



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

**KRISHNA RIBEIRO GOMES**

**IRRIGAÇÃO E FERTILIZAÇÕES ORGÂNICA E MINERAL NA CULTURA DO  
GIRASSOL NO LITORAL CEARENSE**

**FORTALEZA**

**2014**

KRISHNA RIBEIRO GOMES

IRRIGAÇÃO E FERTILIZAÇÕES ORGÂNICA E MINERAL NA CULTURA DO  
GIRASSOL NO LITORAL CEARENSE

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Engenharia agrícola. Área de concentração: Irrigação e Drenagem.

Orientador: Prof. Dr. Thales Vinícius de Araújo Viana. Co-orientador: Pesquisador Dr. Geocleber Gomes de Sousa.

FORTALEZA

2014

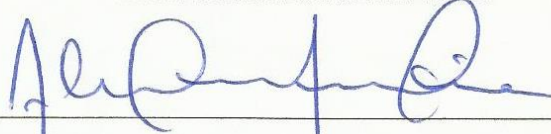
KRISHNA RIBEIRO GOMES

IRRIGAÇÃO E FERTILIZAÇÕES ORGÂNICA E MINERAL NA CULTURA DO  
GIRASSOL NO LITORAL CEARENSE

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Engenharia agrícola. Área de concentração: Irrigação e Drenagem.

Aprovada em: 29/08/2014.

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Thales Vinícius de Araújo Viana - (Orientador)

Professor Doutor - UFC

---

Prof. Dr. Geocleber Gomes de Sousa - (Co-orientador)

Pesquisador - PNPd/CAPES/UFC

---

Prof. Dr. José Aglodualdo Holanda Cavalcante Júnior

Professor Doutor – IF/CE

---

Dr. Carlos Henrique Carvalho de Sousa

Pesquisador PNPd/FUNCAP/UFC

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca de Ciências e Tecnologia

- 
- G614i Gomes, Krishna Ribeiro.  
Irrigação e fertilizações orgânica e mineral na cultura do girassol no litoral cearense / Krishna Ribeiro Gomes. – 2014.  
83 f. : il. color., enc. ; 30 cm.
- Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Engenharia Agrícola, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Fortaleza, 2014.  
Área de Concentração: Irrigação e Drenagem.  
Orientação: Prof. Dr. Thales Vinícius de Araújo Viana.  
Coorientação: Prof. Dr. Geocleber Gomes de Sousa.
1. Girassol. 2. Manejo de irrigação. 3. Adubos e fertilizantes. I. Título.

Dedico a Deus pela bênção da existência, à minha mãe Francisca que tantos esforços fez para eu ultrapassar mais esta etapa em minha vida e a meu namorado Fellype pelo apoio e dedicação.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq, pelo apoio financeiro proporcionado para a realização deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Thales Vinícius de Araújo Viana pela excelente orientação, pelos ensinamentos, pelos conselhos, pelo apoio, pelos momentos de descontração proporcionados na Estação Agrometeorológica.

Aos professores Doutores participantes da banca examinadora Geocleber Gomes de Sousa, José Aglodualdo Holanda Cavalcante Júnior e Carlos Henrique Carvalho de Sousa pelas valiosas contribuições e sugestões.

Agradeço à minha querida mãe que sempre esteve ao meu lado, me apoiando, me amparando e me consolando em muitos momentos de insegurança.

Ao meu querido namorado Fellype por todo o apoio e incentivo durante todos esses anos, aos seus pais Rosa e Raimundo que me apoiaram nesse momento.

Aos meus familiares que mesmo indiretamente contribuíram para essa conquista, meu filho Pedro Lucas, meu pai Alfredo, minhas irmãs Cíntia, Aline, meu irmão Alex, meu cunhado Pedro, meus primos e primas, meus tios e tias, meus avós.

Aos meus amigos de graduação e de mestrado que em muitos momentos estiveram ao meu lado me apoiando, cito especialmente: Ariadne, Mailson, Aldiel, Winnie, Deivielison, Raul, Karlinha, Laíse, Diego Ramiro, Kenya, Gabriel, Fernando, Adriely, Éder, Thamiris, Jardelson, Dônavan, Lúcio, Socorro, Maria da Saúde, Josivânia, Anthony, Renatinha, não esquecendo da minha querida fisioterapeuta Adriane Adamian e meus queridos médicos Roberto de Castro e Tiago Lima.

Aos companheiros da Estação Agrometeorológica Giovana, Bruno, André, Fábio, Fabrício, Anderson, André Rufino, Laís, Keyvia, Chrislene, Newdmar Dona Marilac, Alexandre, e especialmente ao Geocleber, sem o qual jamais teria realizado o presente trabalho.

“Há uma força motriz mais poderosa que o vapor, a eletricidade e a energia atômica: a vontade.”

Albert Einstein

## RESUMO

As áreas áridas e semiáridas do Nordeste brasileiro caracterizam-se por acentuada variabilidade temporal e espacial das precipitações pluviais, contribuindo para o alto risco da agricultura de sequeiro e obtenção de baixas produtividades das culturas exploradas. Uma alternativa para atenuar a irregularidade das chuvas e o estresse hídrico do solo nessa região é a irrigação, que é uma prática que permite a redução dos riscos e possibilita que as culturas externem os seus potenciais de produtividade. Conhecer a lâmina adequada ao desenvolvimento de uma cultura é fator determinante para o sucesso de uma colheita, bem como a aplicação de fontes alternativas de fertilizantes. O trabalho teve como objetivo avaliar o crescimento, as trocas gasosas e a produtividade da cultura do girassol, variedade Embrapa 122, sob diferentes lâminas de irrigação e fertilizações orgânica e mineral. O trabalho foi desenvolvido a pleno sol em vasos e utilizou-se um delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 5 x 3 correspondentes a cinco lâminas de irrigação ( $L_1=50\%$ ,  $L_2=75\%$ ,  $L_3=100\%$ ,  $L_4=125\%$  e  $L_5=150\%$  da ECA) e três fertilizações ( $F_1$ =fonte orgânica, utilizando-se biofertilizante bovino de fermentação aeróbia,  $F_2$ =adubação mineral, com base em NPK e  $F_3$ =testemunha, sem adição de fertilizantes, com 5 repetições. Quando as plantas se encontravam em pleno desenvolvimento foram medidas as trocas gasosas (fotossíntese, condutância estomática, transpiração e concentração interna de  $CO_2$ ), o crescimento (altura das plantas, diâmetro do caule e o número de folhas). Quando os aquênios atingiram seu máximo desenvolvimento, as plantas foram colhidas e determinadas a biomassa seca da folha, caule e raiz, o diâmetro dos capítulos, peso de 1000 sementes, matéria seca do capítulo, matéria seca das sementes e a produtividade. O uso de diferentes lâminas de irrigação provoca efeito significativo em todos os parâmetros de crescimento e acúmulo de biomassa, das trocas gasosas, e da produtividade, exceto no número de folhas (NF) e temperatura interna das folhas (Ti), sendo tão menor o efeito quanto menor a lâmina aplicada. Aplicar biofertilizante nas plantas proporciona incrementos semelhantes aos incrementos proporcionados pela aplicação de fertilizantes minerais nos parâmetros de crescimento e produção de biomassa, e na produção e produtividade da cultura do girassol, mas nos parâmetros fotossintéticos apresenta-se como um redutor. Há interação entre lâminas aplicadas x fertilizantes aplicados em quase todos os parâmetros avaliados, sendo a maior lâmina aplicada x biofertilizante bovino e fertilizante mineral a que proporcionou os melhores valores.



**Palavras-chave:** *Helianthus annuus*. Manejo da irrigação. Biofertilizante bovino. Adubação mineral.

## ABSTRACT

The arid and semiarid areas of Brazilian northeast are characterized by pronounced temporal and spatial variability of rainfall, contributing to the high risk of dryland and obtaining low yields of harvested crop agriculture. An alternative to mitigate the irregularity of rainfall and soil moisture stress in this region is irrigation, which is a practice that allows the reduction of risks and enables cultures externalize their potential productivity. Knowing the quantity of irrigation water for the development of a culture is crucial to the success of a crop factor as well as the application of alternative sources of fertilizer. The study aimed to evaluate the growth, gas exchange and productivity of sunflower variety Embrapa 122 under different irrigation and organic and mineral fertilization. The study was conducted in full sun in pots and was used a completely randomized factorial 5 x 3 corresponding to five irrigation design ( $L_1=50\%$ ,  $L_2=75\%$ ,  $L_3=100\%$ ,  $L_4=125\%$  e  $L_5=150\%$  of ECA) and three fertilizations ( $F_1$ =organic source, using bovine biofertilizer aerobic fermentation,  $F_2$ =mineral fertilizer, based NPK and  $F_3$ = witness, without fertilizer, with 5 repetitions. When the plants were in full development, gas exchange (photosynthesis, stomatal conductance, transpiration, and internal CO<sub>2</sub> concentration) and growth (plant height, stem diameter and number of leaves) were measured. When the plants reached the maximum development of their productivity, they were harvested and dry biomass of certain leaf, stem and root, the head diameter, 1000 seed weight, dry matter of the chapter, dry matter and seed productivity were measured. The use of different irrigation causes significant effect on all growth parameters and biomass accumulation, gas exchange and productivity, except the number of leaves (NL) and internal temperature of leaves (Ti), and so the lower the effect the smaller the depth applied. Apply biofertilizer plants provides similar increments provided by the application of mineral fertilizers on growth parameters and biomass production increments, and the production and productivity of sunflower, but the photosynthetic parameters is presented as a reducer. There is interaction between irrigation water applied and fertilizers applied in almost all parameters, being the largest irrigation depth x bovine fertilizer and mineral fertilizer that provided the best values.

**Keywords:** *Helianthus annuus*. Irrigation management. Bovine biofertilizer. Mineral fertilizer.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –	Localização da Estação Agrometeorológica pertencente à Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Ceará, 2013.....	27
Figura 2 –	Distribuição dos vasos na área experimental, Fortaleza, Ceará, 2013.....	29
Figura 3 –	Aplicação preventiva de defensivos, Fortaleza, Ceará, 2013.....	30
Figura 4 –	Sistema moto-bomba (A) e caixas d'água auxiliares (B) utilizados durante o experimento, Fortaleza, Ceará, 2013.....	31
Figura 5 –	Combinações dos gotejadores e suas respectivas lâminas, Fortaleza, Ceará, 2013.....	32
Figura 6 –	Tensiômetro (A) e tensímetro (B) utilizados no acompanhamento da umidade do solo, Fortaleza, Ceará, 2013.....	34
Figura 7 –	Homogeneização do biofertilizante bovino (A) e fermentação aeróbia (B), Fortaleza, Ceará, 2013.....	36
Figura 8 –	Distribuição do biofertilizante bovino líquido nos vasos para adubação de plantas de girassol, Fortaleza, Ceará, 2013.....	37
Figura 9 –	Distribuição do ácido bórico para adubação de plantas de girassol, Fortaleza, Ceará, 2013.....	38
Figura 10 –	Avaliação das trocas gasosas de plantas de girassol utilizando-se um analisador de gás no infravermelho, Fortaleza, Ceará, 2013.....	39
Figura 11 –	Valores médios da altura de plantas de girassol em função das lâminas aplicadas, Fortaleza, Ceará, 2013.....	42
Figura 12 –	Valores médios da altura de plantas de girassol em função dos fertilizantes aplicados, Fortaleza, Ceará, 2013.....	43
Figura 13 –	Interação entre as lâminas aplicadas versus fertilizantes aplicados, sem adição de fertilizantes, biofertilizante bovino e adubação mineral, no diâmetro do caule de plantas de girassol, Fortaleza, Ceará, 2013.....	44
Figura 14 –	Valores médios da fotossíntese (A) de plantas de girassol em função das lâminas aplicadas, Fortaleza, Ceará, 2013.....	47
Figura 15 –	Valores médios da fotossíntese (A) de plantas de girassol em função dos fertilizantes aplicados, Fortaleza, Ceará, 2013.....	48
Figura 16 –	Valores médios da transpiração (E) de plantas de girassol em função das	

	lâminas aplicadas, Fortaleza, Ceará, 2013.....	49
Figura 17 –	Valores médios da transpiração ( $E$ ) de plantas de girassol em função dos fertilizantes aplicados, Fortaleza, Ceará, 2013.....	50
Figura 18 –	Valores médios da condutância estomática ( $g_s$ ) de plantas de girassol em função das lâminas aplicadas, Fortaleza, Ceará, 2013.....	51
Figura 19 –	Valores médios da condutância estomática ( $g_s$ ) de plantas de girassol em função dos fertilizantes aplicados, Fortaleza, Ceará, 2013.....	52
Figura 20 –	Valores médios da concentração de carbono interno das folhas ( $C_i$ ) de plantas de girassol em função das lâminas aplicadas, Fortaleza, Ceará, 2013.....	53
Figura 21 –	Valores médios da concentração interna de carbono ( $C_i$ ) de plantas de girassol em função dos fertilizantes aplicados, Fortaleza, Ceará, 2013.....	54
Figura 22 –	Interação entre as lâminas aplicadas versus fertilizantes aplicados, sem adição de fertilizantes, biofertilizante bovino e adubação mineral, nos valores de matéria seca das folhas (MSF) das plantas de girassol avaliadas, Fortaleza, Ceará, 2013.....	56
Figura 23 –	Interação entre as lâminas aplicadas versus fertilizantes aplicados, sem adição de fertilizantes, biofertilizante bovino e adubação mineral, nos valores de matéria seca do caule (MSC) das plantas de girassol avaliadas, Fortaleza, Ceará, 2013.....	58
Figura 24 –	Valores médios da matéria seca da raiz (MSR) de plantas de girassol em função das lâminas aplicadas, Fortaleza, Ceará, 2013.....	60
Figura 25 –	Valores médios da matéria seca da raiz (MSR) de plantas de girassol em função dos fertilizantes aplicados, Fortaleza, Ceará, 2013.....	61
Figura 26 –	Interação entre as lâminas aplicadas versus fertilizantes aplicados, sem adição de fertilizantes, biofertilizante bovino e adubação mineral, nos valores de diâmetro do capítulo das plantas de girassol avaliadas, Fortaleza, Ceará, 2013.....	63
Figura 27 –	Interação entre as lâminas aplicadas versus fertilizantes aplicados, sem adição de fertilizantes, biofertilizante bovino e adubação mineral, nos valores de matéria seca do capítulo das plantas de girassol avaliadas, Fortaleza, Ceará, 2013.....	64
Figura 28 –	Interação entre as lâminas aplicadas versus fertilizantes aplicados, sem	

	adição de fertilizantes, biofertilizante bovino e adubação mineral, nos valores de matéria seca das sementes das plantas de girassol avaliadas, Fortaleza, Ceará, 2013.....	66
Figura 29 –	Peso de mil sementes de girassol em função das lâminas aplicadas, Fortaleza, Ceará, 2013.....	67
Figura 30 –	Interação entre as lâminas aplicadas versus fertilizantes aplicados, sem adição de fertilizantes, biofertilizante bovino e adubação mineral, na produtividade de plantas de girassol, Fortaleza, Ceará, 2013.....	69

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Valores médios mensais da temperatura, umidade relativa (UR%), velocidade do vento e valores de precipitação mensal durante o experimento, Fortaleza, Ceará, 2013.....	28
Tabela 2 – Atributos químicos do solo utilizado no experimento, Fortaleza, Ceará, 2013.....	28
Tabela 3 – Combinações dos gotejadores e suas respectivas lâminas, Fortaleza, Ceará, 2013.....	31
Tabela 4 – Lâmina total aplicada em cada tratamento no período 28 de agosto a 28 de novembro, Fortaleza, Ceará, 2013.....	33
Tabela 5 – Características químicas da água de irrigação, Fortaleza, Ceará, 2013.....	33
Tabela 6 – Valores médios da tensão da água no solo durante o cultivo do girassol, Fortaleza, Ceará, 2013.....	34
Tabela 7 – Necessidade de complementação nutricional de fertilizantes minerais para a cultura do girassol, Fortaleza, Ceará, 2013.....	35
Tabela 8 – Características químicas do biofertilizante bovino com fermentação aeróbia, Fortaleza, Ceará, 2013.....	36
Tabela 9 – Quantidade de nutrientes fornecidos pelo biofertilizante aplicado.....	36
Tabela 10 – Quadrado médio da altura das plantas (AP), diâmetro do caule (DC) e número de folhas por planta (NF) de girassol, Fortaleza, Ceará, 2013.....	41
Tabela 11 – Interação entre as lâminas aplicadas versus fertilizantes aplicados no diâmetro do caule das plantas de girassol, Fortaleza, Ceará, 2013.....	45
Tabela 12 – Quadrado médio dos valores de fotossíntese ( $A$ ), transpiração ( $E$ ), condutância estomática ( $g_s$ ), carbono interno da folha ( $C_i$ ) e temperatura interna da folha ( $T_i$ ) de plantas de girassol, Fortaleza, Ceará, 2013.....	46
Tabela 13 – Quadrado médio da produção da cultura do girassol, matéria seca das folhas (MSF), matéria seca do caule (MSC) e matéria seca da raiz (MSR), Fortaleza, Ceará, 2013.....	55
Tabela 14 – Interação entre as lâminas aplicadas versus fertilizantes aplicados na matéria seca das folhas das plantas de girassol avaliadas, Fortaleza, Ceará, 2013.....	57
Tabela 15 – Interação entre as lâminas aplicadas versus fertilizantes aplicados na	

	matéria seca do caule das plantas de girassol avaliadas, Fortaleza, Ceará, 2013.....	59
Tabela 16 –	Quadrado médio da produção da cultura do girassol, diâmetro do capítulo (DCap), matéria seca do capítulo (MSCap), matéria seca das sementes (MSSem), peso de mil sementes (P <sub>1000</sub> Sem) e produtividade, Fortaleza, Ceará, 2013.....	62
Tabela 17 –	Interação entre as lâminas aplicadas versus fertilizantes aplicados no diâmetro do caule das plantas de girassol avaliadas, Fortaleza, Ceará, 2013.....	64
Tabela 18 –	Interação entre as lâminas aplicadas versus fertilizantes aplicados na matéria seca do capítulo das plantas de girassol avaliadas, Fortaleza, Ceará, 2013.....	65
Tabela 19 –	Interação entre as lâminas aplicadas versus fertilizantes aplicados na matéria seca das sementes das plantas de girassol avaliadas, Fortaleza, Ceará, 2013.....	67
Tabela 20 –	Interação entre as lâminas aplicadas versus fertilizantes aplicados na produtividade da cultura do girassol, Fortaleza, Ceará, 2013.....	70

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>16</b>
<b>1.1</b>	<b>Hipóteses.....</b>	<b>18</b>
<b>1.2</b>	<b>Objetivos.....</b>	<b>18</b>
<i>1.2.1</i>	<i>Objetivo geral.....</i>	<i>18</i>
<i>1.2.2</i>	<i>Objetivos específicos.....</i>	<i>18</i>
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>19</b>
<b>2.1</b>	<b>A cultura do girassol.....</b>	<b>19</b>
<i>2.1.1</i>	<i>Origem e características morfofisiológicas.....</i>	<i>19</i>
<i>2.1.2</i>	<i>Importância da cultura.....</i>	<i>20</i>
<b>2.2</b>	<b>Manejo da irrigação.....</b>	<b>20</b>
<b>2.3</b>	<b>Nutrição mineral.....</b>	<b>21</b>
<i>2.3.1</i>	<i>Nitrogênio.....</i>	<i>22</i>
<i>2.3.2</i>	<i>Fósforo.....</i>	<i>23</i>
<i>2.3.3</i>	<i>Potássio.....</i>	<i>23</i>
<b>2.4</b>	<b>Biofertilizantes.....</b>	<b>24</b>
<b>2.5</b>	<b>Trocas gasosas.....</b>	<b>24</b>
<i>2.5.1</i>	<i>Fotossíntese.....</i>	<i>24</i>
<i>2.5.2</i>	<i>Transpiração.....</i>	<i>25</i>
<i>2.5.3</i>	<i>Condutância estomática.....</i>	<i>26</i>
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>27</b>
<b>3.1</b>	<b>Caracterização da área experimental.....</b>	<b>27</b>
<i>3.1.1</i>	<i>Localização do experimento e clima.....</i>	<i>27</i>
<i>3.1.2</i>	<i>Caracterização do solo utilizado.....</i>	<i>28</i>
<b>3.2</b>	<b>Delineamento experimental.....</b>	<b>28</b>
<b>3.3</b>	<b>Condução da cultura.....</b>	<b>29</b>
<i>3.3.1</i>	<i>Plantio das sementes.....</i>	<i>29</i>
<i>3.3.2</i>	<i>Desbaste e tratos culturais.....</i>	<i>29</i>
<i>3.3.3</i>	<i>Sistema e manejo da irrigação.....</i>	<i>30</i>
<i>3.3.4</i>	<i>Monitoramento da umidade do solo.....</i>	<i>34</i>
<i>3.3.5</i>	<i>Manejo dos fertilizantes.....</i>	<i>35</i>
<b>3.4</b>	<b>Variáveis analisadas.....</b>	<b>38</b>



3.4.1	<i>Crescimento</i> .....	38
3.4.2	<i>Trocas gasosas</i> .....	38
3.4.3	<i>Biomassa da cultura do girassol</i> .....	39
3.4.4	<i>Produtividade da cultura do girassol</i> .....	39
3.5	<i>Análise estatística</i> .....	40
4	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	41
4.1	<b>Crescimento</b> .....	41
4.2	<b>Avaliação das trocas gasosas</b> .....	46
4.3	<b>Produção de biomassa na cultura do girassol</b> .....	55
4.4	<b>Avaliação da produção da cultura do girassol</b> .....	61
5	<b>CONCLUSÕES</b> .....	72
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	73
	<b>APÊNDICE A – ANÁLISE DAS AMOSTRAS DE SOLO COLETADAS AO FINAL DO EXPERIMENTO, FORTALEZA, CEARÁ, 2013</b> .....	83

## 1 INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural que a cada dia tem se tornado cada vez mais escasso e de difícil acesso a milhares de pessoas em todo o mundo. Segundo dados da UNICEF, cerca de 13% da população mundial ainda não tem acesso à água por meio de fontes melhoradas. Descobrir diferentes formas de se aproveitar ao máximo a água de irrigação buscando novas tecnologias que proporcionem a máxima eficiência da utilização de água na irrigação com o máximo desenvolvimento das culturas, é um importante desafio para a comunidade científica, principalmente em regiões áridas e semiáridas (BERNARDO; SOARES; MANTOVANI, 2009).

A quantidade de água a ser aplicada depende de diversos fatores, dentre eles merecem destaque o tipo de solo, a cultura a ser implantada e as condições climáticas da região. Determinar a lâmina adequada ao desenvolvimento da planta que proporciona elevada produtividade e conhecer as respostas das plantas à lâmina aplicada é de grande importância nos dias atuais. Quando uma planta é submetida ao estresse hídrico, diversas funções metabólicas são alteradas. Uma menor quantidade de água disponível para as plantas acarreta no fechamento estomático, na redução das taxas de crescimento e desenvolvimento das folhagens. Esse fechamento estomático como defesa das plantas para reduzir as perdas por evaporação afeta também a absorção do CO<sub>2</sub>, o que reduz a fotossíntese (WINTER, 1984).

Além disso, baixas quantidades de água no solo reduzem a disponibilidade dos nutrientes, impossibilitando sua absorção pelas plantas. Nesse sentido os biofertilizantes, que normalmente são aplicados na forma líquida, surgem como facilitadores da absorção dos nutrientes do solo pelas plantas, além de apresentarem diversas vantagens, como possuir em suas composições nutrientes necessários ao desenvolvimento das culturas, reduzir a utilização de produtos químicos gerando economia de insumos e melhorar os atributos químicos, físicos e biológicos do solo. Além disso, o biofertilizante aplicado na forma líquida produz uma camada na superfície do solo impedindo elevadas perdas de água por evaporação, mantendo a umidade do solo elevada em comparação às demais plantas que não receberam o insumo (CAVALCANTE *et al.*, 2010).

O estudo da aplicação desse insumo em diversas culturas tem crescido bastante nos últimos anos. No entanto, na cultura do girassol (*Helianthus annuus* L.) ainda não se tem muito conhecimento da influência do mesmo no seu desenvolvimento e produção em comparação à aplicação de fertilizantes minerais.

A utilização de fertilizantes minerais nas culturas ocorre normalmente quando o solo não apresenta as quantidades de nutrientes consideradas adequadas ao desenvolvimento dos vegetais. Na cultura do girassol, tanto o déficit quanto o excesso de nitrogênio causam sérios problemas nas respostas morfofisiológicas das plantas, sendo afetado tanto o crescimento das plantas quanto a produção de grãos da cultura (BISCARO *et al.*, 2008). O fósforo por sua vez, afeta o desenvolvimento das plantas, podendo elevar ou reduzir o crescimento dependendo da sua concentração no solo, principalmente pelo fato de esse nutriente estar diretamente relacionado com a fotossíntese, respiração e outros parâmetros fisiológicos (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997). O potássio apresenta efeito direto na estruturação das células das plantas e na respiração celular, sendo um nutriente bastante requerido pela cultura (UCHÔA *et al.*, 2011).

Segundo Leite *et al.* (2007), o girassol pode ser cultivado do Rio Grande do Sul até Roraima, e dependendo da quantidade de água disponível para as plantas e da temperatura, pode ser cultivado no início ou no final do período chuvoso. Sendo que as respostas dessa cultura têm influência direta da quantidade de água aplicada ao solo via irrigação (SILVA *et al.*, 2011). De acordo com dados da CONAB (2013), a área plantada de girassol no Brasil em dezembro de 2013 foi de 68,7 mil hectares, sendo que a estimativa de produção de grãos para o início de 2014 foi de 108,8 mil toneladas de grãos de girassol, sendo 0,2 mil toneladas do Norte/Nordeste e 108,6 mil toneladas do Centro Sul, uma vez que no Norte/Nordeste foram plantados apenas 0,5 mil ha e no Centro Sul foram plantados 68,2 ha de girassol.

## **1.1 Hipóteses**

O uso de diferentes lâminas influenciará no crescimento e no acúmulo de biomassa, nas trocas gasosas e na produtividade das plantas de girassol.

A aplicação de biofertilizante bovino e da adubação mineral possibilitará melhor desempenho da cultura do girassol no litoral cearense.

Há interação entre os fatores investigados (lâmina de irrigação versus biofertilizante bovino de fermentação aeróbia e adubação mineral) e essa interação proporcionará melhor desempenho da cultura do girassol no litoral cearense.

## **1.2 Objetivos**

### ***1.2.1 Objetivo geral***

Avaliar os efeitos da aplicação de diferentes lâminas de irrigação e da aplicação de fertilizante orgânico de fermentação aeróbia e da adubação mineral na cultura do girassol, nas condições edafoclimáticas de Fortaleza, Ceará.

### ***1.2.2 Objetivos específicos***

1. Avaliar o efeito da aplicação de diferentes lâminas de irrigação no crescimento e no acúmulo de biomassa, nas trocas gasosas e na produtividade das plantas de girassol no litoral cearense;
2. Avaliar o efeito da aplicação de biofertilizante bovino e da adubação mineral no desempenho da cultura do girassol no litoral cearense;
3. Verificar a melhor interação entre os fatores (irrigação e fertilização) sob os aspectos produtivos da cultura do girassol.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 A cultura do girassol

#### 2.1.1 Origem e características morfofisiológicas

O girassol (*Helianthus annuus* L.) é uma planta pertence à família *Asteraceae* e tribo *Heliantheae* (CPRA, 2014). Possui centro de origem situado nas Américas, onde durante muitos anos foi cultivado para servir de alimentação aos nativos americanos. Sua expansão a outras regiões ocorreu somente a partir de do século XVII. O melhoramento dessa cultura para produção de óleo teve início na União Soviética, onde se buscavam plantas que possuíam sementes e capítulos de tamanho relativamente grande (BOIÇA JUNIOR; VENDRAMIM, 1993; CARRÃO-PANIZZI; MANDARINO, 1994). Sua introdução no Brasil foi por volta do século XIX e ocorreu através de colonos europeus, que produziam um tipo de chá rico em cafeína a partir das sementes de girassol torradas (DALL'AGNOL, 2005 *apud* RIBEIRO, 2008).

As plantas de girassol caracterizam-se morfológicamente por apresentarem valores de altura que variam de 0,5 a 4,0 m, caule robusto, ereto, herbáceo e normalmente piloso, com diâmetros que variam entre 15 e 90 mm. O número de folhas por planta varia entre 8 e 70 e o sistema radicular apresenta raiz principal pivotante cujo comprimento pode chegar até dois metros de profundidade. Sua inflorescência, denominada de capítulo, possui de 100 a 8000 flores bissexuadas com diâmetro variando de 6 a 50 cm (ACOSTA, 2009; CASTIGLIONI *et al.*, 1997; CASTIGLIONI *et al.*, 1994; LIRA *et al.*, 2011). O fruto do girassol é um aquênio, que se trata de um fruto seco e indeiscente, formado pelo pericarpo ou casca e pela semente (CARRÃO-PANIZZI; MANDARINO, 1994).

Algumas características de elevada importância agrônômica como ciclo vegetativo curto, alta adaptabilidade às condições edafoclimáticas, rendimento pouco afetado pela latitude e longitude, e a baixa sensibilidade fotoperiódica dessa cultura possibilitam o seu cultivo durante o ano todo em todas as regiões brasileiras produtoras de grãos e fazem do girassol uma excelente alternativa para produtores de grãos em regiões para sucessão e rotação de culturas (ACOSTA, 2009; LEITE *et al.*, 2007).

### **2.1.2 Importância da cultura**

A importância da cultura do girassol baseia-se em sua múltipla utilização. Segundo Amabile *et al.* (2002) por possuir elevadas quantidades de nutrientes e características próprias, o girassol é bastante utilizado na alimentação humana, podendo ser encontrado na forma de óleo para frituras e na forma de farinha e concentrados proteicos utilizados para produzir biscoitos, massas, doces, etc. Essa cultura pode ser utilizada ainda na alimentação animal na forma de silagem, na suplementação da alimentação de aves, na produção do biocombustível e como planta ornamental. Além disso, suas raízes funcionam como recicladores de nutrientes e material orgânico no solo, e seu cultivo possui importância considerável quando realizado em conjunto ao desenvolvimento da apicultura, entre outros usos (FAGUNDES, 2002).

Atualmente, o girassol é cultivado em praticamente todas as regiões do mundo, sendo que a Rússia é considerada a maior produtora mundial de sementes de girassol, já o Brasil ainda apresenta uma produção relativamente pequena ficando na 30ª posição na produção mundial (FAOSTAT, 2013). Segundo dados da CONAB (2014), a estimativa de área plantada com girassol no Brasil em fevereiro de 2014 é de cerca de 114,8 mil ha, cerca de 63,8% a mais da área plantada em janeiro do mesmo ano, e a estimativa de produção de grãos foi em torno de 169,6 toneladas sendo que a região centro-oeste deteve a maior parte da produção brasileira de girassol.

### **2.2 Manejo da irrigação**

Figueiredo *et al.* (2008) consideram o manejo da irrigação como sendo a utilização racional de determinado recurso hídrico objetivando elevada produtividade utilizando eficientemente os fatores de produção, tais como a água e a energia. Além disso, objetiva-se com o manejo da irrigação um produto de melhor qualidade, maior eficiência do fertilizante utilizado, redução de pragas e doenças e adequadas condições físicas e químicas do solo (ALBUQUERQUE, 2010).

Cada região brasileira apresenta um regime hídrico diferenciado e, para utilizar a quantidade adequada de água minorando o desperdício e os prejuízos econômicos, é necessário observar as características inerentes a cada localidade sempre levando em consideração as características climáticas, do solo e da cultura.

A baixa precipitação associada à irregularidade das chuvas observadas nas regiões semiáridas brasileiras, como é o caso da maior parte do Nordeste, fazem da agricultura dessa região uma atividade com produção abaixo do potencial da cultura desenvolvida, além disso, elevam o risco da quebra de safra pela perda da produção (TESTEZLAF, 2011). Assim, o uso da irrigação surge como uma forma de suprir o déficit hídrico possibilitando o desenvolvimento adequado das plantas, o que leva ao aumento da qualidade e produtividade das culturas (BILIBIO *et al.*, 2010). Isso pode ser confirmado por Kerbauy (2008), esse autor afirma que quando uma planta recebe a quantidade de água adequada ao seu crescimento associada à aplicação dos nutrientes essenciais ao desenvolvimento, expressa o máximo potencial produtivo, mas ainda que todos os elementos necessários ao crescimento das plantas sejam disponibilizados, se não há a quantidade adequada de água no solo ficam impossibilitados a solubilização e o transporte dos mesmos.

Tais informações servem de fundamento para explicar a importância de se aplicar a lâmina adequada ao desenvolvimento das plantas. Albuquerque (2010) afirma que quando se aplica uma lâmina de irrigação abaixo da que a cultura necessita, ocorre um desperdício pelo fato de não se conseguir a produção esperada, assim como, a aplicação de água em excesso satura o solo, impossibilitando a aeração e lixivia nutrientes. Para Viana *et al.* (2012), aplicar água em excesso ou em déficit na cultura do girassol implica na redução da produtividade dessa cultura, tornando sua exploração inviável. Fato esse corroborado por Gomes *et al.* (2012), que estudando plantas de girassol sob diferentes lâminas de irrigação suplementar à chuva no período estudado, verificaram menores valores nas variáveis de crescimento da cultura como altura das plantas, diâmetro do caule e matéria seca quando se aplicou as menores lâminas.

Apesar de diversos estudos terem sido realizados com a cultura do girassol, suas exigências hídricas ainda não estão bem definidas, mas alguns autores têm adotado valores de lâminas entre 500 e 700 mm distribuídos ao longo do ciclo da cultura que podem possibilitar ao girassol a expressão máxima do seu desenvolvimento (ACOSTA, 2009). Silva *et al.* (2011), ao estudar a produção de girassol, concluíram que a lâmina de irrigação de 533,70 mm (150% da ECA) proporcionou os maiores potenciais de produção de aquênios 4.222,76 e 3.948,02 kg ha<sup>-1</sup>, para as cultivares Catissol 01 e Embrapa 122 V-2000, respectivamente.

### **2.3 Nutrição mineral**

Para expressar o máximo potencial produtivo, as plantas precisam se desenvolver

em um ambiente onde elas tenham todos os nutrientes essenciais ao seu desenvolvimento facilmente disponíveis. Em regiões de solos pobres, como a maioria dos solos brasileiros, quando não são adubadas as culturas se desenvolvem, mas têm seu crescimento limitado ao que conseguem buscar do solo, assim a fertilização mineral surge como uma forma de suprir a deficiência de nutrientes, proporcionando melhor desempenho das culturas e maior produtividade por hectare.

Os fertilizantes minerais, também conhecidos como adubos químicos, são extraídos de rochas de diferentes formações que passam por processos mecânicos e químicos, podendo também ser produzidos a partir do ar como é o caso do nitrogênio, e são em sua maioria solúveis sendo rapidamente absorvidos pelas plantas. Como exemplo de fertilizantes solúveis podem ser citados os fertilizantes nitrogenados, os superfosfatos e o potássio (MAZOYER; ROUDART, 2010).

### **2.3.1 Nitrogênio**

Considerado o elemento mineral mais exigido pelas plantas, o nitrogênio (N) faz parte da constituição dos aminoácidos e ácidos nucleicos das plantas. Sua deficiência provoca o surgimento de clorose, principalmente nas folhas mais velhas e quando a deficiência em nitrogênio está bastante evoluída as folhas ficam totalmente amarelas e chegam a cair da planta. Esse sintoma pode não ser expresso em folhas mais jovens pelo fato de as mesmas funcionarem como dreno. Além desses sintomas, plantas deficientes em N apresentam caule fino e lenhoso, de coloração arroxeada (TAIZ; ZEIGER, 2013).

Na cultura do girassol o macro e o micronutriente limitantes da produção são o nitrogênio (N) e o boro (B), respectivamente, sendo que a deficiência de boro nas plantas de girassol provoca desde o surgimento de sintomas leves até a queda dos capítulos. O nitrogênio faz parte da constituição das proteínas, nucleotídeos, clorofilas e coenzimas das plantas, levando as plantas a maiores respostas na produção (LEITE *et al.*, 2007; GODWIN; JONES, 1991; LOBO; GRASSI FILHO; COELHO, 2012).

Em plantas de girassol Carelli *et al.* (1996) verificaram que as plantas submetidas a baixas concentrações de N apresentaram sinais de clorose, além de terem seu desenvolvimento comprometido. Rosa *et al.* (2012), estudando a aplicação de diferentes doses de nitrogênio em plantas de algodão, observaram reduções na altura de plantas e na área foliar na ausência do fertilizante e na maior dose aplicada.



### 2.3.2 Fósforo

O fósforo (P) faz parte de compostos de elevada importância nas células vegetais que funcionam como intermediários da respiração e da fotossíntese, também apresenta importante função no metabolismo energético das plantas. Sua deficiência causa redução no crescimento, folhas com má formação e de coloração verde escura e presença de manchas necróticas, além disso, podem apresentar folhas arroxeadas, caules finos e morte das folhas mais velhas (TAIZ; ZEIGER, 2013).

Esse nutriente também tem relação direta com a produção de aquênios, isso pode ser confirmado por Oliveira Júnior *et al.* (2011), quando observaram aumento significativo na produtividade, número de grãos por capítulo, peso de 1000 grãos e altura de plantas de girassol, com o aumento das doses de fósforo aplicado, sendo que as maiores produtividades alcançadas por esses autores ocorreram quando foram aplicadas as maiores doses desse nutriente. Almeida Júnior *et al.* (2009) verificaram aumentos consideráveis nos parâmetros de crescimento de plantas de mamona sob diferentes doses de adubação fosfatada.

### 2.3.3 Potássio

O potássio (K) possui elevada importância na regulação do potencial osmótico celular e ativa enzimas da respiração e da fotossíntese. Sua deficiência é evidenciada pelo surgimento de clorose nas pontas, nas margens e nas nervuras das folhas mais velhas, que ocorrem inicialmente nas folhas mais velhas, sendo que essa clorose pode evoluir para necrose (TAIZ; ZEIGER, 2013). Zobiolo *et al.* (2010) ao avaliar a marcha de absorção de nutrientes em plantas girassol, verificaram que o potássio foi o nutriente mais absorvido pelas plantas, mas sua redistribuição foi considerada baixa, sendo que através da decomposição, grande parte do K absorvido voltou para o solo.

Feitosa *et al.* (2013), avaliando plantas de girassol da variedade Catissol em Fortaleza, Ceará, constataram que a aplicação de boro e potássio favoreceu o aumento em altura, área foliar e fitomassa seca da parte aérea das plantas estudadas. Borkert *et al.* (1997) ao estudar o efeito residual da adubação potássica em plantas de girassol e milho em diferentes tipos de solo, verificaram que a baixa disponibilidade reduziu o crescimento e produtividade da cultura do girassol, o que foi confirmado pela análise dos teores foliares de nutrientes que se mostraram abaixo dos valores considerados adequados ao desenvolvimento dessa cultura.

## 2.4 Biofertilizantes

Na tentativa de reduzir os custos com fertilizantes minerais que representam custo considerável na produção agrícola, muitos produtores têm buscado fontes alternativas de nutrientes para adubação das plantas que proporcionem o desenvolvimento adequado das culturas, sejam de baixo custo e de fácil acesso. Assim, os fertilizantes orgânicos também conhecidos como biofertilizantes, têm ganhado cada vez mais espaço na agricultura moderna.

Biofertilizantes são adubos orgânicos produzidos a partir da fermentação, em meio aeróbico ou anaeróbico, de materiais orgânicos de origem vegetal ou animal (esterco fresco), misturados com água (PENTEADO, 2007). Dependendo do material utilizado na sua produção podem ser considerados fertilizantes de elevada complexidade e variabilidade, apresentando quase que todos os nutrientes essenciais ao desenvolvimento das culturas, o que reduz a utilização de produtos químicos e gera economia de insumos, além disso, se aplicados corretamente, proporcionam diversos efeitos benéficos para as plantas (SILVA *et al.*, 2007).

Os fertilizantes orgânicos possuem maior eficácia que os fertilizantes minerais sendo liberados e absorvidos de acordo com a necessidade da cultura nos períodos quentes, e permanecendo na forma de reserva em períodos frios, além disso, contribuem para o desenvolvimento de microrganismos do solo, possuem substâncias promotoras do crescimento das plantas e possuem papel corretivo (MAZOYER; ROUDART, 2010).

Cavalcante *et al.* (2010) afirmam que o esterco líquido bovino atenua os efeitos da salinidade sobre o crescimento das plantas promovendo efeitos positivos na estruturação física do solo, além disso, reduz as perdas de água do solo por evaporação por formar uma camada superficial de impedimento.

## 2.5 Trocas gasosas

### 2.5.1 Fotossíntese

A água pode representar cerca de 80 a 95% da massa de um vegetal, sendo indispensável à expansão celular, ao transporte de nutrientes e às trocas gasosas (TAIZ; ZEIGER, 2013). Assim é considerada o recurso encontrado em maior abundância e ao mesmo tempo o que mais limita as plantas (CORDEIRO, 2012).

A fotossíntese, essencial à sobrevivência das plantas, sofre limitação frequente da disponibilidade de água no solo e de CO<sub>2</sub> atmosférico. Para realizar a fotossíntese a planta

retira o CO<sub>2</sub> da atmosfera e perde água ficando sujeita à desidratação. Em plantas C<sub>4</sub> e CAM a eficiência do uso da água, que corresponde à quantidade de CO<sub>2</sub> dividida pela quantidade de água transpirada, é elevada pelo fato dessas plantas possuírem mecanismos assimiladores de CO<sub>2</sub>. Ainda que uma planta C<sub>4</sub> tenha sua condutância estomática reduzida, a assimilação de CO<sub>2</sub> prossegue de forma satisfatória, sendo permitida a fotossíntese com um mínimo de perda d'água, o que não ocorre em plantas C<sub>3</sub>, por isso estas são consideradas plantas de baixa eficiência fotossintética, como é o caso do girassol (KERBAUY, 2008; TAIZ; ZEIGER, 2013).

Carneiro (2011) estudando plantas de girassol cultivadas em vaso sob déficit hídrico, verificou decréscimo nos valores de fotossíntese com o aumento do período de estresse hídrico das plantas avaliadas. Da mesma forma, Pinto, Távora e Pinto (2014) observaram elevadas reduções nos valores de fotossíntese de plantas de amendoim, gergelim e mamona em função da deficiência hídrica proporcionada.

Silva *et al.* (2013) não observaram efeito significativo do estresse hídrico em plantas de girassol cultivadas em campo. Para esses autores essa ausência de efeito significativo mostra que as lâminas aplicadas foram suficientes para as plantas conseguirem manter o potencial hídrico foliar, ainda que sob restrição hídrica.

### **2.5.2 Transpiração**

A transpiração, conhecida como a perda de água pela planta na forma de vapor, é essencial ao crescimento e desenvolvimento das plantas, atuando ainda no resfriamento das mesmas, e acontece através dos estômatos e da cutícula das folhas. Quando ocorre a abertura estomática para saída do vapor de água, o CO<sub>2</sub> do ambiente difunde-se para o interior da folha e é utilizado na fotossíntese (PINTO; TÁVORA; PINTO, 2014; CHEIDA, 2003). Se a planta sofre restrição hídrica os estômatos se fecham e cessa a transpiração através dos estômatos, ocorrendo apenas a transpiração através da cutícula, a qual ocorre em pequenas proporções (KERBAUY, 2008).

Pinto (2006) estudando plantas de amendoim, gergelim e mamona, verificou redução significativa nos valores de transpiração nas plantas avaliadas em função da restrição hídrica.

### 2.5.3 Condutância estomática

Quando submetidas à deficiência hídrica as plantas fecham os estômatos e reduzem a condutância estomática buscando a redução da perda de água pelas folhas, essa redução da condutância estomática restringe a absorção de CO<sub>2</sub>, inibindo a assimilação de carbono através da fotossíntese (TAIZ; ZEIGER, 2013; ARAÚJO; DEMINICIS, 2009).

Paiva *et al.* (2005) avaliando plantas de girassol sob déficit hídrico observaram que as plantas que receberam o tratamento correspondente à maior frequência de irrigação apresentaram os maiores valores de condutância estomática. Freitas *et al.* (2011) e Carvalho (2010) avaliando o desenvolvimento de plantas de mamona submetidas a diferentes disponibilidades hídricas, verificaram que os menores valores de condutância estomática foram encontrados nas plantas submetidas ao estresse hídrico.

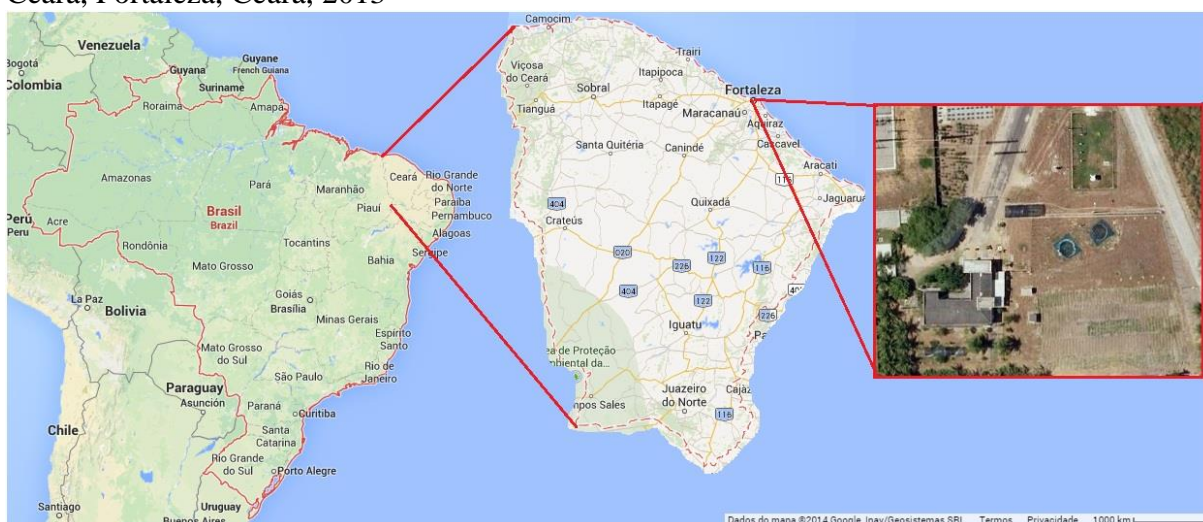
### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Caracterização da área experimental

##### 3.1.1 Localização do experimento e clima

O experimento foi conduzido no período de 28 de agosto a 28 de novembro de 2013 na área experimental da Estação Agrometeorológica pertencente ao Departamento de Engenharia Agrícola (DENA), Universidade Federal do Ceará (UFC), em Fortaleza - CE, tendo como coordenadas geográficas  $3^{\circ}44'45''\text{S}$ ,  $38^{\circ}34'55''\text{W}$  e 19,5 m de altitude acima do nível médio do mar (FIGURA 1).

Figura 1 – Localização da Estação Agrometeorológica pertencente à Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Ceará, 2013



Fonte: Adaptado de Google Earth (2014).

Segundo a classificação climática de Köppen (1923) a área referente ao estudo é do tipo  $\text{Aw}'$ , caracterizada como sendo de clima tropical chuvoso, com época mais seca no inverno (22/06 a 23/09) e o máximo de chuvas ocorre no outono (21/03 a 22/06). Os dados meteorológicos foram coletados diariamente às 9:00 h, na Estação Agrometeorológica, localizada próximo ao experimento. Na Tabela 1, têm-se os valores médios mensais das variáveis climáticas: temperatura, umidade relativa percentual, velocidade do vento e precipitação pluviométrica durante o experimento.

Tabela 1 – Valores médios mensais da temperatura, umidade relativa, velocidade do vento e precipitação mensal durante o experimento, Fortaleza, Ceará, 2013

	Temperatura Média (°C)	UR (%)	VV (m s <sup>-1</sup> )	Precipitação (mm)
Agosto	27,0	70	4,1	15,6
Setembro	27,3	70	4,4	16,7
Outubro	27,4	68	4,3	5,7
Novembro	27,6	75	4,5	10,1

Fonte: Estação Agrometeorológica da Universidade Federal do Ceará; UR = Umidade Relativa; VV = Velocidade do Vento.

### 3.1.2 Caracterização do solo utilizado

Para condução do experimento foi utilizado um solo classificado como Argissolo Vermelho Amarelo (EMBRAPA, 2006). O solo utilizado foi coletado próximo à área experimental, peneirado e posteriormente colocado nos vasos. Amostras do solo foram coletadas e enviadas ao laboratório para se conhecer as características do mesmo. O solo apresentou densidade de 1,4 e os atributos químicos antes da aplicação dos tratamentos podem ser observados na Tabela 2.

Tabela 2 – Atributos químicos do solo utilizado no experimento, Fortaleza, Ceará, 2013

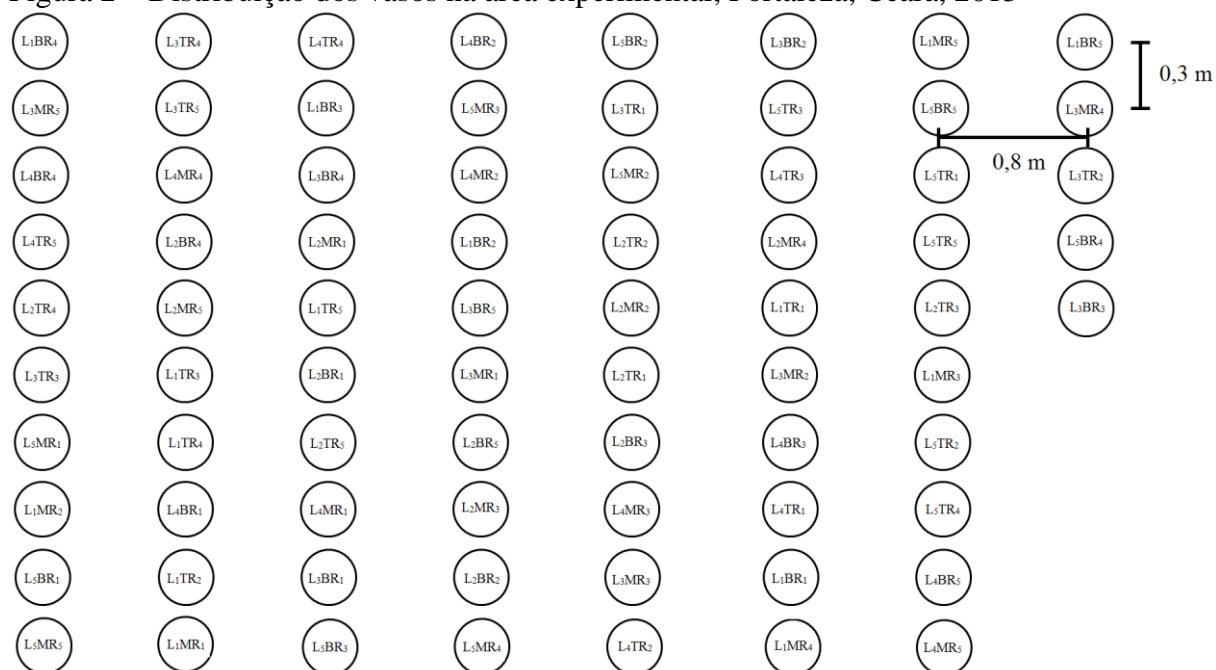
Características														
g kg <sup>-1</sup>		mg dm <sup>-3</sup>			mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>					%		dS m <sup>-1</sup>		
(C	N)	pH	(P)	(K	Ca	Mg	Na	H+Al	SB	CTC)	(V	PST	m)	(CE)
0,91	1,19	7,0	14	1,59	29,2	16,5	1,04	17,3	48,3	65,6	74	2	0	0,33

Fonte: Laboratório de Análise de Solo e Água.

### 3.2 Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado em arranjo fatorial 5x3, referentes a cinco lâminas de irrigação (L<sub>1</sub> - 50%, L<sub>2</sub> - 75%, L<sub>3</sub> - 100%, L<sub>4</sub> - 125% e L<sub>5</sub> - 150% da ECA), e três fertilizações, F<sub>1</sub> - orgânica (utilizando-se biofertilizante bovino de fermentação aeróbia), F<sub>2</sub> - mineral (com base em 100% da recomendação de NPK) e F<sub>3</sub> - sem adição de fertilizantes (testemunha), com cinco repetições, totalizando 75 unidades experimentais. A distribuição dos vasos no experimento pode ser observada na Figura 2.

Figura 2 – Distribuição dos vasos na área experimental, Fortaleza, Ceará, 2013



Fonte: GOMES, Krishna Ribeiro, 2013.

### 3.3 Condução da cultura

#### 3.3.1 *Plantio das sementes*

Vasos com capacidade para 60 L foram enchidos com 84 kg de solo em cada vaso. Foram utilizadas sementes de girassol da variedade Embrapa 122, disponibilizadas pelo Laboratório de Sementes da UFC. As sementes foram plantadas a uma profundidade de 5 cm, sendo plantadas cinco sementes por vaso a fim de garantir o desenvolvimento de pelo menos uma semente em cada vaso. As plantas foram espaçadas em 0,8 m entre linhas e 0,3 m entre plantas, totalizando 41.666 plantas ha<sup>-1</sup>.

#### 3.3.2 *Desbaste e tratos culturais*

Após o estabelecimento da cultura, aproximadamente 10 dias após a semeadura (DAS), foi realizado o desbaste deixando-se apenas uma planta por vaso. Nesse momento iniciou-se a aplicação dos tratamentos na cultura com diferenciação das lâminas de irrigação e adubações.

Durante o experimento algumas plantas manifestaram sintomas de mancha de alternária que foi controlada aplicando-se os defensivos fungicidas Frowncide 500<sup>®</sup> e Kumulus<sup>®</sup> (FIGURA 3). Também durante o experimento foram realizadas capinas manuais periódicas nos vasos para evitar a competição da cultura com ervas daninhas por água e nutrientes.

Figura 3 – Aplicação preventiva de defensivos, Fortaleza, Ceará, 2013



Fonte: GOMES, Krishna Ribeiro, 2013.

### ***3.3.3 Sistema e manejo da irrigação***

Os tratamentos com irrigação foram iniciados aos 10 DAS. Para realização da irrigação foi utilizado um sistema moto-bomba (FIGURA 4A) com 3 caixas-d'água auxiliares (FIGURA 4B). A água era captada de um poço e armazenada nas caixas-d'água auxiliares, posteriormente o sistema moto-bomba era acionado para succionar a água e através de tubulações essa água chegava aos gotejadores, para assim ser utilizada na irrigação da cultura. O sistema era composto ainda por um cabeçal de controle com filtro de discos, manômetro e registro de esfera, uma linha principal de polietileno de diâmetro nominal de 1" e oito linhas secundárias com diâmetro nominal de 16 mm espaçadas de 0,8 m.



Figura 4 – Sistema moto-bomba (A) e caixas d'água auxiliares (B) utilizados durante o experimento, Fortaleza, Ceará, 2013



Fonte: GOMES, Krishna Ribeiro, 2013.

Para se alcançar a lâmina desejada para cada tratamento foram realizadas combinações entre gotejadores de diferentes vazões (2, 4, 6 e 8 L h<sup>-1</sup>) (TABELA 3).

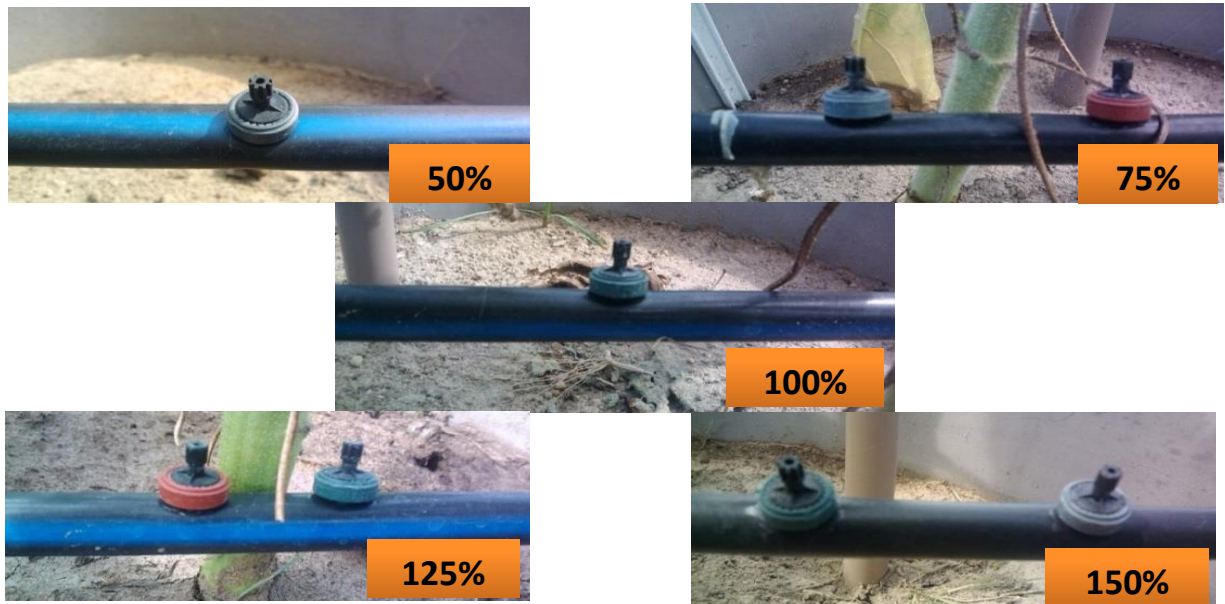
Tabela 3 - Combinações dos gotejadores e suas respectivas lâminas, Fortaleza, Ceará, 2013

Lâmina	Gotejadores Utilizados	Vazão (L h <sup>-1</sup> )	ECA (%)
L <sub>1</sub>	1 de 4 L h <sup>-1</sup>	4	50
L <sub>2</sub>	1 de 4 L h <sup>-1</sup> + 1 de 2 L h <sup>-1</sup>	6	75
L <sub>3</sub>	1 de 8 L h <sup>-1</sup>	8	100
L <sub>4</sub>	1 de 8 L h <sup>-1</sup> + 1 de 2 L h <sup>-1</sup>	10	125
L <sub>5</sub>	1 de 8 L h <sup>-1</sup> + 1 de 4 L h <sup>-1</sup>	12	150

Fonte: GOMES, Krishna Ribeiro, 2013, L<sub>1</sub>, L<sub>2</sub>, L<sub>3</sub>, L<sub>4</sub> e L<sub>5</sub> – 50, 75, 100, 125 e 150% da ECA, respectivamente.

A distribuição dos gotejadores no experimento pode ser melhor visualizada na Figura 5.

Figura 5 – Combinações dos gotejadores para alcançar as lâminas desejadas, Fortaleza, Ceará, 2013



Fonte: GOMES, Krishna Ribeiro, 2013.

O cálculo do tempo de irrigação ( $T_i$ ) foi baseado na evaporação do tanque Classe A, para determinar a quantidade de água a ser aplicada foi utilizada a seguinte equação:

$$T_i = \frac{ECA * K_p * AV}{E_i * q_g}$$

Em que:

$T_i$ : tempo de irrigação (minutos);

ECA: evaporação medida no tanque classe A ( $\text{mm dia}^{-1}$ );

$K_p$ : coeficiente do tanque;

$A_v$ : a área do vaso ( $\text{m}^2$ );

$E_i$ : a eficiência de irrigação (adimensional);

$q_g$ : é a vazão do gotejador ( $\text{L h}^{-1}$ ).

Os valores totais das lâminas aplicadas em cada tratamento durante o experimento podem ser observados na Tabela 4.

Tabela 4 – Lâmina total aplicada em cada tratamento no período 28 de agosto a 28 de novembro, Fortaleza, Ceará, 2013

Tratamento	% da ECA	Lâmina (mm)		
		Estabelecimento	Tratamentos	Total
L <sub>1</sub>	50	96,0	356,7	452,7
L <sub>2</sub>	75	96,0	535,1	631,1
L <sub>3</sub>	100	96,0	713,5	809,5
L <sub>4</sub>	125	96,0	891,9	987,9
L <sub>5</sub>	150	96,0	1070,3	1166,3

Fonte: GOMES, Krishna Ribeiro, 2013, L<sub>1</sub>, L<sub>2</sub>, L<sub>3</sub>, L<sub>4</sub> e L<sub>5</sub> – 50, 75, 100, 125 e 150% da ECA, respectivamente.

Durante a fase de estabelecimento da cultura foi aplicada a mesma lâmina de irrigação em todos os tratamentos, correspondente à lâmina que levou o solo à capacidade de campo, sendo aplicados 96 mm de água em cada vaso nessa primeira fase. Após o estabelecimento iniciaram-se os tratamentos com diferentes aplicações de lâminas de água.

Uma análise química da água de poço utilizada durante o experimento foi realizada, e as características podem ser observadas na Tabela 5.

Tabela 5 – Características químicas da água de irrigação, Fortaleza, Ceará, 2013

Características								
Cátions (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )				Ânions (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )				CE (dS m <sup>-1</sup> )
Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>3-</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	
0,8	1,8	5,3	0,3	4,4	-	4,0	-	0,83
RAS	pH	Sólidos Dissolvidos (mg L <sup>-1</sup> )				Classificação		
4,72	7,4	830				C <sub>3</sub> S <sub>1</sub>		

Fonte: Laboratório de Análise de Solos e Água, 2013.

### 3.3.4 Monitoramento da umidade do solo

Durante todo o experimento foi realizado o monitoramento da umidade do solo através de tensiômetros instalados nos vasos a cerca de 20 cm de profundidade (FIGURA 6A). As leituras eram realizadas sempre no mesmo horário (9:00 h da manhã), antes das irrigações. Para quantificação dos valores de umidade mostrados pelos tensiômetros foi utilizado um tensímetro digital (FIGURA 6B).

Figura 6 – Tensiômetro (A) e tensímetro (B) utilizados no acompanhamento da umidade do solo, Fortaleza, Ceará, 2013



Fonte: GOMES, Krishna Ribeiro, 2013.

Os valores médios de tensão da água no solo dos vasos avaliados durante o experimento podem ser observados na Tabela 5.

Tabela 6 – Valores médios da tensão da água no solo durante o cultivo do girassol, Fortaleza, Ceará, 2013

Lâmina Aplicada	Tensão (kPa)		
	Testemunha	Biofertilizante	Mineral
L1	-57,1	-4,8	-33,5
L2	-44,1	-6,1	-24,2
L3	-50,1	-15,4	-19,0
L4	-26,9	-5,4	-27,4
L5	-33,9	-15,5	-25,8

Fonte: GOMES, Krishna Ribeiro, 2013, L<sub>1</sub>, L<sub>2</sub>, L<sub>3</sub>, L<sub>4</sub> e L<sub>5</sub> – 50, 75, 100, 125 e 150% da ECA, respectivamente.

A partir da Tabela 6 pode-se verificar que os menores valores de tensão da água no solo foram observados nas plantas adubadas com o biofertilizante bovino líquido.

### 3.3.5 Manejo dos fertilizantes

Aos 15 DAS foram iniciadas as aplicações dos fertilizantes mineral e orgânico. Para determinar as quantidades a serem aplicadas do adubo mineral, tomou-se como base a análise de solo (TABELA 2) e a recomendação de Silva (2012), sendo utilizados como fonte de N, P e K a ureia ( $100 \text{ kg ha}^{-1}$  de N), o superfosfato simples ( $330 \text{ kg ha}^{-1}$  de P) e o cloreto de potássio ( $150 \text{ kg ha}^{-1}$  de K). A quantidade de nutrientes presente no substrato foi calculada a partir da multiplicação da densidade do solo (1,4), pelo volume de solo colocado em cada vaso (60 L), multiplicando-se o valor encontrado ( $84 \text{ kg}$  de solo por vaso) pelas quantidades de N, P e K presentes na análise do solo. A necessidade de complementação nutricional pode ser verificada na Tabela 7. Verifica-se que o P foi o nutriente que se encontrava em déficit no solo, sendo necessária sua aplicação, esta foi dividida em três aplicações aos 15, 30 e 45 DAS.

Tabela 7 – Necessidade de complementação nutricional de fertilizantes minerais para a cultura do girassol, Fortaleza, Ceará, 2013

Características químicas	Nutriente		
	N	P	K
<b>Recomendação</b>	1,6	7,9 (g planta <sup>-1</sup> )	2,3
<b>Substrato</b>	0,10	0,014 (g kg <sup>-1</sup> )	0,06
	8,4	1,176 (84 kg <sup>-1</sup> )	5,04
<b>Necessidade de complementação nutricional</b>	6,80	-6,82 (g planta <sup>-1</sup> )	2,72

Fonte: GOMES, Krishna Ribeiro, 2013.

O adubo orgânico (biofertilizante bovino) foi preparado a partir de uma mistura de esterco bovino e água na proporção 1:1 com base em volume. Nesse sistema a mistura (150 kg de esterco bovino fresco e 150 L de água) foi armazenada em uma caixa d'água com capacidade para 1000 litros (FIGURA 7A), e permaneceu por um período de mínimo de 30 dias sofrendo fermentação aeróbia. Diariamente era realizada a homogeneização desse sistema (FIGURA 7B).



Figura 7 – Homogeneização do biofertilizante bovino (A) e fermentação aeróbia (B), Fortaleza, Ceará, 2013



Fonte: GOMES, Krishna Ribeiro, 2013.

A quantidade a ser aplicada desse fertilizante orgânico foi baseada na análise química do biofertilizante bovino de fermentação aeróbia (TABELA 8) e na análise do solo (TABELA 2) de acordo com a recomendação de Silva (2012).

Tabela 8 – Características químicas do biofertilizante bovino com fermentação aeróbia, Fortaleza, Ceará, 2013

Biofertilizante											
(g L <sup>-1</sup> )						(mg L <sup>-1</sup> )					
(N	P	K	Ca	Mg	S)	(Na	Fe	Cu	Zn	Mn)	
0,26	0,51	1,21	0,17	3,04	0,17	0,78	47,99	0,22	16,05	10,07	

Fonte: GOMES, Krishna Ribeiro, 2013.

A quantidade de N, P e K aplicados durante o experimento via biofertilizante pode ser verificada na Tabela 9.

Tabela 9 – Quantidade de nutrientes fornecidos pelo biofertilizante aplicado

Biofertilizante	N	P	K
Bovino	g 15 aplicações <sup>-1</sup>		
1L sem <sup>-1</sup> planta <sup>-1</sup>	3,9	7,65	18,15

Fonte: GOMES, Krishna Ribeiro, 2013.

Segundo o cálculo da quantidade de fertilizantes requeridos pelo solo apresentados na Tabela 7, foram necessários 15 L de biofertilizante bovino por vaso para suprir as necessidades de nutrientes da cultura implantada, sendo que as aplicações foram distribuídas em 15 aplicações, perfazendo assim 1 L de biofertilizante por semana, para que não houvesse intoxicação das plantas, uma vez que o adubo na forma líquida encontra-se mais facilmente disponível para as plantas, o que facilita a intoxicação. A aplicação do biofertilizante no vaso pode ser visualizada na Figura 8.

Figura 8 – Distribuição do biofertilizante bovino líquido nos vasos para adubação de plantas de girassol, Fortaleza, Ceará, 2013



Fonte: GOMES, Krishna Ribeiro, 2013.

Uma aplicação de boro foi realizada em todos os vasos com o intuito de não afetar o desenvolvimento produtivo da planta. Seguindo a recomendação de Lima *et al.* (2013), foram aplicados  $4,0 \text{ kg ha}^{-1}$  de boro, utilizando-se como fonte de boro o ácido bórico (FIGURA 9). Segundo Leite *et al.* (2007), a deficiência de boro na cultura do girassol pode causar desde sintomas leves até a queda dos capítulos ocasionando a perda de toda a produção.

Figura 9 – Distribuição do ácido bórico para adubação de plantas de girassol, Fortaleza, Ceará, 2013



Fonte: GOMES, Krishna Ribeiro, 2013

### **3.4 Variáveis analisadas**

#### **3.4.1 Crescimento**

Os parâmetros de crescimento em altura de plantas, diâmetro do caule e número de folhas, foram avaliados quando as plantas encontravam-se em pleno florescimento, 65 DAS, (FREITAS *et al.*, 2012). Para a altura de plantas foi utilizada uma trena graduada em cm e para a medição do diâmetro das plantas foi utilizado um paquímetro digital graduado em mm. O diâmetro do caule foi medido na base da planta.

#### **3.4.2 Trocas gasosas**

Aos 65 DAS foram realizadas medições das trocas gasosas das plantas de girassol (FIGURA 10). Neste período as plantas já se encontravam em seu pleno desenvolvimento. As leituras foram realizadas entre 10 e 12:00h. Para leitura dessas variáveis foi utilizado um analisador de gás no infravermelho (LCi System, ADC, Hoddesdon, UK), em sistema aberto, com fluxo de ar de  $300 \text{ mL min}^{-1}$ . Com esse equipamento foram medidas a fotossíntese, a condutância estomática, a transpiração, a temperatura foliar e a concentração interna de



dióxido de carbono na primeira folha completamente expandida a partir do ápice, utilizando-se uma fonte de radiação artificial (cerca de  $1200 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ).

Figura 10 – Avaliação das trocas gasosas de plantas de girassol utilizando-se um analisador de gás no infravermelho, Fortaleza, Ceará, 2013



Fonte: GOMES, Krishna Ribeiro, 2013.

### ***3.4.3 Biomassa da cultura do girassol***

Quando foi observado o máximo desenvolvimento dos grãos (90 DAS), todas as plantas foram coletadas, separadas em folhas+pecíolos, caule, raiz e capítulo e colocadas em sacos de papel identificados de acordo com os tratamentos, para secar em estufa de circulação forçada de ar a temperatura de  $60^{\circ}\text{C}$ , até atingir massa constante. O material foi pesado para determinação da massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca do caule (MSC) e massa seca da raiz (MSR).

### ***3.4.4 Produtividade da cultura do girassol***

Na ocasião da colheita, 90 DAS, com o auxílio de uma régua milimetrada foi avaliado o diâmetro do capítulo, logo após a medição os mesmos foram coletados e colocados para secar em estufa de circulação forçada, após a secagem foram determinados os valores de massa seca do capítulo (MSC), massa seca das sementes (MSS) e massa seca de 1000

sementes ( $MS_{1000}$ ) segundo a RAS. A partir dos valores de peso seco da semente foi calculada a produtividade da cultura em  $kg\ ha^{-1}$  multiplicando-se o valor encontrado pelo stand de plantas de girassol por hectare a partir do espaçamento adotado ( $0,8 \times 0,3m$ ), totalizando  $41.666\ plantas\ ha^{-1}$ .

### **3.5 Análise estatística**

Os dados de natureza qualitativa foram submetidos à análise de variância pelo teste F e teste de Tukey. Os dados de natureza quantitativa foram submetidos à análise de variância e, quando verificado o nível de significância de 1% e 5% foram testados os modelos linear, logarítmico, exponencial e o polinomial quadrático. Para a comparação do grupo fatorial com testemunha adicional, aplicou-se o teste de Tukey a 5% de probabilidade.

As equações que melhor se ajustaram aos dados foram selecionadas com base no coeficiente de determinação ( $R^2$ ). As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio dos aplicativos Microsoft Office Excel (2003), por meio do software ASSISTAT (SILVA; AZEVEDO, 2009).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Crescimento

Na Tabela 10 estão apresentados os valores do quadrado médio da altura das plantas (AP), diâmetro do caule (DC) e número de folhas (NF). Verifica-se que para os valores de altura de plantas houve efeito significativo das lâminas de irrigação e fertilizantes, mas não houve interação entre esses fatores. Para os valores de diâmetro do caule, pode-se verificar que houve interação entre as lâminas versus fertilizantes aplicados, e que não houve efeito significativo de nenhum tratamento para o número de folhas das plantas avaliadas. Esse efeito para o número de folhas revela que as plantas conseguiram expressar, ao longo do ciclo, características de recuperação dos efeitos da deficiência de água na qual se encontravam expostas durante a época vegetativa (LEITE *et al.*, 2005).

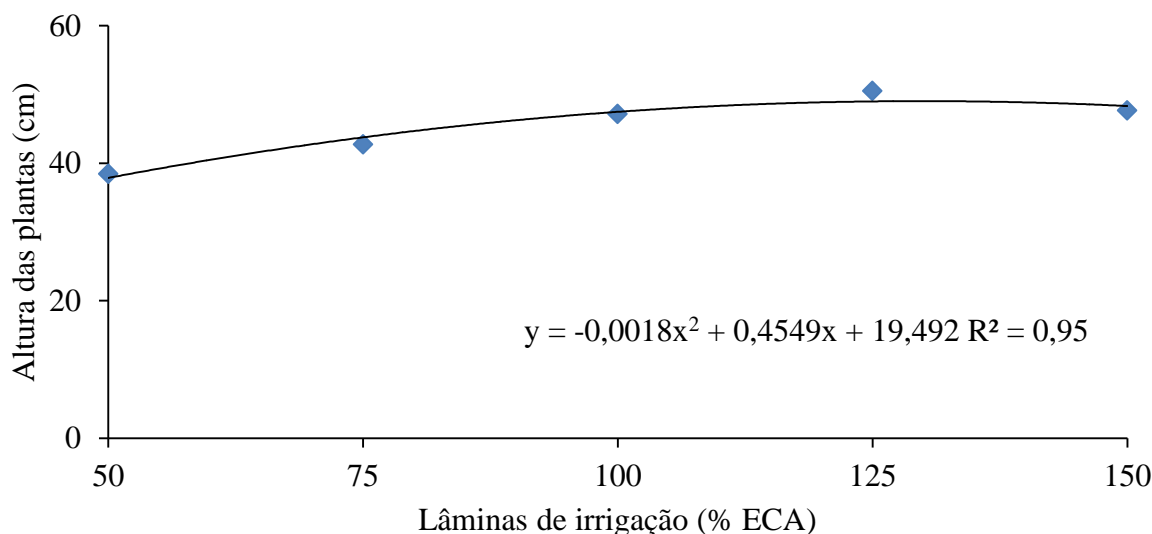
Tabela 10 – Quadrado médio da altura das plantas (AP), diâmetro do caule (DC) e número de folhas por planta (NF) de girassol, Fortaleza, Ceará, 2013

FV	GL	AP (cm)	DC (mm)	NF
Lâmina (L)	4	335,24**	107,02**	12,58 <sup>ns</sup>
Adubação (A)	2	44,71*	20,64**	1,69 <sup>ns</sup>
L x A	8	26,10 <sup>ns</sup>	7,54**	3,92 <sup>ns</sup>
Tratamentos	14	117,08**	37,84**	6,08 <sup>ns</sup>
Resíduo	60	12,94	2,31	11,57
Total	74			
CV (%)		7,95	7,92	13,28

Fonte: GOMES, Krishna Ribeiro, 2013, FV – Fontes de variação; GL – graus de liberdade; CV – coeficiente de variação; \* significativo a 5% no teste de Tukey; \*\* significativo a 1% no teste de Tukey; <sup>ns</sup> – não significativo.

Para a altura de plantas houve efeito isolado do estresse hídrico, constatando-se um modelo polinomial de 2º grau (FIGURA 11), sendo que a altura média máxima ocorreu quando se aplicou a lâmina correspondente a 126,3% da ECA, alcançando-se valores de altura de 48,2 cm. Esse resultado revela que há variação da disponibilidade hídrica do solo condicionada pela aplicação das diferentes lâminas de irrigação. Constata-se também que, embora a cultura seja considerada resistente à seca, não significa que o seu crescimento e desenvolvimento não seja influenciado pela água disponível no solo (SILVA *et al.*, 2007; VIANA *et al.*, 2012).

Figura 11 – Valores médios da altura de plantas de girassol em função das lâminas aplicadas, Fortaleza, Ceará, 2013



Fonte: GOMES, Krishna Ribeiro, 2013.

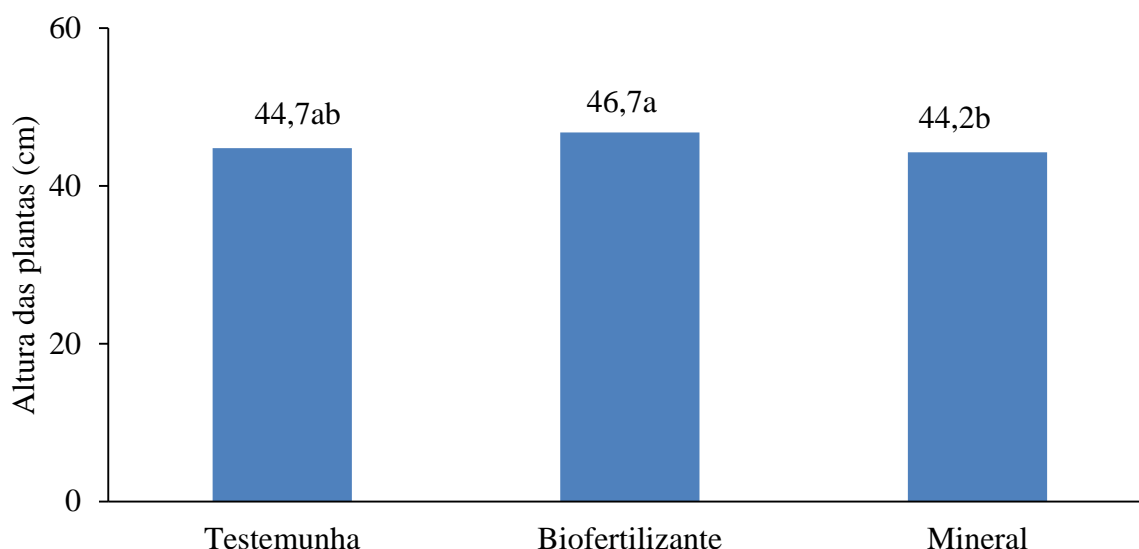
Mota *et al.* (2011) também verificaram acréscimos nos valores de altura de plantas em função do aumento da lâmina de irrigação aplicada. Esses autores afirmam que a disponibilidade de água no solo é fator limitante na turgescência dos tecidos, afetando assim a morfologia e a fisiologia das plantas, sendo a altura diretamente influenciada pelo déficit hídrico. Assim, os menores valores de altura das plantas com a menor lâmina aplicada pode ser explicado pela redução da expansão celular ocasionada pelo déficit hídrico (CARVALHO *et al.*, 2013). Manter os níveis de água no solo em quantidade suficiente para as plantas resulta em melhor desempenho com incrementos na produção de fotoassimilados, proporcionando maiores taxas de crescimento (TEODORO *et al.*, 2004).

Incrementos nos valores da altura de plantas de girassol com o aumento da lâmina de irrigação também foram observados por Sobrinho, Tieppo e Silva (2011) e Viana *et al.* (2012). Semelhante resultado foi encontrado por Mesquita *et al.* (2013) ao estudar plantas de gergelim, sendo verificado aumento nos valores de altura em função do aumento das lâminas aplicadas.

Na Figura 12, observam-se os valores médios da altura das plantas avaliadas em função dos tratamentos aplicados. Verifica-se que os maiores valores médios (46,7 cm) foram observados nas plantas adubadas com o biofertilizante bovino em relação à testemunha (44,7 cm) e a adubação mineral (44,2 cm). O melhor desempenho das plantas adubadas com o fertilizante orgânico pode ser explicado pelo fato de, quando manejados de forma correta, os fertilizantes orgânicos melhoram as condições físicas, químicas e biológicas do solo, além de

representarem alternativa eficiente na redução ou até mesmo a eliminação da dependência dos fertilizantes químicos (ANDRADE *et al.*, 2011).

Figura 12 – Valores médios da altura de plantas de girassol em função dos fertilizantes aplicados, Fortaleza, Ceará, 2013



Fonte: GOMES, Krishna Ribeiro, 2013.

De forma similar, Silva *et al.* (2011), ao analisarem o crescimento em altura de plantas de pinhão-manso sob aplicação de esterco bovino como fonte orgânica, encontraram uma altura média de 37,5 cm aos 60 dias após a semeadura. Outros trabalhos também revelaram a mesma tendência em pleno sol, como enfatizam Lima *et al.* (2012) cultivando milho sob doses crescente de biofertilizante bovino e por Sousa *et al.* (2013a) cultivando feijão-de-corda cultivar EPACE 10.

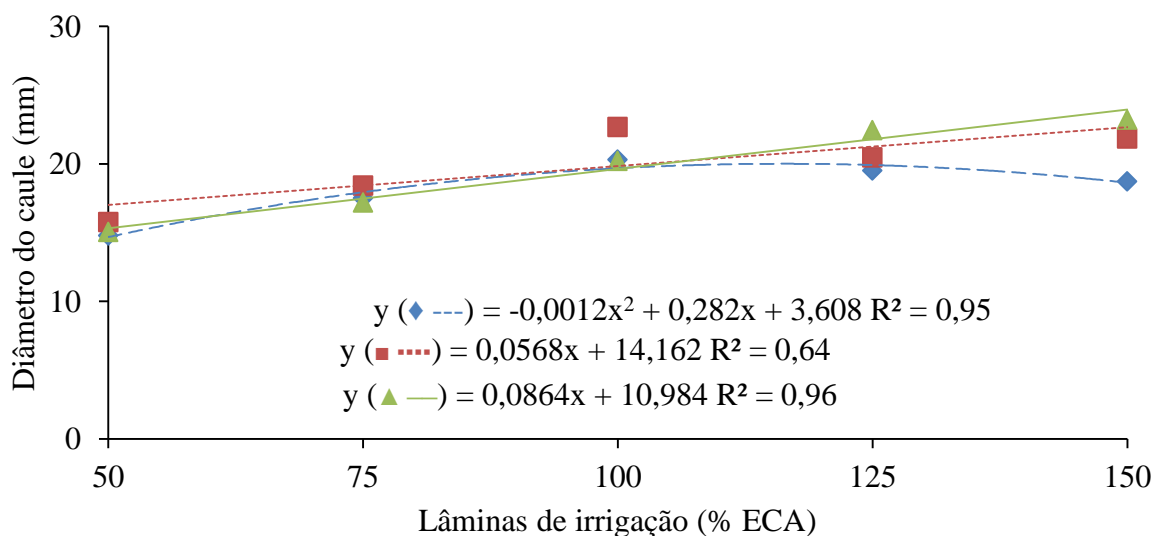
Resultados opostos ao desse estudo foram reportados por Nobre *et al.* (2010) ao avaliarem o desenvolvimento de plantas de girassol sob doses de esterco bovino. Esses autores verificaram aumento nos valores da altura de plantas de girassol (130 cm) com o aumento das doses aos 50 DAS. Souza *et al.* (2010), também verificaram que a utilização de águas residuárias na irrigação de plantas de girassol proporcionou incrementos nos valores de altura de plantas. Para esses autores esse melhor desempenho deveu-se à elevada disponibilidade de N, P e K presentes nesse tipo de água.

Sousa *et al.* (2013b) observaram, ao utilizar biofertilizante bovino de fermentação anaeróbia como fonte orgânica em pinhão-manso aos 51 DAS, um valor máximo em altura de plantas de 69 cm. Da mesma forma, Saraiva *et al.* (2010) pesquisando o crescimento inicial de milho em altura de planta em casa de vegetação, sob os efeitos de um composto orgânico

biotecnológico como condicionante orgânica, também observaram resultados semelhantes ao desse estudo.

A interação entre as lâminas aplicadas e os fertilizantes nos valores de diâmetro do caule pode ser verificada na Figura 13. Verifica-se que os tratamentos adubados com o biofertilizante bovino e com a fertilização mineral apresentaram comportamento linear com aumento das lâminas de irrigação. Já os tratamentos que não receberam a adubação (testemunha) apresentaram comportamento quadrático, com valor máximo do diâmetro do caule de 16,56 mm para uma lâmina ótima de 117,5 % da ECA. A superioridade apresentada pelo biofertilizante bovino em relação à testemunha para a essa variável confirma a sugestão de Penteadó (2007), ao revelar que esse insumo orgânico aumenta a fertilidade do solo e funciona como promotor de crescimento de plantas.

Figura 13 – Interação entre as lâminas aplicadas versus fertilizantes aplicados, (◆---) sem adição de fertilizantes, (■....) biofertilizante bovino e (▲—) adubação mineral, no diâmetro do caule de plantas de girassol, Fortaleza, Ceará, 2013



Fonte: GOMES, Krishna Ribeiro, 2013.

Boareto *et al.* (2012) também observaram que as lâminas de irrigação aplicadas na cultura do girassol influenciaram no diâmetro do caule das plantas avaliadas, esses autores observaram tendência ascendente desses valores. Decréscimos no diâmetro do caule de plantas de girassol com a redução da lâmina de água do solo também foram observados por Sobrinho, Tieppo e Silva (2011). Ao avaliar o desempenho de duas cultivares de girassol esses autores observaram reduções de 29,57 e 21,23% nos valores do diâmetro do caule quando se reduziu o nível de água do solo de 100 para 60% da capacidade de campo.

Freitas *et al.* (2012) estudando o crescimento vegetativo do girassol irrigado com diferentes lâminas de esgoto doméstico tratado e água de poço e adubado com diferentes doses de nitrogênio, constataram efeito significativo apenas para águas de irrigação. Os autores alertam para efeito antagônico dos nutrientes presentes na água de esgoto como o cloro e pela elevação do pH do solo. Diferentemente do resultado desse estudo, Carvalho *et al.* (2013) avaliando a interação entre lâmina de irrigação e adubação mineral a base de nitrogênio não verificaram efeito significativo diâmetro do caule de plantas de pinhão-manso.

Campos e Cavalcante (2009) verificaram incremento significativo no diâmetro de plantas de pimentão quando cultivadas na presença do biofertilizante em comparação às plantas cultivadas sem o fertilizante. Esses autores verificaram que na presença do biofertilizante os valores médios do diâmetro caulinar passaram de 2,28 para 5,55 cm isso representa um acréscimo de 143% nesses valores.

A interação significativa e a análise comparativa das médias através do teste de Tukey das diferentes lâminas de irrigação dentro de cada fertilizante aplicado para a variável diâmetro do caule podem ser vistas na Tabela 11. É possível que tenha ocorrido o aporte crescente de alguns nutrientes como o nitrogênio, fósforo e o potássio presente nas concentrações de biofertilizante bovino, como mostra a Tabela 8.

Tabela 11 – Interação entre as lâminas aplicadas versus fertilizantes aplicados no diâmetro do caule das plantas de girassol, Fortaleza, Ceará, 2013

Lâminas	Fertilizantes		
	Testemunha	Biofertilizante	Mineral
L <sub>1</sub>	14,79bA	15,77bA	15,04bA
L <sub>2</sub>	17,50bA	18,42bA	17,19bA
L <sub>3</sub>	20,31aB	22,69aA	20,22bB
L <sub>4</sub>	19,51aB	20,47aA	22,44aA
L <sub>5</sub>	18,72bB	21,84aA	23,21aB
DMS colunas	= 2,70	DMS linhas	= 2,31

Fonte: GOMES, Krishna Ribeiro, 2013, Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey; L<sub>1</sub>, L<sub>2</sub>, L<sub>3</sub>, L<sub>4</sub> e L<sub>5</sub> – 50, 75, 100, 125 e 150% da ECA, respectivamente; DMS – Diferença mínima significativa.

Ao se comparar apenas os fertilizantes e a testemunha, observa-se, para o DC que para a testemunha (20,31 mm) a melhor lâmina aplicada foi a L<sub>3</sub> apresentando superioridade

em relação às demais. Para biofertilizante o DC (22,69 mm) também foi maior na L<sub>3</sub>. Já na adubação mineral observou-se que o maior DC foi de 23,21 mm na L<sub>5</sub>.

Esses valores foram inferiores aos valores encontrados por Nunes, Pilon e Fluminhan (2013). Esses autores verificaram que na avaliação do desenvolvimento de diferentes genótipos de girassol cultivados na Região Oeste Paulista observou-se uma faixa de valores de diâmetro do caule que variou de 6,20 a 8,67 mm.

Camargo *et al.* (2011) observaram, ao utilizar esterco bovino como fonte orgânica em pinhão-manso aos noventa dias após a semeadura, um valor máximo de DC de 9,7 mm. Tendências similares foram observadas por Pereira *et al.* (2013) em feijoeiro adubado com esterco de bovino e caprino e por Lima *et al.* (2012) ao utilizar biofertilizante bovino como fonte orgânica em milho aos sessenta dias após a semeadura.

#### 4.2 Avaliação das trocas gasosas

Os valores dos quadrados médios das trocas gasosas podem ser observados na Tabela 12. Houve efeito significativo isolado das lâminas e fertilizantes para a fotossíntese (*A*), a transpiração (*E*), a condutância estomática (*gs*) e a concentração interna de carbono nas folhas (*Ci*). Na temperatura interna das folhas (*Ti*) não foi verificado nenhum efeito significativo dos tratamentos aplicados. Verifica-se ainda que não houve interação entre os fatores lâminas aplicadas e adubações em nenhum dos parâmetros avaliados.

Tabela 12 – Quadrado médio dos valores de fotossíntese (*A*), transpiração (*E*), condutância estomática (*gs*), carbono interno da folha (*Ci*) e temperatura interna da folha (*Ti*) de plantas de girassol, Fortaleza, Ceará, 2013

FV	GL	<i>A</i> (mmol.m <sup>-2</sup> .s <sup>-1</sup> )	<i>E</i> (mmol.m <sup>-2</sup> .s <sup>-1</sup> )	<i>gs</i> (mol.m <sup>-2</sup> .s <sup>-1</sup> )	<i>Ci</i> (ppm)	<i>Ti</i> (°C)
Lâmina (L)	4	47,79**	4,78**	0,13**	3015,45**	0,39 <sup>ns</sup>
Adubação (A)	2	97,48**	4,28**	0,41**	1961,06**	2,30 <sup>ns</sup>
L x A	8	7,04 <sup>ns</sup>	0,63 <sup>ns</sup>	0,03 <sup>ns</sup>	319,08 <sup>ns</sup>	2,18 <sup>ns</sup>
Tratamentos	14	31,60**	2,34**	0,11**	1324,04**	1,69 <sup>ns</sup>
Resíduo	60	7,69	0,48	0,03	357,24	2,69
Total	74					
CV (%)		14,31	12,32	34,0	8,3	4,61

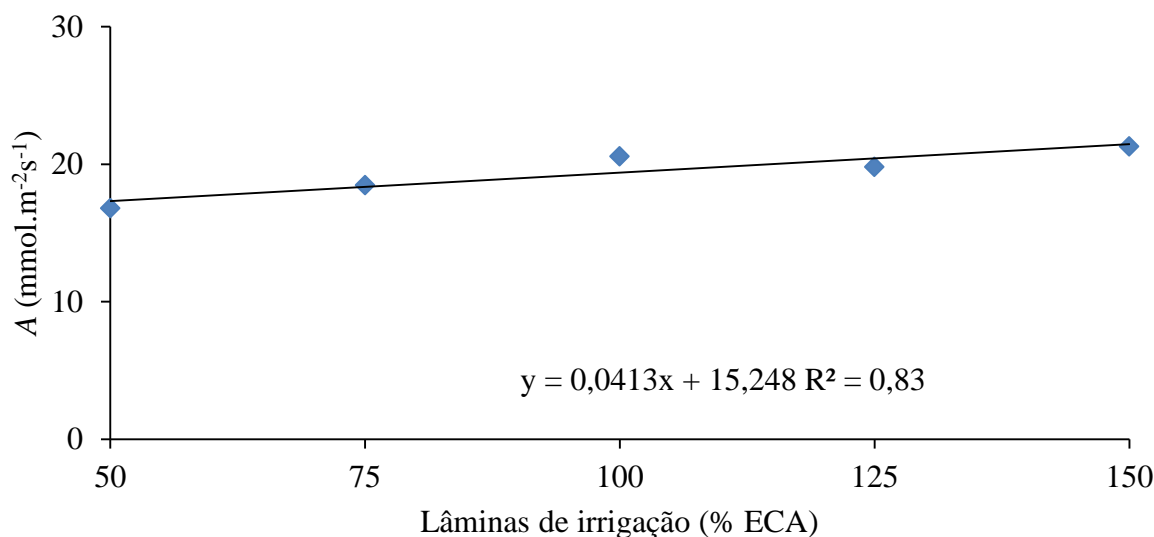
Fonte: GOMES, Krishna Ribeiro, 2013, FV – Fontes de variação; GL – grau de liberdade; CV – coeficiente de variação; \* significativo a 5% no teste de Tukey; \*\* significativo a 1% no teste de Tukey; <sup>ns</sup> – não significativo.

O efeito das lâminas aplicadas (modelo linear crescente) nos valores médios da fotossíntese das plantas avaliadas pode ser verificado na Figura 14. Vale lembrar que a baixa



disponibilidade hídrica provoca reduções no desenvolvimento da parte aérea das plantas, o que leva a reduções na capacidade fotossintética das mesmas (SILVA, 2012).

Figura 14 – Valores médios da fotossíntese (A) de plantas de girassol em função das lâminas aplicadas, Fortaleza, Ceará, 2013



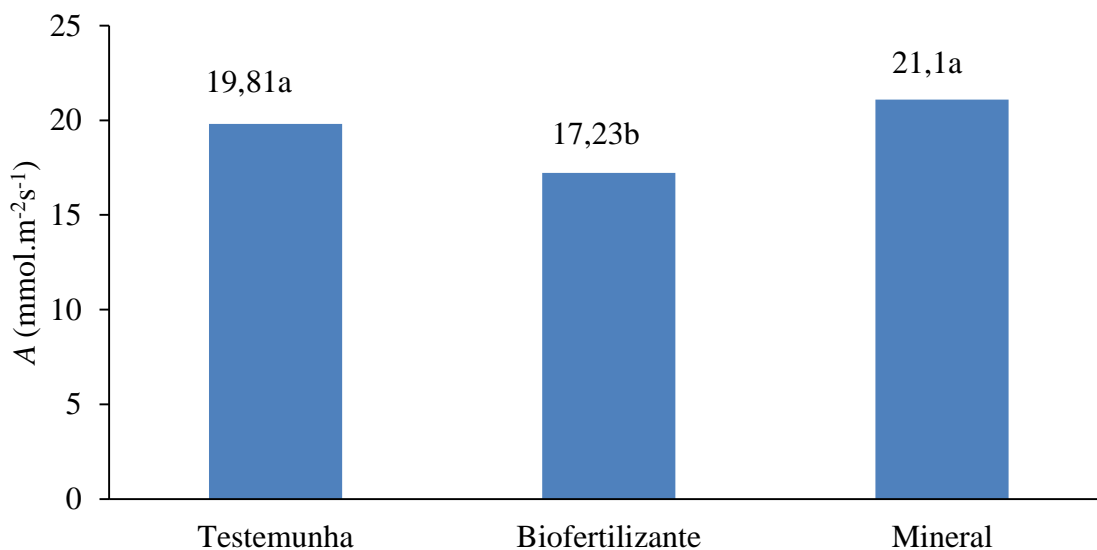
Fonte: GOMES, Krishna Ribeiro, 2013.

É pertinente ressaltar que o estresse hídrico sobre as plantas pode provocar danos fisiológicos para as culturas. Ou seja, afeta a taxa fotossintética, conseqüentemente influencia a capacidade de espécies diferentes de lidar com a seca, (SOUSA *et al.*, 2014) e a taxa de transpiração decresce como resultado do fechamento dos estômatos (LARCHER, 2006).

Tais resultados apoiam as inferências de Silva *et al.* (2012), ao afirmar que as plantas de girassol respondem de forma diferente a fotossíntese em cada fase fenológica. Brito *et al.* (2013) em seu estudo realizado com a cultura do milho observaram um aumento na taxa fotossintética da cultura em função do aumento da lâmina de irrigação. Similaridade foi detectada por Marques, Bernardi Filho e Santos (2009), na cultura do orégano. Por outro lado, Sousa *et al.* (2014) trabalhando em condições de campo, constataram que o estresse hídrico aos 45 DAS reduziu a fotossíntese da cultura do amendoim.

Ao analisar o efeito dos diferentes fertilizantes aplicados sobre a fotossíntese (FIGURA 15), verifica-se que não houve diferença estatística para testemunha (19,81 mmol m<sup>-2</sup>.s<sup>-1</sup>) e a adubação mineral (21,1 mmol m<sup>-2</sup>.s<sup>-1</sup>), mas as mesmas diferiram das plantas adubadas com o biofertilizante bovino (17,23 mmol m<sup>-2</sup>.s<sup>-1</sup>).

Figura 15 – Valores médios da fotossíntese (A) de plantas de girassol em função dos fertilizantes aplicados, Fortaleza, Ceará, 2013



Fonte: GOMES, Krishna Ribeiro, 2013.

Lima (2014) avaliando a interação entre lâmina de irrigação estimada pelo tanque classe 'A' e uso de biofertilizante bovino de fermentação anaeróbia na cultura do morango nas mesmas condições climáticas desse estudo, concluíram que esse insumo orgânico estimula a fotossíntese com lâmina ótima de 93,29% da ECA.

Provavelmente a redução na fotossíntese das plantas adubadas com o biofertilizante líquido foi influenciada pela elevada umidade proporcionada pela presença deste fertilizante no solo, que pode ter ocasionado redução da oxigenação da região radicular. Quando as raízes são submetidas a condições anaeróbias a absorção de água é reduzida influenciando nas taxas fotossintéticas (TAIZ; ZEIGER, 2013).

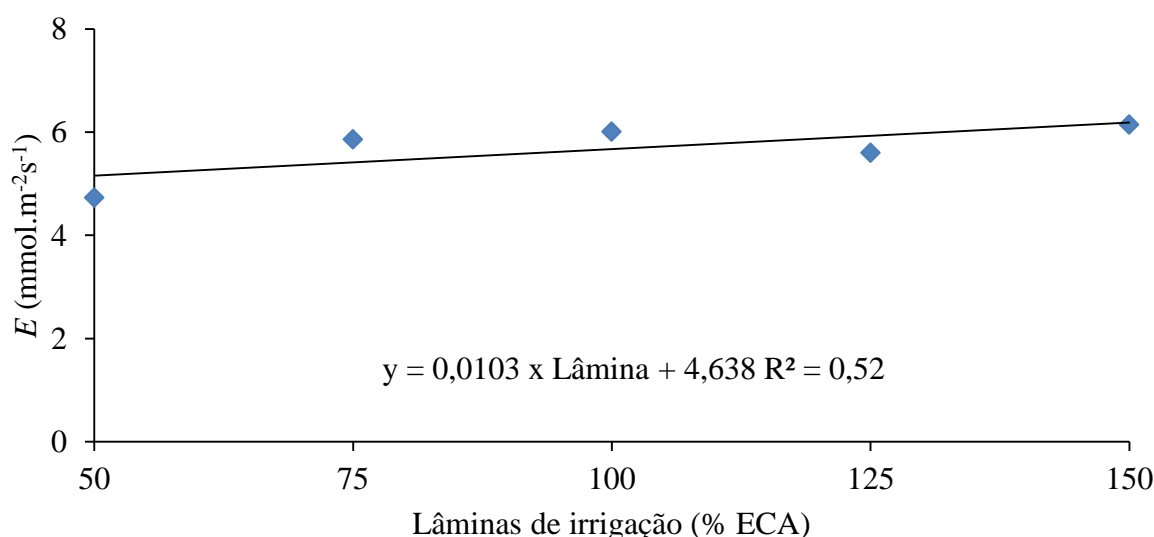
Outro fator que pode ter contribuído para redução dos valores de fotossíntese apresentado no tratamento com aplicação do biofertilizante pode estar relacionado ao estresse salino provocado pelo aumento de sódio (Na) na composição do biofertilizante bovino (TABELA 8) e na água de irrigação (TABELA 5). Neves *et al.* (2009) averiguaram que houve decréscimo na fotossíntese em feijoeiro caupi (*Vigna unguiculata* L.) nos níveis mais elevados de NaCl.

Silva *et al.* (2011) estudando o feijoeiro verificaram que o aumento do teor salino da água de irrigação provocou redução na fotossíntese, mas em menor proporção nas plantas desenvolvidas nos tratamentos com o biofertilizante. Por outro lado, Sousa *et al.* (2013), encontraram aumento nos valores da taxa fotossintética na cultura do pinhão-manso adubado

com biofertilizante bovino. Viana *et al.* (2013) investigando o efeito do biofertilizante em folhas de plantas de melão reportaram efeito positivo desse insumo orgânico aos 75 DAS.

Quanto aos valores médios de transpiração, verifica-se na Figura 16 que a redução do estresse hídrico aumenta a transpiração das plantas aos 45 DAS. É pertinente ressaltar que algumas plantas respondem à restrição hídrica de diversas formas, uma delas é o fechamento estomático que eleva a resistência à difusão de gases e reduz as taxas de assimilação de CO<sub>2</sub>, reduzindo assim as perdas por transpiração, preservando a água para realização de outras funções metabólicas nas plantas (PAIVA *et al.*, 2005), a outra é aumentando a turgidez celular com o aumento da água no solo (LOPES *et al.*, 2013).

Figura 16 – Valores médios da transpiração ( $E$ ) de plantas de girassol em função das lâminas aplicadas, Fortaleza, Ceará, 2013



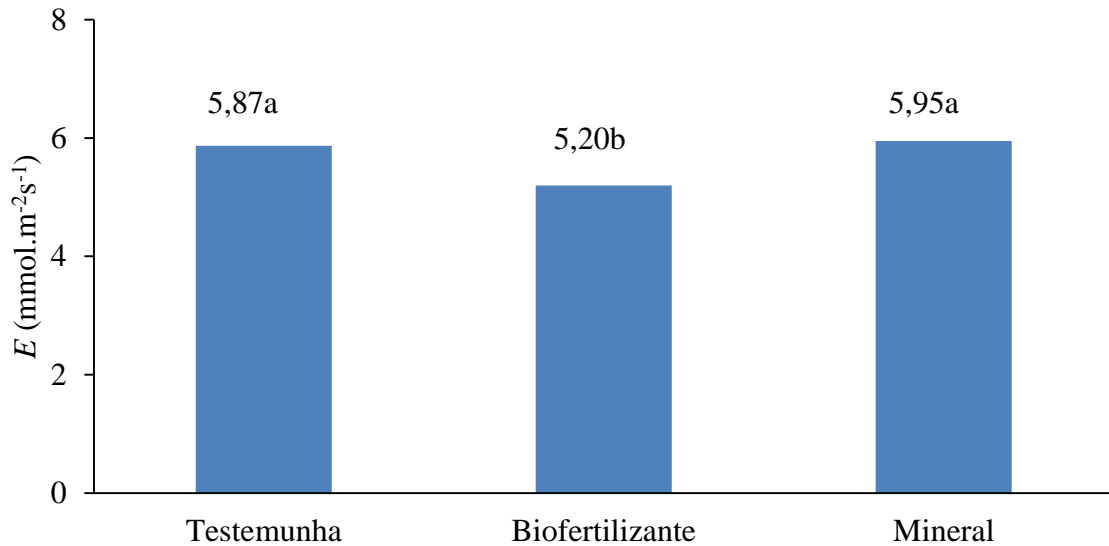
Fonte: GOMES, Krishna Ribeiro, 2013.

Silva *et al.* (2013) analisando o efeito da deficiência hídrica sobre a cultura do girassol registraram efeitos negativos nos valores de transpiração aos 68 DAS. Cabe destacar que a maioria das culturas responde de forma diferente ao estresse hídrico, ou seja, ocorrem reduções na transpiração de plantas em função da restrição hídrica, como observado por Gonçalves *et al.* (2010), em plantas de cana-de-açúcar, Oliveira *et al.* (2002) em pupunheira e por Lima (2014) na cultura do morango.

Na Figura 17 estão apresentados os valores médios da transpiração, sendo que para a testemunha foi de (5,87 mmol m<sup>-2</sup>.s<sup>-1</sup>), o biofertilizante (5,20 mmol m<sup>-2</sup>.s<sup>-1</sup>) e a adubação mineral (5,95 mmol m<sup>-2</sup>.s<sup>-1</sup>). A redução dos valores de transpiração nos tratamentos que receberam o biofertilizante pode estar relacionado ao estresse salino imposto pela concentração

de Na presente em sua composição ou pelo efeito antagônico com o K, ou seja, a uma diminuição na abertura estomática das folhas do girassol.

Figura 17 – Valores médios da transpiração ( $E$ ) de plantas de girassol em função dos fertilizantes aplicados, Fortaleza, Ceará, 2013



Fonte: GOMES, Krishna Ribeiro, 2013.

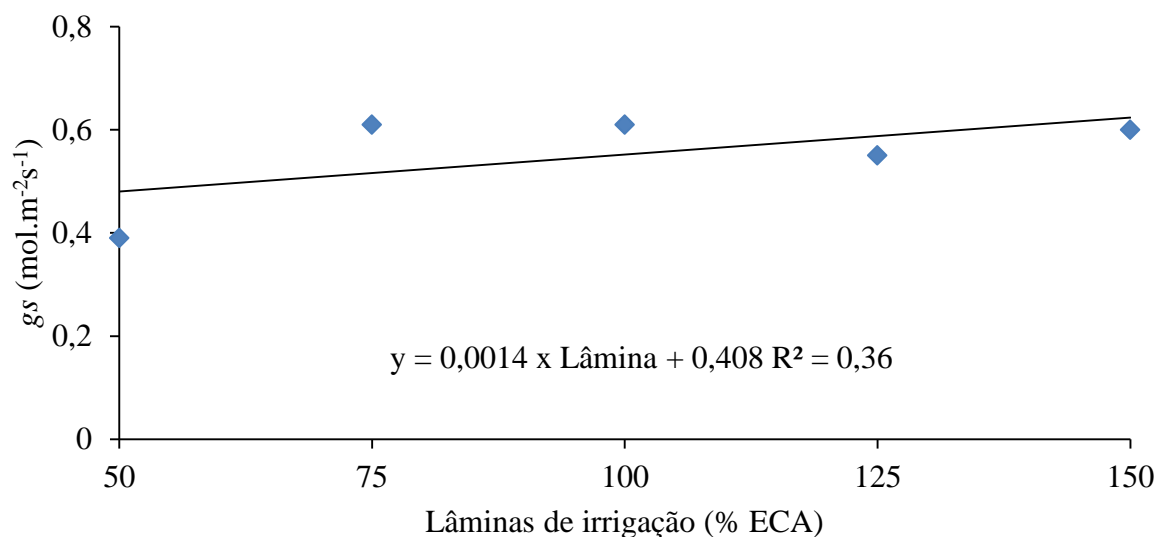
Viana *et al.* (2013) estudando plantas de melão adubadas com dois tipos de biofertilizantes (simples e misto), observaram que o aumento das doses do biofertilizante misto proporcionou reduções dos valores de transpiração das folhas, isso provavelmente ocorreu por esse biofertilizante ser mais fértil e mais salino provocando um desbalanceamento osmótico no solo e nutricional na planta reduzindo assim a absorção de água pelas plantas.

Pompeu *et al.* (2011) observaram efeito significativo na transpiração de plantas em função da adubação nitrogenada na cultura do capim-massai. Esses autores verificaram que o maior valor de transpiração foi observado quando se aplicou a adubação equivalente a 852 kg de N por ha ano<sup>-1</sup>. Ferraz *et al.* (2014) estudando plantas de algodão não verificaram influência significativa da adubação mineral na transpiração das plantas.

Ao se analisar o efeito das diferentes lâminas de irrigação sobre os valores de condutância estomática da cultura do girassol através da análise de regressão, Figura 18, observa-se modelo linear crescente. Quando uma planta é submetida ao estresse hídrico comumente se observam efeitos negativos nas taxas fotossintéticas, os quais podem ser influenciados pela redução da condutância estomática que ocorre como forma de defesa das plantas para reduzir as perdas de água (ANDRADE, 2011). Para Jones (1992), diversos fatores contribuem para o movimento de abertura e fechamento dos estômatos como luz, CO<sub>2</sub>,

estado hídrico da folha, umidade do ambiente, temperatura e outros fatores, como idade da folha, nutrição e doenças.

Figura 18 – Valores médios da condutância estomática ( $g_s$ ) de plantas de girassol em função das lâminas aplicadas, Fortaleza, Ceará, 2013



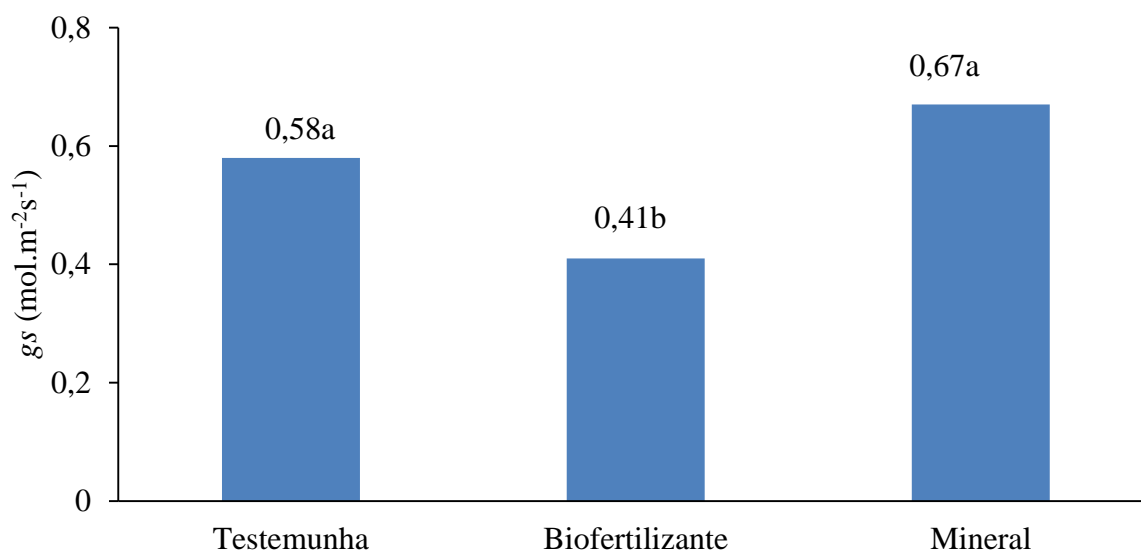
Fonte: GOMES, Krishna Ribeiro, 2013.

Santos *et al.* (2012) verificaram significativo decréscimo nos valores de condutância estomática de plantas de almecegueira (*Protium heptaphyllum* March) submetidas ao excesso de água, sendo verificadas reduções de até 40% da condutância em relação ao tratamento controle. Rocha e Moraes (1997) também averiguaram redução na condutância estomática de plantas de barbatimão (*Stryphnodendron adstringens* Mart. Coville) em função da restrição hídrica. Sousa *et al.* (2014) trabalhando em condições de campo registraram um decréscimo da condutância estomática em plantas de amendoim com o aumento do estresse hídrico aos 45 DAS.

Diferentemente do observado no presente trabalho, Marques, Bernardi Filho e Santos (2009) não verificaram influência da aplicação de diferentes lâminas na condutância estomática, em plantas de orégano, avaliadas aos 45 e 90 DAS.

De acordo com os dados apresentados na Figura 19, a testemunha ( $0,58 \text{ mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ) e a adubação mineral ( $0,67 \text{ mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ) proporcionaram maiores valores de condutância estomática em relação ao biofertilizante ( $0,41 \text{ mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ) em plantas de girassol aos 45 DAS. Essa redução de  $g_s$  nas plantas adubadas com o biofertilizante pode ter ocorrido pela elevação da salinidade do solo provocada pelo biofertilizante e pela água de irrigação utilizada. Neves *et al.* (2009) afirmam que o acúmulo de sais no solo causa desbalanceamento osmótico, reduzindo a absorção radicular de água o que leva a reduções na condutância estomática.

Figura 19 – Valores médios da condutância estomática ( $g_s$ ) de plantas de girassol em função dos fertilizantes aplicados, Fortaleza, Ceará, 2013



Fonte: GOMES, Krishna Ribeiro, 2013.

Viana *et al.* (2013), estudando plantas de melão adubadas com dois tipos de biofertilizante, verificaram reduções nos valores de condutância estomática na medida em que se aumentaram as doses do biofertilizante misto de fermentação aeróbica. Para esses autores o elevado teor salino do biofertilizante misto aeróbico ocasionou a redução do potencial osmótico do solo, afetando negativamente a absorção de água, reduzindo assim a condutância estomática. De forma contrária, o biofertilizante de fermentação anaeróbica pode ter contribuído para o aumento da condutância estomática pelo fato de o biofertilizante ter melhorado o suprimento nutricional das plantas.

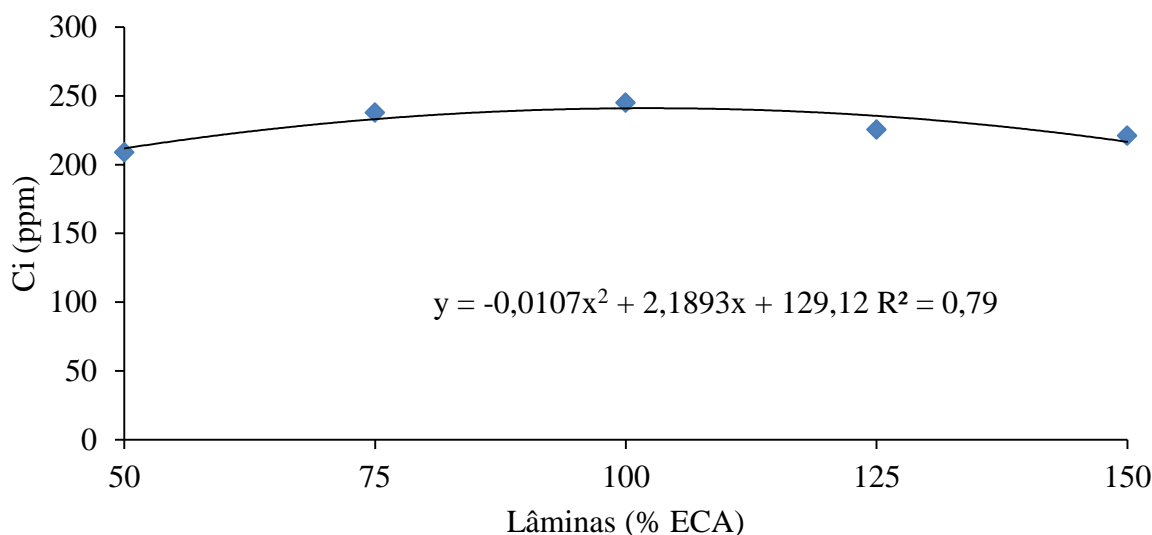
Diferentemente do observado no presente trabalho, Sousa *et al.* (2013) não verificaram efeito significativo da aplicação do biofertilizante na condutância estomática das plantas de pinhão-manso aos 51 dias após o transplante (DAT). Silva *et al.* (2013), cultivando feijão-de-corda em campo, com biofertilizante bovino aplicado via foliar, reportaram tendências similares ao desse estudo.

Além do aumento da salinidade do solo, essa redução da  $g_s$  observada no presente trabalho pode ser explicada pelo fato de na presença do biofertilizante a umidade do solo ter se tornado elevada, levando o meio a uma condição de baixa concentração de oxigênio o que dificulta a respiração radicular, dificultando as trocas gasosas nas plantas (WANDERLEY, 2013).

O aumento das lâminas de irrigação aumentou os valores médios da concentração interna de  $CO_2$  em folhas de girassol aos 45 DAS de forma linear crescente (FIGURA 20).

Essa concentração interna pode ser definida como a quantidade de dióxido de carbono na câmara subestomática das folhas, assim, reduções da quantidade de água disponível para as plantas provocam o fechamento estomático o que reduz a entrada de CO<sub>2</sub> nas plantas, sendo reduzida assim a concentração interna de carbono (CARNEIRO, 2011).

Figura 20 – Valores médios da concentração de carbono interno das folhas (Ci) de plantas de girassol em função das lâminas aplicadas, Fortaleza, Ceará, 2013



Fonte: GOMES, Krishna Ribeiro, 2013.

Pode-se verificar a partir do gráfico que a curva seguiu comportamento polinomial quadrático de 2º grau, sendo o maior valor de Ci observado quando se aplicou a lâmina correspondente a 102,3% da ECA, obtendo-se um valor médio de Ci de 241ppm.

Lopes *et al.* (2013) também verificaram resposta quadrática da influência das lâminas aplicadas na concentração interna de carbono em folhas de capim-braquiária. Souza, Soares e Regina (2001) ao estudar as trocas gasosas em mudas de videira só observaram reduções na concentração interna de carbono aos 9 dias após a suspensão da irrigação.

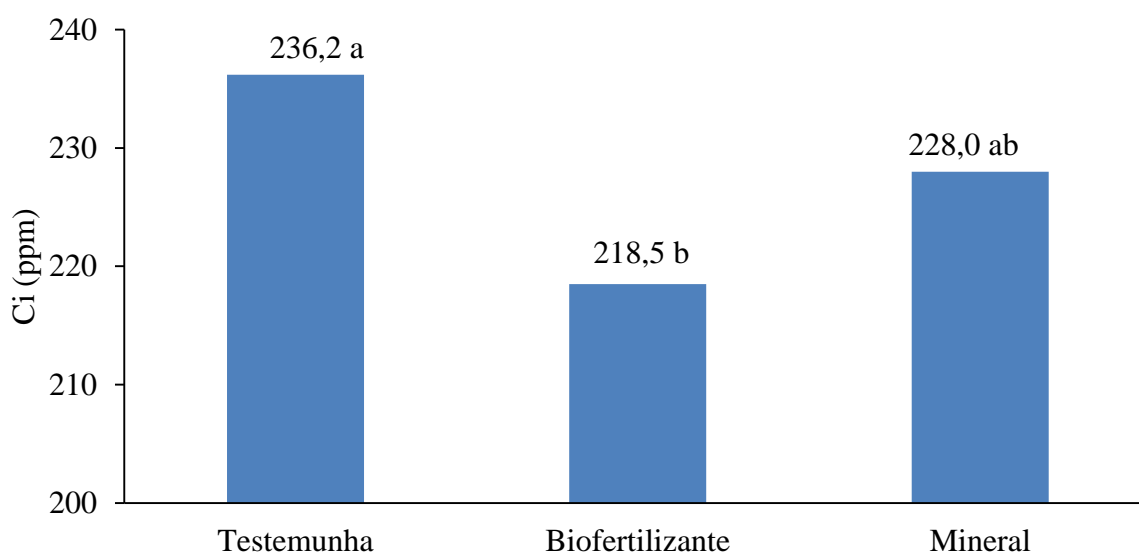
Lima (2014) estudando diferentes lâminas de irrigação e doses de biofertilizante bovino de fermentação anaeróbia na cultura do morango não encontraram resultado significativo para essa variável aos 40 e 110 DAT.

A redução da concentração interna de CO<sub>2</sub> no mesófilo foliar é ocasionada pelo fechamento estomático, considerado uma das respostas das plantas ao estresse hídrico (JADOSKI; KLAR; SALVADOR, 2005).

Os efeitos dos fertilizantes aplicados na concentração interna de carbono estão apresentados na Figura 21. Verifica-se que as plantas adubadas com o biofertilizante bovino

apresentaram os menores valores de Ci (218,15 ppm), seguidos das plantas adubadas com fertilizantes minerais (228,0 ppm) e os maiores valores foram observados nas plantas que não receberam adubação. Essa redução do carbono interno das folhas pode ter sido ocasionada pelo aumento da salinidade do solo ocasionado pela elevada CE da água de irrigação. Para Graciano *et al.* (2011) as alterações metabólicas das plantas ocasionadas pela salinidade resultam de distintas respostas fisiológicas a esse estresse, sendo afetados tanto o crescimento quanto as trocas gasosas das plantas.

Figura 21 – Valores médios da concentração interna de carbono (Ci) de plantas de girassol em função dos fertilizantes aplicados, Fortaleza, Ceará, 2013



Fonte: GOMES, Krishna Ribeiro, 2013.

Esses resultados diferem dos encontrados por Freire *et al.* (2014), ao estudar plantas de maracujá em solo com e sem cobertura morta com aplicação de biofertilizante bovino e água salina, esses autores verificaram aumento significativo na Ci das folhas sem cobertura morta adubadas com biofertilizante bovino. Para esses autores o biofertilizante bovino proporcionou melhores condições nutricionais e hídricas na cultura favorecendo a Ci.

Diante disso, pode-se considerar a influência de outro fator na redução dos valores desse parâmetro nas plantas de girassol, o excesso de umidade no solo ocasionado pela aplicação do biofertilizante mais as crescentes lâminas de irrigação. O que é confirmado por DIAS (2008), que afirma que o excesso de água compromete a respiração do sistema radicular, pois o solo se torna pouco arejado e deficiente em oxigênio, não havendo assim formação de energia suficiente para realização do transporte ativo.



### 4.3 Produção de biomassa na cultura do girassol

A produção de biomassa da cultura do girassol em função dos tratamentos aplicados pode ser observada na Tabela 13. Verifica-se a partir dos dados que houve interação significativa entre os tratamentos aplicados (lâminas x fertilizantes) para os valores de matéria seca das folhas e matéria seca do caule, mas não houve interação dos tratamentos nos valores de matéria seca da raiz, sendo que a mesma mostrou efeito significativo isolado das lâminas e dos fertilizantes aplicados.

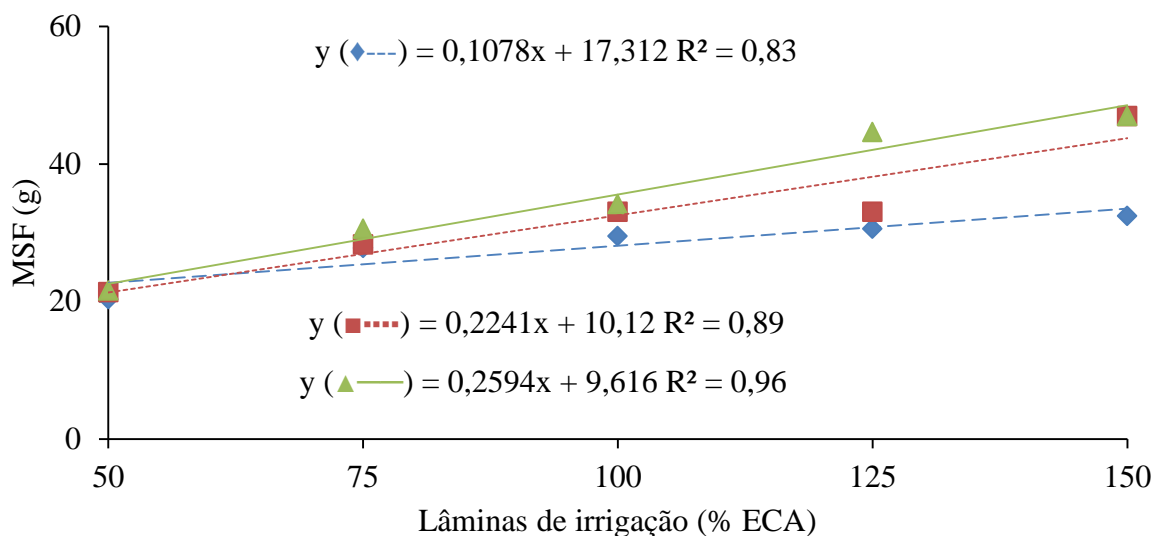
Tabela 13 – Quadrado médio da produção da cultura do girassol, matéria seca das folhas (MSF), matéria seca do caule (MSC) e matéria seca da raiz (MSR), Fortaleza, Ceará, 2013

FV	GL	MSF (g)	MSC (g)	MSR (g)
Lâmina (L)	4	920,48**	2070,67**	210,05**
Adubação (A)	2	351,44**	412,98**	22,89*
L x A	8	79,28*	127,18*	9,10 <sup>ns</sup>
Tratamentos	14	358,50**	723,29**	68,49**
Resíduo	60	34,80	53,70	6,87
Total	74			
CV (%)		18,42	19,45	27,62

Fonte: GOMES, Krishna Ribeiro, 2013, FV - Fontes de variação; GL - graus de liberdade; \* significativo a 5% no teste de Tukey; \*\* significativo a 1% no teste de Tukey; <sup>ns</sup> – não significativo.

Na Figura 22, têm-se os valores da interação entre os tratamentos aplicados para a matéria seca das folhas de girassol. Pode-se verificar que o modelo linear crescente foi o que melhor se ajustou aos dados, sendo que os maiores valores de MSF foram observados nas plantas irrigadas com 150% da ECA, que receberam adubação mineral, seguido do biofertilizante e da testemunha. Esses resultados sugerem que os adubos aplicados, tanto os fertilizantes minerais quanto o biofertilizante bovino, associados a uma lâmina adequada proporcionam incrementos na matéria seca de folhas de plantas de girassol.

Figura 22 – Interação entre as lâminas aplicadas versus fertilizantes aplicados, (◆—) sem adição de fertilizantes, (■—) biofertilizante bovino e (▲—) adubação mineral, nos valores de matéria seca das folhas (MSF) das plantas de girassol avaliadas, Fortaleza, Ceará, 2013



Fonte: GOMES, Krishna Ribeiro, 2013.

Dutra *et al.* (2012) e Sobrinho, Tieppo e Silva (2011) também verificaram crescente aumento nos valores de matéria seca das folhas de plantas de girassol com o aumento da lâmina de irrigação. Freire (2008), estudando plantas de algodão, também verificou aumento na matéria seca das folhas avaliadas com o aumento das lâminas de irrigação aplicadas em plantas de algodão. Araújo *et al.* (2008) também verificaram incrementos na matéria seca de folhas de plantas adubadas com biofertilizantes, sendo os valores observados tão maiores quanto maior foi a dosagem do fertilizante aplicado.

Como resposta ao estresse hídrico as plantas reduzem a produção de biomassa foliar seja pela redução no tamanho das folhas, seja com a diminuição da quantidade de folhas por planta, buscando assim reduzir a transpiração para diminuir as perdas de água pelas folhas (SANTOS, CARLESSO, 1998).

Na Tabela 14 podem-se verificar os valores médios da interação entre as lâminas aplicadas versus fertilizantes na matéria seca das folhas. Observa-se que não houve diferença significativa entre os fertilizantes para as lâminas L<sub>1</sub>, L<sub>2</sub> e L<sub>3</sub>, enquanto para L<sub>4</sub> o mineral foi maior (44,60 g) em relação a testemunha (30,54 g) e biofertilizante (33,04 g). Já na L<sub>5</sub> os maiores valores médios de matéria seca das folhas foram para o biofertilizante (46,58 g) e a adubação mineral (46,59 g) que diferiram estatisticamente da testemunha (32,40 g).

Tabela 14 – Interação entre as lâminas aplicadas versus fertilizantes aplicados na matéria seca das folhas das plantas de girassol avaliadas, Fortaleza, Ceará, 2013

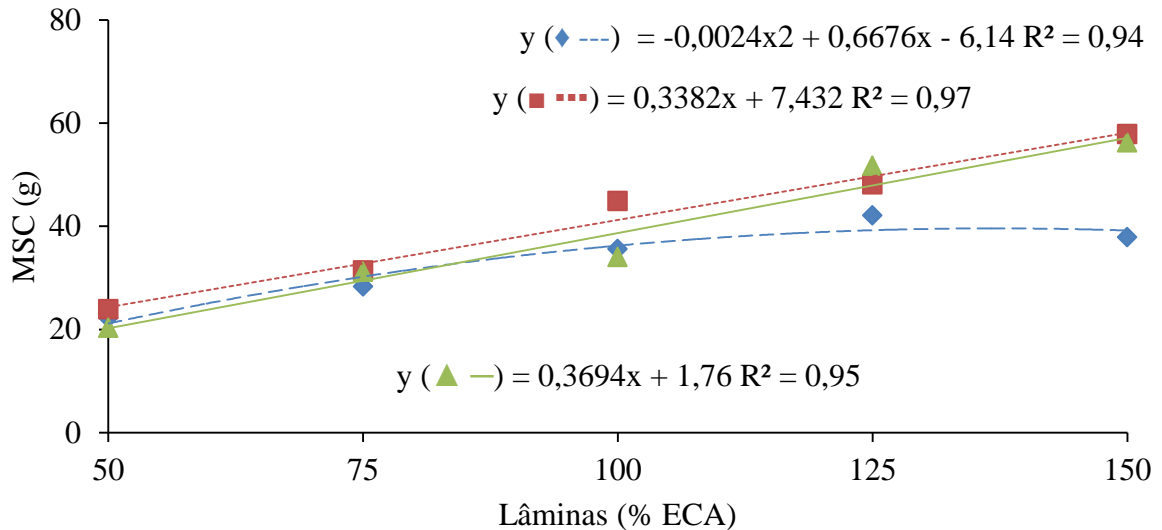
Lâminas	Fertilizantes		
	Testemunha	Biofertilizante	Mineral
L <sub>1</sub>	20,32bA	21,34cA	21,56dA
L <sub>2</sub>	27,74abA	28,26bcA	30,54cdA
L <sub>3</sub>	29,48abA	33,04bA	34,14bcA
L <sub>4</sub>	30,54abB	33,04bB	44,60abA
L <sub>5</sub>	32,40aB	46,58aA	46,96aA
DMS colunas	= 10,50	DMS linhas	= 8,97

Fonte: GOMES, Krishna Ribeiro, 2013, Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey; L<sub>1</sub>, L<sub>2</sub>, L<sub>3</sub>, L<sub>4</sub> e L<sub>5</sub> – 50, 75, 100, 125 e 150% da ECA, respectivamente; DMS – Diferença mínima significativa.

Este comportamento foi evidenciado em trabalho realizado com a cultura do feijão-de-corda por Sousa *et al.* (2013), onde os mesmos observaram um aumento na biomassa seca em função do aumento das doses de biofertilizante bovino. Lima (2014) também evidenciou efeito positivo da interação entre lâmina de irrigação e biofertilizante bovino na biomassa de plantas de morango.

A matéria seca do caule das plantas de girassol apresentou o modelo linear crescente para as plantas adubadas com o fertilizante mineral (57,1 g) e com o biofertilizante bovino (58,1 g), a testemunha seguiu comportamento quadrático apresentando o maior valor médio de MSC de 40,28 g nas plantas irrigadas com 139,08 % da ECA (FIGURA 23).

Figura 23 – Interação entre as lâminas aplicadas versus fertilizantes aplicados, (◆—) sem adição de fertilizantes, (■—) biofertilizante bovino e (▲—) adubação mineral, nos valores de matéria seca do caule (MSC) das plantas de girassol avaliadas, Fortaleza, Ceará, 2013



Fonte: GOMES, Krishna Ribeiro, 2013.

Boareto *et al.* (2012) também verificaram que a menor lâmina de irrigação, correspondente a 50% da evaporação de um mini tanque evaporímetro, proporcionaram os menores valores de matéria seca do caule de plantas de girassol. Para esses autores a aplicação de lâminas de irrigação menores reduz a evapotranspiração, o que reduz a assimilação de carbono levando a redução da produção de biomassa.

Correia e Nogueira (2004) avaliando o crescimento de plantas de amendoim sob estresse hídrico verificaram que a matéria seca dos caules das plantas estudadas foi influenciada significativamente com o incremento do estresse hídrico, sendo que a redução observada foi de 51,96% em relação ao controle.

Lobo *et al.* (2013) estudando o efeito do lodo de esgoto como fonte orgânica no crescimento de plantas de girassol, observaram um crescente aumento da massa seca do caule.

O teste de comparação de médias para interação entre as lâminas aplicadas versus fertilizantes revela que apenas na L<sub>5</sub> a aplicação de biofertilizante (57,38 g) e adubação mineral (56,26 g) foram estatisticamente superiores à testemunha (37,88 g). Uma superioridade nos valores encontrados nas plantas cultivadas com o biofertilizante misto em relação ao biofertilizante bovino, exceto na dosagem 1,5l planta<sup>-1</sup> semana<sup>-1</sup>. Provavelmente, isto se deve a maior quantidade de nutrientes presentes na composição do biofertilizante e da própria adubação mineral (TABELA 15).

Tabela 15 – Interação entre as lâminas aplicadas versus fertilizantes aplicados na matéria seca do caule das plantas de girassol avaliadas, Fortaleza, Ceará, 2013

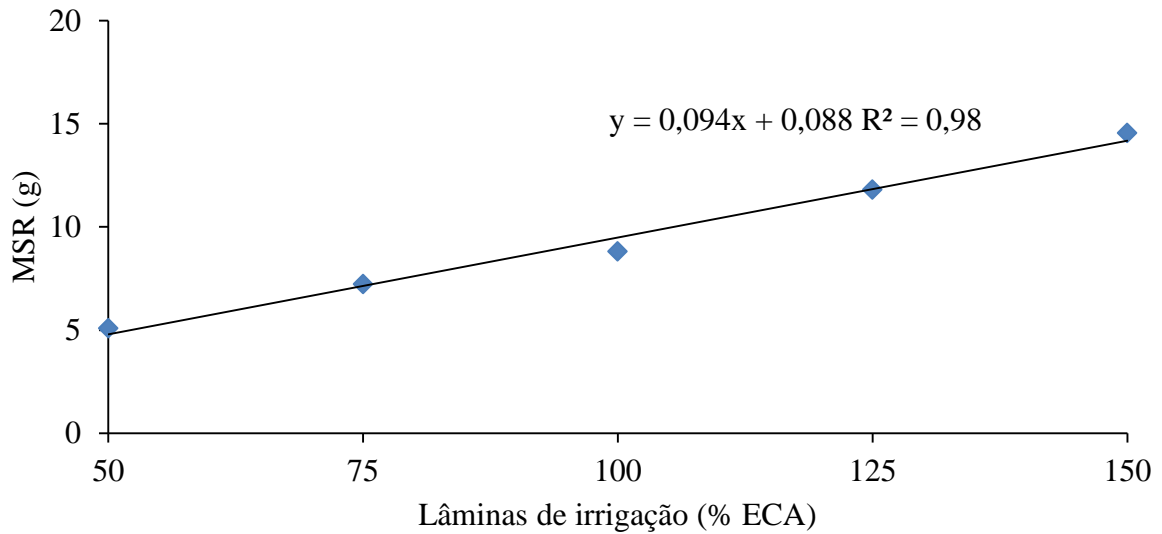
Lâminas	Fertilizantes		
	Testemunha	Biofertilizante	Mineral
L <sub>1</sub>	22,22cA	23,94bA	20,34cA
L <sub>2</sub>	28,32bcA	31,44bA	31,18bcA
L <sub>3</sub>	35,56abA	44,88aA	34,02bA
L <sub>4</sub>	42,08aA	48,10aA	51,74aA
L <sub>5</sub>	37,88abB	57,38aA	56,24aA
DMS colunas	= 13,04	DMS linhas	= 11,14

Fonte: GOMES, Krishna Ribeiro, 2013, Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey; L<sub>1</sub>, L<sub>2</sub>, L<sub>3</sub>, L<sub>4</sub> e L<sub>5</sub> – 50, 75, 100, 125 e 150% da ECA, respectivamente; DMS – Diferença mínima significativa.

Trabalhos que mostram influência positiva do biofertilizante sobre a MSC na presença do biofertilizante bovino foram realizados por, Lima *et al.* (2012) e Sousa *et al.* (2012) na cultura do milho e amendoim, respectivamente. Diferentemente desse estudo, Duarte, Cardoso e Figueiredo (2010) avaliando o crescimento em mudas de melancia sob doses de adubo orgânico no substrato registraram um modelo quadrático para matéria seca do caule.

A matéria seca da raiz (FIGURA 24) apresentou um comportamento linear crescente em função do aumento das lâminas de irrigação, com o coeficiente de determinação de 0,98. Diferentemente dos resultados dessa pesquisa, outros trabalhos mostram que quando uma planta se desenvolve sob condições de restrição hídrica apresenta baixos valores de matéria seca da raiz, o que afeta a capacidade da planta de absorver íons essenciais ao seu desenvolvimento (SOBRINHO; TIEPPO; SILVA, 2011).

Figura 24 – Valores médios da matéria seca da raiz (MSR) de plantas de girassol em função das lâminas aplicadas, Fortaleza, Ceará, 2013

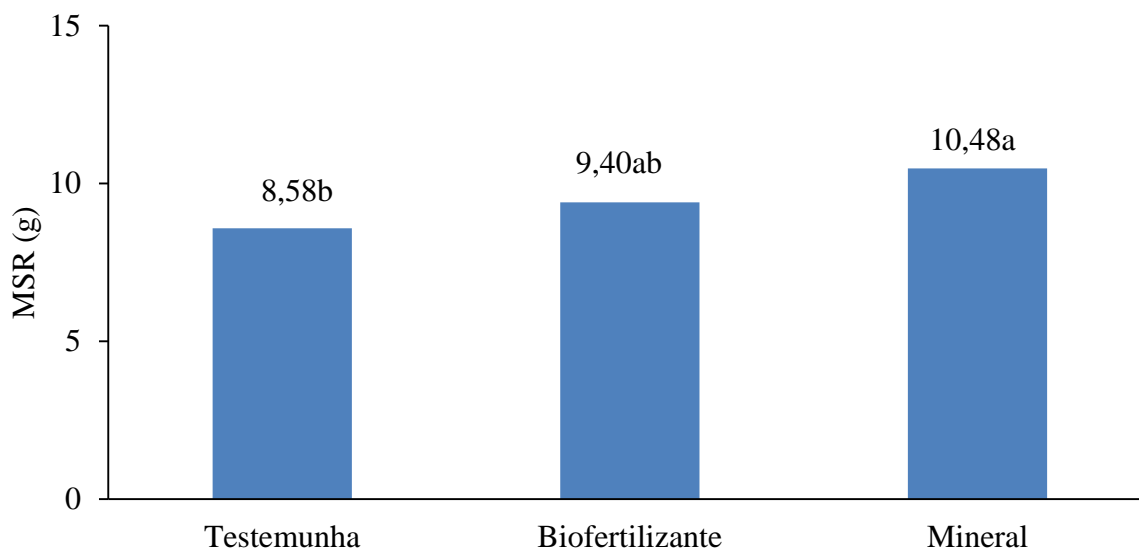


Fonte: GOMES, Krishna Ribeiro, 2013.

Resultado semelhante foi observado por Dutra *et al.* (2012). Segundo esses pesquisadores o aumento da lâmina de irrigação influenciou significativamente a matéria seca da raiz de plantas de girassol, sendo que as plantas que se encontravam sob déficit hídrico nesse experimento sofreram reduções drásticas de aproximadamente 300% nos valores de matéria seca da raiz. Beutler e Centurion (2004) também verificaram incrementos na produção de matéria seca das raízes de plantas de soja cultivadas nas condições de maior suprimento de água.

O teste de comparação de médias mostra que a adubação mineral apresenta valores médios (10,48 g) superiores na matéria seca da raiz em relação a testemunha (8,58 g) e ao biofertilizante (9,40 g) (FIGURA 25).

Figura 25 – Valores médios da matéria seca da raiz (MSR) de plantas de girassol em função dos fertilizantes aplicados, Fortaleza, Ceará, 2013



Fonte: GOMES, Krishna Ribeiro, 2013.

Medeiros *et al.* (2007) cultivando plantas de alface observaram efeito significativo da aplicação de biofertilizante e de fertilizante organo-mineral nas plantas avaliadas, sendo que com a aplicação desses fertilizantes foram verificados aumentos nos valores de matéria seca da raiz.

Campos *et al.* (2009) avaliando o efeito do biofertilizante na MSR da mamoneira, observaram um maior desempenho na presença desse insumo em relação a testemunha (sem biofertilizante bovino). De forma semelhante, Sousa *et al.* (2012) e Sousa *et al.* (2014) registraram essa mesma evidencia em plantas de amendoim.

#### 4.4 Avaliação da produção da cultura do girassol

O quadrado médio da produção da cultura do girassol em função dos tratamentos aplicados pode ser observado na Tabela 16. Verifica-se a partir dos dados que houve interação significativa entre os tratamentos aplicados (lâminas x fertilizantes) para os valores de diâmetro do capítulo, matéria seca do capítulo e matéria seca das sementes, já para o peso de mil sementes houve efeito significativo apenas das lâminas aplicadas.

Tabela 16 – Quadrado médio da produção da cultura do girassol, diâmetro do capítulo (DCap), matéria seca do capítulo (MSCap), matéria seca das sementes (MSSem), peso de mil sementes (P<sub>1000</sub>Sem) e produtividade, Fortaleza, Ceará, 2013

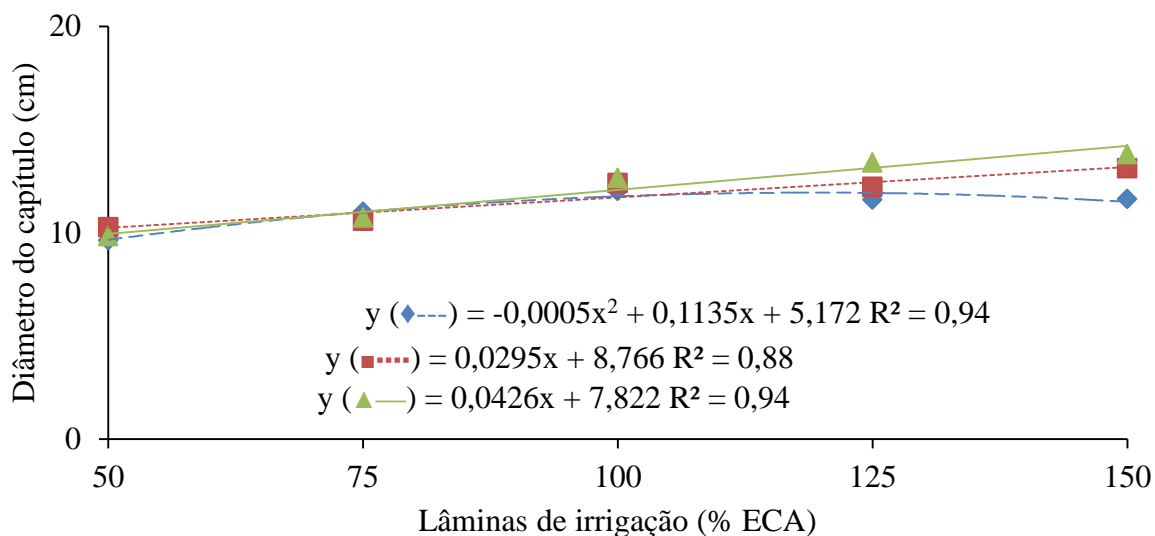
FV	GL	DCap (cm)	MSCap (g)	MSSem (g)	P <sub>1000</sub> Sem	Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )
Lâmina (L)	4	23,83**	5030,62**	2419,72**	1070,61**	4200906,7**
Adubação (A)	2	5,17**	728,81 <sup>ns</sup>	657,75**	59,81 <sup>ns</sup>	1141928,2**
L x A	8	1,61**	635,91*	248,44**	84,87 <sup>ns</sup>	431331,9**
Tratamentos	14	8,47**	1904,81**	927,28**	362,93**	1609867,1**
Resíduo	60	0,31	235,66	75,16	59,20	130486,1
Total	74					
CV (%)		4,78	18,84	16,29	14,95	

Fonte: GOMES, Krishna Ribeiro, 2013, FV – Fonte de variação; CV- Coeficiente de variação.

A interação entre as lâminas e os fertilizantes aplicados no diâmetro dos capítulos da cultura do girassol encontra-se na Figura 26. Verifica-se que o modelo linear crescente foi o que melhor se ajustou para os tratamentos com os fertilizantes orgânico e mineral, enquanto, a testemunha apresentou o modelo polinomial quadrático com valores máximos de diâmetro dos capítulos de 12,05 cm na lâmina correspondente a 100% da ECA. O diâmetro do capítulo de plantas de girassol tem elevada importância pelo fato de tão maior ser a produção de aquênios, quanto maior foi o diâmetro do capítulo (JONER *et al.*, 2011).



Figura 26 – Interação entre as lâminas aplicadas versus fertilizantes aplicados, (◆—) sem adição de fertilizantes, (■—) biofertilizante bovino e (▲—) adubação mineral, nos valores de diâmetro do capítulo das plantas de girassol avaliadas, Fortaleza, Ceará, 2013



Fonte: GOMES, Krishna Ribeiro, 2013.

Outros estudos também evidenciaram esse comportamento, como reportam Silva *et al.* (2007) e Silva *et al.* (2011) ao observarem aumento no diâmetro dos capítulos de girassol em função da lâmina de água aplicada.

Gomes *et al.* (2010) também verificaram comportamento linear crescente no diâmetro do capítulo das plantas de girassol em função das lâminas aplicadas. Biscaro *et al.* (2008) avaliando plantas de girassol em função da aplicação de diferentes doses de nitrogênio (N), constataram comportamento quadrático do diâmetro do capítulo das plantas avaliadas, sendo que os valores máximos foram observados quando se aplicou a dose de 44,9 kg ha<sup>-1</sup>.

Na Tabela 17 podem-se verificar os valores médios da interação entre as lâminas aplicadas versus fertilizantes no diâmetro do capítulo. A adubação mineral e o uso do biofertilizante foram estatisticamente superior à testemunha, com valores médios de 13,80 cm, 13,12 cm e 11,62 cm, respectivamente.

Tabela 17 – Interação entre as lâminas aplicadas versus fertilizantes aplicados no diâmetro do caule das plantas de girassol avaliadas, Fortaleza, Ceará, 2013

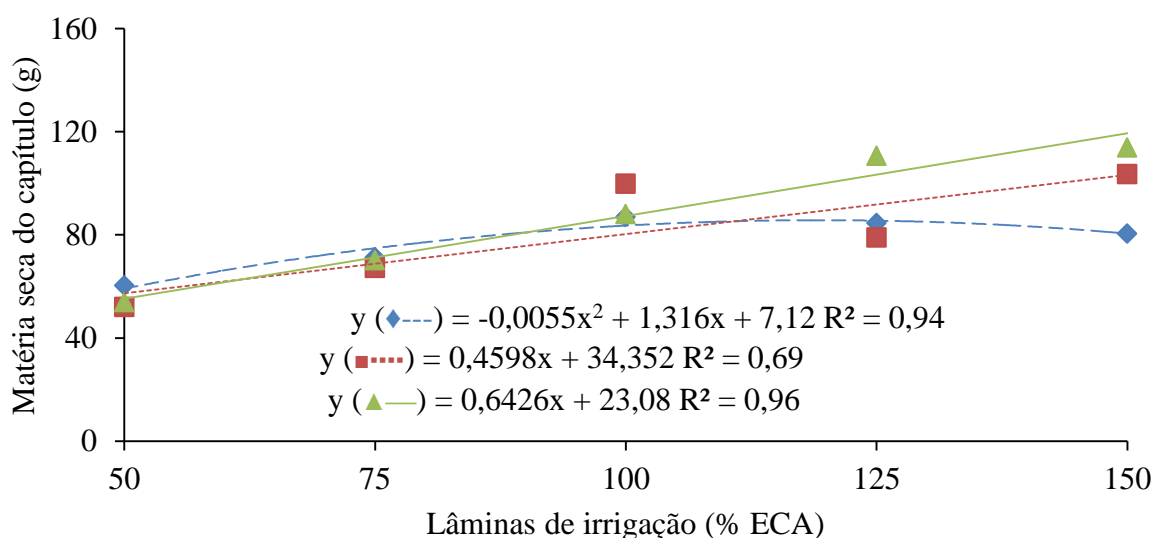
Lâminas	Fertilizantes		
	Testemunha	Biofertilizante	Mineral
L <sub>1</sub>	9,62cA	10,26bA	9,82cA
L <sub>2</sub>	11,00bA	10,57bA	10,72cA
L <sub>3</sub>	12,02aA	12,40aA	12,65bA
L <sub>4</sub>	11,60abB	12,22aB	13,40abA
L <sub>5</sub>	11,62abB	13,12aA	13,80aA
DMS colunas	= 0,99	DMS linhas	= 0,84

Fonte: GOMES, Krishna Ribeiro, 2013, Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey; L<sub>1</sub>, L<sub>2</sub>, L<sub>3</sub>, L<sub>4</sub> e L<sub>5</sub> – 50, 75, 100, 125 e 150% da ECA, respectivamente; DMS – Diferença mínima significativa.

O valor médio do diâmetro do capítulo encontrado no presente experimento, de 11,65 cm, é bastante inferior ao valor observado por Silveira *et al.* (2009). Esses autores observaram um valor médio de diâmetro de capítulo de 17,5 cm para as plantas de girassol avaliadas em condições de campo, cerca de 50,2% maior.

A variável matéria seca do capítulo teve tendência linear crescente com o aumento das lâminas de irrigação na presença da adubação mineral e com biofertilizante, enquanto, para testemunha o modelo polinomial quadrático foi o que melhor se ajustou com uma MSC máxima de (85,8 g) para uma lâmina de irrigação de (119,6 % da ECA). (FIGURA 27).

Figura 27 – Interação entre as lâminas aplicadas versus fertilizantes aplicados, (◆---) sem adição de fertilizantes, (■....) biofertilizante bovino e (▲—) adubação mineral, nos valores de matéria seca do capítulo das plantas de girassol avaliadas, Fortaleza, Ceará, 2013



Fonte: GOMES, Krishna Ribeiro, 2013.

Lima *et al.* (2013), também verificaram interação entre os tratamentos fertilização (com biofertilizante bovino e sem biofertilizante bovino) versus lâminas de irrigação no peso de cápsulas de plantas de gergelim. Os referidos autores verificaram que com o aumento da lâmina de irrigação sob os tratamentos que receberam o biofertilizante bovino sofreram incrementos nos valores de peso das cápsulas. Faleiros *et al.* (2009) observaram efeito significativo da aplicação de biofertilizante bovino no peso seco de sementes de milho, sendo que os valores apresentados foram superiores aos tratamentos que receberam adubação mineral e sem adubação. Lobo *et al.* (2013) e Lobo e Grassi Filho (2007) verificaram que a aplicação de lodo de esgoto em plantas de girassol proporcionou aumento significativo na massa seca do capítulo das plantas estudadas. Na avaliação do crescimento das plantas, a determinação do acúmulo de matéria seca nas diversas partes da planta tem elevada importância, pelo fato desse parâmetro indicar os órgãos onde a matéria orgânica é sintetizada e alocada (FONTES; DIAS; SILVA, 2005).

Na Tabela 18 têm-se os valores médios da interação entre lâminas aplicadas versus fertilizantes. O fertilizante mineral foi estatisticamente superior ao biofertilizante (79,03 e 103,57 g) e a testemunha (84,85 g e 80,42 g) na L<sub>4</sub> e L<sub>5</sub>, com valores médios de 79,03 g e 113,94 g, respectivamente. Essa superioridade pode estar relacionada a um maior alocamento de nutrientes via floema da fonte (folha) para o fruto (dreno).

Tabela 18 – Interação entre as lâminas aplicadas versus fertilizantes aplicados na matéria seca do capítulo das plantas de girassol avaliadas, Fortaleza, Ceará, 2013

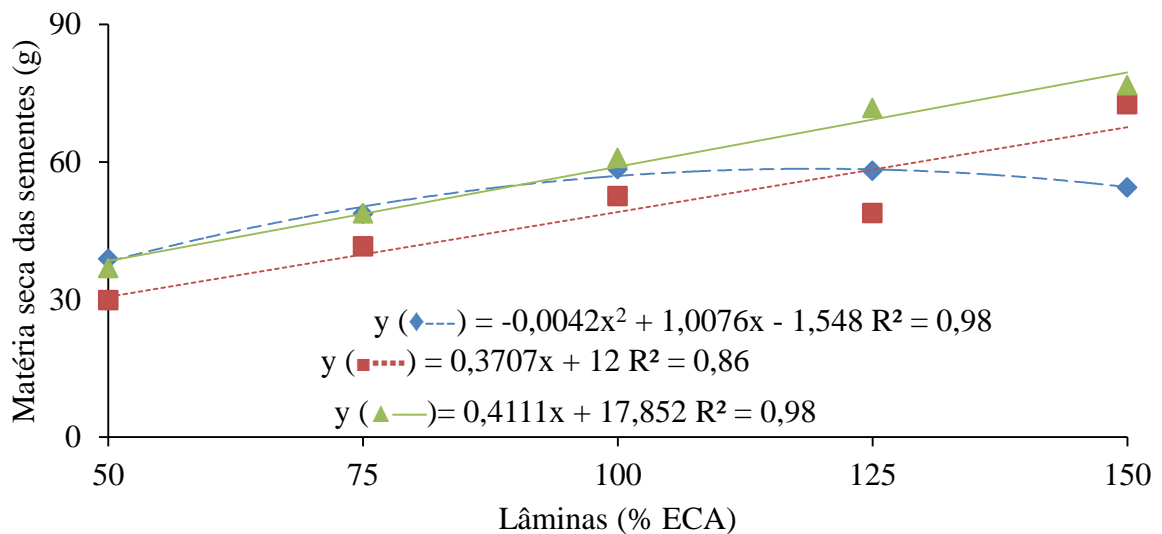
Lâminas	Fertilizantes		
	Testemunha	Biofertilizante	Mineral
L <sub>1</sub>	60,35aA	52,00bA	53,86cA
L <sub>2</sub>	71,28aA	67,22bA	70,18bcA
L <sub>3</sub>	86,97aA	99,84aA	88,04abA
L <sub>4</sub>	84,55aB	79,03abB	110,66aA
L <sub>5</sub>	80,42aB	103,57aAB	113,94aA
DMS colunas	= 27,32	DMS linhas	= 23,34

Fonte: GOMES, Krishna Ribeiro, 2013, Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey; L<sub>1</sub>, L<sub>2</sub>, L<sub>3</sub>, L<sub>4</sub> e L<sub>5</sub> – 50, 75, 100, 125 e 150% da ECA, respectivamente; DMS – Diferença mínima significativa.

Resultado similar ao observado nesse estudo foi constatado por Silveira *et al.* (2009), que avaliando o desenvolvimento de plantas de girassol sob condições normais de cultivo, verificaram que os valores médios de massa seca do capítulo foram de 82,5 g.

Assim como a matéria seca do capítulo, a matéria seca das sementes (FIGURA 28) foi influenciada pela interação entre lâminas de irrigação e fertilizantes, com modelo linear crescente para a adubação mineral e o biofertilizante, e polinomial quadrática para a testemunha com valores máximos da matéria seca das sementes (58,8 g) para uma lâmina ótima de (119,9% da ECA).

Figura 28 – Interação entre as lâminas aplicadas versus fertilizantes aplicados, (◆—) sem adição de fertilizantes, (■—) biofertilizante bovino e (▲—) adubação mineral, nos valores de matéria seca das sementes das plantas de girassol avaliadas, Fortaleza, Ceará, 2013



Fonte: GOMES, Krishna Ribeiro, 2013

Moraes, Silva e Arnuti (2012), observaram que a aplicação de resíduos líquidos efluentes da agroindústria de carnes em plantas de girassol, proporcionou aumento significativo na produtividade dessas plantas. Sendo que houve incremento linear com o aumento das doses do resíduo, esses autores ressaltam ainda a necessidade de mais estudos com a utilização dessa fonte de nutrientes.

Bergonci *et al.* (2001) verificaram reduções de até 63,30% no rendimento de grãos de plantas de milho que não receberam irrigação em comparação aos tratamentos conduzidos sob irrigação.

Os valores de interação entre as lâminas de irrigação e os fertilizantes aplicados podem ser observados na Tabela 19. Estatisticamente o tratamento irrigado com a L<sub>4</sub> quando adubado com fertilizante mineral (71,72 g) foi superior a testemunha (58,04) g e a biofertilizante (48,84 g).

Tabela 19 – Interação entre as lâminas aplicadas versus fertilizantes aplicados na matéria seca das sementes das plantas de girassol avaliadas, Fortaleza, Ceará, 2013

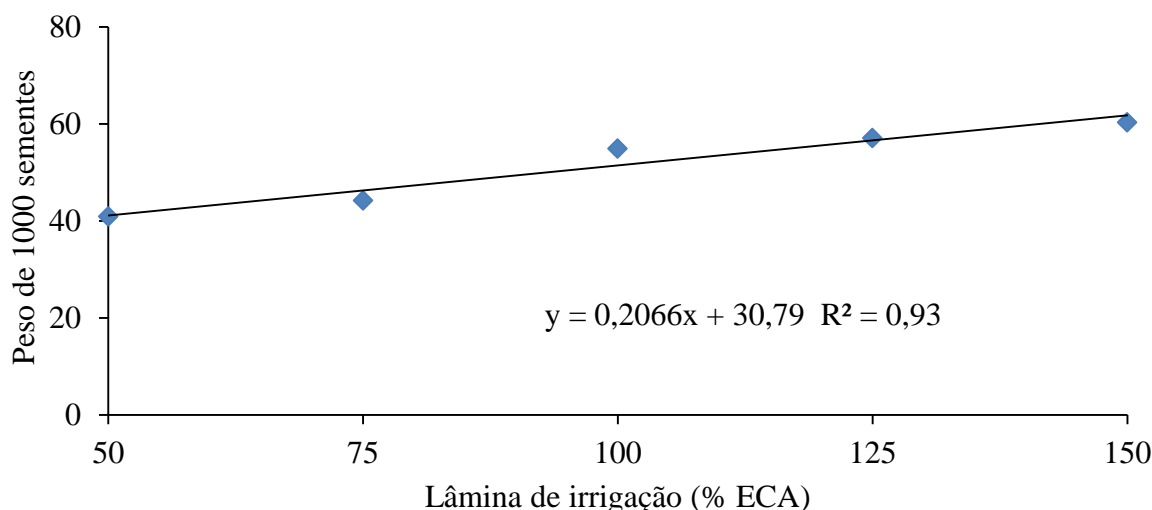
Lâminas	Fertilizantes		
	Testemunha	Biofertilizante	Mineral
L <sub>1</sub>	38,82bA	29,86cA	36,80dA
L <sub>2</sub>	48,66abA	41,56bcA	48,74cdA
L <sub>3</sub>	58,38aA	52,54bA	60,86bcA
L <sub>4</sub>	58,04aB	48,84bB	71,72abA
L <sub>5</sub>	54,42aB	72,56aA	76,70aA
DMS colunas	= 15,43	DMS linhas	= 13,18

Fonte: GOMES, Krishna Ribeiro, 2013, Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey; L<sub>1</sub>, L<sub>2</sub>, L<sub>3</sub>, L<sub>4</sub> e L<sub>5</sub> – 50, 75, 100, 125 e 150% da ECA, respectivamente; DMS – Diferença mínima significativa.

Para a variável peso de mil sementes (P1000S), a análise de regressão que melhor se ajustou foi à linear crescente, com R<sup>2</sup> de 0,93. Portanto, verificou-se que o P100S atingiu um valor máximo (60 g) com uma lâmina de irrigação equivalente a 150% de ECA (FIGURA 29).

Crescente aumento no peso das sementes com o aumento da lâmina de irrigação também foi observado por Moreira *et al.* (2009) ao avaliarem o peso de 1000 sementes de racemos de segunda ordem de plantas de mamona. Diferentemente do observado no presente estudo, Silva (2005) não observou diferença significativa no peso de mil sementes de girassol em função das lâminas de irrigação aplicadas.

Figura 29 – Peso de mil sementes de girassol em função das lâminas aplicadas, Fortaleza, Ceará, 2013



Fonte: GOMES, Krishna Ribeiro, 2013.

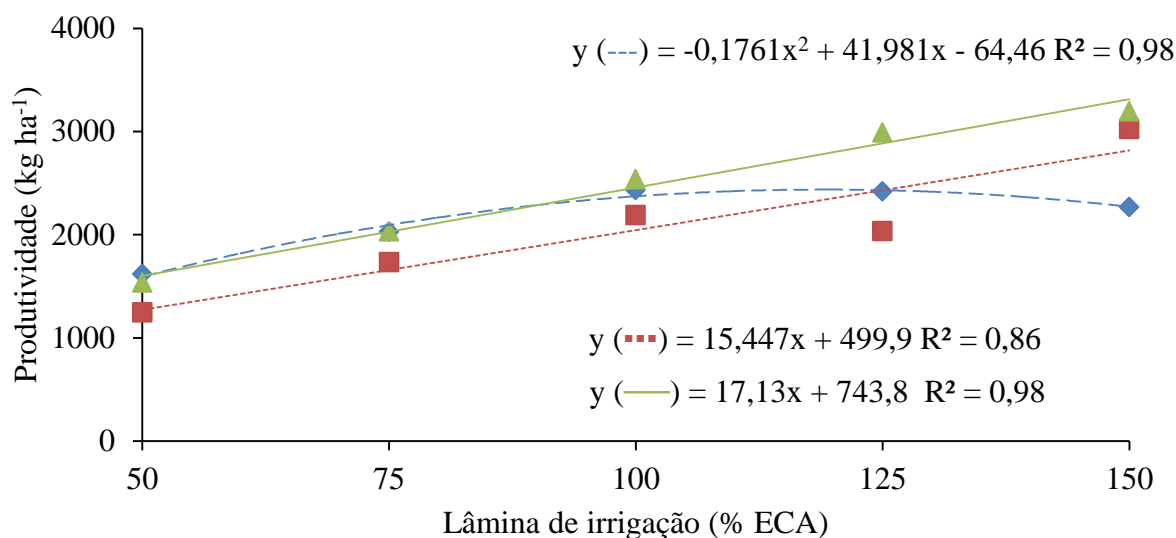
Silva *et al.* (2011), em ensaio com a cultura do girassol (EMBRAPA122 V-2000) no município de Pentecoste, Ceará também verificaram resultado similar ao desse estudo, ou seja, um comportamento linear crescente para o peso de 1000 sementes.

Na avaliação do desempenho de diferentes cultivares de girassol irrigado Aquino, Silva e Berger (2013) observaram valores médios do peso de mil sementes em torno de 73 g. Esse valor é cerca de 18% maior que o maior valor médio observado no presente trabalho que atingiu 61,78 g. Provavelmente houve influência do fator clima, uma vez que as condições climáticas do presente trabalho foram menos favoráveis ao desenvolvimento das plantas que as dos autores citados, os mesmos realizaram o experimento no Norte de Minas Gerais.

Ao analisar o efeito da interação entre lâminas de irrigação e fertilizantes sobre produtividade, observa-se que, o modelo estatístico que melhor se ajustou aos dados foi o linear crescente para adubação mineral ( $3195,8 \text{ kg ha}^{-1}$ ) e biofertilizante ( $3023,3 \text{ kg ha}^{-1}$ ) na lamina equivalente a 150% da ECA e polinomial quadrático para a testemunha com a máxima produtividade ( $2501,99 \text{ kg ha}^{-1}$ ) foi obtido sob uma lâmina de 119,19% da ECA (FIGURA 30).

A resposta das plantas adubadas que receberam a maior quantidade de água sugere que o suprimento de fósforo proporcionado pelas adubações juntamente com a maior disponibilidade de água foram suficientes para atender às necessidades nutricionais da cultura durante a fase de enchimento dos grãos, enquanto, o decréscimo de produtividade observada nas plantas que não receberam adubação, mesmo sob disponibilidade hídrica, possivelmente não tenha conseguido alocar os nutrientes essenciais durante o ciclo fenológico da cultura, ou seja, tinha pouco nutriente disponível entre a fonte (folha) para o dreno (grãos), consequentemente baixas concentrações no solo do tratamento não fertilizado (VIANA *et al.*, 2012; OLIVEIRA JUNIOR *et al.*, 2011).

Figura 30 – Interação entre as lâminas aplicadas versus fertilizantes aplicados, (◆—) sem adição de fertilizantes, (■.....) biofertilizante bovino e (▲—) adubação mineral, na produtividade de plantas de girassol, Fortaleza, Ceará, 2013



Fonte: GOMES, Krishna Ribeiro, 2013.

O efeito crescente da produtividade de plantas de girassol com o aumento da lâmina aplicada também foi verificado por Silva *et al.* (2007b), esses autores verificaram que ao aplicar a lâmina de 522,14 mm foram obtidas produtividades de 2.789,5 kg ha<sup>-1</sup> de sementes de girassol, valor 48% maior que a produtividade de 1.875,14 kg ha<sup>-1</sup> observada quando esses autores aplicaram a menor lâmina de irrigação (117,20 mm). Gomes *et al.* (2012) também verificaram incrementos na produtividade do girassol com o aumento da lâmina aplicada, observando valores de 4.788 kg ha<sup>-1</sup> nas plantas não irrigadas e de 6.963 kg ha<sup>-1</sup> nas plantas que receberam a maior lâmina de irrigação, um incremento de 45,4% no valor de produtividade. Quando a planta de girassol se desenvolve em ambiente com constante e elevada disponibilidade de água durante todo o seu ciclo, apresenta maiores produtividades (CASTRO; FARIAS, 2005). Salienta-se que a cultura do girassol se comporta de maneira significativa à reposição de água no solo por meio da prática da irrigação (SILVA *et al.*, 2011).

Galbiatti *et al.* (2011), ao estudar os efeitos da aplicação de biofertilizante e da adubação mineral em plantas de feijão verificaram que houve interação significativa entre esses fertilizantes. Esses autores afirmam que as plantas que receberam o biofertilizante e o tratamento que recebeu 100% da adubação mineral recomendada não diferiram estatisticamente entre si apresentando valores que variavam de 926,3 a 943,85 kg ha<sup>-1</sup>, já os tratamentos que receberam 50% da recomendação de fertilizante mineral e sem adição de

fertilizantes, apresentaram valores médios de produtividade de 608,13 e 558,45 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

Quanto ao efeito do biofertilizante como adubo orgânico sobre a produtividade das culturas, Sousa *et al.* (2013) cultivando pinhão-manso a pleno sol, verificaram crescente aumento da produtividade após um ano de transplântio e Silva *et al.* (2013) cultivando feijão-de-corda em condições de campo em Pentecoste, Ceará, também constataram efeito positivo desse insumo.

A interação significativa e a análise comparativa das médias através do teste de Tukey das diferentes lâminas de irrigação dentro de cada fertilizante aplicado para a variável produtividade podem ser vista na Tabela 20. Analisando a maior lâmina de irrigação aplicada (L<sub>5</sub>), verifica-se que não houve diferença significativa entre as plantas adubadas com fertilizantes minerais (3195,8 kg ha<sup>-1</sup>) e biofertilizante bovino (3023,3 kg ha<sup>-1</sup>), mas houve entre essas plantas e as que não receberam adubação (2267,5 kg ha<sup>-1</sup>).

Tabela 20 – Interação entre as lâminas aplicadas versus fertilizantes aplicados na produtividade da cultura do girassol, Fortaleza, Ceará, 2013

Lâminas	Fertilizantes		
	Testemunha	Biofertilizante	Mineral
L <sub>1</sub>	1617,5 bA	1244,1 cA	1533,3 dA
L <sub>2</sub>	2027,5 abA	1731,6 bcA	2030,8 cdA
L <sub>3</sub>	2432,5 aA	2189,1 bA	2535,8 bcA
L <sub>4</sub>	2418,3 aB	2035,0 bB	2988,3 abA
L <sub>5</sub>	2267,5 aB	3023,3 aA	3195,8 aA
DMS colunas	= 642,9	DMS linhas	= 549,2

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey; DMS – Diferença mínima significativa.

Estudos que revelam efeito da interação entre lâmina de irrigação e adubação mineral foram evidenciados por Viana *et al.* (2013) na cultura do girassol, por Vasconcelos *et al.* (2013) em maracujazeiro-amarelo, por Albuquerque *et al.* (2013) em videira e por Pereira Filho *et al.* (2011) em mamona.

O efeito positivo do biofertilizante bovino corrobora com a afirmação de Cancellier *et al.* (2011). No entanto, esses autores alertam que para que a adubação orgânica seja eficiente na produtividade, faz-se necessária a aplicação da adubação orgânica por vários anos pois seu efeito é maximizado a longo prazo, promovendo melhorias na fertilidade do solo além de proporcionar condições físicas adequadas ao desenvolvimento das culturas.



Souza *et al.* (2010) também evidenciaram ação positiva do esgoto doméstico tratada para essa variável na cultura da mamoneira.

## 5 CONCLUSÕES

O uso de diferentes lâminas de irrigação provoca efeito significativo em todos os parâmetros de crescimento e acúmulo de biomassa, das trocas gasosas, e da produtividade, exceto no número de folhas (NF) e temperatura interna das folhas (Ti), sendo tão menor o efeito quanto menor a lâmina aplicada.

Aplicar biofertilizante nas plantas proporciona incrementos semelhantes aos incrementos proporcionados pela aplicação de fertilizantes minerais nos parâmetros de crescimento e produção de biomassa, e na produção e produtividade da cultura do girassol, mas nos parâmetros fotossintéticos apresenta-se como um redutor.

Há interação entre lâminas aplicadas x fertilizantes aplicados em quase todos os parâmetros avaliados, sendo a maior lâmina aplicada x biofertilizante bovino e fertilizante mineral a que proporcionou os melhores valores.

## REFERÊNCIAS

- ACOSTA, J. F. **Consumo hídrico da cultura do girassol irrigada na região da Chapada do Apodi - RN**. Campina Grande, 2009. 56f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Universidade Federal de Campina Grande, 2009.
- ALBUQUERQUE, A. H. P. *et al.* Irrigação e fertirrigação potássica na cultura da videira em condições semiáridas. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 43, n. 3, p. 315-321, jul./set. 2013.
- ALBUQUERQUE, P.E.P. de. **Estratégias de manejo de irrigação: exemplos de cálculo. EMBRAPA Milho e sorgo, Sete Lagoas – MG**, 2010, 24p. (Circular técnica 136)
- ALMEIDA JÚNIOR, A.B. *et al.* Efeitos de doses de fósforo no desenvolvimento inicial da mamoneira. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.22, n.1, p.217-221, 2009.
- AMABILE, R.F.; FERNANDES, F.D.; SANZONOWICS, C. Circular técnica 20. **Girassol como alternativa para o sistema de produção do Cerrado**, Brasília, DF, EMBRAPA Cerrados 1ª edição, 2002.
- ANDRADE, M.A.F. **Relações hídricas e crescimento de plantas jovens de café sob diferentes regimes hídricos e doses de N e K**. Vitória da Conquista, 2011. 55f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, 2011.
- ANDRADE, A.R.S. *et al.* Desenvolvimento da cultura do sorgo em um Latossolo Amarelo submetido à adubação orgânica. **Revista Brasileira de tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, Guarapuava, v.4, n.2, p.137-151, 2011.
- AQUINO, L.A.; SILVA, F.D.B.; BERGER, P.G. Características agrônômicas e o estado nutricional de cultivares de girassol irrigado. **R. Bras. Eng. Agríc. ambiental**, v.17, n.5, p.551-557, 2013.
- ARAÚJO, S.A.C.; DEMINICIS, B.B. Fotoinibição da fotossíntese. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v.7, n.4, p.463-472, 2009.
- ARAÚJO, J.B.S. *et al.* Composto orgânico e biofertilizante supermagro na formação de cafeeiros. **Coffe Science**, Lavras, v.3, n.2, p.115-123, 2008.
- BERGONCI, J.I. *et al.* Eficiência da irrigação em rendimento de grãos e matéria seca de milho. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.36, n.7, p.949-956, 2001.
- BERNARDO, S.; SOARES, A. A; MANTOVANI, E. C. **Manual de Irrigação**. Viçosa, Editora UFV, 2009. 625p. 8ª edição 2ª reimpressão
- BEUTLER, A.N.; CENTURION, J.F. Matéria seca e altura das plantas de soja e arroz em função do grau de compactação e do teor de água de dois latossolos. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.24, n.1, p.142-149, 2004.

BILIBIO, C. *et al.* Desenvolvimento vegetativo e produtivo da berinjela submetida a diferentes tensões de água no solo. **Rev. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.14, n.7, p.730-735, 2010.

BISCARO, G.A. *et al.* Adubação nitrogenada em cobertura no girassol irrigado nas condições de Cassilândia-MS. **Ciênc. Agrotec.**, Lavras, v.32, n.5, p.1366-1373, 2008.

BOARETO, B. *et al.* Manejo da irrigação de plantas energéticas – girassol (*Helianthus annuus*). **Acta Iguazu**, v.1, n.1, p.48-58, 2012.

BOIÇA JUNIOR, A.L.; VENDRAMIM, J.D. Infestação de girassol pela lagarta *Chlosyne lacinia saundersii* em duas épocas de cultivo. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.50, p. 244-253, 1993.

BORKET, C.M. *et al.* Efeito residual da adubação potássica, sobre girassol e milho, em três diferentes Latossolos Roxos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 32, n. 12, p. 1227- 1234, 1997.

BRITO, M. E. B. *et al.* Crescimento, fisiologia e produção do milho doce sob estresse hídrico. **Biosci. J.**, Uberlândia, v. 29, n. 5, p. 1244-1254, 2013.

CAMARGO, R. C. *et al.* Avaliação de substratos para a produção de mudas de pinhão-manso em sacolas plásticas. **Revista Trópica**, v.5, n.1, p.31-38, 2011.

CAMPOS, V.B.; CAVALCANTE, L.F. Salinidade da água e biofertilizante bovino: efeito sobre a biometria do pimentão. **Holos**, ano.25, v.2, 2009.

CAMPOS, V. B. *et al.* Crescimento inicial da mamoneira em resposta à salinidade e biofertilizante bovino. **Revista Magistra**, v.21, p. 41-47, 2009.

CANCELLIER, L. L. *et al.* Adubação orgânica na linha de semeadura no desenvolvimento e produtividade do milho. **Revista Semina**, v.32, n.2, p.527-540, 2011.

CARELLI, M.L.C. *et al.* Níveis de nitrogênio, metabolismo, crescimento e produção de girassol. **R. Bras. Fisiol. Veg.**, Campinas, v.8, n.2, p.123-130, 1996.

CARNEIRO, M.M.L.C. **Trocas gasosas e metabolismo antioxidativo em plantas de girassol em resposta ao déficit hídrico**. Pelotas, 2011. 42f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade Federal de Pelotas, 2011.

CARRÃO-PANIZZI, M.C.; MANDARINO, J.M.G. **Girassol: derivados proteicos**. Londrina: EMBRAPA-CNPSo, 1994. 27p. (EMBRAPA-CNPSo. Documentos, 74)

CARVALHO, C.M. *et al.* Pinhão-manso: crescimento sob condições diferenciadas de irrigação e de adubação no semiárido nordestino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.5, p.487-496, Campina Grande, 2013.

CARVALHO, M. **Variações morfofisiológicas e eficiência do uso da água em *Ricinus communis* L. submetida ao déficit hídrico regulado**. Ilhéus, 2010. 95f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual de Santa Cruz, 2010.

CASTIGLIONI, V.B.R. *et al.* **Fases de desenvolvimento da planta de girassol.** Londrina: EMBRAPA – CNPSo, 1997. 24p. (EMBRAPA-CNPSo. Documentos, 59).

CASTIGLIONI, V.B.R. *et al.* **Fases de desenvolvimento da planta do girassol.** Londrina: EMBRAPA-CNPSo, 1994. 24p. (EMBRAPA-CNPSo, Documentos, 58).

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

CAVALCANTE, L. F. *et al.* Água salina e esterco bovino líquido na formação de mudas de goiabeira cultivar paluma. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 32, n. 01, p. 251-261, 2010.

CHEIDA, L.E. **Biologia integrada.** Ed. FTD, 2003,568p.

CONAB 2014 visitado em 09 de março de 2014 <[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/14\\_02\\_11\\_15\\_22\\_20\\_boletim\\_graos\\_fevereiro\\_2014.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/14_02_11_15_22_20_boletim_graos_fevereiro_2014.pdf)> Acomp. safra bras. grãos, v. 1 – Safra 2013/14, n. 5 – Quinto Levantamento, fev. 2014

CONAB-Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira de grãos. Brasília, v. 1, n.1, 2013 Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>

CORDEIRO, Y.E.M. **Potencial de uso em recuperação de áreas degradadas: um estudo de três espécies nativas da Amazônia oriental sob dois regimes hídricos.** Belém, PA, 2012. 89p.

CORREIA, K.G.; NOGUEIRA, R.J.M.C. Avaliação do crescimento do amendoim (*Arachis hypogaea* L.) submetido a déficit hídrico. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v.4, n.2, 2004.

CPRA – Centro Paranaense de Referência em Agroecologia <<http://www.cpra.pr.gov.br/arquivos/File/Girassol.pdf>> Visitado em 28/05/2014 em 10:26h

DIAS, L.B. **Água nas plantas.** Monografia, Universidade Federal de Lavras, 2008.

DUARTE, A. K. A.; CARDOSO, M. O.; FIGUEIREDO, L. Crescimento e macronutrientes em mudas de melancia sob doses de adubo orgânico no substrato. **Horticultura Brasileira**, v.28, n.02, p.1633-1638, 2010.

DUTRA, C.C. *et al.* Desenvolvimento de plantas de girassol sob diferentes condições de fornecimento de água. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.33, suplemento 1, p.2657-2668, 2012.

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

FAGUNDES, M.H. Sementes de girassol: Alguns comentários. <<http://www.conab.gov.br>> 2002. Visitado em 28/05/2014

FALEIROS, L.F. *et al.* Desenvolvimento do milho em solo adubado com biofertilizante de esterco bovino. **Anais...** Zootec, Águas de Lindóia, SP, 2009.

FAOSTAT < <http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/download/Q/QC/E>> Visitado em 21/02/2014 as 11:45

FEITOSA, H.O. *et al.* Influência da adubação borácica e potássica no desempenho do girassol. **Comunicata Scientiae**. v.4, n.3, 2013.

FERRAZ, R.L.S. *et al.* Trocas gasosas e eficiência fotoquímica de cultivares de algodoeiro herbáceo sob aplicação de silício foliar. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.54, n.2, p.735-748, 2014.

FIGUEIREDO, M.G. *et al.* Lâmina ótima de irrigação do feijoeiro, com restrição de água, em função do nível de aversão ao risco do produtor. **Acta Sci. Agron.** Maringá, v.30, n.1, p.81-87, 2008.

FONTES, P.C.R.; DIAS, E.N.; SILVA, D.J.H. Dinâmica do crescimento, distribuição de matéria seca e produção de pimentão em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.23, n.1, p.94-99, 2005.

FREIRE, J.L.O. *et al.* Rendimento quântico e trocas gasosas em maracujazeiro amarelo sob salinidade hídrica, biofertilização e cobertura morta. **Revista Ciência Agronômica**, v.45, n.1, p.82-91, 2014.

FREIRE, S.A.B. **Efeito da lâmina de irrigação no crescimento e na produção do algodão herbáceo irrigado por gotejamento, no semi-árido do Rio Grande do Norte**. Mossoró, 2008. 40f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, 2008.

FREITAS, C.A.S. *et al.* 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, Campina Grande, p.1031-1039, 2012.

FREITAS, C.A.S. *et al.* Produção de matéria seca e trocas gasosas em cultivares de mamoneira sob níveis de irrigação. **Rev. Bras. De Eng. Agríc. e Amb.**, Campina Grande, PB, v.15, n.11, p.1168-1174, 2011.

GALBIATTI, J. A. *et a* .Desenvolvimento do feijoeiro sob uso de biofertilizante e adubação mineral. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 31, n. 1, p. 167 – 177, 2011.

GODWIN, D.C.; JONES, C.A. **Nitrogen dynamics in soil-plant systems**. Plant and Soil Systems – Agronomy Monograph, London, v.31, p.287-321, 1991.

GOMES, E.P. *et al.* Produtividade de grãos, óleo e massa seca de girassol sob diferentes lâminas de irrigação suplementar. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.16, n.3, p.237–246, 2012.

- GOMES, E.P. *et al.* Desenvolvimento e produtividade do girassol sob lâminas de irrigação em semeadura direta na região do Arenito Caiuá, estado do Paraná. **Irriga**, Botucatu, v.15, n.4, p.373-385, 2010.
- GONÇALVES, E.R. *et al.* Trocas gasosas e fluorescência da clorofila *a* em variedades de cana-de-açúcar submetidas à deficiência hídrica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.4, p.378-386, 2010.
- GRACIANO *et al.* Crescimento e capacidade fotossintética da cultivar de amendoim BR 1 sob condições de salinidade. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.15, n.8, p.794-800, 2011.
- JADOSKI, S.O.; KLAR, A.E.; SALVADOR, E.D. Relações hídricas e fisiológicas em plantas de pimentão ao longo de um dia. *Ambiência* – **Revista do Centro de Ciências Agrárias e Ambientais**, v.1, n.1, 2005.
- JONER, G. *et al.* Aspectos agronômicos e produtivos dos híbridos de girassol (*Helianthus annuus L.*) Helio 251 e Helio 360. **Ciência animal brasileira**, v.12, n.2, 2011.
- JONES, H. G. **Plants and microclimate: A quantitative approach to na environmental plant physiology**. Second edition. Cambridge University Press, 1992. 85 p.
- KERBAUY, G.B. **Fisiologia vegetal**. 2ª edição Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008 431p.
- KÖPPEN, W. **Dieklimate dererde-grundrib der kimakunde**. Berlin: Walter de gruy-ter verlag, 1923.
- LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: RIMA artes e textos, 2006. 532 p.
- LEITE, R. M. V. B. C. *et al.* **Indicações para o cultivo de girassol nos Estados do Rio Grande do Sul, Paraná, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Goiás e Roraima**. Londrina: Embrapa, 2007. 4p.
- LEITE, R. M. V. B. C.; CARVALHO, C. G. P. Avaliação da resistência de genótipos de girassol à mancha de *Alternaria* (*Alternaria helianthi*) em condições de campo. In: Reunião Nacional de Pesquisa de Girassol, 16, e Simpósio Nacional sobre a Cultura do Girassol, 4, 2005, Londrina. **Anais...** Londrina: Embrapa Soja, 2005. p.108-110.
- LIMA, A.D.; VIANA, T.V.A.; AZEVEDO, B.M.; MARINHO, A.B.; DUARTE, J.M. Adubação borácica na cultura do girassol. **Revista Agro@mbiente On-line**, v.7, n.3, p.269-276, 2013.
- LIMA, F.A. **Cultivo de morango em ambiente tipo telado, sob manejos diferenciados de irrigação e de fertilização orgânica nas condições climáticas de Fortaleza, Ceará**. 70 p. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Universidade Federal do Ceará, 2014.
- LIMA, F.A. *et al.* Irrigação da cultura do gergelim em solo com biofertilizante bovino. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.7, n.2, p.102-111, 2013.

- LIMA, J. G. A. *et al.* Crescimento inicial do milho fertirrigado com biofertilizante. **Revista Agropecuária Científica no Semiárido**, v.8, n.1, p.39- 44, 2012.
- LIRA, M.A. *et al.* **Avaliação das potencialidades da cultura do girassol, como alternativa de cultivo no semiárido nordestino**. Nata, RN, 2011, 40p. (Documento, 40)
- LOBO, T.F. *et al.* Efeito do lodo de esgoto e do nitrogênio nos fatores produtivos do girassol. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.5, p.504-509, 2013.
- LOBO, T.F.; GRASSI FILHO, H.; COELHO, H.A. Efeito da adubação nitrogenada na produtividade do girassol. **Científica, Jaboticabal**, v.40, n.1, p.59–68, 2012.
- LOBO, T.F.; GRASSI FILHO, H. Níveis de lodo de esgoto na produtividade do girassol. R.C. Suelo Nutr., v.7, n.3, p.16-25, 2007. **J. Soil Sc. Plant Nutr.**, v.7, n.3, p.16-25, 2007
- LOPES, M.N. *et al.* Trocas gasosas e índices de crescimento em capim-braquiária manejado sob lâminas de irrigação e idades de crescimento. **Revista Agro@mbiente On-line**, v.7, n.1, p.10-17, 2013.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional de plantas**. Piracicaba: Potafos, 1997. 319p.
- MARQUES, P.A.A.; BERNARDI FILHO, L.; SANTOS, A.C.P. Crescimento, produção de óleo essencial e trocas gasosas em orégano influenciados por diferentes lâminas de irrigação. **Ciência Rural**, v.39, n.6, p.1888-1892, 2009.
- MAZOYER, M; ROUDART, L. **História das agriculturas no mundo: do neolítico à crise contemporânea**. São Paulo: UNESP; Brasília, DF: NEAD, 2010. 568p.
- MEDEIROS, D.C. *et al.* Produção de mudas de alface com biofertilizantes e substratos. **Horticultura brasileira**, v.25, n.3, 2007.
- MESQUITA, J.B.R. *et al.* Crescimento e produtividade da cultura do gergelim (*Sesamum indicum* L.) sob diferentes níveis de irrigação. **Irriga, Botucatu**, v.8, n.2, p.364-375, 2013.
- MORAES, M.T.; SILVA, V.R.; ARNUTI, F. Resíduos líquidos efluentes de agroindústria de carnes na produtividade do girassol. **Enciclopédia Biosfera, Centro Científico conhecer**, Goiânia, v.8, n.14, p.843, 2012.
- MOREIRA, L.G. *et al.* Efeitos de diferentes lâminas de irrigação na produtividade da mamoneira variedade IAC Guarani. **Revista Brasileira Ciências Agrárias, Recife**, v.4, n.4, p.449-455, 2009.
- MOTA, V.J.G. *et al.* Lâminas de irrigação e doses de nitrogênio em pastagem de capim-elefante no período chuvoso no norte de Minas Gerais. **Revista Brasileiro Saúde Prod. Anim.**, Salvador, v.12, n.4, p.908-922, 2011.
- NEVES, A.L.R. *et al.* Trocas gasosas e teores de inerais no feijão de corda irrigado com água salina em diferentes estágios. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.13. suplemento, p.873-881, 2009.



- NOBRE, R.G. *et al.* Produção do girassol sob diferentes lâminas com efluentes domésticos e adubação orgânica. **Revista. Bras. Eng. Agríc. Amb.**, v.14, n.7, p.747-754, 2010.
- NUNES, B.T.; PILON, A.; FLUMINHAN, A. Avaliação do desempenho agrônômico de genótipos de girassol (*Helianthus annuus* L.) cultivados na região oeste paulista e análise do rendimento de óleo, matéria seca e proteína bruta. IX Fórum Ambiental da Alta Paulista, v.9, n.1, p.150-165, 2013.
- OLIVEIRA JÚNIOR, A. *et al.* Fósforo na cultura de girassol. In: 19ª REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE GIRASSOL/7º SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE A CULTURA DO GIRASSOL, 2011, Aracaju. **Anais...** Aracaju, 2011. Disponível em: <<http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:PVyL2-0CzNoJ:ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/50816/1/67-70.pdf+&cd=14&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br>> Acesso em 19 jun. 2014
- OLIVEIRA, M.A.J. *et al.* Fotossíntese, condutância estomática e transpiração em pupunheira sob deficiência hídrica. **Scientia Agricola**, v.59, n.1, p.59-63, 2002.
- PAIVA, A.S. *et al.* Condutância estomática em folhas de feijoeiro submetido a diferentes regimes de irrigação. **Engenharia Agrícola**, v.25, n.1, Jaboticabal, 2005.
- PENTEADO, S. R. **Adubação Orgânica: Compostos orgânicos e biofertilizantes**. 2. ed. Campinas: Edição do autor, 2007.162 p.
- PEREIRA; R. F. *et al.* Crescimento e rendimento de feijão vigna submetido à adubação orgânica. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 8, n. 3, p. 91 - 96, 2013.
- PEREIRA FILHO, J. V. *et al.* Desempenho produtivo da mamoneira sob diferentes lâminas de irrigação e doses de potássio, no vale do Curú, Ce. **Agropecuária Técnica**, v. 32, n. 1, 2011.
- PINTO, C.M.; TÁVORA, F.J.A.F.; PINTO, O.R.O. Relações hídricas, trocas gasosas em amendoim, gergelim e mamona submetidos a ciclos de deficiência hídrica. **Agropecuária técnica**, v.35, n.1, p.31-40, 2014.
- PINTO, C.M. **Respostas morfológicas e fisiológicas do amendoim, gergelim e mamona a ciclos de deficiência hídrica**. 80f. 2006. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2006.
- POMPEU, R.C.F.F. *et al.* Trocas gasosas em capim-massai submetido à adubação nitrogenada e manejado sob lotação rotativa com ovinos. **Anais...** IV Congresso de Forragicultura e Pastagens, 2011. <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/43196/1/AAC-Trocas-gasosas.pdf>> Visitado em: 26 de junho de 2014.
- RIBEIRO, J.L. **Manejo da cultura do girassol no Meio-Norte do Brasil**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2008. 10p.

- ROCHA, A.M.S.; MORAES, J.A.P.V. Influência do estresse hídrico sobre as trocas gasosas em plantas jovens envasadas de *Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.9, n.1, p.41-46, 1997.
- ROSA, H.A. *et al.* Nitrogênio na cultura do algodão. **Acta Iguazu**, Cascavel, v.1, n.1, p.64-68, 2012.
- SANTOS, R.F.; CARLESSO, R. Déficit hídrico e os processos morfológico e fisiológico das plantas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.2, n.3, p.287-294, 1998.
- SANTOS, T.A. *et al.* Trocas gasosas foliares e crescimento de plantas jovens de *Protium heptaphyllum* March (Burseraceae) submetidas ao alagamento do solo em dois ambientes de luz. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v.40, n.93, p.047-056, 2012.
- SARAIVA, K. R., *et al.*; Efeitos de um composto orgânico biotecnológico sobre a produção de biomassa e altura das plantas de milho. **Revista Agropecuária Técnica**, v.31, n.02, 2010.
- SILVA, F.A.S.; AZEVEDO, C.A.V. Principal components analysis in the software assistat-statistical assistance. In: 7th World Congress on Computers in Agriculture, 2009, Reno. Proceedings of the 7th World Congress on Computers in Agriculture. St. Joseph: ASABE, 2009. v. CD-Rom. p.1-5.
- SILVA, F.L.B. *et al.* Trocas gasosas em plantas de feijão-de-corda à aplicação foliar de biofertilizante, sob condições de salinidade. **Anais... IV Winotec – Workshop Internacional de Inovações Tecnológicas na Irrigação**. In < <http://www.inovagri.org.br/meeting2012/wp-content/uploads/2012/06/Protocolo232.pdf>> Visitado em 22 de junho de 2014.
- SILVA, A.R.A. *et al.* 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, A.R.A. **Irrigação plena e com déficit em diferentes estágios fenológicos da cultura do girassol no semiárido cearense**. Fortaleza, 2012, 173f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Universidade Federal do Ceará, 2012.
- SILVA, A.R.A. *et al.* Morfologia e fitomassa do girassol cultivado com déficits hídricos em diferentes estádios de desenvolvimento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental (Online)**, v. 16, p. 959-968, 2012.
- SILVA, A.R.A. *et al.* Desempenho de cultivares de girassol sob diferentes lâminas de irrigação no Vale do Curu. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 1, p. 57-64, jan-mar, 2011.
- SILVA, A.F. *et al.* **Preparo e uso de biofertilizantes líquidos**. Petrolina, 2007. 4p. (Comunicado Técnico 130)a
- SILVA, M.L.O. *et al.* Crescimento e produtividade do girassol cultivado na entressafra com diferentes lâminas de água. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v.11, n.5, p.482-488, 2007.b

SILVA, M.L.O. **Aplicações de lâminas de água e doses de boro na cultura do girassol**. 2005. 115p. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) – Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais, 2005.

SILVEIRA, P.S. *et al.* Acúmulo de massa de matéria seca e desempenho produtivo de girassol (*Helianthus annuus* L.) no Recôncavo Baiano. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v.4, n.2, 2009.

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, vol.7, n.12, 2011.

SOUSA G. G. *et al.* Irrigação com água salina na cultura do amendoim em solo com biofertilizante bovino. **Nativa**, v. 02, n. 02, p. 89-94, 2014.

SOUSA, G. G. *et al.* Growth, gas exchange and yield of peanut in frequency of irrigation. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 45, n. 1, p. 27-34, jan-mar, 2014.

SOUSA, G. G. *et al.* Fertirrigação com biofertilizante bovino na cultura do feijoeiro. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 9, n. 4, p. 76-82, out – dez , 2013

SOUSA, G.G. *et al.* Fertirrigação com biofertilizante bovino: efeitos no crescimento, trocas gasosas e na produtividade do pinhão-mansão. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.8, n.3, p.503-509, 2013.

SOUSA, G. G. *et al.* Características agronômicas do amendoim sob irrigação com águas salinas em solo com biofertilizantes. **Revista Agro@ambiente**, v. 6, n. 2, p. 124-132, 2012

SOUZA, N. C. *et al.* Produtividade da mamona irrigada com esgoto doméstico tratado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.5, p.478-484, 2010.

SOUZA, R.M. *et al.* Utilização de água residuária e de adubação orgânica no cultivo do girassol. **Revista Caatinga**, v.23, n.2, p.125-133, 2010.

SOUZA, C.R.; SOARES, A.M.; REGINA, M.A. Trocas gasosas de mudas de videira, obtidas por dois porta-enxertos, submetidas à deficiência hídrica. **Pesq. Agropec. Brasileira**, Brasília, v.36, n.10, p.1221-1230, 2001.

TAIZ L.; ZEIGER E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 918 p.

TEODORO, R.E.F. *et al.* Diferentes lâminas de irrigação por gotejamento na cultura de melancia (*Citrullus lanatus*). **Biosci. J.**, Uberlândia, v.20, n.1, p.29-32, 2004.

TESTEZLAF, R. **Irrigação: métodos, sistemas e aplicações**. Campinas, 2011, 203p.

UCHÔA, S.C.P. *et al.* Adubação de potássio em cobertura nos componentes de produção de cultivares de girassol. **Revista Ciência Agrônômica**, v.42, n.1, p.8-15, 2011.

UNICEF. Fundo das nações unidas para a infância. Disponível em < <http://www.unicef.org.br/> > Visitado em 07 de maio de 2014

VASCONCELOS, D. V. *et al.* Interação entre níveis de irrigação e fertirrigação potássica na cultura do maracujazeiro. **Irriga**, v. 18, n. 1, p. 160-170, 2013.

VIANA, T.V.A. *et al.* Trocas gasosas e teores foliares de NPK em meloeiro adubado com biofertilizantes. **Agrária – Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.8, n.4, p.596-601, 2013.

VIANA, T.V.A. *et al.* Lâminas de irrigação e coberturas do solo na cultura do girassol, sob condições semiáridas. **Irriga**, Botucatu, v. 17, n. 2, p. 126-136, 2012.

WANDERLEY, J.A.C. **Morfofisiologia e produção do girassol sob técnicas de captação de água “in situ” e adubação orgânica**. 2013. Op. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2013.

WINTER, E. J. **A água, o solo e a planta: aproveitando os recursos naturais de água para a horticultura**. Traduzido pelos professores Klaus Reichardt e Paulo L. Libardi. – 2ª. Ed. – São Paulo: Nobel, 1984. ISBN 85-213-0208-8. 1ª reimpressão, 1984, 170 p.

ZOBIOLE, L.H.S. *et al.* Marcha de absorção de macronutrientes na cultura do girassol. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.34, p.425-433, 2010.

**APÊNDICE A – ANÁLISE DAS AMOSTRAS DE SOLO COLETADAS AO FINAL  
DO EXPERIMENTO, FORTALEZA, CEARÁ, 2013**

Atributos químicos do solo													
		(cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )					(%)			(mg kg <sup>-1</sup> )	(g kg <sup>-1</sup> )		(dS m <sup>-1</sup> )
	pH	Ca	Mg	Na	K	H+Al	V	M	PST	P	C	M.O.	CE
L <sub>1</sub> T	5,6	2,8	1,7	0,81	0,20	1,32	78	2	13,4	13	6,1	10,65	2,46
L <sub>2</sub> T	5,9	3,2	2,6	1,46	0,22	1,32	84	1	17,6	58	5,2	9,00	2,89
L <sub>3</sub> T	5,9	4,7	1,6	1,70	0,28	1,32	84	1	21,3	25	7,0	12,21	3,67
L <sub>4</sub> T	7,2	3,2	1,2	1,77	0,32	0,99	86	0	25,4	26	6,2	10,76	2,20
L <sub>5</sub> T	6,4	2,9	1,6	2,51	0,18	0,50	93	1	34,0	28	7,0	12,10	3,90
L <sub>1</sub> B	8,1	2,8	0,6	0,67	0,96	0,50	91	0	12,1	67	3,9	6,83	1,77
L <sub>2</sub> B	6,7	3,2	1,6	1,37	1,30	0,66	92	1	16,8	98	5,7	9,83	2,96
L <sub>3</sub> B	6,6	4,7	1,9	1,65	1,80	0,66	94	0	15,4	125	4,0	7,03	3,61
L <sub>4</sub> B	5,9	3,2	3,0	1,51	1,80	1,16	89	1	14,2	114	7,4	12,83	4,73
L <sub>5</sub> B	5,9	2,9	2,6	0,93	0,48	0,99	87	1	11,8	61	7,2	12,41	3,38
L <sub>1</sub> M	5,8	2,7	0,9	1,67	0,89	1,16	84	2	22,8	77	6,6	11,48	3,61
L <sub>2</sub> M	5,6	2,3	1,4	0,77	0,37	1,16	81	2	12,8	36	6,1	10,65	4,85
L <sub>3</sub> M	5,2	2,8	1,1	0,64	0,24	1,65	74	5	9,9	64	6,4	11,17	2,58
L <sub>4</sub> M	7,0	2,4	1,8	0,83	0,39	0,66	89	0	13,7	64	6,2	10,76	2,37
L <sub>5</sub> M	5,2	3,1	1,8	0,95	0,26	1,32	82	3	12,7	95	5,5	9,52	3,45