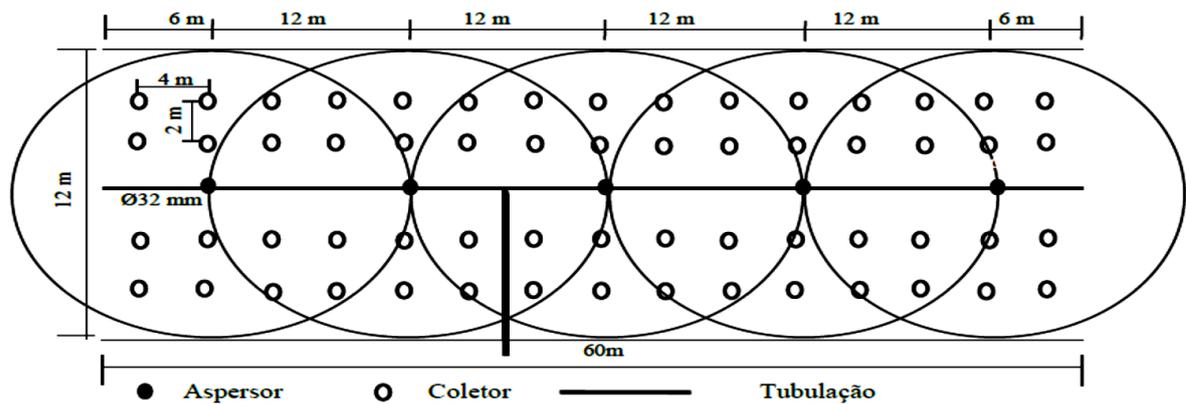


Figura 3. Sistema de Irrigação por aspersão convencional e coletores usados na quantificação das lâminas de salvação aplicadas durante o experimento.

Para o manejo da irrigação tomaram-se como base os valores de evapotranspiração de referência do local (ETo) como os dados climáticos (Tabela 4), observados durante o experimento o que não possibilitou o cálculo da ETo pela equação padrão de Penman-Monteih adotou-se o método de Hargreaves & Samani, necessários dados de temperatura e radiação no topo na atmosfera, este tabelado em função da latitude do local e do dia do mês. Ressalta-se que este método tende a superestimar o valor da Eto , principalmente em regiões úmidas, que não é caso (MANTOVANI et al., 2009), contudo em estudos realizados na região de Mossoró-RN, por Santos et al., (2010), foi analisada, uma série de dados referentes a 38 anos, comparando-se 10 métodos empíricos usados na determinação da ETo ; com o método padrão de Penman-Monteih, conclui-se que o método de Hargreaves & Samani, apresentou melhor resultado de aproximação para a metodologia padrão, desse modo, utilizou-se, então a seguinte equação:

$$ETo = 0,0023Ra (Tmáx - Tmín)^{0,5} (Tmed + 17,8) \text{ Eq.(1)}$$

em que: $Tmáx$, $Tmín$ e $Tmed$, em $^{\circ}\text{C}$ representam, respectivamente, as temperaturas, máxima, mínima e média e Ra é a radiação solar no topo da atmosfera (mm dia^{-1}).

Para o cálculo das lâminas de irrigação, tornou-se oportuno determinar a evapotranspiração real da cultura (ETc), através do produto entre a ETo e o coeficiente de cultivo (Kc), com este foram adotado os valores determinados por Acosta (2009), para cada

fase da cultura. Considerando uma eficiência de aplicação em 75% para o sistema, tem-se na tabela 5 o manejo da irrigação para cada fase da cultura, salientando-se que na fase inicial as irrigações foram realizadas diariamente, já a partir da fase de crescimento vegetativo (Fase II), com o intuito de condicionar a planta a uma condição de estresse, adotou-se um turno de rega com intervalos de aplicação para 7 dias, na ocorrência de chuvas, as lâminas foram aplicadas de modo a compensar o déficit resultante entre a evapotranspiração e precipitação.

Tabela 5: Coeficiente de cultivo (kc), Evapotranspiração de referência (ET_o)(mm), Evapotranspiração real (ET_c)(mm), Lâmina de irrigação (Li) (mm), Pluviosidade (P)(mm) e Lâmina Total (L_{total}) (mm) acumuladas para cada fase fenológica e ao longo dos 84 dias de cultivo do girassol, Pombal-PB, 2012

Fases	Duração (Dias)	Kc	ET _o	ET _c	Li	P	L _{total}
			(mm)				
I - Inicial	15	0,61	64,37	39,26	52,35	0	52,35
II - D. vegetativo	25	0,87	91,81	79,87	104,46	2,03	106,49
III - Floração	20	0,83	93,56	77,66	96,92	6,62	103,54
IV-M. fisiológica	24	0,77	79,16	60,95	63,79	17,48	81,27
Ciclo	84		328,9	257,74	317,52	26,14	343,65

O manejo nutricional foi realizado com base na Tabela 1, seguindo-se recomendações de Leite et al., (2007), como fonte de Nitrogênio aplicou-se uréia, P o fosfato monoamônio (MAP) e de K o sulfato de potássio. Procederam-se durante a condução do experimento, sempre que necessário, os tratamentos culturais e os controle fitossanitário.

1.2.5 Avaliações

As avaliações se referem à conservação da umidade do solo, aos índices fisiológicos de forma não destrutiva (trocas gasosas) e destrutiva (pigmentos, potencial osmótico das folhas e extravasamento de eletrólitos).

1.2.5.1 Conservação da Umidade do Solo

As observações para conteúdo de água no solo, foram realizadas diariamente, por meio de tensiometria, através de 60 tensiômetros instalados a 20 cm de profundidade, com manômetro de mercúrio e auxílio de uma régua graduada em centímetro, com mercúrio disposto acima do nível do solo, cada aparelho respondeu por duas parcelas de tratamentos similares, para isto, as parcelas foram arranjadas de forma paralela em blocos diferentes, assim, os resultados desta variável foram analisadas estatisticamente em 3 blocos (repetições)

e apresentados em valores médios de umidade à base de peso para cada fase fenológica da cultura em estudo. Os procedimentos para o manejo operacional dos tensiômetros foram realizados com base em AZEVEDO; SILVA, (1999) e as leituras foram realizadas em centímetros, em seguida, calculou-se a tensão de umidade no solo com base na equação 2.

$$Tas = 12,6H - h_1 - h_2 \text{ Eq.(2)}$$

onde: Tas = tensão de água no solo (cm H_2O); H = elevação da coluna de mercúrio (cm); h_1 = altura entre o nível do mercúrio no reservatório e a superfície do solo (cm) e h_2 = distância entre o solo e o meio da cápsula porosa (cm).

Os resultados obtidos em (cm H_2O) centímetros de coluna d'água foram ajustados à equação da curva característica do solo (Figura 4), obtendo-se os valores para umidade (%) do solo em base de peso.

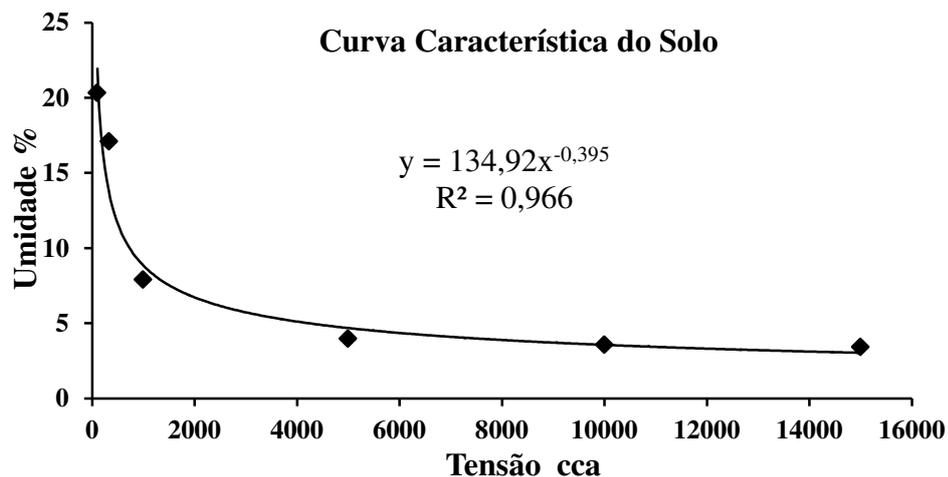


Figura 4. Curva Característica do solo, utilizada na determinação da umidade, nos tratamentos estudados, Pombal-PB, 2012.

1.2.5.2 Trocas Gasosas

Durante o experimento foram realizadas duas avaliações; sendo a primeira aos 30 dias após a semeadura (DAS), quando a cultura se encontrava na fase de desenvolvimento vegetativo e a segunda aos 69 (DAS) no estágio de maturação fisiológica. Medições pontuais foram realizadas entre 7 e 10 horas, em folhas totalmente expandidas e completamente formadas de duas plantas por parcela; as leituras foram feitas com um medidor de trocas gasosas IRGA – LCPro+ (Analytical Development, Kings Lynn, UK), mensurando-se as seguintes variáveis: Fotossíntese (A) ($\mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$); Concentração interna de CO_2 (C_i)

(mmol de CO₂ m²); Transpiração (E) (mmol de H₂O m⁻² s⁻¹) e condutância estomática (gs) (mol de H₂O m⁻² s⁻¹); a partir desses dados calculou-se, pela razão entre a fotossíntese e a transpiração (A/E) a Eficiência instantânea no uso da água (EUA) [(μmol m⁻² s⁻¹) (mol H₂O m⁻² s⁻¹)⁻¹] e, pela relação A/Ci obteve-se a eficiência intrínseca da carboxilação (EICi) [(μmol m⁻² s⁻¹) (mmol de CO₂ m²)⁻¹].

1.2.5.3 Determinação dos Pigmentos

Discos foliares (oito discos 1,2 cm de diâmetro para cada amostra) foram coletados aos 60 DAS, de folhas completamente formadas e inseridas na terceira inserção superior; os discos foram acondicionados em papel alumínio separados por parcelas e transportados em uma caixa térmica até o laboratório de Fisiologia Vegetal do CCTA, onde foram armazenados a temperatura de 5 °C . Os discos foram macerados em almofariz com 0,2 g de carbonato de cálcio (CaCO₃) e cerca de 5 ml de acetona a 80% , lavando-se o resíduo do almofariz três vezes, com 4 ml de acetona a 80%, em seguida, o extrato foi filtrado em papel filtro diretamente num balão volumétrico de 25 ml (envolvido com papel alumínio); finalizando toda a filtragem, completou-se o volume do balão para 25 ml. A absorvância (ABS) das amostras foi registrada em espectrofotômetro (Thermo Scientific GENESYS 20) durante três repetições em cada faixa de 470, 646, e 663 nm, tendo-se os teores de clorofila e carotenoide de acordo com Lichthenthaler (1987), pela utilização das equações abaixo:

$$\text{Clorofila total (Ct) (mg L}^{-1}\text{)} = 17,3 \text{ ABS}_{646} + 7,18 \text{ ABS}_{663} \text{ Eq.(3)}$$

$$\text{Clorofila (Ca) (mg L}^{-1}\text{)} = 12,21 \text{ ABS}_{663} - 2,81 \text{ ABS}_{646} \text{ Eq.(4)}$$

$$\text{Clorofila (Cb) (mg L}^{-1}\text{)} = 20,13 \text{ A}_{646} - 5,03 \text{ ABS}_{663} \text{ Eq.(5)}$$

$$\text{Carotenoides totais (mg L}^{-1}\text{)} = (1000 \text{ ABS}_{470} - 1,82 \text{ Ca} - 85,02 \text{ Cb}) / 198 \text{ Eq.(6)}$$

Os resultados foram convertidos para g m⁻² em função da área dos discos foliares salientando-se que todos esses procedimentos foram realizados na ausência de luz.

1.2.5.4 Potencial Osmótico

Para determinação do ψs potencial osmótico fez-se uso do método crioscópio, ou ponto de congelamento do sulco celular, obtido através da prensagem de cinco folhas coletadas em cada parcela experimental e acondicionadas em sacos plásticos completamente fechados, transportados para laboratório e armazenados na temperatura de 5 °C; para extração do sulco celular, as amostras foram colocadas em tubos para uma centrifugação a 10000 rpm

durante 10 minutos; o ponto de congelamento das amostras foi determinado através da leitura de alíquotas de 5 ml em osmômetro microprocessador (PZL 1000) encontrando-se dessa forma a osmolalidade da amostra em $\text{mOsm kg}^{-1} \text{H}_2\text{O}$ sendo convertido em MPa (Mega pascal) de acordo com (BAGATTA et al., 2008) através da equação 7.

$$\psi_s (\text{MPa}) = - C (\text{mOsmol/kg}) \times 2.58 \times 10^{-3} \text{ Eq.}(7)$$

onde: ψ_s (MPa)= Potencial osmótico e - C= osmolalidade da amostra encontrada na leitura do osmômetro.

1.2.5.5 Extravasamento de Eletrólitos

Para avaliação de danos celulares foi utilizada a técnica do extravasamento de eletrólitos (BAJJI et al., 2001). No início da maturação fisiológica (60 DAS) foram coletados, no campo, 8 discos foliares com diâmetro de 1,2 cm cada um, posteriormente transportados para o laboratório, onde foram lavados imediatamente com água destilada visando à retirada do conteúdo das células rompidas durante a remoção e de outros eletrólitos aderidos aos folíolos. Após a lavagem os discos foram secados em papel absorvente e colocados em beckers contendo 25 ml de água destilada a 25°C, por 4h; após este período com condutivímetro (Condutivímetro bancada mCA 150) a condutividade elétrica foi medida (C1) e os beckers com os discos foram colocados em estufa a 90°C, por 2 horas; em seguida, o equilíbrio da temperatura, a condutividade elétrica máxima, foi medida (C2) e o extravasamento de eletrólitos (E) calculado através da equação 8.

$$E = (C1/C2) \times 100 \text{ (8)}$$

1.2.5.6 Análise dos Dados

Os dados obtidos foram submetidos às análises de variância e, em caso de efeito significativo em função das técnicas, procedeu-se ao teste de Tukey; já para o fator estercos e interações, as regressões polinomiais (linear e quadrática), com base em metodologia contida em FERREIRA (2000).

1.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

1.3.1 Conservação da umidade do solo

Com base na análise de variância (Tabela 6) constatou-se, ao se estudar isoladamente os fatores: técnicas de captação de água (sulco, camalhões, bacias e plantio convencional) e níveis de esterco ($L m^{-2}$), que os mesmos indicaram efeito significativo pelo teste de F a nível ($p < 0,01$), ao longo de todo o ciclo da cultura; desta forma, referidos resultados ratificam os encontrados por Leite et al., (2012), ao avaliarem a umidade do solo em sistema de captação de água na cultura do girassol, no semiárido Paraibano, em totais condições de sequeiro; porém, a interação não proporcionou mudanças significativas na umidade do solo, em nenhuma das fases da cultura; no entanto, realizou-se o desdobramento da interação foi realizado, devido aos fatores de forma isolados, foi altamente significativo e o grau de liberdade da interação muito alto (PERECIN; CARGNELUTTI FILHO, 2008).

Tabela 6: Resumo da análise de variância para, Umidade (%) média obtida em cada fase fenológica, através da Tensiometria em função das técnicas de captação de água *in situ* (Técnicas) e níveis de esterco (Adubação orgânica) para a cultura do Girassol, Pombal, PB, 2012

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios			
		Umidade (%)			
		Fase I	Fase II	Fase III	Fase IV
Técnicas	3	51,0036**	43,6411**	21,2837**	9,3423 **
Esterco	4	24,6371**	10,2248**	18,8924**	10,7379**
Linear	1	87,6344**	37,9821**	72,5528**	42,6378**
Quadrática	1	5,2848 ^{ns}	0,8517 ^{ns}	2,57156 ^{ns}	0,09020 ^{ns}
Desvio de regressão	2	3,5095	1,1047	0,7047	0,0380
Bloco	2	0,4038	0,5650	3,1336	2,3409
Técnicas*Esterco	12	1,9753 ^{ns}	1,3373 ^{ns}	1,2679 ^{ns}	1,4859 ^{ns}
Resíduo	38	1,8002	3,6027	2,0982	1,85667
CV %		7,10	12,69	10,54	9,25
Média		16,560	14,957	13,7423	14,730

* e ** = significativo a $p < 0,05$ e $p < 0,01$ pelo teste de F, respectivamente, ns = não significativo a $p < 0,05$,

As técnicas de captação de água consistem na modificação da superfície do solo, de tal maneira a formar estruturas capazes de aumentar a captação de água nas áreas que contêm plantas ou entre elas (LAIME, 2012), diminuindo, todavia, o escoamento superficial aumentando o tempo de oportunidade de infiltração. De acordo com Santos et al., (2011) o escoamento superficial tende a aumentar com o aumento da umidade de solo diminuindo, conseqüentemente, a taxa de infiltração. Por ser de fundamental importância, o uso de técnicas de captação para um aproveitamento melhor da água pelas plantas, a água é captada de forma mais eficiente, seja pela chuva ou pela irrigação e, em contrapartida, disponibilizada para as plantas.

Verifica-se, na Figura 5, em uma análise detalhada para as médias de umidade do solo em função das técnicas de conservação de água em cada fase da cultura e que, na fase inicial (Figura 5 A), foram encontradas as maiores médias de umidade em relação às demais, apesar de que neste período não houve chuvas, mas se pode associar esses resultados ao turno de rega adotado para irrigação de salvação, no qual a lâmina foi repostada diariamente; apesar disto, entre as técnicas, os sulcos de cultivo apresentaram o maior conteúdo de água, com médias de 19,92, 17,38, 14,89 e 15,25 % de umidade, respectivamente nas fases inicial (emergência), vegetativa, floração e maturação fisiológica (Figura 5 A B C D). Confirmando os resultados registrados por Brito et al., (2007), ao monitorarem a umidade do solo para um sistema de captação de água da chuva no desenvolvimento do milho, observaram os maiores valores de umidade em sulcos barrados. .

Quando analisados dentro de cada estágio fenológico da cultura, observou-se que os valores de umidade obtidos em função das quantidades de esterco se comportaram de forma diferenciada, quando estudados em função das técnicas; na (Figura 5 A B C), os valores de umidade observados na técnica do tipo bacia se apresentaram de forma quadrática em relação às doses de esterco o que, possivelmente, pode ter sido influenciado pela relação entre a quantidade de esterco e o solo, neste tratamento, pois no processo de confecção desta técnica retirou-se solo para formação dos diques e à medida que a quantidade esterco aumentou, pode ter ocorrido uma drenabilidade maior da água para as camadas mais profundas.

Ainda em se tratando do efeito do esterco para os valores de umidade, dentro do sulco, verifica-se que a regressão linear foi o modelo que melhor se ajustou ao comportamento dos dados significativos a ($p < 0,01$), em todos os estágios (Figura 5 A, B, C e D); na fase inicial (A) foi observada a maior média de 20,42% de umidade em função da maior dose de esterco; esses resultados ainda podem estar relacionados com o manejo de irrigação para esta fase da cultura mencionada anteriormente. Tais resultados confirmam os observados por Silva et al., (2004), que estudando o efeito de doses de esterco bovino nas quantidades (0- 8-16- 4- 32 e 40 t ha⁻¹), na retenção de água nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm, em um solo cultivado com milho sob uma reposição diária da lâmina em função da evapotranspiração, observaram que o esterco aumentou linearmente a retenção de umidade, porém nas maiores profundidades a retenção foi maior.

Desta forma, o aumento da umidade se deve ao papel do esterco no solo melhorando suas propriedades físicas que, provavelmente, contribuem para o incremento da matéria orgânica e para a formação de agregados, através da ação cimentante entre as partículas de solo (TRINCA, 1999; SILVA et al, 2004; FREITAS ; SOUZA, 2009). Segundo Santana et

al., (2012) a aplicação de matéria orgânica no solo proporciona elevado crescimento e desenvolvimento dos vegetais, beneficiando ainda as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo; entretanto, os sulcos se comportaram como a técnica de melhor eficiência na captação e manutenção da umidade, proporcionando um aumento da umidade na ordem de 30.28, 31.31, 20.46 e 11.87, respectivamente, em relação aos camalhões nas quatro fases da cultura, que foi o tratamento de menor eficiência para manutenção da umidade. Leite et al., (2012) encontraram, estudando, através do método padrão da estufa, o comportamento da umidade do solo em sistema de captação de água *in situ*, resultados bastante semelhantes, avaliando a umidade no período chuvoso. O conteúdo da umidade do solo pode estar diretamente associado à profundidade podendo variar de acordo com a mesma e em função das técnicas de captação e conservação.

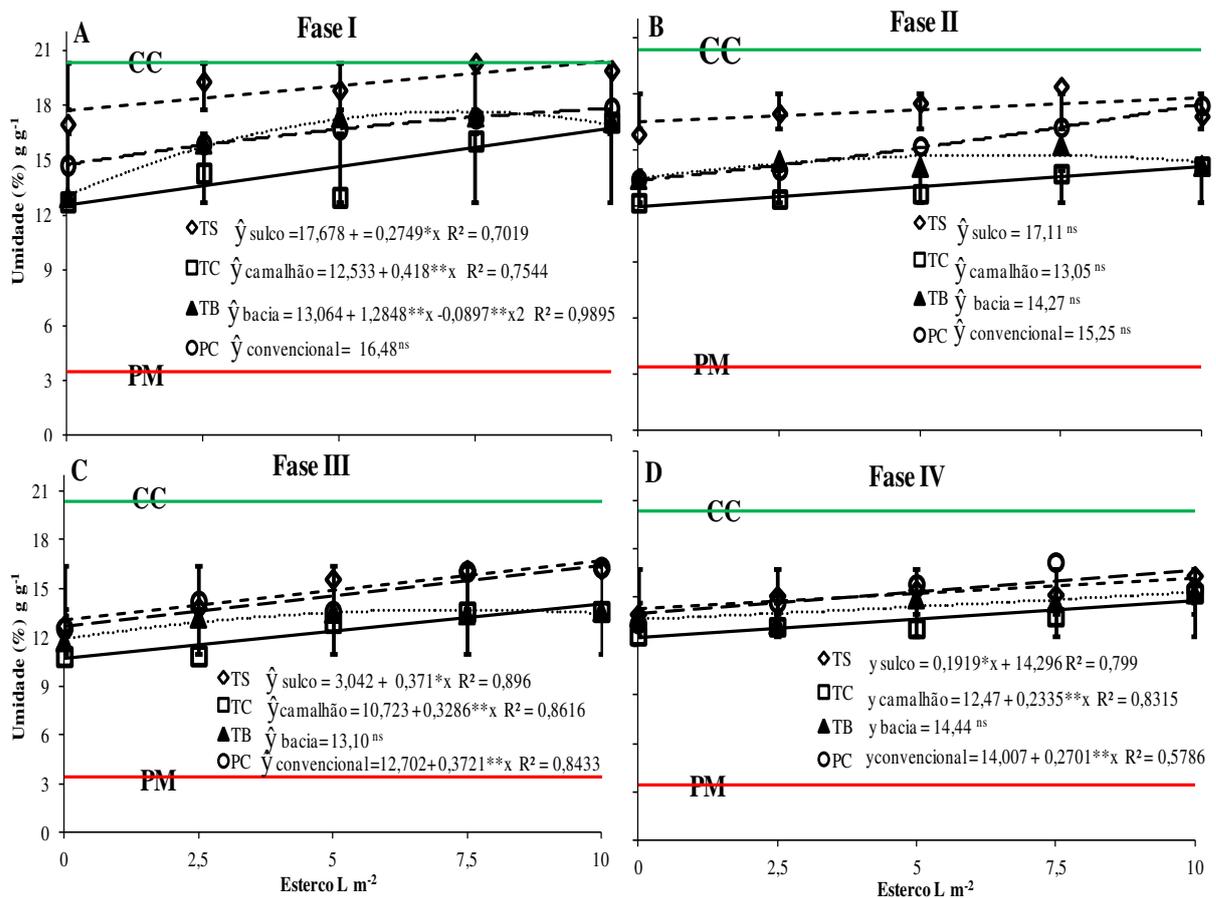


Figura 5: Desdobramento para os valores de umidade do solo por tensiometria, através da análise de Regressão para os Níveis de Esterco estudados dentro de cada Técnica de Captação de Água *in situ*, Sulco, Camalhão, Bacia e Plantio Convencional, em cada Fase fenológica, Fase I (A), Fase II (B), Fase III (C) e Fase IV (D), cultura do Girassol, Pombal, PB, 2012

Neste sentido Laime (2012) constatou, ao estudar o comportamento da umidade em função de um sistema de captação de água “*in situ*” no período chuvoso e em diferentes

profundidades (10 e 50 cm), que na parte superficial o tratamento com maior disponibilidade de água foi aquele cuja linha de plantio foi a base do camalhão; entretanto, a 50 cm os sulcos proporcionaram as maiores médias de umidade.

Com relação aos sulcos que acumularam mais água em todas as épocas avaliadas, este evento se deve ao fato de que as barreiras formadas nos camalhões das linhas de plantio estão ao lado dos sulcos, inibindo o escoamento superficial da água, aumentando a infiltração e, em consequência, menores perdas de água e de solo (BRITO et al., 2011).

1.3.2 Trocas Gasosas

Constatou-se, através da análise de variância para as trocas gasosas aos 30 DAS (Tabela 7), que as variáveis concentração interna de CO₂ (Ci) (mmol de CO₂ m⁻²), eficiência instantânea no uso da água (EUA) (A/E) [(μmol m⁻² s⁻¹) (mmol H₂O m⁻² s⁻¹)⁻¹] e eficiência intrínseca da carboxilação (EICi) (A/Ci) [(μmol m⁻² s⁻¹) (mmol de CO₂ m⁻²)⁻¹] não foram influenciadas pelas fontes de variações estudadas; mesmo assim, o efeito foi significativo (p<0,01) da interação entre as técnicas de captação de água e os níveis de esterco (L m⁻²), para a fotossíntese (A) (μmol de CO₂ m⁻² s⁻¹) e condutância estomática (gs) (mol de H₂O m⁻² s⁻¹); todavia, ocorreu diferença (p<0,01) na transpiração entre as técnicas.

Tabela 7 : Resumo da análise de variância para a Fotossíntese (A) (μmol de CO₂ m⁻² s⁻¹), Transpiração (E) (mmol de H₂O m⁻² s⁻¹), Condutância estomática (gs) (mol de H₂O m⁻² s⁻¹), Concentração interna de CO₂ (Ci) (mmol de CO₂ m⁻²), Eficiência instantânea no uso da água (EUA) [(μmol m⁻² s⁻¹) (mmol H₂O m⁻² s⁻¹)⁻¹] e Eficiência intrínseca da carboxilação (EICi) (A/Ci) [(μmol m⁻² s⁻¹) (mmol de CO₂ m⁻²)⁻¹] medida aos 30 dias em função das técnicas de captação de água *in situ* (Técnicas) níveis de esterco para a cultura do Girassol, Pombal, PB, 2012

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios					
		A	E	gs	Ci	EUA	EICi
Técnicas	3	7,2305 ^{ns}	1,0956 ^{**}	0,0106 ^{ns}	535,2750 ^{ns}	0,8393 ^{ns}	0,0007 ^{ns}
Esterco	4	5,1686 ^{ns}	0,4402 ^{ns}	0,0155 ^{ns}	488,7208 ^{ns}	1,25702 ^{ns}	0,0003 ^{ns}
Linear	1	1,8726 ^{ns}	0,8712 ^{ns}	0,0611 ^{ns}	1292,7041 ^{ns}	2,4655 ^{ns}	0,0001 ^{ns}
Quadrática	1	18,0885 ^{ns}	0,2315 ^{ns}	0,0003 ^{ns}	600,0029 ^{ns}	1,4149 ^{ns}	0,0012 ^{ns}
Desvio de regressão	2	0,3566	0,3290	0,0004	31,0880	0,5738	0,000024
Bloco	5	39,0099	1,1910	0,1911	1147,5083	5,5425	0,0003
Técnicas*Esterco	12	12,5157 ^{**}	0,1759 ^{ns}	0,0217 ^{**}	425,6152 ^{ns}	0,6919 ^{ns}	0,0007 ^{ns}
Resíduo	95	4,7373	0,1886	0,0064	335,3679	0,5260	0,0005
CV %		7,94	8,58	14,25	9,64	13,23	15,66
Média		27,4033	5,0614	0,5645	189,8916	5,483	0,1464

* e ** = significativo a p<0,05 e p<0,01 pelo teste de F, respectivamente, ns = não significativo a p<0,05

A água é um fator fundamental à produção das culturas, sobretudo para as culturas exploradas no semiárido do Brasil, é provável que as técnicas usadas tenham proporcionado condições diferenciadas de umidade no solo e, assim, influenciado as trocas gasosas das plantas de girassol. Na ausência de literatura contendo resultados de pesquisa para trocas

gasosas de culturas para um sistema de captação de água, os resultados a seguir serão discutido e fundamentados com base no conteúdo de água no solo (ALVINO et al., 2012, LEITE et al., 2012).

Verifica-se, nas Figuras 6 e 7, que as técnicas apresentaram comportamento diferenciado em função dos níveis de esterco estudado, quando se mensurou a fotossíntese (A) e a condutância estomática (gs) aos 30 DAS, o desdobramento da interação indicou efeito significativo para os camalhões e preparo convencional do solo (figura 6 B, D), todavia, quando as plantas cultivadas nos camalhões foram analisadas, as quantidades de esterco proporcionaram aumento significativo na fotossíntese, de forma linear positiva ($P < 0,05$); as plantas que receberam o esterco na dose 10 L m^{-2} , apresentaram taxa fotossintética média, de $28,036 \mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, gerando um incremento na ordem de $8,68 \%$ em relação às plantas cultivadas nos camalhões que não receberam nenhum tratamento com esterco, apesar do camalhão se constituir na técnica que menos conservou água no solo (Figura 4), quando comparado com as demais; contudo, o crescimento linear da fotossíntese em função do aumento do esterco observado nesta técnica pode estar relacionado ao advento do esterco que proporcionou acréscimo no suprimento de água no solo (Figura 5). Este fato pode ser explicado pela influência da disponibilidade hídrica no solo aumentando a condutância estomática (Figura 7B), devido, possivelmente, à manutenção do potencial hídrico foliar e, conseqüentemente, a turgescência das células guardas (MARENCO; LOPES, 2009, CARNEIRO, 2011).

Desta forma, os estômatos permanecendo abertos por períodos mais longos captando mais CO_2 e elevando as taxas de assimilação de CO_2 (TAIZ; ZEIGER 2009, LARCHER, 2000, MARENCO; LOPES, 2009, CASTRO et al., 2005). Como o processo de confecção dessa técnica leva o solo a condições estruturais, com maior aeração e menor impedimento físico ao desenvolvimento radicular com condições aeróbica mais favorável para respiração das raízes, apresenta, também, capacidade drenagem superiores às demais técnicas em estudo, sendo de relevante importância na remoção de sais concentrados na zona radicular.

Na fotossíntese em plantas cultivadas na linha de plantio convencional, sem estrutura de captação de água, o modelo de regressão quadrático (Figura 6 D) foi o de melhor ajuste aos resultados sendo significativo a nível ($p < 0,01$); extraindo a derivada da equação tem-se uma taxa de assimilação de CO_2 de $29,11 \mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, obtida para a quantidade ótima de esterco que foi estimada em $4,18 \text{ L m}^{-2}$ e representa um acréscimo de $7,97\%$ em comparação aos resultados oriundos na ausência de esterco; mesmo assim, ocorreu um decréscimo de $16,75\%$ nas plantas que receberam a maior concentração de esterco em relação à dose máxima

estimada. Resultados parecidos, embora sem efeito significativo, foram encontrados nas bacias de cultivo (Figura 6 C), cuja dose máxima de esterco foi estimada pela equação da regressão ($Y = 27,622 + 0,5075x - 0,0563x^2$) em $4,49 \text{ L m}^{-2}$, gerando um incremento de 4,11%, seguido de uma queda de 6,28% para a maior concentração de esterco no solo.

Vários autores, Oliveira et al., (2009), Pereira et al.,(2008) e Santos (2005) constataram, estudando doses de esterco bovino no desenvolvimento das culturas, decréscimo nos valores de algumas variáveis a partir das maiores quantidades do fertilizante testadas.

Para Prestes (2007), tais efeitos proporcionados por excessivas quantidades de esterco podem ser em função de algum efeito deletério da matéria orgânica. Esses resultados podem ser explicados com base em duas hipóteses, ou seja quando se aplicaram as maiores doses de esterco foram liberados sais pelo esterco (Tabela 3), diminuindo o potencial hídrico do solo, através do efeito osmótico aliado, aparentemente, à pouca drenagem nesta técnica (bacia e plantio convencional).

De acordo com Pires & Mattiazzo (2008), um dos principais atributos a serem avaliados nos resíduos orgânicos é o risco de salinização do solo pela adição desses compostos. Confirmando resultados de Marinho et al., (2009), ao analisar o risco de salinização por composto orgânicos preparados a partir de diferentes resíduos, os autores informaram que biofertilizantes com esterco bovino apresentaram elevado potencial de salinização. Argumentos similares foram sugeridos por Oliveira, et al., (2009), quando analisaram a produção inicial de fitomassa da mamoneira em função de doses crescentes de esterco bovino, além de efeito quadrático, atribuíram os resultados, ao excessivo acúmulo de matéria orgânica na zona radicular, provocando estresse osmótico pelo excesso de sais presentes no esterco, além de uma umidade excessiva, de vez que a adição de matéria orgânica no solo aumenta sua retenção de água.

Na segunda hipótese ocorreu, provavelmente com o aumento da umidade pela maior concentração do fertilizante orgânico, uma condição de hipoxia dificultando a respiração das raízes. A respiração radicular se altera para uma condição anaeróbica, ocorrendo aumento do ácido abscísico (ABA) induzindo, nas folhas, o fechamento parcial dos estômatos (LARCHER, 2000, TAIZ; ZEIGER, 2009) e diminuindo a atividade fotossintética em pouco tempo (PIMENTEL, 1988).

Assim o mecanismo estomático influenciou diretamente na taxa de assimilação de CO_2 observada na presente investigação; quando os dados para condutância estomática foram analisados(Figura 7), fica evidenciado que os valores de fotossíntese seguem tendência em resposta à condutância estomática quanto às alterações das técnicas pelo efeito do esterco.

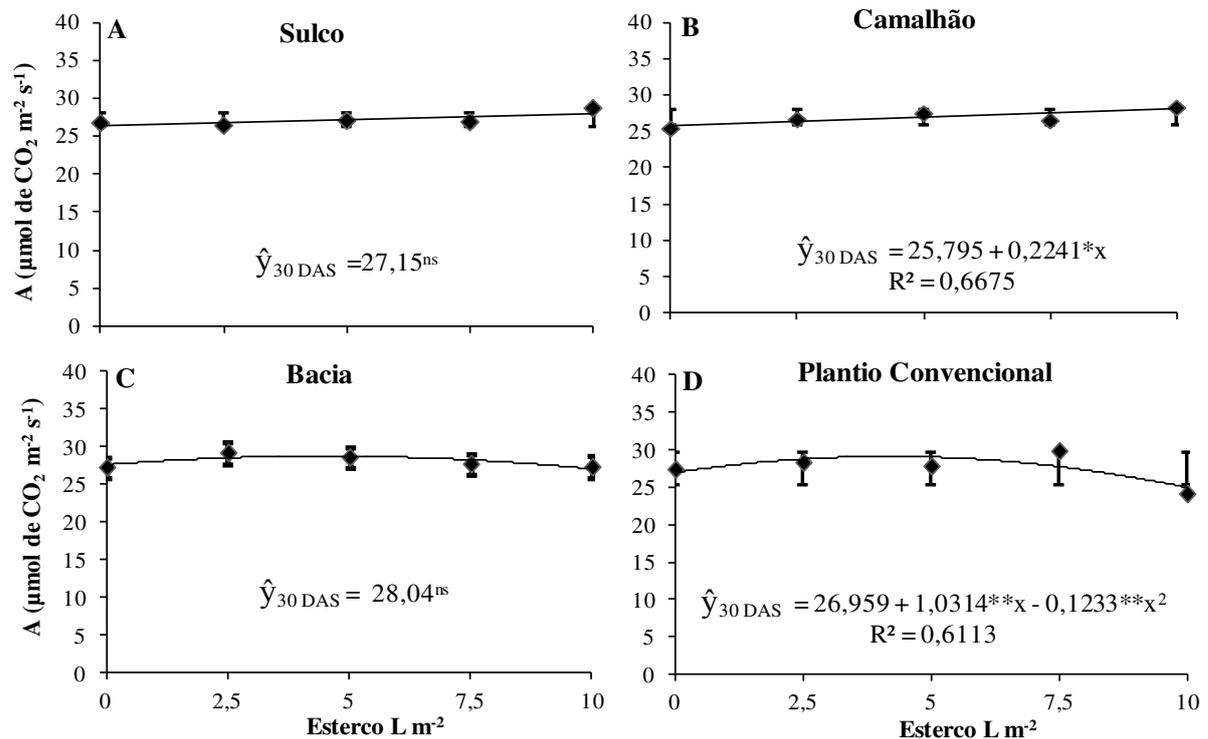


Figura 6: Análise de Regressão para a variável Fotossíntese (A) ($\mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), após o desdobramento aos 30 DAS, para os Níveis de Esterco estudados dentro de cada Técnica de Captação de Água *in situ*, Sulco (A), Camalhão (B), Bacia (C) e Plantio Convencional (D), Cultura do Girassol, Pombal, PB, 2012

De acordo com a figura 7, o desdobramento do efeito da interação nos valores de condutância estomática, em que a interação só não foi significativo para os efeitos do esterco aplicado na linha de plantio dos camalhões.

As plantas avaliadas no sulco (Figura, 7A), responderam linearmente positivo às doses de esterco ($p < 0,01$); a dose de 10 L m^{-2} proporcionou uma média de $0,639 \text{ mol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, que resultou em um incremento de 27,24% quando analisado em função das plantas que não receberam esterco nessa técnica de conservação de água. Nas bacias e no plantio convencional o modelo de regressão de melhor ajuste foi o polinomial 2º grau, sendo os valores para condutância estomática (gs) estimados em 0,571 e $0,620 \text{ mol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, em função das doses de esterco de 2,75 e $6,57 \text{ L m}^{-2}$, com incrementos na condutância estomática de 2,16 e 21,92% respectivamente para as bacias e no plantio convencional, havendo, porém, um decréscimo de 17,24 e 5% quando a condutância estomática foi mensurada na maior dose de esterco estudada. O mecanismo de abertura e o fechamento dos estômatos se baseiam no grau de turgescência das células-guarda; em folhas com estresse leve, os estômatos tendem a permanecer abertos; já em condição severa de estresse hídrico causará o fechamento devido à difusão do Ácido Abscísico para as células-guarda. Contudo, a retomada da umidade do solo não leva a uma rápida abertura dos estômatos (MARENCO; LOPES, 2009). Portanto, fica

evidenciado que a variação na umidade em função das técnicas não proporcionou efeitos na variável condutância estomática e, conseqüentemente, na assimilação líquida de CO₂, sendo alterada em nível de interação dos fatores.

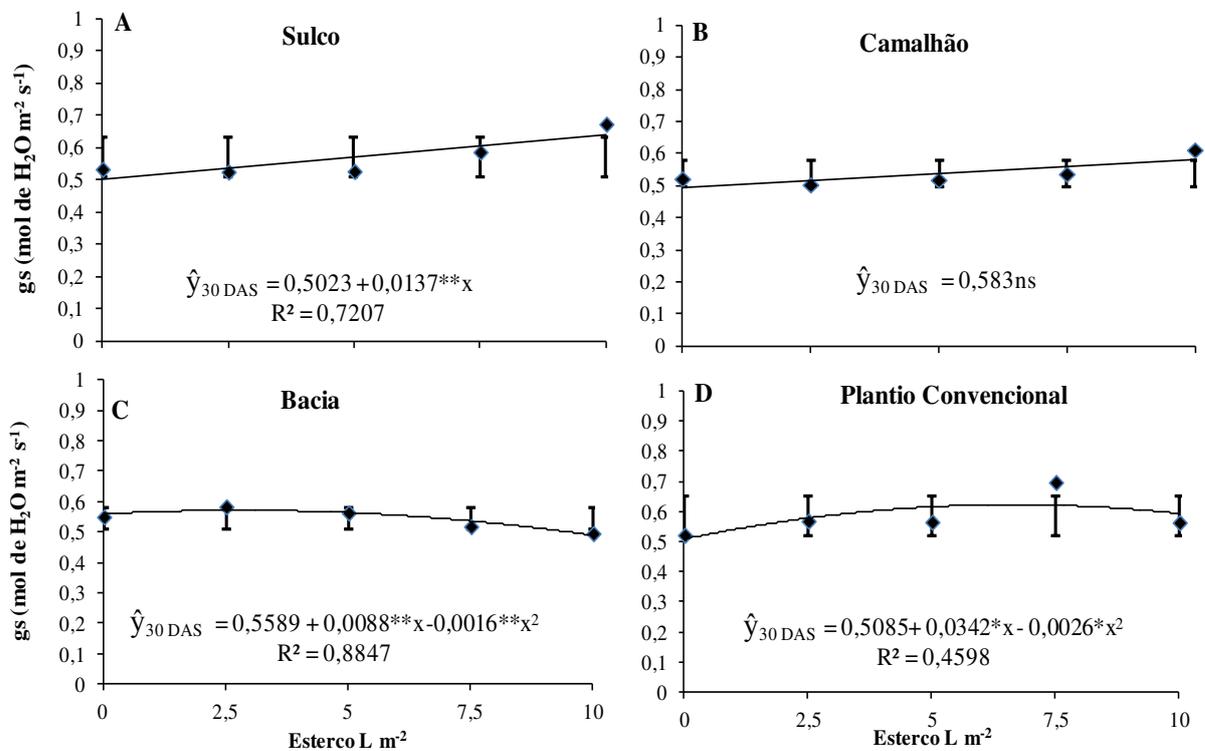


Figura 7: Análise de Regressão para a variável Condutância estomática (gs) (mol de H₂O m⁻² s⁻¹), após o desdobramento aos 30 DAS, para os Níveis de Esterco estudados dentro de cada Técnica de Captação de Água *in situ*, Sulco (A), Camalhão (B), Bacia (C) e Plantio Convencional (D), Cultura do Girassol, Pombal, PB, 2012

Estes mencionados resultados confirmam os observados por Silva et al., (2013) que estudando as trocas gasosas em plantas de girassol submetidas ao estresse hídrico em diferentes estágios fenológico, constataram que as trocas gasosas não foram afetadas significativamente, quando estudaram as lâminas de irrigação aplicadas em 50 e 100% da evapotranspiração de referência.

Quanto à transpiração, as plantas cultivadas em bacias e no sistema convencional, perderam um maior volume de água (Figura 8), atingindo os valores médios de 5,203 mmol de H₂O m⁻² s⁻¹ em ambos os tratamentos, sem sofrerem interferência das doses de esterco estudadas; entretanto, nas plantas cultivadas em camalhões observaram-se as menores taxas de transpiração, o que pode estar relacionado à menor captação de água observada nesta técnica, como pode se verificar na figura 5, na qual se acham os dados de umidade do solo obtidos por tensiometria, caso em que se leva em consideração que a diminuição da disponibilidade hídrica no solo proporcionou redução nas trocas gasosas, notadamente na

transpiração. Resultados equivalentes foram encontrados por Roza (2010), que constatou redução na taxa de transpiração em plantas de pinhão manso, em função do estresse hídrico. Conforme Nogueira et al., (2001), a diminuição da umidade no solo tem diversos efeitos nos processos fisiológicos das plantas, aumentando em geral, a resistência estomática, reduzindo a transpiração e, em contrapartida, o suprimento de CO₂ para a realização do processo de fotossíntese.

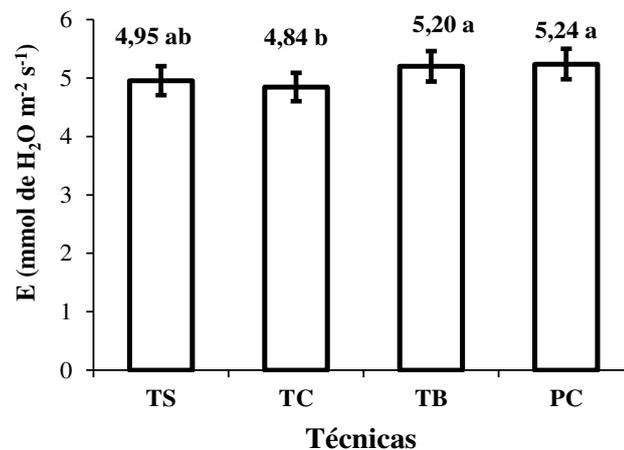


Figura 8: Teste de comparação de média para a variável Transpiração (E) (mmol de H₂O m⁻² s⁻¹) aos 30 DAS em função Técnica de Captação de Água *in situ*, Sulco, Camalhão, Bacia e Plantio convencional, Pombal, PB, 2012

Ressaltando a importância para este parâmetro fisiológico mencionada por (MARENCO ; LOPES, 2009) de que a transpiração é a evaporação da água a partir da superfície da planta exposta ao ar, sendo o principal órgão envolvido a folha, através dos estômatos ou transpiração estomática, pelos quais passam mais de 90% do CO₂ captado e da água transpirada, os autores, também apresentam um estudo sobre a densidade estomática em superfície foliar, de diversas espécies, cuja a cultura em estudo desponta com uma densidade de 175 no limbo abaxial e 120 estômatos por mm² no limbo adaxial.

Em uma segunda avaliação referente às trocas gasosas na cultura do girassol aos 69 DAS, em que o resumo da análise de variância se encontra na (Tabela 8), o teste de F indicou efeito das técnicas de captação de água sobre as variáveis fisiológicas: fotossíntese (A), condutância estomática (gs), concentração interna de CO₂(Ci), e Eficiência intrínseca da carboxilação (EICi) em nível (p<0,01), com exceção da Transpiração (E) em que a diferença significativa ocorreu em nível (p<0,05), enquanto a Eficiência instantânea no uso da água (EUA) não foi influenciada por nenhum dos tratamentos em estudo. Foi possível observar que a interação não foi significativa pelo teste de F para as variáveis que compõem as trocas

gasosas, diferentemente do observado aos 30 DAS. Esses resultados podem estar relacionados com distribuição espacial do sistema radicular que, nesta avaliação, se encontrava mais aprofundados em relação à primeira avaliação. Contudo, explorando uma faixa de solo mais profunda, além dos 20 cm nos quais foi aplicado o esterco e mensurado a umidade. Segundo Leite et al., (2005) a raiz pivotante do girassol pode alcançar até dois metros de profundidade, absorvendo águas e nutrientes, e também ancoragem nas camadas mais profundas do solo, o que possibilita sua resistência a curtos períodos de estresse hídrico (DUTRA et al., 2012). Segundo Santos & Carlesso (1998), plantas em condições de escassez hídricas sofrem estímulo na expansão do sistema radicular para zonas mais profundas e úmidas do perfil do solo. Silva et al., (2010), sugerem que avaliações fisiológicas em espécies sob condições de seca são capazes de manter potenciais hídricos foliares adequados, por meio da combinação do aprofundamento do sistema radicular e aumento no controle estomático.

Tabela 8: Resumo da análise de variância para a Fotossíntese (A) ($\mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), Transpiração (E) ($\text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), condutância estomática (gs) ($\text{mol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), Concentração interna de CO_2 (Ci) ($\text{mmol de CO}_2 \text{ m}^{-2}$), Eficiência instantânea no uso da água (EUA) [$(\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}) (\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1})^{-1}$] e eficiência intrínseca da carboxilação (EiCi) (A/Ci) [$(\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}) (\text{mmol de CO}_2 \text{ m}^{-2})^{-1}$] medida aos 69 dias em função das técnicas de captação de água *in situ* (Técnicas) níveis de esterco para a cultura do Girassol, Pombal, PB, 2012

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios					
		A	E	gs	Ci	EUA	EiCi
Técnicas	3	62,4052**	1,3385*	0,1006**	2581,5724**	1,8638 ^{ns}	0,0034**
Esterco	4	8,6080 ^{ns}	0,5555 ^{ns}	0,0050 ^{ns}	118,5980 ^{ns}	0,7521 ^{ns}	0,0003 ^{ns}
Linear	1	1,8751 ^{ns}	0,8561 ^{ns}	0,0024 ^{ns}	84,9660 ^{ns}	0,683 ^{ns}	0,00008 ^{ns}
Quadrática	1	10,9823 ^{ns}	0,7285 ^{ns}	0,0112 ^{ns}	13,280 ^{ns}	0,1941 ^{ns}	0,00009 ^{ns}
Desvio de regressão	2	10,787	0,3187	0,0033	188,072	1,065	0,0005
Bloco	5	18,8115	2,6082	0,2021	7843,3143	3,3206	0,0035
Técnicas*Esterco	12	17,0647 ^{ns}	0,6708 ^{ns}	0,0178 ^{ns}	346,3746 ^{ns}	1,1144 ^{ns}	0,0006 ^{ns}
Resíduo	95	15,3682	0,4324	0,0205	429,7387	0,9516	0,00059
CV %		17,12	14,47	31,03	10,28	19,06	20,87
Média		22,8955	4,5439	0,4621	201,6866	5,1177	0,1164

* e ** = significativo a $p < 0,05$ e $p < 0,01$ pelo teste de F, respectivamente, ns = não significativo a $p < 0,05$

Ainda reforçando, neste caso, a tese da expansão do sistema radicular da cultura, embora na condução do experimento não se tenha observado a umidade em outras profundidades; entretanto, como relatado por Laime (2012) e Silva et al., (2004), de que o conteúdo hídrico no solo aumentou com a profundidade em que foi avaliado, o primeiro se refere a estudos para um sistema de captação de água e o segundo a níveis de esterco no solo; existe, ainda, a explicação, de que as medições de trocas gasosas são pontuais e momentâneas e podem não refletir o autêntico comportamento fisiológica da planta, em relação às condições ambientais ao longo do dia, sendo necessárias avaliações com maiores precauções (SILVA et al., 2010).

Portanto, neste sentido o comportamento fisiológico demonstrado pela cultura do girassol nesta avaliação, pode estar relacionado ao suprimento hídrico nas camadas mais profundas, porém o suprimento hídrico interfere na atividade fotossintética; em caso de escassez de água no solo o volume celular é reduzido, conjuntamente com o declínio da turgescência (LARCHER, 2000).

Verifica-se, na Figura 9 A, que a fotossíntese líquida diferiu entre as técnicas, as maiores médias foram encontradas nas plantas cultivadas nos sulcos com $24,201\mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, não apresentando diferença com relação aos camalhões e no plantio de forma convencional, mas bastante superiores às cultivadas nas bacias, pelo teste de tukey ($P < 0,05$); com aumento de 15,12%, observa-se que a fotossíntese foi amplamente favorecida pela condutância estomática avaliada no sulco (Figura 9 C), resultando em taxas de transpiração mais elevada (Figura 9 B); conseqüentemente as plantas avaliadas neste tratamento demandou mais carbono interno $\text{CO}_2(\text{Ci})$ (Figura 9 D), proporcionando aumento na eficiência da carboxilação. Quando se associam estes resultados aos encontrados para o conteúdo de umidade no solo (Figura 5), verifica-se certa coerência com as respostas fisiológicas para esta fase da cultura, uma vez que o movimento estomático está diretamente condicionado ao suprimento hídrico (LARCHER, 2000).

Os resultados do presente estudos divergem dos encontrados por Alvino et al., (2012), ao analisarem as trocas gasosas em plantas de girassol cultivadas sob técnicas de captação de água, concluíram, portanto, que o cultivo em bacias é mais adequado obtendo-se maior umidade do solo, aspectos fisiológicos e de produção; todavia, esses resultados foram obtidos em condições de sequeiro e em solo de textura argiloso, diferenciando-se da capacidade de retenção de água do solo estudado no presente trabalho, através de um solo arenoso (Tabela 1).

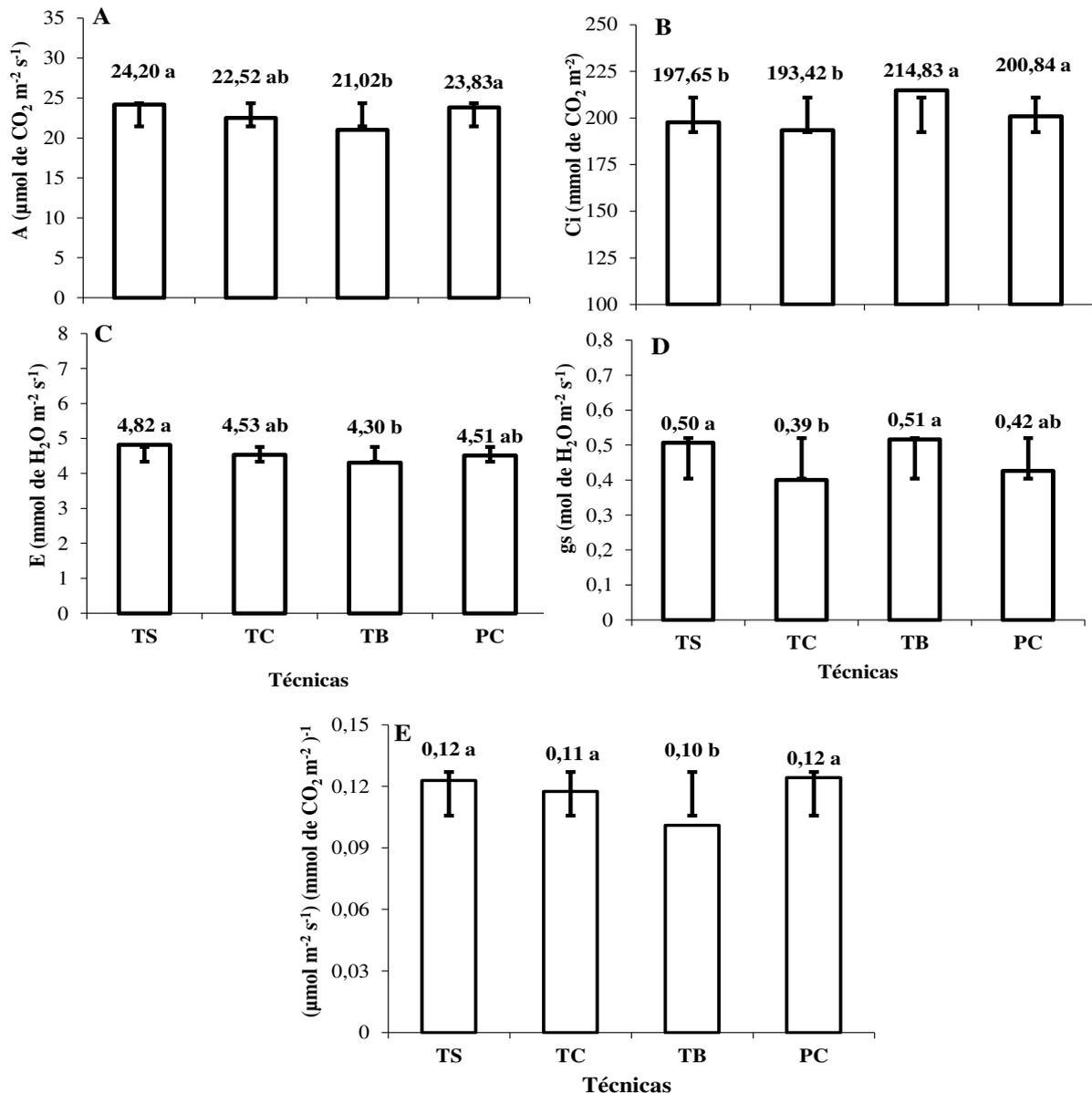


Figura 9 : Teste de comparação de média para as variáveis Fotossíntese (A) ($\mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) (A), Transpiração (E) ($\text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) (B), condutância estomática (gs) ($\text{mol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) (C), Concentração interna de CO₂ (Ci) ($\text{mmol de CO}_2 \text{ m}^{-2}$) (D), e Eficiência intrínseca da carboxilação (EICi) [$(\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}) (\text{mmol de CO}_2 \text{ m}^{-2})^{-1}$] (E), aos 69 DAS em função das técnicas de captação de água (Técnicas) para a cultura do Girassol, Pombal, PB, 2012

1.3.3 Pigmentos, Potencial osmótico e Danos Celulares

Conforme indicado na análise de variância (Tabela 9) a interação entre as técnicas de captação de água e os níveis de esterco não apresentou efeito significativo para as variáveis em observação; entretanto, constatou-se efeito significativo das doses de esterco pelo teste de F ($p < 0,01$) nas variáveis clorofila total (CLT) (g m^{-2}), clorofila a (CLa) (g m^{-2}), carotenoides totais (CAT) (g m^{-2}), potencial osmótico (Ψ_s) (MPa) do sulco foliar e extravasamento de eletrólitos (EXTR) (%), sendo que esta recebeu efeito das técnicas ($P < 0,05$); todavia, a

clorofila b (CLb) (g m^{-2}) é a variável que não recebeu interferência significativa dos tratamentos avaliados.

Tabela 9: Resumo da análise de variância para as variáveis, Clorofila Total (CLT) (g m^{-2}), Clorofila a (CLA) (g m^{-2}), Clorofila b (CLb) (g m^{-2}), Carotenoides Totais (CAT) (g m^{-2}), Potencial Osmótico (Ψ_s) (MPa) e Extravasamento de Eletrólitos (EXTR) (%) aos 60 dias após a semeadura (DAS), em função das técnicas de captação de água *in situ* (Técnicas) e níveis de esterco (Adubação orgânica) para a cultura do Girassol, Pombal, PB, 2012

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios					
		CLT	CLA	CLB	CAT	PO	EXTR
		g m^{-2}	g m^{-2}	g m^{-2}	g m^{-2}	(Ψ_s) MPa	(%)
Técnicas	3	0,2771 ^{ns}	0,1572 ^{ns}	0,0173 ^{ns}	0,0057 ^{ns}	0,0219 ^{ns}	112,64142*
Esterco	4	0,3885**	0,2495**	0,0149 ^{ns}	0,0243**	0,29399**	186,35765**
Linear	1	0,2443 ^{ns}	0,1651 ^{ns}	0,0074 ^{ns}	0,0057 ^{ns}	1,0627**	735,13885**
Quadrática	1	1,0658**	0,6838**	0,0410 ^{ns}	0,0890**	0,0672 ^{ns}	0,01397*
Desvio de regressão	2	0,1220	0,0745	0,0056	0,0012	0,0230	5,1389
Bloco	5	0,8314	0,4571	0,0566	0,0320	0,2257	25,8523
Técnicas*Esterco	12	0,2152 ^{ns}	0,1274 ^{ns}	0,0117 ^{ns}	0,0039 ^{ns}	0,0136 ^{ns}	16,19884 ^{ns}
Resíduo	95	0,1241	0,0746	0,0069	0,0036	0,0283	29,8879
CV %		14,32	13,90	17,04	11,32	13,32	20,70
Média		2,4610	1,9656	0,4887	0,5306	1,2633	26,4112

* e ** = significativo a $p < 0,05$ e $p < 0,01$ pelo teste de F, respectivamente, ns = não significativo a $p < 0,05$

É provável que as condições diferenciadas em disponibilidade hídrica impostas pelas técnicas como também pela interação, não se configuraram em situações de estresse hídrico de forma a interferir nas variáveis em parte analisadas na Tabela 8. Neste sentido no, estresse hídrico quando resultante de condições controladas, as respostas fisiológicas são satisfatórias (SANTOS; CARLESSO, 1998). Sant'Anna (2009) constatou, ao estudar os efeitos do déficit hídrico em variedades cítricas, que os pigmentos fotossintéticos de citros não foram afetados pelas condições avaliadas. Por outro lado Roza (2010) avaliou, estudando plantas de pinhão manso cultivadas sob diferentes tensões de água no solo, que os conteúdos de clorofila e carotenoides foram pouco afetados, sendo possível verificar danos em função de -167,03 kPa de tensão. Segundo Carneiro (2011), parâmetros de clorofila a são estudados como indicativo do funcionamento do aparato fotossintético para condições de estresse hídrico e este método tem sido muito utilizado para investigar as respostas do girassol a esse tipo de estresse. Corroborando com Dutra et al., (2012) que observaram, em plantas de girassol, variedade Embrapa 122, que os tratamentos com déficit hídrico limitaram o aumento do teor de clorofila e nos tratamentos com maior disponibilidade hídrica o teor inicialmente aumentou; em seguida, foi reduzido devido ao estado de hipoxia proporcionado pelas lâminas de irrigação.

1.3.3.1 Clorofila e Carotenoides

No presente estudo verifica-se que incrementos na dose de esterco no solo, melhoram o processo fotossintético do girassol, aumentando os teores de pigmento, respondendo de forma quadrática, em função das quantidades de esterco estudadas (Figura 10). As maiores concentrações de clorofila a e clorofila total, foram obtidas em função das quantidades máximas de esterco estimadas em 5,74 e 5,42 L m⁻², respectivamente (Figura 10 A B), obtendo-se 2,060 e 2,58 g m⁻² de limbo foliar, valores que representam incrementos de 13% no teor de clorofila; o mesmo é observado para os valores de carotenoides.

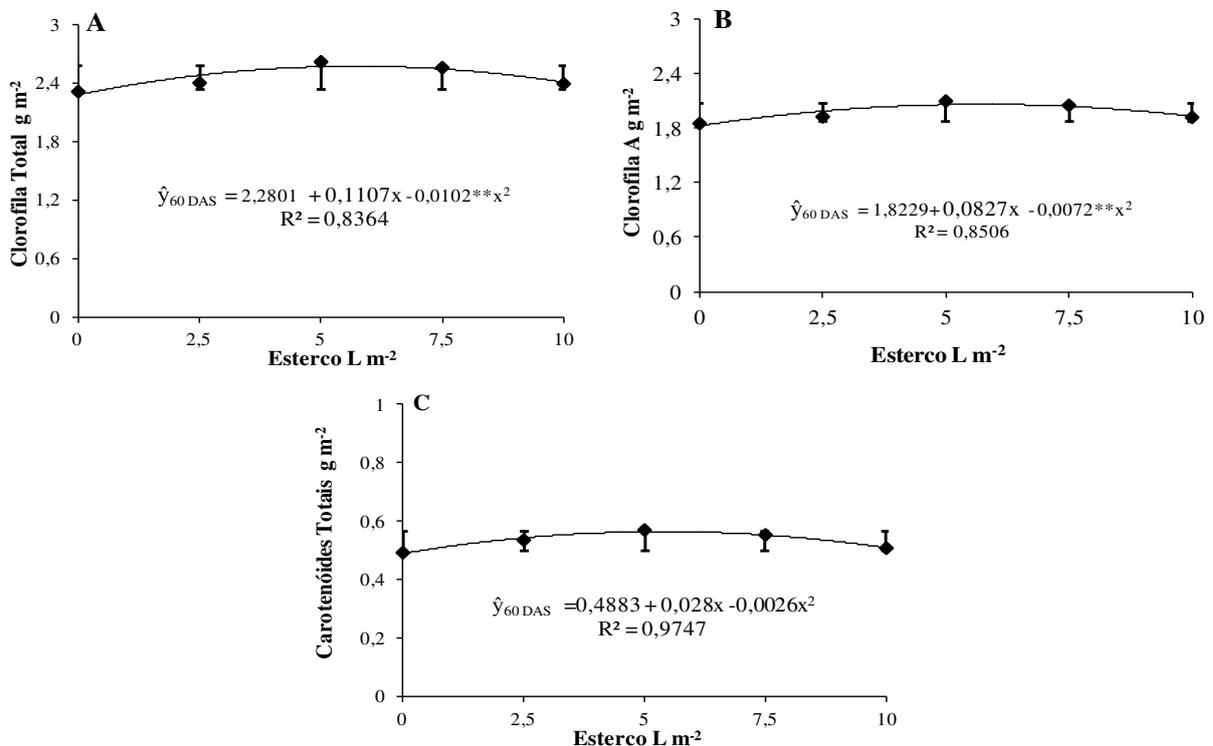


Figura 10: Análise de regressão para o valores de clorofila a (CLA) (g m⁻²) (A), (CLT) (g m⁻²) (B) e carotenóides totais (CAT) (g m⁻²) (C) aos 60 DAS, em função dos níveis de esterco estudados, Cultura do Girassol, Pombal, PB, 2012

As clorofilas são organelas responsáveis pela atividade de fotossíntese das plantas que apresentam duas reações importantes: a fotoquímica nas membranas do tilacoides e a bioquímica no estroma dos cloroplastos (LARCHER, 2000; TAIZ ; ZEIGER, 2006); na presença de enzimas converte CO₂ em carboidratos especialmente os amidos (MARENCO ; LOPES, 2009). Segundo Kerbauy (2004) os carotenoides são pigmentos que, possíveis de desempenhar dois papéis no processo fotossintético na absorção de luz nos complexos de captação de luz e atuando como pigmentos exercendo ação protetora do aparato fotoquímico.

Desta forma, os resultados evidenciam que doses de esterco disponíveis no solo aumentaram o teor do pigmento até certo ponto, indicando a não produção de clorofila pelas

plantas além da quantidade de que necessitam, ou que outros fatores podem ter limitado o aumento do teor de clorofila.

Sugere-se que altas concentrações deste fertilizante provocaram um desequilíbrio nutricional na planta, o que colaborou para um valor menor para essa característica; os pigmentos clorofiláticos são influenciados através do estado nutricional; em plantas de trigo podem acarretar declínios ou incrementos se estão com carência ou adequadamente supridas, (VIANA; KIEHL, 2010). Pereira et al., (2012) constataram, avaliando quantidades de efluente de fossa séptica biodigestor, como adubação em alface, os teores de clorofila foram favorecidos até os valores intermediárias reduzindo os teores em função dos níveis mais elevados. Resultados semelhantes foram observados, em estudos para diferentes níveis de aplicação de nitrogênio no solo nas culturas do feijoeiro (SORATTO et al., 2004) e tomateiro (FERREIRA et al., 2006).

1.3.3.2 Potencial osmótico foliar

Conforme se observa na Figura 11, o potencial osmótico (Ψ_s) das folhas de girassol diminui linearmente com o aumento do esterco no solo; o modelo linear ajustado aos dados apresenta redução em 23,5% para as plantas que foram adubadas com esterco na quantidade de 10 L m⁻²; neste tratamento os valores de potencial osmótico chegaram as Ψ_s -1,39 e -1,130 Mpa quando não se aplicou o esterco, proporcionando uma variação de -0,26 Mpa. Sugere-se que, possivelmente, este tipo de comportamento, pode estar relacionado aos sais liberados pelo esterco, proporcionando aumento da concentração salina na solução do solo, induzindo a planta ao ajustamento osmótico (PIMENTEL, 1988, ROZA, 2010, SANTOS et al., 2012), formando potenciais hídricos mais baixos, o que permite, as plantas continuar a crescer e facilitar a manutenção da abertura estomática durante mais tempo (DIAS, 2008, COELHO, 2012). Porém, de acordo com Leite et al. (2005), decréscimo do potencial hídrico das folhas que não seja superior a -1,0 Mpa, ou também o conteúdo relativo de água não decresce mais que 10%, considera-se que a cultura do girassol está sob déficit hídrico suave, denotando que o decréscimo no potencial osmótico nas folhas girassol por ocasião do aumento das concentrações de esterco, não se configura uma condição de estresse severo na produção desta cultura. Por outro lado, fertilizantes orgânicos contribuem para a absorção de água e ajustamento osmótico das plantas em condições salinas (LACERDA et al., 2010); neste caso, um ponto a ser abordado é a disponibilidade do nutriente potássio pela adição de maiores quantidades de esterco ao solo.

Conforme Taiz & Zeiger (2004), o ajustamento osmótico ocorre em função do aumento da concentração de uma variedade de solutos comuns, incluindo açúcares, ácidos orgânicos, aminoácidos e íons inorgânicos, especialmente o K^+ , atuando na regulação do potencial osmótico celular e é muito importante no balanço das cargas negativas dos ácidos orgânicos dentro das células e no balanço dos ânions absorvidos pelas raízes (BERNARDI et al. 2008). Andrade (2011) constatou, avaliando as relações hídricas em plantas jovens de café sob diferentes regimes hídricos e doses de nitrogênio e potássio, constatou que aumento dos níveis de K contribui para o decréscimo do potencial osmótico (Ψ_s) que, por outro lado, resulta no decréscimo também do potencial hídrico foliar, cuja consequência é o aumento da pressão de turgor, pela entrada de água.

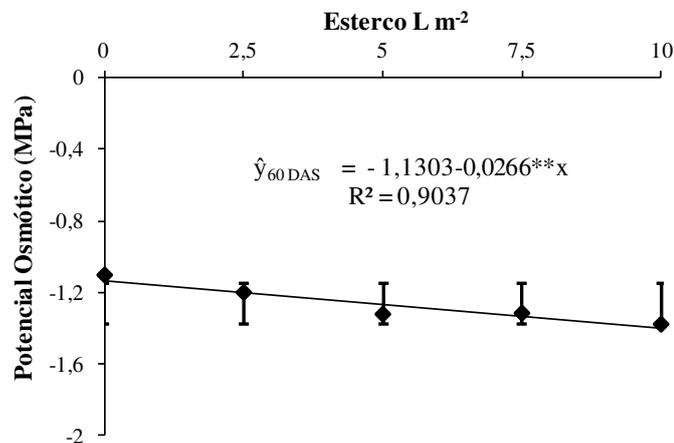


Figura 11: Análise de regressão para os valores de Potencial Osmótico (Ψ_s) (MPa) aos 60 DAS, em função dos níveis de esterco estudados, Cultura do Girassol, Pombal, PB, 2012

1.3.3.3 Extravasamento de eletrólitos

Em relação ao extravasamento de eletrólitos, a interação não proporcionou efeito significativo, mas as técnicas de captação de água ocasionaram efeito significativo ($P < 0,05$) pelo teste de Tukey (Figura 12 A); as plantas cultivadas nos camalhões apresentaram maiores danos à membrana celular, em decorrência da menor disponibilidade hídrica, observada neste tratamento para todas as fases da cultura; assim, como reporta Roza, (2010), danos em membranas a nível foliar podem ser um dos primeiros sinais ao estresse. Segundo Carvalho (2010), maiores extravasamentos ocorrem devido às limitações na fotossíntese imposta pelo déficit hídrico intenso que resulta no rompimento da membrana celular, em decorrência da formação de radicais de oxigênio reativos, como o peróxido de hidrogênio e o radical

hidroxila, que são altamente reativos diminuindo atividades enzimáticas, causando peroxidação de lipídios e afetando praticamente todos os componentes fotossintéticos.

Costa (2009) concluiu, observando danos celulares em folhas de mudas de andiroba em déficit hídrico, que as plantas com maior estresse sofreram maiores rupturas da membrana celular, confirmando os resultados de Carvalho (2010) que, ao estudar o comportamento fisiológico da mamoneira submetida ao déficit de irrigação regulado observou que, o extravasamento de eletrólitos aumentou com a diminuição da disponibilidade hídrica no solo. Resultados similares foram observados por Silva (2007) ao avaliar respostas fisiológicas em mudas de genótipos de café cultivados em condição de estresse hídrico severo; constatou-se, também, que as doses de esterco provocaram efeito ($p < 0,01$) pelo aumento no extravasamento de eletrólitos (Figura 12 B), as plantas que cresceram em função da maior quantidade de esterco aumentaram a permeabilidade da membrana celular em 30,5% quando comparadas com as plantas que não foram adubadas com o fertilizante.

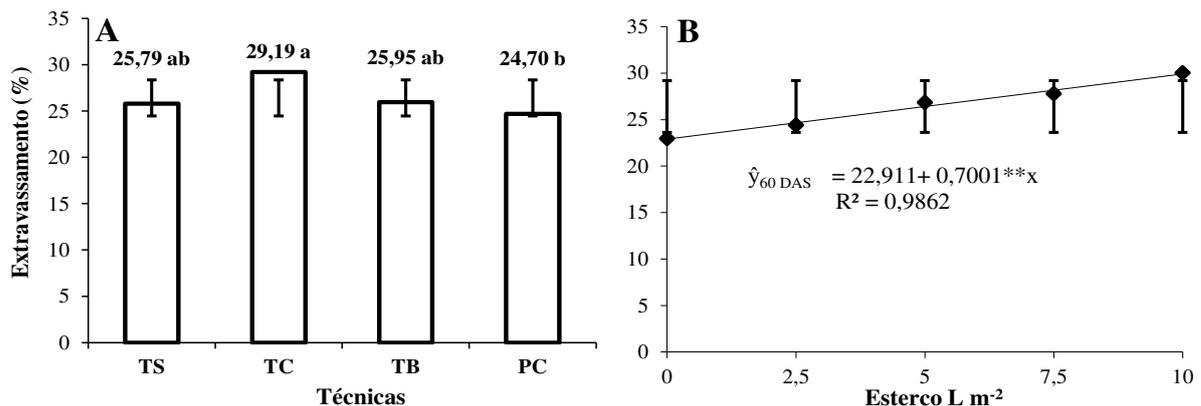


Figura 12: Valores de Extravasamento de Eletrólitos (EXTR) (%) aos 60 DAS de comparação de média (Tukey) (A) em função das técnicas de captação de água (Técnicas) e regressão linear, em função dos níveis de esterco estudados, Cultura do Girassol, Pombal, PB, 2012

Considerando o que foi sugerido para o efeito do esterco diante do potencial osmótico foliar (Figura 11), o aumento do esterco pode ter condicionado a planta a certo nível de estresse por sais, que, segundo Ben-amor et al. (2006) o aumento na fluidez da membrana celular ocorre em função das injúrias provocadas com o estresse salino, corroborando com Souza (2012), quando estudou o efeito de sais na água de irrigação e níveis de nitrogênio na formação de mudas de pinhão manso.

De acordo com Rigon et al., (2011), maiores danos à membrana celular em plantas de algodoeiro colorido, são decorrente de quantidades elevadas de uréia como adubação

nitrogenada, atribuindo ao evento maior disponibilidade e assimilação de nitrogênio pela planta, tornando a membrana mais suscetível pelo maior alongamento celular.

1.4 CONCLUSÕES

- ✓ Maiores conteúdo de umidade no solo ocorrem quando o plantio é feito na linha do sulco, com aplicação de 10 L m^{-2} de esterco bovino;
- ✓ As técnicas de captação de água *in situ* e a adubação orgânica, causam alterações fisiológicas na cultura do girassol, identificadas nas trocas gasosas, potencial osmótico foliar e danos celulares;
- ✓ O uso de técnicas para captação de água, não influencia nos teores de pigmentos porém a adubação orgânica com esterco bovino promove mudanças na quantidade de clorofila *a*, total e carotenoides, podendo ser utilizada até 5 L m^{-2} de esterco na linha de plantio.

CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DO GIRASSOL SOB TÉCNICAS DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA E ADUBAÇÃO ORGÂNICA

WANDERLEY, José Alberto Calado. **Crescimento e produção do girassol sob técnicas de captação de água e adubação orgânica.** 2013. Dissertação (Mestrado Irrigação e Drenagem), Pós-Graduação Engenharia Agrícola, UFCG, Campina Grande-PB, Brasil.

RESUMO

Adaptando-se a diferentes condições edafoclimáticas e podendo ser cultivado na região semiárida nordestina, a cultura do girassol enriquecer os sistemas produtivos de base familiar, bastante comum nesta região, se caracterizando-se pela ocorrência de chuvas intensas, e de curta duração, concentradas em curto espaço de tempo, todavia, o cultivo pode ser limitado pela baixa disponibilidade hídrica e adubação inadequada; neste sentido objetivou-se avaliar o crescimento e a produção do girassol sob sistema de captação de água e adubação orgânica. Foi instalado um experimento de campo na área experimental, pertencente a Universidade Federal de Campina Grande, Campus de Pombal-PB, onde em esquema fatorial 4 x 5, sendo primeiro técnicas de cultivo: camalhão, sulco, bacias, mais uma testemunha denominada de plantio convencional, combinadas a cinco níveis de esterco bovino (0-2,5-5-7,5 e 10 L m⁻²), foram testado vinte tratamentos disposto em DBC por repetições; Aos 20, 40, 60 e 80 DAS, foram mensuradas a altura de planta, diâmetro de caule e número de folhas e, aos 84, DAS pela ocasião da colheita foram determinados: área foliar e índice de área foliar, rendimento de forragem (fitomassa fresca total), fitomassa seca das folhas, dos caules, capítulos e total da parte aérea, além dos seguintes componentes de produção: diâmetro de capítulo, produção de aquênios e massa de mil aquênios. Verificou-se que a interação foi significativa sobre o crescimento do girassol e produção da fitomassa fresca, constatando-se que as quantidades de esterco refletiram sobre essas variáveis de forma linear crescente nas técnicas camalhões e sulco; já nas bacias e no plantio convencional a resposta ocorreu de forma quadrática, mas a área foliar, fitomassa seca, diâmetro de capítulo e a produção de aquênios, responderam significativamente aos fatores de forma isolada. A interação camalhões e 10 L m⁻² de esterco proporcionou os maiores valores de crescimento e rendimento de forragem. A área foliar, a produção de fitomassa seca, o diâmetro de capítulo e a produção de aquênios, foram favorecidos pela técnica camalhão e aumentaram com o acréscimo do esterco; todavia, a massa de mil aquênios recebeu o maior incremento só pela técnica camalhão.

Palavras-chave: Camalhões, sulco, bacias e esterco bovino.

CHAPTER 2

GROWTH AND PRODUCTION OF SUNFLOWER UNDER TECHNIQUES OF WATER CATCHMENT AND ORGANIC FERTILIZERS

WANDERLEY, José Alberto Calado. **Growth and production of sunflower under techniques of water catchment and organic fertilizers** 2013. Dissertação (Mestrado Irrigação e Drenagem), Pós-Graduação Engenharia Agrícola, UFCG, Campina Grande-PB, Brasil.

ABSTRACT

Adapting to different environmental conditions and can be grown in the semiarid Northeast, sunflower cultivation enrich family-based production systems, very common in this region, is characterized by the occurrence of heavy rainfall, and short, concentrated in short time, however, the cultivation may be limited by low water availability and inadequate fertilization in this sense objective was to evaluate the growth and yield of sunflower under water harvesting system and organic manure. An experiment was conducted at the experimental field belonging to the Federal University of Campina Grande, Campus de Pombal-PB, where in a factorial 4 x 5, and first cultivation techniques: ridge, furrow, basins, another witness called planting conventional, combined with five levels of cattle manure (0 - 2,5 -5- 7,5 and 10 L m⁻²) were tested in twenty treatments provided by DBC reps; After 20, 40, 60 and 80 DAS were measured plant height, stem diameter and number of leaves and, at 84, the DAS were determined at harvest leaf area and leaf area index, forage yield (fresh weight total), dry weight of leaves, stems, chapters and total shoot, plus the following components of production: head diameter, achene production and mass of a thousand achenes. It was found that the interaction was significant on growth and Sunflower production of fresh biomass, noting that the amounts of manure reflected on these variables in a linear way in the techniques ridges and furrow; already basins and conventional tillage response occurred quadratically, but the leaf area, dry weight, head diameter and achene production responded significantly to the factors in isolation. The interaction ridges and 10 L m⁻² of manure gave the highest values of growth and forage yield. The aerial leaf dry mass production, the head diameter and achene production, were favored by technical ridge and increased with increasing manure, yet the weight of a thousand achenes received the largest increase only by technical ridge.

Keywords: ridge, groove, basins and cattle manure.

2.1. INTRODUÇÃO

A cultura do girassol (*Helianthus annuus* L) se enquadra como importante fornecedora de matéria-prima para a produção de bicompostíveis (FREITAS et al., 2012). O girassol demonstra grande potencial de expansão devido, à diversidade de aplicações em diferentes áreas, como produção de ração, silagem, óleo para consumo humano, floricultura e alimentação animal, além de ser excelente alternativa de matéria-prima para a produção de biodiesel (RIGON et al., 2010).

De acordo com Santos Júnior et al., (2011) trata-se de uma cultura, de alto valor comercial, encontrando-se em evidência no mercado, em virtude de seu potencial agrônomo de aproveitamento de todas as partes da planta. No Brasil é notório o crescimento do cultivo de girassol. Dados da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2012) mostram que no ano de 2001 havia 52,6 mil hectares de área cultivada com girassol no Brasil, já em 2010 a área colhida foi de 78,4 mil hectares, com uma produtividade de 1,254 t ha⁻¹ conferindo ao Brasil, a vigésima sétima colocação mundial entre os países produtores (FAO, 2011). É uma cultura que se adapta a diversas condições edafoclimáticas podendo ser cultivado no Brasil, desde o Rio Grande do Sul até o hemisfério norte, no estado de Roraima (GOMES et al., 2010). Segundo Neumann et al., (2009) o girassol se configura entre as espécies com potencial forrageiro com maior tolerância ao estresse hídrico, destacando-se como cultura apropriada para esta situação, além de se caracterizar por apresentar maior tolerância de cultivo a baixas e altas temperaturas (entre 5°C e 40°C), quando comparada com as demais espécies forrageiras, isto não significava afirmar que seu desenvolvimento não será alterado em condições de estresse hídrico (FREITAS et al., 2012). Existe um aumento na área agrícola explorada com o girassol no semiárido, o que tem despertado o interesse de pesquisadores em conhecer o comportamento relacionado ao crescimento e à produção desta cultura nas condições edafoclimáticas da região (SANTOS JÚNIOR et al., 2011).

No entanto e mediante as condições edafoclimáticas da região semiárida do Nordeste brasileiro, comumente afetada por um regime irregular de precipitações, em razão da insuficiência e da sua má distribuição ao longo do ano. Segundo Oliveira et al., (2012), tal fato constitui um dos fatores mais limitantes às produtividades agrícolas, comprometendo significativamente o rendimento das culturas.

Acredita-se que, dentre essas alternativas, o sistema de captação de água *in situ*, que consiste na modificação da superfície do solo de modo que o terreno entre as fileiras de cultivo sirva de área de captação, viabilize a produção em áreas com limitação hídrica,

notadamente em áreas que apresentam uma inclinação que intensifica o escoamento superficial, sendo que as técnicas podem proporcionar, ao mesmo tempo, o direcionamento da água para a porção do solo explorada pelo sistema radicular da planta (PORTO et al.,1990). Estudos realizados por Laime (2012) e Bernal (2007), comprovam a eficiência dos sistemas de captação de água aumentando a conservação da umidade no solo, o que reflete no crescimento das culturas. Barreto et al., (2012) constataram, avaliando o efeito de um sistema de captação de água *in situ* no crescimento do feijão-fava (*Phaseolus lunatus* L.) que a técnica de captação tipo camalhão favoreceu o crescimento da cultura e o uso de técnica de captação pode auxiliar as plantas de fava a tolerar período de veranico de até 15 dias.

Aliado a essas técnicas, o uso de material orgânico pode favorecer a conservação da água, visto que, com o uso frequente de resíduos orgânicos nas plantações, consegue-se, ao longo de alguns anos, melhoria na qualidade física do solo com aumento da água disponível, além de favorecer a diminuição na aplicação de adubos minerais melhorando a qualidade do solo e atuando como condicionadores (SILVA; CANELLAS; CAMARGO, 2008).

De acordo com Oliveira et al., (2009) a aplicação de matéria orgânica ao solo contribui não só para o fornecimento de nutrientes mas também para a melhoria das características físicas do meio de cultivo, assim, o uso de matéria orgânica de forma equilibrada é de fundamental importância para o pleno desenvolvimento das plantas.

Face ao exposto, avaliou-se combinação entre técnicas de captação de água “*in situ*” e níveis de esterco bovino, sobre o crescimento vegetativo, partição de biomassa e produção do girassol, no semiárido paraibano.

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido no período de abril a julho de 2012, em condições de campo, em uma área situada no Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar (CCTA) da Universidade Federal de Campina Grande, Campus de Pombal – PB, localizado nas seguintes coordenadas geográficas: latitude 60 47' 52,15" S e longitude 370 48' 10" W, a uma altitude de 185 m; segundo a classificação de Koppen o clima predominante da região é do tipo BSh, ou seja, semiárido quente e seco, apresentando um período de chuvas irregulares entre os meses de fevereiro e junho e um período de seca entre os meses de julho a janeiro com precipitação média de 750mm e evapotranspiração média anual de 2000mm.

Sementes de girassol da variedade EMBRAPA 122/V2000, foram semeadas três, por covas espaçadas 0,5 m x 0,5m perfazendo densidade de 40.000 plantas ha⁻¹ após o desbaste realizado aos 15 dias posteriores à semeadura.

Foram testados vinte tratamentos resultantes de um esquema fatorial 4 x 5, onde no primeiro fator constou de técnicas de captação de água correspondendo aos camalhões, sulcos e bacias, mais uma testemunha, caracterizada como plantio em sistema convencional; no segundo fator foram testados cinco níveis de esterco bovino (0,0; 2,5; 5; 7,5 e 10 L m⁻²), dispostos em delineamento experimental de blocos ao acaso, com seis repetições totalizando, assim, 120 parcelas experimentais, disposta em uma área de 6 m², perfazendo uma área total de 720 m². Nas parcelas formadas de seis linhas de 2m, foram consideradas área útil oito plantas centrais da parcela ocupando 2m². Todo manejo referente ao preparo do solo, instalação dos tratamentos, característica edafoclimáticas, e ao manejo da irrigação e monitoramento da umidade no solo foi descrito no capítulo 1.

Para análise do efeito dos tratamentos sobre o crescimento das plantas foram selecionadas quatro plantas dentre área útil da parcela mensurando-se, aos 20, 40, 60 e 80 DAS (dias após a semeadura), as seguintes variáveis: altura de planta (Alt) (cm), diâmetro do caule (Diam) (mm) e o número de folhas (n⁰Folhas). A altura foi definida mensurando-se, com uma fita métrica, a distância entre o colo da planta e o ápice da haste; com o surgimento do botão floral tomou-se como referência o ponto de inserção do mesmo, o diâmetro caulinar foi avaliado a 2 cm do colo da planta através de um paquímetro digital (Digimess) 0,01mm de precisão, e pela contagem determinou-se o número de folhas considerando-se apenas as folhas maiores que 3 cm (SANTOS JUNIOR, et al., 2011). Na colheita aos 84 DAS quando as plantas se encontravam no estágio de maturação fisiológica, conforme referido na Tabela 4 do capítulo 1, o caule das oito plantas que formaram a área útil da parcela foi cortado a nível do

solo, e após a desbulha dos capítulos, quatro plantas foram utilizadas para determinação do rendimento de forragem (fitomassa fresca da parte aérea); toda a parte aérea foi triturada em um triturador forrageiro, e logo após sua quantificação em balança eletrônica com capacidade de 10 kg e precisão de 0,005g e os resultados apresentados em (Kg m^{-2}). As demais plantas foram transportadas ao Laboratório de Fitotecnia do (CCTA), onde se realizou a partição da fitomassa separando-as e se acondicionando em sacos de papel, as folhas, caules e capítulos sem aquênios. Após secagem em estufa com ventilação forçada de ar, a $65\text{ }^{\circ}\text{C}$, até a obtenção de peso constante através de balança de precisão foram detreminados: massa seca das folhas (MSF), massa seca do caule (MSC) massa seca do capítulo (MSCP) e a massa seca total da parte aérea (MSPA), cujos valores são apresentados em grama por plantas. Ainda foram coletados, de cada planta, 20 discos foliares de 3 cm de diâmetro, para fins de determinação da área foliar (AF), através da relação massa seca de uma área conhecida (área de um disco) e massa seca total das folhas, segundo recomendações contidas em (BENNICASA, 2003) pela equação seguinte:

$$AFP = Ad(MsF + Msd)/Msd \text{ Eq.(1)}$$

em que: AFP = área foliar da planta, Ad= área do disco em (c m^2) e Msd = massa seca do disco e MsF= massa seca da folhas (g). Os resultados para AFP foram convertidos e dispostos em (m^2) por planta. Com base nos dados de área foliar e na área ocupada pela planta, determinou-se o índice de área foliar através da equação (2).

$$IAF = AFP/(EP * EL) \text{ Eq.(2)}$$

onde: IAF ($\text{m}^2 \text{ m}^{-2}$) índice de área foliar, EP(m) e EL(m) espaçamentos entre plantas e linhas de plantio, respectivamente.

Como componentes de produção foram avaliados por ocasião da colheita, as variáveis analisadas e, relacionadas à produção de aquênios, foram: diâmetro do capítulo (Diam Cap) peso de mil aquênios (PMA) ($\text{g } 1000^{-1}$), e a produção de aquênios (PA) (kg m^{-2}), em que a umidade foi determinada em 6%. O peso de mil aquênios foi avaliado com oito subamostras de 100 aquênios de cada capítulo, conforme a metodologia descrita nas Regras para Análise de Sementes - RAS (BRASIL, 2009).

Os resultados do experimento foram submetidos à análise de variância e as médias obtidas em função das técnicas de captação de água foram comparadas pelo teste de Tukey a nível de 0,05 de probabilidade, estudo de regressão (Linear e polinomial), para os resultados obtidos em função dos níveis de esterco. Todas as análises foram realizadas conforme FERREIRA (2000).

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

2.3.1 Variáveis de Crescimento

2.3.1.1 Altura de planta

Na Tabela 1, se encontra resumo da análise de variância para os dados correspondentes à altura de planta, nas diferentes épocas; quando os fatores são analisados isoladamente, verifica-se efeito significativo das técnicas nas três primeiras observações e o esterco em todas as vezes em que foram avaliadas, porém também se observa efeito da interação das técnicas de captação de água *in situ* com as doses de esterco analisado pelo teste F ($p < 0,01$), em todos os períodos estudados aos 20, 40, 60 e 80 dias após a semeadura, indicando dependência entre os fatores para com o desenvolvimento desta variável. Esses resultados diferem dos observados por Laime (2012), ao avaliar o crescimento de plantas de pinhão manso em um sistema de captação de água *in situ*, não se verificando efeitos das técnicas em estudo, porém o autor fez o estudo em condições totais de sequeiro sem o uso da irrigação suplementar e esterco, diferenciando com o manejo e tratamentos adotados na presente pesquisa. Por outro lado, Leite et al., (2012) observaram que técnicas de captação de água promovem comportamento diferenciado na altura nas plantas de girassol, Wanderley et al., (2012), sorgo sacarino e Barreto et al., (2012) na cultura da fava, em experimentos realizados sob condições de sequeiro no semiárido paraibano.

Tabela 1 : Resumo da análise de variância para Altura de Planta Alt, (cm), avaliadas aos 20, 40, 60 e 80 dias após a semeadura (DAS), em função das técnicas de captação de água *in situ* (Técnicas) e níveis de esterco (Adubação orgânica) para a cultura do Girassol, Pombal, PB, 2012

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios			
		Altura (cm)			
		20 DAS	40 DAS	60 DAS	80 DAS
Técnicas	3	44,3679**	1177,6187**	784,5972**	51,4395ns
Esterco	4	99,8580**	688,7572**	444,5421**	732,8242**
Linear	1	173,6050**	1334,9960**	623,3411**	1814,9087**
Quadrática	1	111,3725**	1389,7313**	1145,1418**	1076,1673**
Desvio de regressão	2	57,2274	15,1508	4,8428	20,1103
Bloco	5	10,3519	50,6835	24,9629	39,9580
Técnicas*Esterco	12	53,9490**	169,8058**	202,3667**	82,9869**
Resíduo	95	6,4349	39,2578	41,9476	23,3842
CV %		9,87	8,89	6,47	4,27
Média		25,6941	70,5083	100,1393	113,2355

* e ** = significativo a $p < 0,05$ e $p < 0,01$ pelo teste de F, respectivamente, ns = não significativo a $P < 0,05$

Com uma análise detalhada nas alterações de altura de planta em função dos efeitos do esterco para com as técnicas de captação (Figura 1), o desdobramento indicou comportamentos diferenciados entre as técnicas com efeitos significativos nas quatro épocas estudadas. Verifica-se, nos sulcos e camalhões (Figura 1 A, B) e em todas as avaliações, que

as plantas cresceram em altura, de forma linearmente positiva, em função do aumento da quantidade de esterco no solo.

Nas plantas que cresceram nas bacias e foram cultivadas na forma de preparo do solo convencional em todas as épocas de avaliação, o modelo polinomial de 2º grau foi a equação mais adequada para as comportamento dessas técnicas quando relacionadas às quantidade de esterco (Figura 1 C, D). Nobre et al., (2010) constataram, avaliando o efeito da adubação orgânica (esterco bovino) sobre esta mesma cultivar em estudo, efeito quadrático dos níveis de esterco para com a altura das plantas. Oliveira et al., (2009) sugerem, mediante estudos, testando fontes e quantidades de esterco na cultura da mamoneira, que altas concentrações de esterco promovem desbalanço nutricional no solo e, em consequência, redução no desenvolvimento e produção final da cultura.

Na primeira avaliação, aos 20 DAS, as plantas cultivadas nas bacias apresentaram o menor desempenho crescendo até 26,7 cm em função da dose máxima estimada em $3,68 \text{ L m}^{-2}$, porém nesta ocasião as demais técnicas pouco diferiram entre si; aos 40 DAS as plantas cultivadas nos camalhões começaram a ostentar uma superioridade em virtude da maior dose de esterco, com 85 cm de altura; no entanto, as bacias se configuravam ainda mais como a técnica de menor desempenho seguido dos tratamentos plantio convencional. Estes resultados se mantiveram aos 60 DAS, mas as plantas dos sulcos se igualando um pouco às cultivadas nos camalhões, e também os resultados obtidos para as bacias nesta época, ficaram bem próximos ao sistema convencional de cultivo, porém ainda observando a superioridade da combinação camalhões e a quantidade de esterco em 10 L m^{-2} , em relação aos demais tratamentos.

Por ocasião da última avaliação, aos 80 DAS, os maiores valores em altura de plantas foram observados nos camalhões com 125 cm em função da dose máxima de esterco testado, seguida das plantas cultivadas nos sulcos, com as plantas atingindo alturas de 119,13 cm; a altura máxima verificada aos 80 DAS nas plantas cultivadas nas bacias foi de 117 cm, proveniente da dose ótima estimada em $6,11 \text{ L m}^{-2}$ de esterco apresentando decréscimo quando a quantidade de esterco no solo excede este valor, observa-se o mesmo para as plantas cultivadas em solo sob preparo convencional, onde a dose de esterco de melhor desempenho foi de $5,68 \text{ L m}^{-2}$, proporcionando uma altura final de 116,4 cm, resultados bastantes próximos aos observados nas bacias. De forma detalhada, os dados obtidos nos presente trabalho divergem dos encontrados por Leite et al., (2012), que observaram os maiores valores em altura nas plantas que cresceram na linha de plantio das bacias; já conforme Barreto et al., (2012), as técnicas de captação de água tipo camalhão promoveram maior

crescimento em altura na cultura da feva cultivado no semiárido paraibano. Os valores encontrados na presente pesquisa são inferiores aos observados por Smiderle (2002), ao estudarem a mesma cultivar da presente pesquisa, constatando plantas com altura média de 150 cm; Nobre et al., (2010) também afirmam, estudando esta mesma variedade de girassol sob níveis irrigação com efluente doméstico e doses de adubo orgânico, altura máxima de 159,8 cm em função de 120% da necessidade hídrica da cultura.

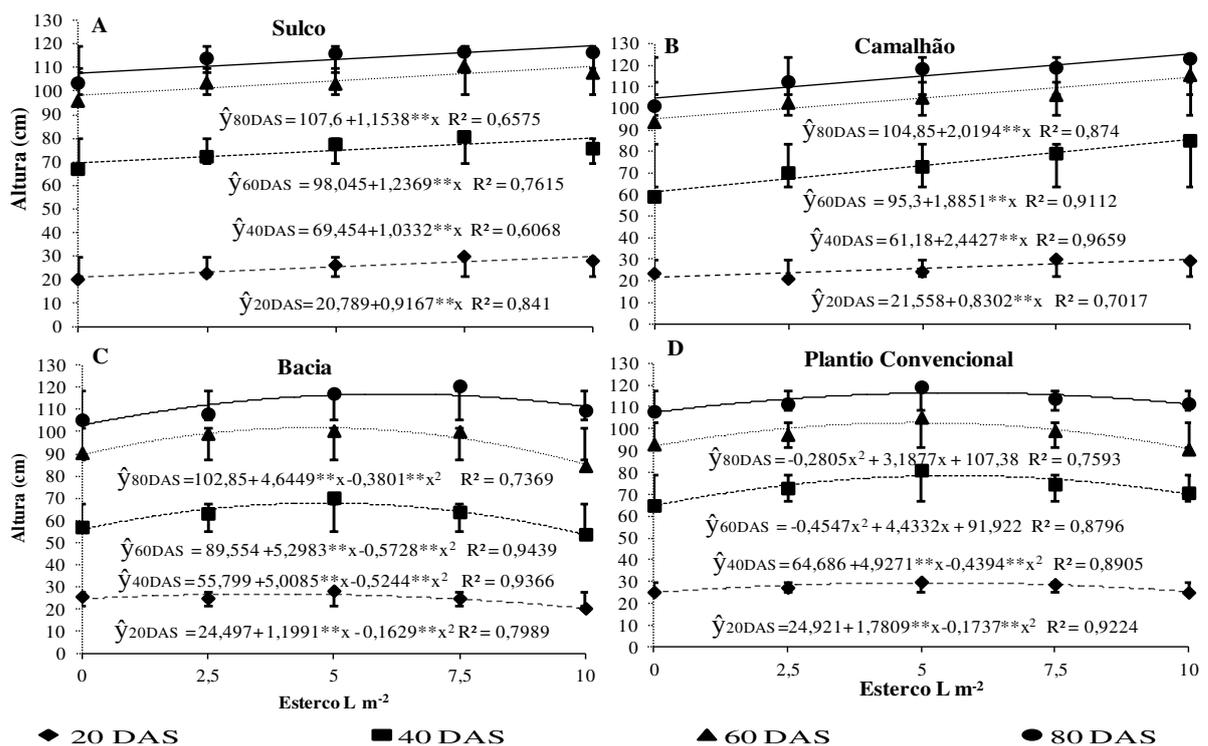


Figura 1. Análise de Regressão (Linear e quadrática) para a variável Altura de Planta (Alt.) (cm), após o desdobramento aos 20, 40, 60 e 80DAS, para os Níveis de Esterco (adubação orgânica) estudados dentro de cada Técnica de Captação de Água *in situ*, Sulco, (A) Camalhão(B), Bacia (C) e Plantio Convencional(D), Pombal, PB, 2012

Todavia, em seus estudos Uchôa et al., (2011), comparando três cultivares de girassol (Agrobel 960, Agrobel 967 e Embrapa 122/V2000) e cinco níveis de adubação potássica, verificaram que a cultivar Embrapa 122/V2000, apresentou o menor crescimento com 126 cm de altura de planta, resultados próximos aos apresentados na presente pesquisa, resultante da combinação entre camalhão e a quantidade de esterco de 10 L m⁻².

2.3.1.2 Diâmetro caulinar

As técnicas de captação de água e a adubação orgânica promoveram efeitos significativos na variável de crescimento diâmetro caulinar; em todos os períodos estudados verifica-se, na (Tabela 2), que o efeito significativo ocorreu para todos os fatores estudados,

analisando a primeira fonte de variação (técnicas), com exceção da segunda avaliação em que o efeito foi a nível ($p < 0,05$); nas demais épocas o teste de F indicou efeito significativo ($p < 0,01$) devido, possivelmente, às condições diferenciadas no conteúdo hídrico no solo imposto pelas técnicas, já que segundo Taiz & Zeiger (2006), em condições de déficit hídrico o aumento caulinar é afetado pela diminuição no alongamento celular, em função da queda do turgor que é extremamente sensível à disponibilidade hídrica no solo. O excesso de água no solo também pode interferir no crescimento do diâmetro caulinar, condição em que o etileno é produzido em maior quantidade, o que leva ao menor crescimento da raiz principal e consequentemente, o aumento de raízes laterais e axilares, tal como o aumento do diâmetro (DUTRA et al., 2012).

O fator esterco e a interação apresentaram efeito significativo em todas as avaliações, sempre em nível de ($p < 0,01$); os resultados observados para diâmetro de caule são bastante semelhantes aos da variável altura de plantas, quando analisados pelo teste de F; esses resultados evidenciam a resposta do girassol às técnicas de captação de água, demonstrando ainda mais que adubações orgânicas utilizadas proporcionaram diferentes condições de umidade e nutricional ao solo.

Tabela 2. Resumo da análise de variância para a variável Diâmetro de Caule (Diam) (mm), avaliadas aos 20, 40, 60 e 80 dias após a semeadura (DAS), em função das técnicas de captação de água *in situ* (Técnicas) e níveis de esterco (Adubação orgânica) para a cultura do Girassol, Pombal, PB, 2012

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios			
		Diâmetro do Caule (mm)			
		20 DAS	40 DAS	60 DAS	80 DAS
Técnicas	3	5,2576**	1,1541*	7,4432**	11,0691**
Esterco	4	5,0293**	8,7987**	8,8263**	16,8867**
Linear	1	8,7841**	17,3968**	24,3935**	53,1735**
Quadrática	1	9,7459**	17,7328**	9,2589**	12,08745**
Desvio de regressão	2	0,7935	0,0327	0,8264	1,1429
Bloco	5	0,6894	0,1004	0,4631	0,4166
Técnicas*Esterco	12	0,8139*	1,2058**	0,9263**	2,3509**
Resíduo	95	34,6724	0,3152	0,3666	0,4503
CV %		7,64	4,82	4,32	4,21
Média		7,9121	11,641	14,0175	15,935

* e ** = significativo a $p < 0,05$ e $p < 0,01$ pelo teste de F, respectivamente, ns = não significativo a $p < 0,05$.

Os valores de diâmetro de caule foram afetados pelas quantidades de esterco estudado sendo, este efeito, no entanto, diferenciado em função das técnicas de captação de água estudadas verifica-se, na Figura 2, ao se desdobrar o efeito das doses de esterco dentro de cada técnica que ocorreu efeito significativo ($p < 0,01$), em todas as combinações entre os fatores, para todas as épocas em que foram avaliados, cujas plantas dos sulcos e camalhões aumentaram de forma linear positiva com o aumento das quantidades de esterco no solo (Figura 2 A, B); assim, da mesma forma em que ocorreu para a variável altura de planta nas

bacias e plantio convencional, o diâmetro de caule aumentou até certa quantidade de esterco e depois diminuiu com doses mais elevadas, ajustando-se os dados à regressão do tipo quadrática nas épocas em que foi mensurado o diâmetro de caule (Figura 2 C, D). Oliveira et al., (2009) avaliaram o desenvolvimento inicial da mamoneira moringa (*Ricinus communis L.*) sob diferentes fontes de matéria orgânica. Segundo esses autores as plantas obtidas com esterco bovino ou com esterco caprino apresentaram desenvolvimento similar. Resultados semelhantes foram reportados por Oliveira Júnior et al., (2009) ao avaliar o desenvolvimento de mudas de moringa (*Moringa oleífera Lam.*) sob diferentes fontes de matéria orgânica.

O crescimento do caule das plantas em diâmetro ocorreu de forma contínua ao longo de todas as avaliações, conforme o tipo de tratamento estabelecido. Ao longo dos períodos avaliados pode-se constatar que o tratamento no qual não foi usada técnica de captação, foi o mais prejudicado, da primeira à última avaliação, corroborando com os resultados obtidos por Laime (2012), ao observar o desenvolvimento caulinar de plantas de pinhão manso cultivado em sistema de captação de água da chuva.

As plantas cultivadas nos camalhões sempre foram superiores às demais técnicas; aos 20 DAS apresentaram média de 8,94 mm, em função da maior quantidade de esterco testado, incrementando 16% em relação às plantas cultivadas nessa mesma técnica que não receberam esterco e 15% em relação às plantas cultivadas de forma convencional, em média 7,76 mm de diâmetro caulinar, obtida pela dose máxima de esterco em $5,38 \text{ L m}^{-2}$ estimada pela primeira derivada da equação (Figura 2 D). Comportamentos semelhantes foram observados nas duas avaliações seguintes, aos 40 e 60 DAS em que as plantas dos camalhões mantiveram superioridade sobre as demais com médias de 12,59 e 15,25 (mm) sempre em função da dose de 10 L m^{-2} , nas respectivas épocas. Na última avaliação, aos 80 DAS, os camalhões se mostraram ser a técnica de melhor rendimento no aumento do caule do girassol quando adubado com a dose máxima de esterco bovino em estudo, chegando a 17,76 (mm) de diâmetro de caule, incrementando 15% em relação aos resultados sem esterco nesta técnica, bem próximo, como foi observado aos 20 DAS; já onde não se fez uso de técnica essa margem caiu para 11%; o desempenho dos sulcos de cultivo foi o de maior aproximação ao camalhão; como observado para altura de planta, durante todas as avaliações as bacias se configuraram como a terceira técnica com as maiores médias obtidas pelas quantidades de esterco entre 5 e 6 L m^{-2} . Contudo, Smiderle (2002) obteve valores em média de 22,1mm de caule para esta mesma cultivar, porém se ressalta que o estudo foi realizado na Embrapa Roraima, condições edafoclimáticas diferentes da presente pesquisa; apesar disto, em estudos realizados na cultura do girassol cultivar Multissol submetido a diferentes lâminas de esgoto

doméstico tratado e água de poço freático e adubado com diferentes doses de nitrogênio, se observaram valores entre 13,3 e 15,23 mm de diâmetro caulinar (FREITAS et al., 2012). Segundo Jesus et al., (2011), estudando manejo da adubação orgânica no desempenho agrônomo do girassol no sertão paraibano, as plantas apresentaram valores médios de 17 mm; para os autores espessura do diâmetro caulinar permite um adensamento maior da cultura e evita o tombamento ou quebra do caule pela ação das chuvas, ventos e animais, respectivamente, favorecendo um aumento na produtividade.

Para Biscaro et al., (2008), elevados diâmetros do caule no girassol constituem uma característica considerada desejável em virtude de conferir, à cultura, menor vulnerabilidade ao acamamento e por favorecer a execução de práticas de manejo e tratos culturais. O processo de crescimento dos caules é menos estudado, mas, provavelmente, afetado pelas mesmas forças que limitam o crescimento foliar durante o estresse (TAIZ; ZEIGER, 2006).

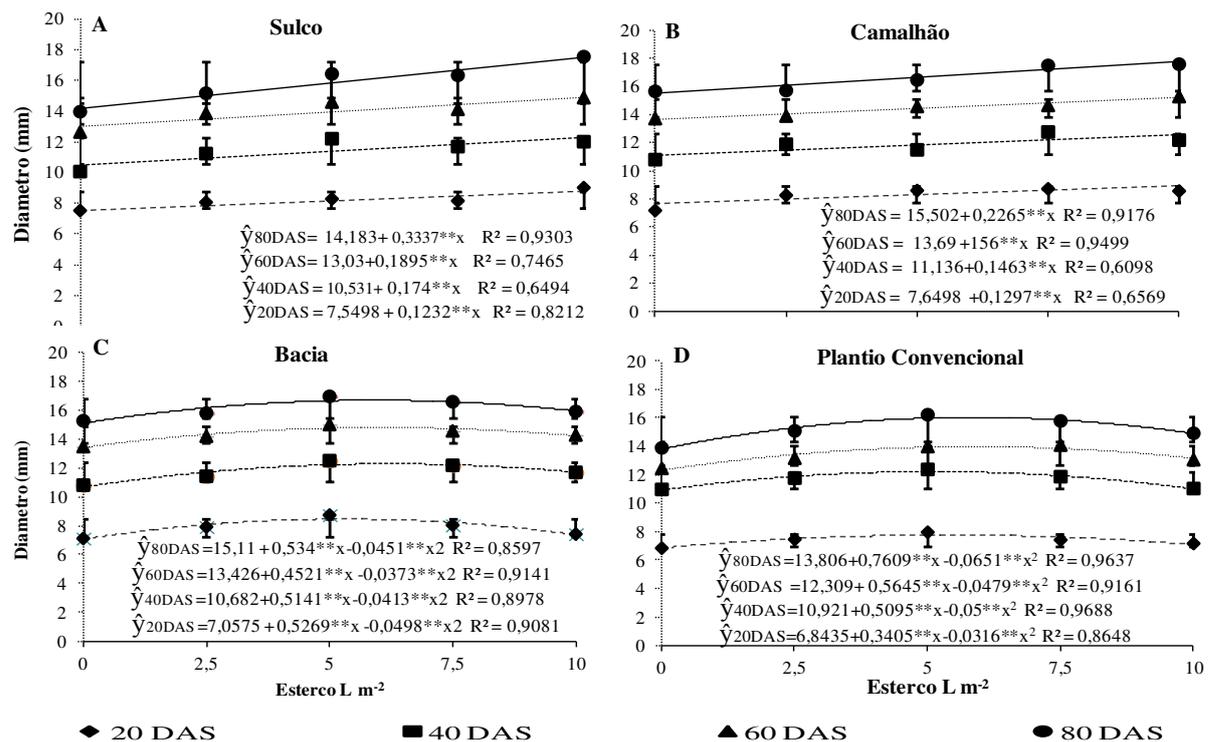


Figura 2. Análise de Regressão (Linear e quadrática) para a variável Diâmetro de Caule (Diam) (mm), após o desdobramento aos 20, 40, 60 e 80DAS, para os Níveis de Esterco (adubação orgânica) estudados dentro de cada Técnica de Captação de Água *in situ*, Sulco, (A) Camalhão(B), Bacia (C) e Plantio Convencional(D), Pombal, PB, 2012

2.3.1.3 Número de Folhas

O resumo da análise de variância desta variável em cada avaliação, encontra-se na Tabela 3. Observa-se que a análise de variância indicou que as técnicas de captação de água e

adubação orgânica exerceram efeitos significativos em nível de ($p < 0,01$) de forma isolada, no número de folhas, em todas as épocas em que foram avaliadas, com exceção aos 40 DAS cujas técnicas demonstraram nível de significância em ($P < 0,05$), divergindo dos resultados obtidos por Leite et al., (2012) que avaliando técnicas de captação água, observaram não haver efeito em função desse tratamentos sobre a variável número de folhas do girassol, variedade Hélio 250, cultivada no semiárido paraibano, embora a interação também proporcionado efeito significativo; em todas as avaliações ocorreu em nível de ($p < 0,01$); esses resultados são bastante semelhantes aos observados para as variáveis, altura de planta e diâmetro de caule, já apresentados.

Tabela 3. Resumo da análise de variância para a variável Número de Folhas (n° Folhas), (mm), avaliada aos 20, 40, 60 e 80 dias após a semeadura (DAS), em função das técnicas de captação de água *in situ* (Técnicas) e níveis de esterco (Adubação orgânica) para a cultura do Girassol, Pombal, PB, 2012

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios			
		Número de folhas (N° Folhas)			
		20 DAS	40 DAS	60 DAS	80 DAS
Técnicas	3	21,2189**	22,8957*	52,0893**	66,9486**
Esterco	4	10,8684**	38,1845**	22,3221**	25,0459**
Linear	1	8,8774**	51,0769**	17,1227*	22,3062*
Quadrática	1	34,0275**	93,1799**	70,8081**	75,7064**
Desvio de regressão	2	8,8774	4,2406	0,6789	1,0855
Bloco	5	0,2029	4,9639	8,3200	9,0269
Técnicas*Esterco	12	3,1117**	16,5469**	12,9450**	13,6272*
Resíduo	95	1,0742	4,7257	4,8520	5,3927
CV %		11,31	12,89	10,83	10,95
Média		9,1649	16,86943	20,34288	21,2120

* e ** = significativo a $p < 0,05$ e $p < 0,01$ pelo teste de F, respectivamente, ns = não significativo a $p < 0,05$.

Analisando o comportamento desta variável em cada período avaliado (Figura 3) constatou-se, através do desdobramento, que a interação ocorreu de forma significativa ($p < 0,01$) todas as vezes em que foi mensurada, através do comportamento de forma diferenciado das quantidades de esterco para com as técnicas bacias e quando não se fez uso de técnicas (Figura 3 C, D); em ambos o modelo de regressão quadrático foi o de melhor ajuste aos dados, da mesma forma ocorrida para altura e diâmetro de caule.

Os valores de número de folhas pela combinação do esterco dentro dos sulcos e camalhões, em que só apenas aos 20 DAS houve efeito significativo da interação pelo desdobramento das quantidades de esterco aplicado nos sulcos (Figura 3 A), no entanto, nos camalhões, ocorreu efeito significativo da interação nas três últimas avaliações (figura 3 B).

Apesar de não ser verificada diferença significativa da interação em todos os momentos em que foram observados, os maiores valores das plantas cultivadas nos sulcos e camalhões, ocorreram em função da maior quantidade de esterco, ou seja, ocorreu aumento

linearmente positivo dos números de folhas ao aumento de esterco nessas técnicas (Figura 3 A, B).

Em termos de desempenho aos 20 DAS, o número de folhas foi maior onde não foram usadas técnicas, com aproximadamente 11 folhas, em média, nas plantas cultivadas com uma dose máxima estimada em $4,2 \text{ L m}^{-2}$ de esterco na linha de plantio, sendo o sulco a técnica em que as plantas se apresentaram com menor número de folhas acima de 3 cm de comprimento nesta avaliação. No entanto, a partir da segunda avaliação (40 DAS), as plantas cultivadas na linha de plantio dos camalhões onde se aplicou a maior quantidade de esterco, começaram a se mostrar superiores com média de 20 folhas por planta, o que representou aumento de 25% com relação às plantas que não receberam esterco no próprio camalhão, nas duas avaliações subsequentes (60 e 80 DAS) quadro que se estabilizou para os 18% de incremento.

Contudo, ao comparar os maiores valores encontrados nos camalhões que foi em média 25 folhas, com o máximo das demais técnicas, verificou-se que as plantas cultivadas nos sulcos foram as mais desfavorecidas em todas as avaliações, porém nas plantas com maior número de folhas nesta técnica observou-se, pela dose de 10 L m^{-2} , chegando aos 80 DAS com média de 21 folhas, em torno de 18% a menos que as plantas dos camalhões; mesmo assim, não diferindo estatisticamente dos melhores resultados encontrados nas bacias, em que nas quatro avaliações os maiores números de folhas foram obtidos pelas quantidades de esterco entre as faixa de $5,2$ a $5,6 \text{ L m}^{-2}$ e no preparo convencional do solo, cujas quantidades de esterco entre 4 e $4,12 \text{ L m}^{-2}$ proporcionaram, às plantas, com maior número de folhas, chegando aos 80 DAS em média de 22 unidades foliares por planta para esta técnica.

Bernal (2007), através de estudos realizados na região semiárida do Vale do Jequitinhonha-MG, onde foi testado um sistema de captação de água *in situ* constatou, em plantas de goiabeira e mangueira, que a técnica camalhão proporcionou, às culturas, um número maior de folhas, enquanto para Laime (2012), as técnicas captação de água não proporcionaram diferença significativa no número de folhas observadas na cultura do pinhão manso; entretanto, o tratamento que mais se destacou foi, também, a técnica de plantio em camalhões. De acordo com Dutra et al., (2012), plantas de girassol cultivar Embrapa 122/V-2000, submetidas a maiores teores de água, produzem um número maior de folhas consequentemente, aumenta a área foliar.

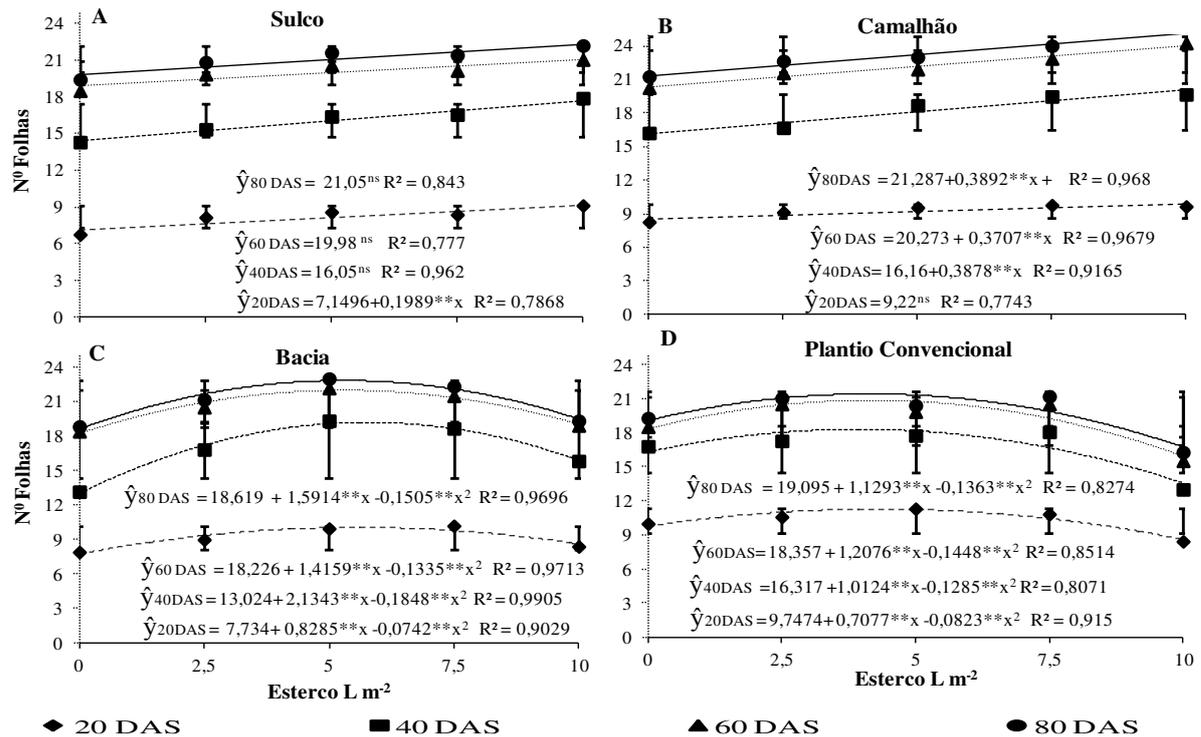


Figura 3. Análise de Regressão (Linear e quadrática) para a variável Número de Folhas (N^0 Folhas), após o desdobramento aos 20, 40, 60 e 80 DAS, para os Níveis de Esterco (adubação orgânica) estudados dentro de cada Técnica de Captação de Água *in situ*, Sulco, (A) Camalhão (B), Bacia (C) e Plantio Convencional (D), Pombal, PB, 2012

Costa Nobre et al., (2012) encontraram, avaliando o desempenho agrônômico de 10 genótipos de girassol no Norte de Minas gerais, valores entre 26,2 e 34 folhas, superiores aos encontrados na presente pesquisa. Freitas et al., (2012) verificaram que plantas de girassol cultivar Catissol irrigadas com esgoto doméstico, alcançaram médias de número de folhas por planta com valor de aproximadamente 25 folhas. Nobre et al., (2010), estresse hídrico moderado compromete a expansão foliar, que é completamente inibida afetando, de forma severa, as taxas fotossintéticas e, em consequência, a produção de fitomassa da parte aérea. A emissão de folhas e sua velocidade, podem afetar, diretamente a interceptação de radiação solar pelo dossel da cultura e, em contrapartida, a fotossíntese bruta da comunidade de plantas de girassol (CASTRO; FARIAS, 2005)

2.3.2 Área Foliar e Produção de Fitomassa Seca

Com base nas informações da Tabela 4, não ocorreu efeito significativo da interação técnicas de captação de água e níveis de adubação com esterco, aos 84 dias após a semeadura (84 DAS). Observa-se, porém, efeito significativo dos fatores isolados, as técnicas de captação de água e adubação orgânica (esterco) nível de ($p < 0,01$), para as variáveis, Área Foliar (AF) (m^2), Índice de Área Foliar (IAF) ($m^2 m^{-2}$), Massa Seca das Folhas (MSF) (g

planta⁻¹), Massa Seca do Caule (MSC) (g), Massa Seca do Capítulo (MSCP) (g) e Massa Seca da Parte Aérea (MSPA) (g). Tal fato sugere que o fator água foi o responsável pela diferenciação nos resultados, corroborando com a afirmação de Stone et al., (2001), informando que água é o fator que mais limita o crescimento e a produção das culturas em ambientes áridos e semiáridos, semelhantes aos encontrados no nordeste brasileiro. A falta de água reduz a pressão de turgor e, como resultado, o fluxo de seiva pelos vasos condutores (TAIZ ;ZEIGER, 2006), fato que tende a diminuir o alongamento celular e, assim, o crescimento e o desenvolvimento das plantas.

Conforme Dutra et al., (2012) asseguram que o estresse hídrico provoca mudanças morfológicas e fisiológicas nas culturas, através da redução na expansão celular, redução na área foliar, aumento na abscisão foliar, diminuição da relação entre a biomassa da raiz com a parte aérea, fechamento de estômatos e redução na fotossíntese. Taiz & Zeiger, (2006) relaciona o ocorrido as modificações que ocorrem nas plantas visando manter seu crescimento e reprodução nesses ambientes limitantes.

Tabela 4: Resumo da análise de variância para as variáveis, Área Foliar (AF)(m²), Índice de Área Foliar (IAF)(m² m⁻²), Massa Seca das Folhas (MSF)(g), Massa Seca do Caule (MSC) (g) , Massa Seca Capítulo (MSCP) (g), Massa Seca da Parte Aérea (MSPA) (g) aos 84 dias após a semeadura (84 DAS), em função das técnicas de captação de água in situ (Técnicas) e níveis de esterco (Adubação orgânica) para a cultura do Girassol, Pombal, 2012

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios					
		AF(m ²)	IAF(m ² m ⁻²)	MSF(g)	MSC(g)	MSCP(g)	MSPA(g)
Técnicas	3	652,683**	10442,9 **	296,531**	338,087**	511,001**	3349,643**
Esterco	4	377,385**	6038,15 **	117,240**	312,418**	174,694**	1705,816**
Linear	1	1355,751**	21692,034**	458,508**	1185,459**	638,389**	6578,785**
Quadrática	1	15,726 ^{ns}	251,62 ^{ns}	5,3146 ^{ns}	51,179 ^{ns}	23,071 ^{ns}	203,421 ^{ns}
Desvio regressão	2	69,030	1104,49	2,569	6,517	18,658	20,528
Bloco	5	240,732	3851,71	30,221	58,591	77,664	354,611
Técnicas*Esterco	12	68,416 ^{ns}	1094,6 ^{ns}	22,712 ^{ns}	26,265 ^{ns}	11,069 ^{ns}	148,986 ^{ns}
Resíduo	95	84,183	1346,94	27,553	46,966	32,965	192,982
CV %		34,10	34,10	29,28	26,64	27,21	21,45
Média		26,903	107,61	17,928	25,729	21,100	64,758

* e ** = significativo a p<0,05 e p<0,01 pelo teste de F, respectivamente, ns = não significativo a p<0,05

De acordo com Larcher (2000) e Taiz & Zeiger (2006), quanto menor a quantidade de água no solo mais negativo deve ser o potencial hídrico, fato que limita o crescimento. Essa escassez de água pode enfraquecer as funções vitais tanto quanto estimular reações adaptativas que capacitem as plantas a sobreviverem em períodos prolongados de déficit hídrico (SILVA et al., 2002).

2.3.2.1 Área Foliar

Para as variáveis Área Foliar (AF) (m^2) e Índice de Área Foliar (IAF) ($m^2 m^{-2}$) melhor resultado foi obtido pela técnica de captação de água tipo camalhão (Figura 4 A, C); observa-se também que as demais técnicas não apresentaram diferenças estatísticas.

Os níveis de adubação orgânica também influenciaram de maneira significativa, essas variáveis, obtendo-se acréscimo com a elevação de uma unidade ($1 L m^{-2}$), na ordem de 4,29 %, para ambas as variáveis favorecendo, desta forma o maior crescimento das plantas (Figura 4 B, D), o que pode estar relacionado com a influência do esterco na conservação da umidade, informações contidas no capítulo 1. Esses resultados diferiram dos obtidos por Laime (2012), que observou, em plantas de pinhão manso o cultivo em bacias os melhores resultados para área foliar.

Para Bernal (2007), que avaliou técnicas de captação de água de chuva na região semiárida do Vale do Jequitinhonha-MG, o plantio em camalhões em nível proporcionou melhor retenção da umidade ao longo do tempo, o que se refletiu em melhor desenvolvimento das plantas e aumento no número das folhas nas culturas de goiabeira e mangueira, que podem ter influência sobre a área foliar.

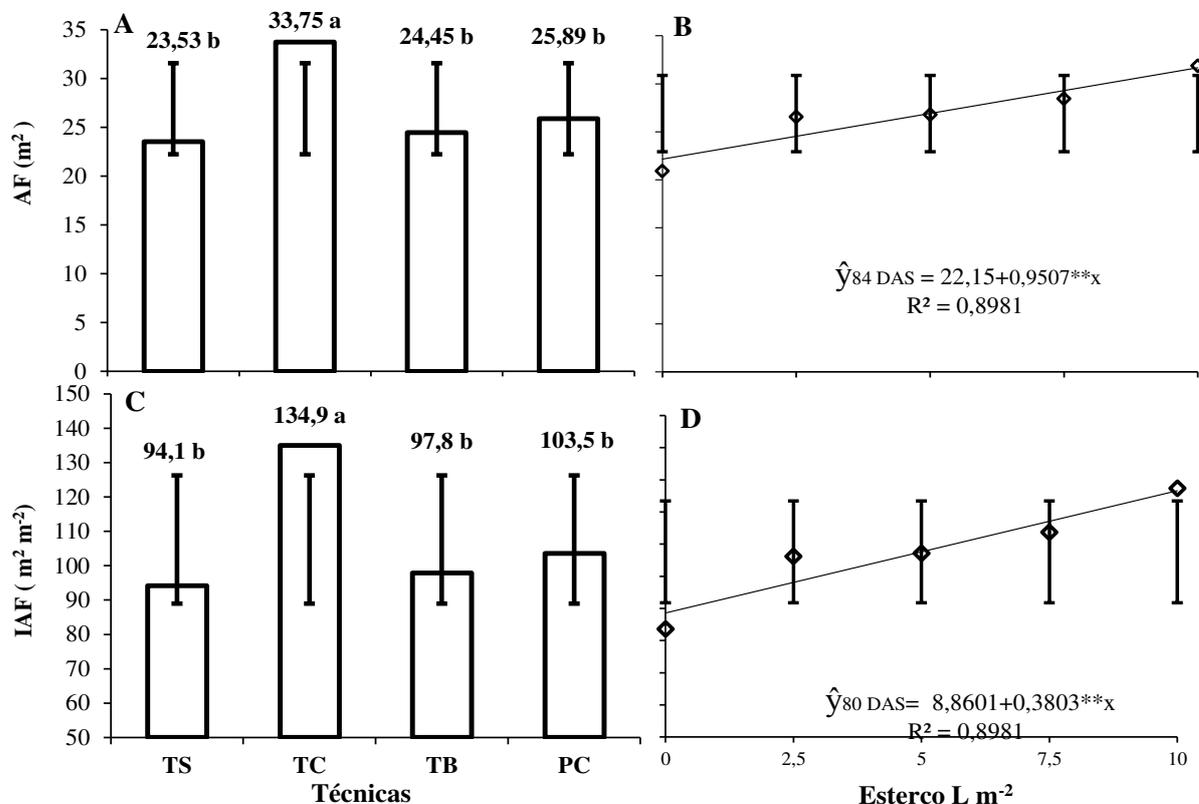


Figura 4. Teste de comparação de média para as variáveis, Área Foliar (AF) (m^2) (A) e Índice de Área Foliar (IAF) ($m^2 m^{-2}$) (C) aos 84DAS, em função das Técnicas de Captação de Água *in situ*, e análise de regressão (linear), para a variável Área Foliar (AF) (m^2) (B) e Índice de Área Foliar (IAF) ($m^2 m^{-2}$) (D) aos 84 DAS em função dos Níveis de Esterco (adubação orgânica), Pombal, PB, 2012

Conforme Taiz & Zeiger (2006) a expansão ou alongamento celular é um processo que depende do turgor; portanto, é extremamente sensível à disponibilidade de água no solo para as plantas; assim, a restrição hídrica limita não só o tamanho mas também o número de folhas. Ainda segundo esses autores, as folhas desenvolvem uma cutícula mais grossa para reduzir a perda de água por transpiração, refletindo-se no aumento da eficiência de uso de água pela planta. Vale ressaltar, ainda, que o conhecimento da área foliar da planta possibilita a estimativa da perda de água, uma vez que as folhas são os principais órgãos que participam no processo transpiratório, responsável pela troca gasosa com o ambiente (PEREIRA et al., 1997).

2.3.2.2 Produção de Fitomassa Seca

Estudando as variáveis Massa Seca das Folhas (MSF), Massa Seca do Caule (MSC), Massa Seca do Capítulo (MSCP) e Massa Seca da Parte Aérea (MSPA) verifica-se, na Figura 8, que os melhores resultados foram obtidos através da captação de água por camalhão. O comportamento detalhado das técnicas divergem dos resultados obtidos por Leite et al. (2012) que, ao estudar o crescimento do girassol em um sistema de captação de água da chuva, observaram que as plantas cultivadas nos sulcos e bacias produziram maiores valores de fitomassa seca da parte aérea.

A adubação orgânica (esterco) promoveu aumento unitário na ordem de 3,64; 4,17; 3,65 e 3,85 % para essas variáveis, respectivamente (Figura 5 B) fitomassa seca das folhas, (Figura 5 D) fitomassa seca do caule (Figura 5 F), fitomassa seca do capítulo e (Figura 5 H) fitomassa seca total da parte aérea. Pereira et al., (2008) constataram, avaliando o efeito de doses de adubação orgânica na cultura do girassol, que a aplicação de esterco bovino elevou a produção fitomassa do capítulo.

A utilização de doses de esterco bovino (0%; 25%; 50% e 75%) no substrato de mudas de maracujazeiro amarelo, promoveu um efeito quadrático na produção de fitomassa seca da parte aérea, obtendo 4,7g, com a dose máxima estimada de 37,1% de esterco bovino no substrato, promovendo um incremento quando comparado com a testemunha, de 240,1% (RIBEIRO DANTAS et al., 2012). O mesmo foi observado por Silva Aguiar et al. (2012), avaliando o desenvolvimento inicial de plantas de milho em solos com diferentes doses de esterco bovino (0, 20, 40 e 60% do volume total de substrato) e constaram que o aumento do esterco no solo elevou a produção de massa seca até a dose de 40%, sendo que a partir dessa quantidade ocorreu um decréscimo.

Guedes Filho et al. (2011) constataram, averiguando o efeito do nitrogênio disponível e níveis de água do solo no crescimento e no rendimento de componentes de girassol (cv. Embrapa 122 / V-2000), doses de N e os níveis de água no solo influenciaram todas as variáveis correspondentes a produção de fitomassa seca das plantas de girassol cultivadas em Neossolo.

Considerando que as técnicas de captação de água proporcionaram condições diferenciadas na umidade do solo e, conseqüentemente na água disponível, esses resultados são condizentes, em parte, com os encontrados por Oliveira et al., (2012), avaliando o efeito de diferentes níveis de água disponível no solo (55; 70; 85; e 100%) de um luvisolo mantido sob irrigação diária e constataram que diferentes quantidades de água disponível no solo proporcionaram diferenciação na produção de fitomassa seca do girassol da mesma cultivar, das folhas e total da parte aérea da planta; no entanto, os resultados encontrados nesta pesquisa são inferiores aos obtidos no presente trabalho para fitomassa seca total da parte aérea. Estudando estresse hídrico em feijão caupi, Machado Neto et al.,(2006) observaram diminuição da massa seca da parte aérea com redução do teor de água no solo; tal efeito é um dos mecanismos de resistência da planta à falta de água no solo pois em geral o estresse hídrico aumenta a relação raiz/parte aérea por ser mais afetada a parte aérea da planta, sendo esta uma forma de reduzir a superfície transpirante, relacionando-se ainda Taiz & Zeiger (2006) a busca de umidade no solo, através do prolongamento radicular.

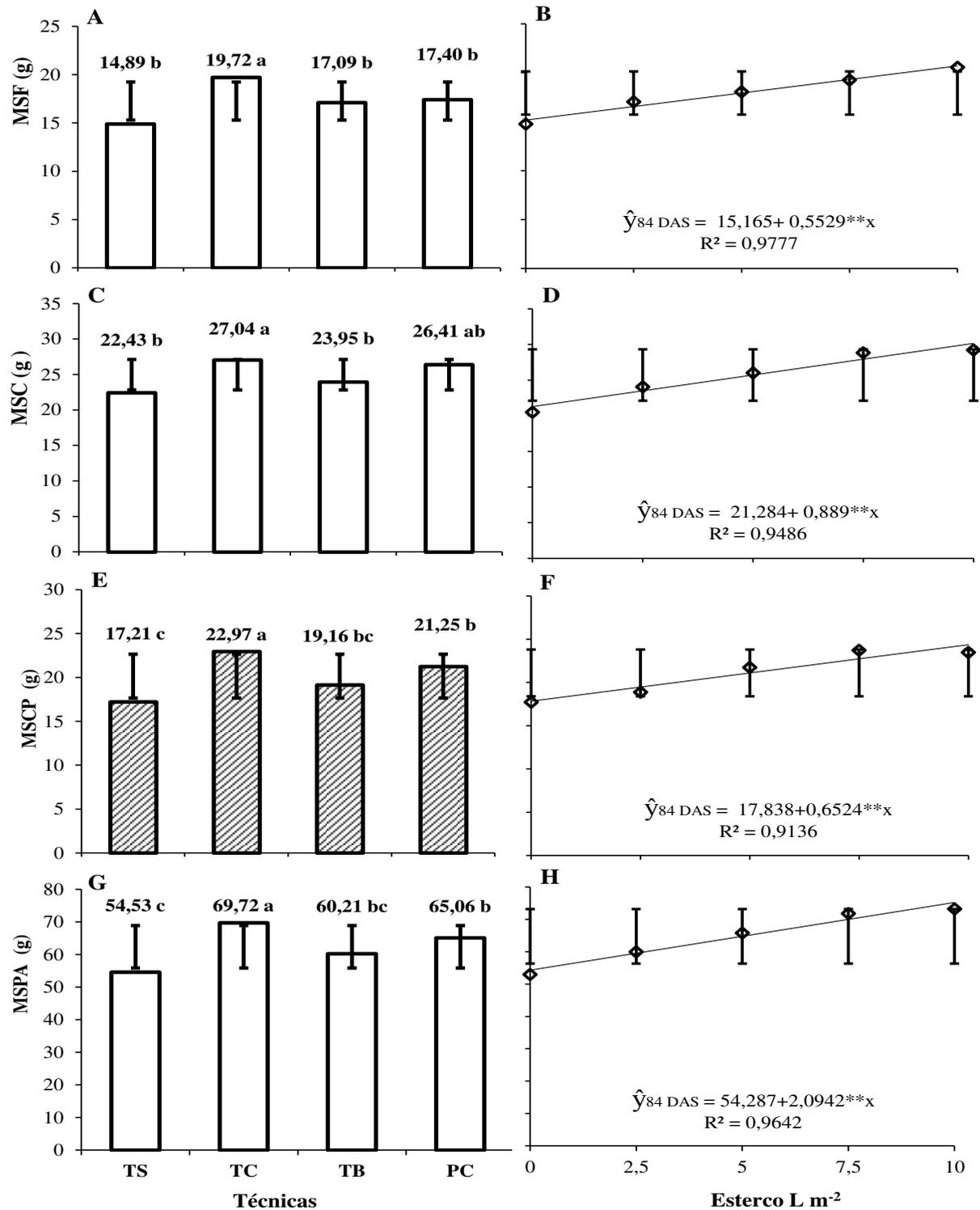


Figura 5. Teste comparação de Médias para as variáveis Massa Seca das Folhas (A) (MSF) (g), Massa Seca do Caules (C) (MSC) (g), Massa Seca do Capítulo (MSCP) (g) (E) e Massa Seca da Parte Aérea (MSPA) (g) (G) em função das técnicas de captação de água *in situ* (Técnicas) aos 84 DAS. E Análise de Regressão (Linear) para as variáveis Massa Seca das Folhas (B) (MSF) (g), Massa Seca do Caules (D) (MSC) (g), Massa Seca do Capítulo (MSCP) (g) (F) e Massa Seca da Parte Aérea (MSPA) (g) (H) em função dos níveis de esterco (Adubação orgânica) aos 84 DAS, para a cultura do Girassol, Pombal, PB, 2012

2.3.3 Variáveis de Produção

A interação entre as técnicas de captação de água e os níveis de adubação orgânica promoveu efeitos significativos apenas para o rendimento de forragem, não sendo significativo nas variáveis de produção (diâmetro de capítulo, produção de aquênios e peso de mil aquênios) sendo que, isoladamente os tratamentos exerceram influência significativa a nível de ($p < 0,01$), exceto para o peso de mil aquênios nos tratamentos com níveis de adubação orgânica (Tabela 5). Estudando os efeitos do estresse hídrico na cultura do girassol Leite et al. (2005) afirmam que a exigência de água pela cultura se vai elevando proporcionalmente ao seu crescimento, de forma que entre a formação das flores nos capítulos e o amadurecimento dos aquênios e, por conseguinte, a formação do óleo, a água é fator decisivo para se obter rendimentos consideráveis.

Tabela 5: Resumo da análise de variância para as variáveis, Rendimento de Forragem (RF) (kg m^{-2}), Diâmetro de Capítulo (Diam Cap) (cm), Produção de aquênios (PA) (kg m^{-2}) e Peso de mil aquênios (PMA) ($\text{g } 1000^{-1}$ aquênios) aos 84 dias após a semeadura (84 DAS), em função das técnicas de captação de água *in situ* (Técnicas) e níveis de esterco (Adubação orgânica) para a cultura do Girassol, Pombal, 2012

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios			
		RF (Kg m^{-2})	DCp (cm)	PA (Kg m^{-2})	PMA ($\text{g } 1000^{-1}$)
Técnicas	3	0.5191**	9,6338**	0,0106**	365,9946**
Esterco	4	0.3891**	13,6532**	0,006 *	117,4540 ^{ns}
Linear	1	0.7593**	38,8412**	0,0182 **	172,7348 ^{ns}
Quadrática	1	0.7792**	15,2789**	0,0062*	58,9739 ^{ns}
Desvio de regressão	2	0.0090	0,2463	32, 9417	119,0536
Bloco	5	0.2236	5,5805	0,00053	107,0857
Técnicas*Esterco	12	0.0939**	1,3021 ^{ns}	0,0019 ^{ns}	69,2156 ^{ns}
Resíduo	95	0.0346	1,5927	0,0014	73,4515
CV %		16.60	9,46	21,69	15,02
Média		1.1207	13,3443	0,1742	57,0471

* e ** = significativo a $p < 0,05$ e $p < 0,01$ pelo teste de F, respectivamente, ns = não significativo a $p < 0,05$

2.3.3.1 Rendimento de Forragem

A análise de variância indicou diferença no rendimento de forragem pelo efeito das doses de esterco estudadas, sendo esse efeito, no entanto diferenciado de acordo com as técnicas de captação de água testada. Com o desdobramento da interação constatou-se efeito ($p < 0,01$) do esterco dentro de todas as técnicas de captação de água estudadas (Figura 6). Verificou-se que o modelo linear foi o de melhor ajuste aos dados referente aos sulcos e camalhões (Figura 6 A, B); a produção de forragem fresca aumentou linearmente com o aumento do esterco no solo, com a aplicação de 10 Lm^{-2} plantas cultivadas nos sulcos e camalhões produziram, respectivamente, de acordo com a análise de regressão, 1,22 e 1,55 kg m^{-2} de forragem verde, aumentos de 48,2 e 47,4% quando comparadas com as plantas que cresceram na ausência do esterco na linha de plantio do sulco e camalhões, porém nas bacias

e no plantio de forma convencional, o modelo polinomial de 2º grau foi a equação que apresentou melhor ajuste (Figura 6 C, D); estimou-se, na bacia, a produção máxima de forragem em 1,16 kg m⁻² para uma quantidade de esterco em 4,8 L m⁻², ou seja, a produção média de forragem aumentaria de 0,0 L m⁻² até o nível 4,8 L m⁻² de esterco e a partir deste nível o rendimento médio de forragem começaria a diminuir. Resultados similares foram observados nas plantas cultivadas no plantio convencional que produziram um rendimento de 1,28 kg m⁻² de forragem em função da dose máxima estimada em 5,15 L m⁻² de esterco; a partir deste ponto, ocorrendo decréscimo do fenômeno semelhante com a ocorrido nas bacias. Este resultado supera os encontrados por Oliveira et al., (2012), ao avaliar a fitomassa do girassol cv. EMBRAPA 122/V-2000, submetido aos níveis de água disponível no solo (55; 70; 85 e 100%), constataram, através do modelo de regressão linear crescente, uma produção de fitomassa fresca da parte aérea de 111,2 (g) em plantas que cresceram em função de 100% da água disponível no solo.

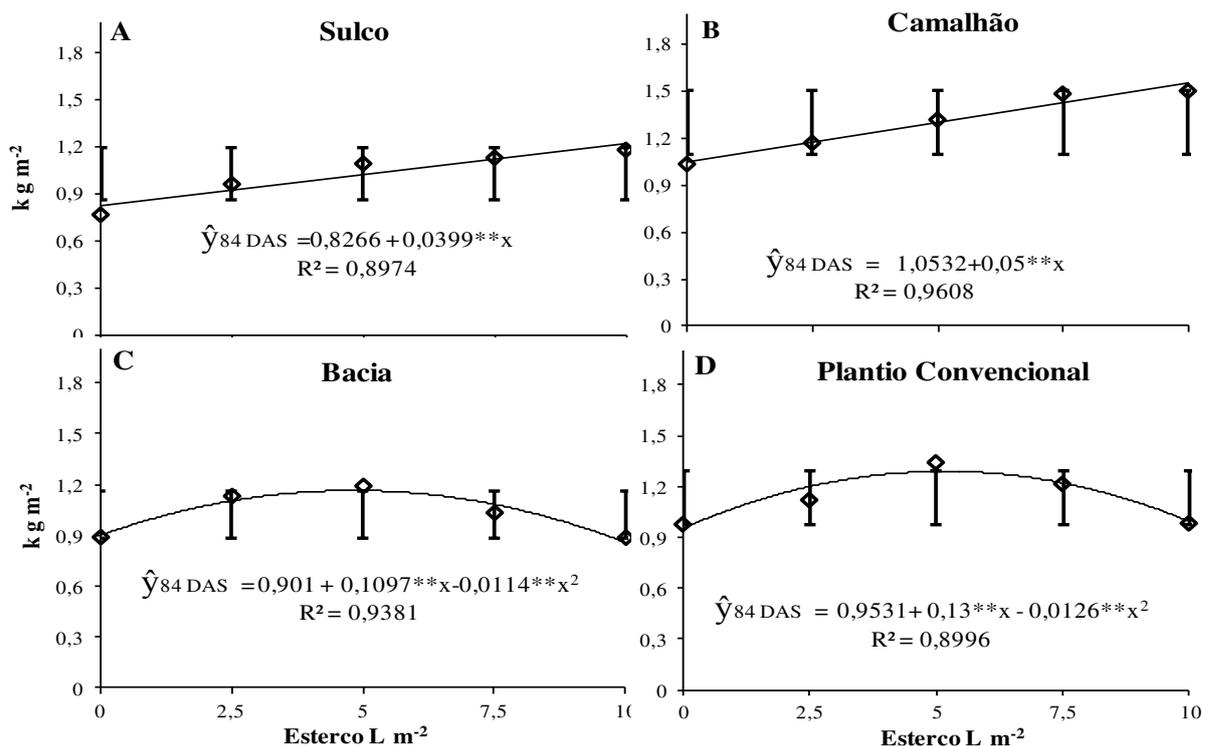


Figura 6 . Análise de Regressão para a variável Rendimento de Forragem (RF) (kg m⁻²) (fitomassa fresca da parte aérea) após o desdobramento aos 84DAS, para os Níveis de Esterco estudados dentro de cada Técnica de Captação de Água *in situ*, Sulco (A), Camalhão (B), Bacia (C) e Plantio convencional (D), Cultura do Girassol, Pombal, PB, 2012

Quando os valores resultantes do presente trabalho foram estimados para hectare o camalhão produziu cerca 15,5 t ha⁻¹ de massa fresca de forragem. De acordo com Tomich et al., (2003), avaliando o rendimento de forragem de 13 cultivares de girassol durante a

safrinha, os autores constataram que a cultivar v2000 com 12,8 t ha⁻¹ de massa verde, foi a de menor desempenho entre as estudadas, sugerindo que a baixa produtividade obtida no referido estudo se deve em função da baixa média de densidade de plantas por ocasião da colheita, que foi de 34,407 plantas ha⁻¹. De acordo com Gonçalves et al., (2005), existem relatos de produtividade de forragem de girassol de 70 t ha⁻¹ mas a média para maioria das situações, é de 30 t ha⁻¹.

Segundo Neumann et al., (2009) e Gonçalves et al., (2005) quando comparado com as demais espécies de potencial forrageiro, o cultivo do girassol para a produção de forragem se deve ao seu bom desempenho produtivo sob baixa pluviosidade.

Desta forma e face ao comportamento exibido pelas técnicas mediante a variação das quantidades de esterco no solo, fica evidenciado que a produção de forragem fresca seguiu as tendências, e respostas verificadas para as variáveis de crescimento.

2.3.3.2 Diâmetro do Capítulo e Produção de Aquênios

Dentre as técnicas de captação de água utilizada os melhores resultados para as variáveis, diâmetro de capítulo, produção de aquênios (figura 7 A, C) foram obtidos com o camalhão. As plantas cultivadas nas linhas dos camalhões produziram capítulos em média com 14 cm de diâmetro, ocorrendo um aumento em torno de 10% em relação às plantas dos sulcos que tiveram o menor desempenho para esta variável, porém as bacias e no plantio convencional foram semelhantes estatisticamente aos camalhões; no entanto, o último superior numericamente. Silva et al., (2011) observaram, neste genótipo de girassol (EMBRAPA 122-v2000), que o diâmetro de capítulo aumentou linearmente com o aumento da lâmina de irrigação, obtendo o valor de 18,28 cm para os tratamentos de 150% da evapotranspiração; todavia, quando os autores analisaram os valores desta variável em função das plantas que receberam 100% da Etc, os resultados ainda foram superiores aos encontrados no presente trabalho. Por outro lado Lira et al., (2010) encontraram, estudando o comportamento produtivo de 19 cultivares de girassol, experimento realizado no Município de Canguaretama/RN, um stand final de 15 cm de diâmetro de capítulo para o genótipo (EMBRAPA 122-v2000), resultado bem próximo aos obtidos pelos camalhões e pela maior quantidade de esterco estudado.

A produção de aquênios por plantas em função das técnicas apresentou a mesma tendência ocorrida para o diâmetro de capítulo, em que as plantas dos camalhões foram superiores numericamente às demais técnicas, mas estatisticamente só diferiu das plantas

cultivadas nos sulcos. Alvino et al., (2012) concluíram, ao analisar respostas fisiológicas e potencial produtivo do girassol cultivado em sistema de captação de água, que o cultivo do girassol em sulcos compromete o stand das plantas, por haver maior acúmulo de água; mesmo assim, entre os resultados encontrados pelos autores, as plantas cultivadas nos camalhões tiveram o pior rendimento entre as técnicas, o que diverge com a presente pesquisa; sugere-se que esta disparidade pode estar relacionada à diferença entre textura do solo, em estudos em ambos os ensaios experimentais, e ao uso da irrigação suplementar adotada neste estudo.

As plantas cultivadas nos camalhões produziram, em média, $0,199 \text{ kg m}^{-2}$, extrapolando para uma área de um hectare, a produtividade seria de $19.900 \text{ kg ha}^{-1}$. Verificou-se ainda que os resultados alcançados se mantiveram superiores aos obtidos por Lira et al., (2010), que encontraram valores médios em rendimento de grãos de aquênios de 1797 kg ha^{-1} , porém estes resultados ficam muito abaixo dos encontrados por Silva et al., (2011) que verificaram uma produtividade de $3.948,02 \text{ kg ha}^{-1}$ para este genótipo sob uma irrigação de 150% da evapotranspiração. Smiderle (2002) encontrou, estudando o potencial de produção de seis cultivares de girassol em duas épocas de semeadura (janeiro a abril e julho a setembro), para a variedade EMBRAPA 122-v2000 produtividade em torno de 2498,3 no primeiro período e $1294,3 \text{ kg ha}^{-1}$ na segunda época de cultivo. Analisando o efeito do esterco sobre as variáveis diâmetro de capítulo e produção de aquênios (Figura 7 B, C), com base no valor de R^2 , o modelo de regressão quadrática foi o de melhor ajuste aos valores dessas variáveis para com as quantidades de esterco; no entanto, os maiores valores para o diâmetro de capítulo e produção de aquênios foram, respectivamente, 13,95 cm e $0,18732 \text{ kg m}^{-2}$ em função das quantidades máxima de esterco estimada em 7,36 e 7,52 L m^{-2} ; com o aumento além dessas quantidades proporcionou um declínio nos valores dessas variáveis; em se tratando da produção máxima de aquênios, observa-se uma produtividade em torno $18.732 \text{ kg ha}^{-1}$.

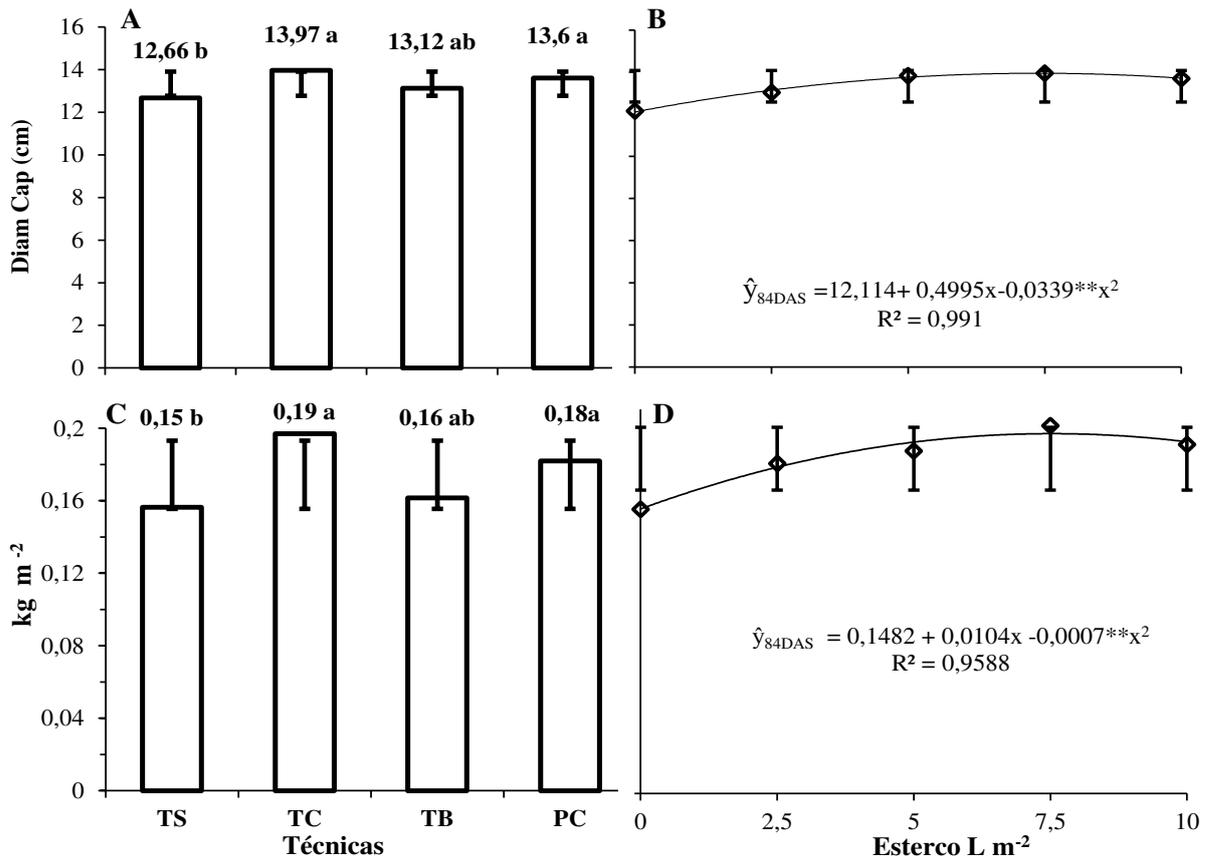


Figura 7. Teste de comparação de média para as variáveis Diâmetro Capítulo (Diam Cap)(cm) (A) e Produção de aquênios (kg m⁻²) (C) em função das Técnicas de Captação de água *in situ* aos 84 DAS . E análise de regressão (Quadrática) para as variáveis Diâmetro Capítulo (Diam Cap)(cm) (B) e Produção de aquênios (kg m⁻²) (D) em função dos Níveis de Esterco (adubação orgânica), cultura do Girassol, Pombal, PB, 2012

Tal fato pode ser explicado pelos resultados obtidos por Zobiolo et al., (2010) ao relatarem que o enchimento dos aquênios se consolida a partir das reservas que são acumuladas nos diferentes órgãos vegetais, destacando-se as folhas, os pecíolos e o caule como as principais fontes de fotoassimilados para os capítulos e, por conseguinte, para os aquênios.

A redução no número de folhas e, por conseguinte, a área foliar total, influenciaram diretamente na produção do girassol, como explicam Nazarli et al. (2010) ao afirmar que nesta espécie as folhas constituem a principal fonte de produção de fotoassimilados que são essenciais para o enchimento dos aquênios e qualquer incidência de déficit hídrico; independente do período de crescimento acarreta reduções no desempenho agrônomo em decorrência da redução do próprio número de folhas emitidas, tal como pela perda de turgescência das folhas remanescentes; desta forma, a água é fator decisivo para se obter rendimentos consideráveis na cultura do girassol.

2.3.3.3 Peso de mil Aquênios

Analisando o efeito das técnicas de captação de água sobre a massa de 1.000 aquênios através da análise de média pelo teste de tukey ($p < 0,05$) (Figura 8) verificou-se, a partir desta análise, que a massa de 1000 aquênios atingiu valor máximo de 61,57g por meio das plantas cultivadas nos camalhões, não apresentando, porém, diferença significativa quando comparada com as médias observadas nos sulcos e no sistema convencional.

Segundo Silva et al., (2011) constataram, estudando o desempenho de duas cultivares de girassol (Catissol 01 e Embrapa 122 V-2000), sob condições de seis lâminas de irrigação (89,0; 177,9; 266,9; 355,8; 444,8 e 533,7 mm) correspondente aos percentuais (0,25; 0,50; 0,75; 1,00; 1,25 e 1,50) de evaporação do tanque Classe A, que a variedade Embrapa 122 V-2000, aumentou linearmente a massa de 1000 aquênios, com aumento da lâmina de irrigação, chegando a 71,49 g para a lâmina de 533,7mm; entretanto, caso os autores tivessem testado a lâmina total calculada no presente trabalho (343,65 mm), expressa na Tabela 5 do capítulo 1, mediante a equação da regressão encontrada pelos autores para esta variedade, um valor de 65,77g, seria encontrado; todavia, este resultado seria bem próximo ao encontrado nas plantas cultivadas nos camalhões.

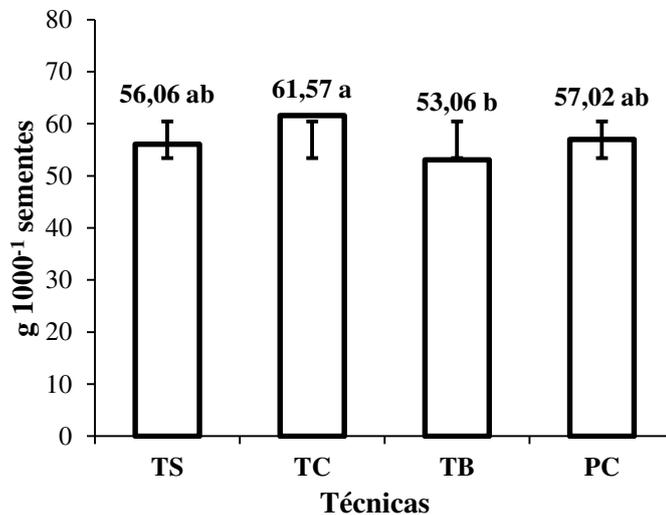


Figura 8. Teste de comparação de média para a variável Peso de mil aquênios ($\text{g } 1000^{-1}$ aquênios), em função das Técnicas de Captação de água *in situ*. Cultura do Girassol, Pombal, PB, 2013

Os valores de massa de 1.000 aquênios obtidos no presente trabalho, são superiores aos encontrados por Braz e Rossetto (2009), ao analisarem a massa de 1.000 aquênios em três lotes de aquênios da cultivar Embrapa 122 V-2000 e detectaram resultados para os lotes 1, 2 e

3, respectivamente, ficando os valores médios de 52,65; 55,09; 53,24 (g 1000 aquênios⁻¹) abaixo dos encontrados neste trabalho com a mesma cultivar.

Silva et al., (2007) constataram, avaliando o efeito de diferentes lâminas de irrigação sobre o peso de 1000 aquênios em outras de dois genótipos de girassol H250 e H251, que as diferentes condições hídricas impostas pelas lâminas não influenciaram nesta variável, havendo diferença apenas entre as cultivares, porém com valores aquém dos encontrados no presente trabalho.

2.4. CONCLUSÕES

- ✓ Ao longo do ciclo o girassol tem crescimento diferenciado com uso de técnicas para favorecer a captação de água *in situ*, favorecido pela aplicação de esterco no solo sendo recomendado aplicar a quantidade de 10 Lm^{-2} de esterco na linha de plantio dos camalhões.
- ✓ O maior ganho de fitomassa seca da parte aérea é obtido pelas plantas cultivadas em camalhão e quando se aplicam 10 Lm^{-2} de esterco bovino;
- ✓ A produção de forragem fresca do girassol favorecida pela combinação entre técnicas de captação de água e adubação orgânica; recomenda-se o cultivo na linha dos camalhões intercalados a sulcos com aplicação de esterco bovino na quantidade de 10 Lm^{-2} ;
- ✓ Maiores valores dos componentes de produção de girassol são registrados em plantas cultivadas em solo com estrutura de captação de água tipo camalhão e quando se aplica de esterco bovino. na quantidade $7,5 \text{ Lm}^{-2}$.

REFERÊNCIAS

- ACOSTA, J. F. **Consumo hídrico da cultura do girassol irrigada na região da Chapada do Apodi – RN**: Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Universidade Federal de Campina Grande. Centro de Tecnologia e Recurso Naturais – Campina Grande, 56p, 2009
- ALVINO, F. C.; WANDERLEY, J. A. C.; FERNANDES, P. D.; BRITO, M. E. B.; BARRETO, C. F.; LEITE, D. T. Aspectos fisiológicos e produção de girassol cultivado sob técnicas de captação de água da chuva. **Anais**. In: IV WINOTEC. Fortaleza-CE, 2012.
- ANDRADE, M. A. F. **Relações hídricas e crescimento de plantas jovens de café sob diferentes regimes hídricos e dose de N e K**. Dissertação (Mestrado e Agronomia). UESB. Vitória da Conquista- BA, p58,2011
- ASSIS de OLIVEIRA, F.; OLIVEIRA FILHO, A. F.; MEDEIROS, J. F.; BEZERRA de ALMEIDA JÚNIOR, A.; FERREIRA LINHARES, P. C. Desenvolvimento inicial da mamoneira sob diferentes fontes e doses de matéria orgânica. **Revista Caatinga**. v.22, n.1, p.206-211,2009
- AZEVEDO, J. A.; SILVA, E. M. Tensiometro: dispositivo prático para controle da irrigação, Planatina: EMBRAPA Cerrados, **Circular técnico**, v. 01, p. 33 1999
- BAGATTA, M.; PACIFICO, D.; MANDOLINO, G. Evaluation of the Osmotic Adjustment Response within the Genus Beta, **Journal of Sugar Beet Research**, v. 45 n. 3, p. 119-131, 2008
- BAJJI, M.; KINET, J. M.; LUTTS, S. The use of the electrolyte leakage method for assessing cell membrane stability as a water stress tolerance test in durum wheat, **Plant Growth Regulation**, v. p. 1-10, 2001
- BARBOSA, M. A.; MAIA FILHO, F. C. F.; MELO, D. S.; DANTAS, G. F.; MESQUITA, E. F. Rendimento de produção do girassol submetido a fertilização orgânica em dois solos. **Anais**. XXXIII Congresso Brasileiro de Ciências do Solo, Uberlândia-MG, 2010
- BARRETO, C. F.; BRITO, M. E. B.; FERNANDES, P. D.; LEITE, D. T.; WANDERLEY, J. A. C.; ALVINO, F. C. Crescimento da fava cultivado em sistema de captação de água no semiárido da Paraíba. **Anais**. In: IV WINOTEC. Fortaleza-CE, 2012.

BEN-AMOR, N.; JIMENEZ, A.; MEGDICHE, W.; LUNDQVIST, M.; SEVILLA, F.; ABDELLY, C. Response of antioxidant systems to NaCl stress in the halophyte *Cakile maritima*. *Physiol. Plant.* 126:446-457. (2006).

BENINCASA, M.M.P. **Análise de crescimento de plantas**. Jaboticabal: FUNESP, 2003. 41p.

BERNAL, N. A. H. **Avaliação de técnicas de captação de água de chuva para recuperação ambiental na região semi-árida do Vale do Jequitinhonha**. (Tese de Doutorado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. . 202p 2007

BERNARDI, A. C.C.; SOUZA, G. B.; OKA, S. H.; RASSINI, J. B. Equivalência de métodos na extração de potássio da parte aérea de alfafa e de capim tanzânia com água ou com solução ácida concentrada ou diluída. *EMBRAPA pecuária*, **comunicado técnico**, v, 86, 5p, 2008.

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

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília: MAPA/ACS, 399p, 2009

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

BRITO L.T. L.; ANJOS, J. B.; CAVALCANTI, N.B.; SILVA, A. S.; LEITE, W.M. Influência do preparo do solo na produtividade do milho (*zea mays* l.) no semi-árido brasileiro. **6º Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva**. Belo Horizonte, MG, 09-12 de julho de 2007

BRITO, L. T. L.; CAVALCANTI, N. B.; ANJOS, J. B.; SILVA, A. S.; PEREIRA, L. A. Perdas de solo e de água em diferentes sistemas de captação in situ no semi-árido brasileiro. **Revista Engenharia, Agrícola**. Jaboticabal, v.28, n.3, p.507-515, 2008

- CARNEIRO, M.M. L. C. **Trocas gasosas e metabolismo antioxidativo em plantas de girassol em resposta ao déficit hídrico.** Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-graduação em Fisiologia Vegetal. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas. 2011. 42
- CARVALHO, M. **Variações morfofisiológicas e eficiência do uso da água em *ricinus communis* L. submetida ao déficit hídrico regulado.** Dissertação(Mestrado em Produção Vegetal). UESC. Ilhéus – BA, p95, 2010
- CARVALHO, H. W. L. SANTOS, M. X. SILVA, A. A. G. CARDOSO, M. J. TABOSA, J. N. Caatingueiro-uma variedade de milho para o semiárido nordestino. (**Comunicado Técnica, 29**). Aracaju, SE: EMBRAPA- Tabuleiro Costeiro, 5p. 2004
- CASTRO, C.; FARIAS, J. R. B. Ecofisiologia do Girassol. In: LEITE, R. M. V. B. C.; BRIGHENTI, A. M.; CASTRO, C. de. (ed.). **Girassol no Brasil.** Londrina: Embrapa Soja, Cap.9 p163-210, 2005.
- CASTRO, P. R. C.; KLUGE, R. A.; PERES, L.E.P. **Manual de fisiologia vegetal – Teoria e Prática.** Livro ceres. 2005. 650p
- COELHO, J. B. M. **Potencial osmótico, solutos orgânicos e comportamento hídrico do feijão vigna cultivado em solos salinizados.** (Tese Doutorado Ciência do solo) UFRP. Recife-PE, 71p, 2012
- CONAB- Companhia Nacional de Abastecimento. Disponível em: www.conab.gov.br/conabweb/ Acesso em: Junho de 2012
- COSTA NOBRE, D. A.; RESENDE, J. C. F.; BRANDÃO JUNIOR, D. S.; COSTA, C. A.; MORAIS, D. L. B. Desempenho agrônômico de genótipos de girassol no norte de Minas Gerais. **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 6, n. 2, p. 140-147, 2012.
- COSTA, M. A. **Ocorrência de danos celulares e capacidade de defesa antioxidante em mudas de andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.) sob duas condições de déficit hídrico e após reidratação.** Dissertação (Mestrado em Agronomia) UFRA, p36, 2009
- CULLIS, A.; PACEY, A. A Development Dialogue. Rainwater Harvesting in Turkana, London 1992.
- DIAS, L. B. **Água nas plantas.** CAEP Desing. UFLA.53p, 2008

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

DURET, T.; BARON, V.; ANJOS, J.B. dos Mecanização agrícola e alternativas para o cultivo de sequeiro. (**EMBRAPA-CPATSA.Pesquisa em Andamento**, 43) Petrolina, PE: EMBRAPA-CPATSA, 10p. 1985.

EMBRAPA, **Manual de métodos de análises de solo**. 2. ed, Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 212 p 1997

FAO, **Food and Agriculture Organization of the United Nations**. 2011. Disponível em <http://faostat.fao.org/site/567/default.aspx?anchor>, acesso em 15 junho de 2011.

FARIA, C.M.B. de. Práticas que favorecem a capacidade produtiva do solo na agricultura de sequeiro do semi-árido brasileiro. Petrolina. **Circular Técnica**, 28. EMBRAPA-CPATSA, 30p 1992.

FERNANDES, A. L. M.; OLIVEIRA, M. K. T.; SILVA, E.F.; LEITÃO, A. R. F. Desenvolvimento inicial do milho em função de diferentes teores de esterco bovino. **Revista Verde**. v.7, n.1, p, 15 – 18, 2012

FERREIRA, M. M. M.; FERREIRA, G. B.; FONTES, P. C. R.; DANTAS, J. P. Índice spad e teor de clorofila no limbo foliar do tomateiro em função de doses de nitrogênio e da adubação orgânica, em duas épocas de cultivo. **Revista ceres**. V.53, n.305, p.83-92, 2006

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

FREITAS, G. A.; SOUZA, C. R. Desenvolvimento de plântulas de sorgo cultivadas sob elevadas concentrações de adubação orgânica no sulco de plantio. **Rev. Bras. De Agroecologia/ nov Vol, 4 n. 2.p 714-717, 2009**

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

GONÇALVES, L. C.; PEREIRA, L. G. R.; TOMICH, T. R.; RODRIGUES, J. A. S. Silagem de girassol como opção forrageira. Girassol no Brasil. In: LEITE, R. M. V. B. C.; BRIGHENTI, A. M.; CASTRO, C. de. (ed.). **Girassol no Brasil**. Londrina: Embrapa Soja, Cap.7 p123-139, 2005.

GUEDES FILHO, D. H.; CHAVES, L. H. G.; CAMPOS, V. B.; SANTOS JÚNIOR, J. A.; OLIVEIRA, J. T. L. Production of sunflower and biomass depending on available soil water and nitrogen levels. **Iranica Journal of Energy & Environment**, v. 2, n. 4, p. 313-319, 2011.

JESUS, D. S.; PAIXÃO, C. L.D.; SANTOS, G. L.; PEREIRA, P. P. A.; SOUZA, O. S. Q.; AZEVEDO NETO, A. D. Crescimento e teores de NPK em genótipos de girassol sob estresse por alumínio. **ANAIS: 19ª Reunião Nacional de Pesquisa de Girassol/7º Simpósio Nacional sobre a Cultura do Girassol - Aracaju/SE**, p101 -104, 2011

JESUS, K. N.; MENEZES, R. S. C.; SILVA, T. O.; MELO, P.; PRIMO, D. C.; CARVALHO, A. L. Desempenho agrônômico do girassol submetido ao manejo de adubos orgânicos de diferentes qualidades no sertão paraibano. **ANAIS: 19ª Reunião Nacional de Pesquisa de Girassol/7º Simpósio Nacional sobre a Cultura do Girassol - Aracaju/SE**, p41-44 2011

KERBAUY, G.B. **Fisiologia vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004. 452p.

LACERDA, C.F.; COSTA, R.N.T.; BEZERRA, M.A.; GHEUI, H.R. Estrategia de manejo para o uso de água salina na agricultura. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. **Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados**. Fortaleza: INCT Sal, 2010. p. 303-318.

LACERDA, N. B.; SILVA, J. R. C. Efeitos do manejo do solo e da adubação orgânica no rendimento do algodoeiro, **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. V. 11, n. 2, p.167-172, 2007

LAIME, E. M. O. **Sistemas de captação de água in situ em função do crescimento e produção do pinhão-manso**: Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Campina

Grande, UFCG, Pós Graduação e Engenharia Agrícola (Irrigação e Drenagem), Campina Grande, 65p, 2012

LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. Tradução: Prado, C. H. B. A. Ed. Rima, São Carlos, 2000.

LEITE, D. T.; BRITO, M. E. B.; FERNANDES, P. D.; BARRETO, C. F.; WANDERLEY, J. A. C.; ALVINO, F. C. Crescimento do girassol cultivado sob técnicas de captação de água da chuva in situ. **Anais**. In: IV WINOTEC. Fortaleza-CE, 2012.

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

LEITE, R. M. V. B. C.; CASTRO, C.; BRIGHENTI, A. M.; OLIVEIRA, F. A.; CARVALHOS, 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. EMBRAPA soja, **Circular técnico**, v. 78, 4p. 2007.

LICHTHENTHALER, H. K. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes, **Methods Enzymology**, v,148, p,350-382, 1987

LIRA, M. A.; CARVALHO, H. W. L.; CARVALHO, C. G. P.; LIMA, J. M. P. Desempenho de cultivares de girassol (*helianthus annuus*. L.) no estado do Rio Grande do Norte. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 4 & SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE OLEAGINOSAS ENERGÉTICAS, 1, 2010, João Pessoa. Inclusão Social e Energia: **Anais...** Campina grande: Embrapa Algodão, 2010. p. 1700-1703.

LOPES, R. C. DOS ANJOS, J. B. SILVA, A. S. PORTO, E. R. SILVA, M. S. L. CORDEIRO, G. G. Conservação da Capacidade Produtiva do Solo em Sistemas de Captação de Água de Chuva "in situ".(EMBRAPA-CPATSA), Petrolina, 2009

MACHADO NETO, N. B.; DURÃES, M. A. B. Physiological and biochemical response of common bean varieties treated with salicylic acid under water stress **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 6, p. 269-278, 2006.

MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. **Irrigação: princípios e métodos**, 2, ed., atual, e ampl, Viçosa, MG: UFV, 355 p, 2009

MARENCO, R.A.; LOPES. N.F. **Fisiologia vegetal**, 3 ed, UFV. 2009, cap 4, p. 227

MARIN, A. M.; MENEZES, R. S. C.; SALCEDO, I. H. Produtividade de milho solteiro ou em aléias de gliricídia adubado com duas fontes orgânicas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, p.669 - 677, 2007.

MARINHO, F. J. L.; FERNANDES, J. D.; MONTEIRO FILHO, A. F.; TAVARES, A.C.; SOUZA, G. A. V. S. Comparação da mistura de componentes de origem orgânica e mineral para uso como biofertilizantes. **Rev. Bras. De Agroecologia**. v. 4, n.2, p 4143- 4146, 2009

MASCARENHAS, J. de C.; BELTRÃO, B. A., SOUZA JUNIOR, L. C.de. Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea: Diagnóstico do município de Olho D' Água do Casado. **CPRM/PRODEEM**, estado de Alagoas Recife:, 12 p., 2005.

NEUMANN, M.; OLIBONI, R.; OLIVEIRA, M. R.; GÓRSKI, S. C.; FARIA, M.V.; UENO, R. K.; MARAFON, F. Girassol (*Helianthus annuus* L.) para produção de silagem de planta inteira. **Revista Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**. v.2, n.3, p181-190. 2009

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

NOGUEIRA, R. J. M. C.; MORAES, J. A. P. V.; BURITY, H. Alterações na resistência à difusão de vapor das folhas e relações hídricas em aceroleira submetidas a déficit de água. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, 13, n.1, p. 75-87. 2001

OLIVEIRA JÚNIOR, S.; SOUTO, J. S.; SANTOS, R. V.; SOUTO, P. C.; MAIOR JÚNIOR, S. G. S. Adubação com diferentes esterco no cultivo de moringa (*Moringa oleifera* Lam.). **Revista Verde** (Mossoró – RN – Brasil) v.4, n.1, p.125 – 134, 2009

OLIVEIRA, A. C. B.; CARVALHO, C. G. P.; EMYGDIO, B. M.; GRUNVALD, A. K. Avaliação de genótipos de girassol no rio grande do sul - safras 2009/10 e 2010/11. **EMBRAPA. Circular técnico**. v 122, Pelotas-RS. p11,2011

OLIVEIRA, F. A.; OLIVEIRA FILHO, A. F.; MEDEIROS, J.F.; ALMEIDA JÚNIOR, A. B.; LINHARES, P. C.F. Desenvolvimento inicial da mamoneira sob diferentes fontes e doses de matéria orgânica. **Revista Caatinga** (Mossoró,Brasil), v.22, n.1, p.206-211, 2009

OLIVEIRA, I. R.; CARVALHO, H. W. L.; PORTELA, C. G.; MELO K. E.O. Avaliação de cultivares de girassol no estado de Sergipe. EMBRAPA. **Circular técnico**. v.53. Aracaju-SE, 2008

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, 2012

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, nº. 1, p.23-32, 2012

PACEY, A.; CULLIS, A. Rainwater Harvesting. The collection of Rainfall and Runoff in Rural Areas, London, 1986.

PERECIN, D.; CARGNELUTTI FILHO, A. Efeitos por comparações e por experimento em interações de experimentos fatoriais. **Ciênc. agrotec.**v.32, n.1, p. 68-72, 2008

PEREIRA, A. R.; VILLA NOVA, N. A.; SEDIYAMA, G. C. Evapotranspiração. **Fundação de Estudos Agrários Luís de Queiroz**, 1997. 183p.

PEREIRA, D. C.; SILVA, T. R.B.; COSTA, L.A.M. Doses de esterco bovino na cultura do girassol em consórcio com feijoeiro. **Rev. Cultivando o Saber**. v.1, n.1, p.58-71, 2008

PEREIRA, M. A. B.; DOTTO, M. C.; BESSA, N. F. G.; SILVA, M. G.; ERASMO, E. A. L. Produção e qualidade sanitária de alface adubada com efluente de fossa séptica biodigestor. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**. v.5, n.1, p.115-130, 2012.

PIMENTEL, C. **Metabolismo de carbono na agricultura tropical**. Seropédica: Edur, 1998. 150 p.

PIRES, A.M.M.; MATTIAZZO, M.E. Avaliação da viabilidade do uso de resíduos na agricultura. EMBRAPA, **Circular técnico**. n.19, p9, Jaguariúna-SP, 2008

PORTO, E. R.; VIVALLO PINARE, A. G. ; WILLIAMS FUENTES, C. O. ; SILVA, A. S. ; LOPES, L. H. O. **Pequenos Agricultores V: métodos de execução de sistemas integrados de produção agropecuária (SIP)**. Petrolina: EMBRAPA, 1990.

PRESTES, M. T. **Efeitos de diferentes doses de esterco de gado, no desenvolvimento e no balanço nutricional de mudas do Angico (*Anadenanthera macrocarpa*)**. Dissertação Mestrado. Brasília: UNB, 2007. 51 p.

RIBEIRO DANTAS, L. L.G.; LEITE, G. A.; TOSTA, M. S. GÓES, G. B.; TOSTA, P. A. F.; MARACAJÁ, P. B. Esterco bovino no desenvolvimento inicial de maracujazeiro-amarelo. **Revista Verde**. v. 7, n. 4, p. 101-107, 2012

QUEIROGA, F. M. **Resposta da cultura do girassol a doses de potássio, magnésio, boro, zinco, cobre e a fontes de nitrogênio**. Dissertação (Mestrado em Ciências do Solo), UFERSA, Mossoró-RN, 69p, 2011

RIGON, J. P. G.; BELTRÃO, N. E. M.; CAPUANI, S.; NETO, J. F. B.; SILVA, F. V. F. Algodão colorido submetido a doses de torta de mamona associada a fontes de nitrogênio. **Enciclopédia biosfera**, Centro Científico Conhecer – Goiânia-GO, vol.7, N.13, p42-50, 2011

RIGON, J. P. G.; MORAES, M. T.; ARNUTI, F.; CHERUBIN, M. R.; TREVISOL, G.; PESSOTTO, P. P.; CAPUANI, S.; SILVA, V. R. Potencial agrícola da utilização de composto orgânico de lixo urbano na cultura do girassol. **IV Congresso Brasileiro de Mamona e I Simpósio Internacional de Oleaginosas Energéticas**, João Pessoa, PB, p 731-735 – 2010

ROZA, F. A. **Trocas gasosas foliares e crescimento de *Jatropha curcas* L. na fase reprodutiva sob estresse hídrico**. (Dissertação Mestrado) Ilhéus, Bahia, Brasil – UESC, 2010. 78p.

SAMPAIO, E. V. S. B.; SALCEDO, J. H.; SILVA, F. B. R. Fertilidade de Solos do Semi - Árido do Nordeste. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 21. **Anais...** Petrolina: SBCS. p. 51 – 71.1995

SANT' ANNA, H. L. S. **Aspectos fisiológicos de variedades de citros submetidas à deficiência hídrica progressiva.** Dissertação (Mestrado). Curso Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas. Área de concentração em Fisiologia de plantas cultivadas UFRB. Cruz das Almas, 2009.

SANTANA, C. T. C.; SANTI, A.; DALLACORT, R.; SANTOS, M. L.; MENEZES, C. B. Desempenho de cultivares de alface americana em resposta a diferentes doses de torta de filtro. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, n. 1, p. 22-29, 2012

SANTOS JUNIOR, J. A.; GHEYI, 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, J. F.; BRITO L. M. P.; GRANJEIRO, J. I. T.; ALMEIDA, F. A. C.; OLIVEIRA, M. E. C. Componentes de produção e rendimentos de batata-doce, em função de doses de esterco de bovino. **Rev. Brasileira de Produtos Agroindustriais**. v.7, n.2, p.115-121, 2005.

SANTOS, J. Y. G.; SANTOS, C. A. G.; SILVA, R. M.; SILVA, V. C.L.; SILVA, L. P.; ARRUDA, P. M. Análise das perdas de água e solo no semiárido paraibano utilizando simulador de chuva, **XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Maceió-AL**, 27 de novembro a 01 de dezembro de 2011,

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

SANTOS, W. O.; BATISTA, B. D.O.; ASSIS, J. P.; RODRIGUES, W. M.; SOBRINHO, J. E. Métodos de estimativa da evapotranspiração de referência (eto) para a região de Mossoró-rn, **Revista Verde** (Mossoró – RN – Brasil) v,5, n,5, (Número Especial), p, 210 – 221, 2010

SCHNEITER, A. A.; MILLER, J.F. Description of sunflower growth stages. **Crop. Science**. Madison. V. 21, p. 901-903, 1981

SILVA AGUIAR, A. A.; MATIAS, S. S. R.; SOUZA, R. R.; SILVA, R. L.; NOBREGA, J. C. A. Desenvolvimento do milho sob adubação orgânica no município de Corrente – PI. **Revista Verde**. v. 7, n. 4, p. 90-96,2012

SILVA, A. R. A.; BEZERRA, F. M. L.; LACERDA, C. F.; PEREIRA, J. V.; FREITA, C. A. S. Trocas gasosas em plantas de girassol submetidas à deficiência hídrica em diferentes estádios fenológicos. **Revista Ciência Agronômica**. v. 44, n. 1, p. 86-93, 2013

SILVA, F. B. R.; RICHÉ, G. R.; TONNEAU, J. P.; SOUZA NETO, N. C.; BRITO, L. T. L.; CORREIA, R. C.; CAVALCANTE, A. C.; SILVA, F. H. B. B.; SILVA, A. B.; ARAÚJO FILHO, J. C. **Zoneamento agroecológico do Nordeste: diagnóstico do quadro natural e agrossocioeconômico**. Petrolina-PE: EMBRAPA - CPATSA/Recife: EMBRAPA - CNPS, Coordenadoria Regional Nordeste, 1993.

SILVA, A. R. A.; BEZERRA, F. M. L.; SOUSA, C. C. M.; PEREIRA FILHO, J. V.; FREITA, C. A. S. Desempenho de cultivares de girassol sob diferentes lâminas de irrigação no Vale do Curu, CE. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 1, p. 57-64, 2011.

SILVA, J.; SILVA, P. S. L.; OLIVEIRA, M.; SILVA, K. M. B. Efeito de esterco bovino sobre os rendimentos de espigas verdes e de grãos de milho, **Horticultura Brasileira**. V. 22, n. 2, p. 326-331, abril-junho 2004

SILVA, L. S.; CANELLAS, L. P.; CAMARGO, F. A. O. **Fundamentos de matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre: Metrópole, 2008. cap.32, p.1.

SILVA, M.L. O. E.; 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, S. R. S.; DEMUNER, A. J.; BARBOSA, L. C. A.; CASALI, V. W. D.; NASCIMENTO, E. A.; PINHEIRO, A. L. Efeito do estresse hídrico sobre características de crescimento e a produção de óleo essencial de *Melaleuca alternifolia* Cheel. **Acta Scientiarum**, v. 24, n. 5, p. 1363-1368. 2002.

SILVA, V. A.; ANTUNES, W. C.; GUIMARÃES, B. L. S.; PAIVA, R. M. C.; SILVA, V. F.; FERRÃO, M. A. G.; DAMATTA, F. M.; LOUREIRO, M. E. Resposta fisiológica de clone de café conilon sensível à deficiência hídrica enxertado em porta-enxerto tolerante. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, n. 05, p. 457 - 464, 2010

SILVA, V. **Caracterização fisiológica da tolerância à seca em Coffea canephora: contribuição relativa do sistema radicular e da parte aérea.** Tese (Doutorado em Fisiologia Vegetal). UFV. Viçosa-MG, p57, 2007

SMIDERLE, O. J. Potencial de produção de girassol em duas épocas de semeadura em Roraima. Embrapa Roraima. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**, n2. 16p. 2002.

SOBRINHO, S. P.; TIEPPO, R. C.; SILVA, T. J. A. Desenvolvimento inicial de plantas de girassol em condições de estresse hídrico. **Enciclopédia biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.7, n.12, p1-12, 2011

SORATTO, R. P.; CARVALHO, M. A. C.; ARF, O. Teor de clorofila e produtividade do feijoeiro em razão da adubação nitrogenada. **Revista Pesquisa agropecuária brasileira**. v.39, n.9, p.895-901,2004

SOUZA, J. R. M. **Formação de mudas de pinhão-manso sob níveis de nitrogênio e irrigação com águas salinas.** Monografia (Graduação em Agronomia) – UFCG, Campus Pombal-PB, p 65, 2012

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

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal.** Porto Alegre: Artmed Editora, 2006.

TOMICH, T.R.; RODRIGUES, J.A.S.; GONÇALVES, L.C.; TOMICH, R.G.P.; CARVALHO, A.U. 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

TRINCA, C. R. Materia organica del suelo, **Revista Alcance**, v,57, p,53-72, 1999

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

VIANA, E.M.; KIEHL, J.C. Doses de nitrogênio e potássio no crescimento do trigo. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 4, p.975-982, 2010

WANDERLEY, J. A. C.; BRITO, M. E. B.; FERNANDES, P. D.; BARRETO, C. F.; LEITE, D. T.; ALVINO, F. C. Crescimento do sorgo sacarino cultivado sob técnicas de captação de água de chuva. **Anais**. In: IV WINOTEC. Fortaleza-CE, 2012.

ZOBIOLE, L. H. S.; CASTRO, C. de; OLIVEIRA, F. A. de; OLIVEIRA JÚNIOR, A. de; 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.