



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



TESE DE DOUTORADO

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: IRRIGAÇÃO E DRENAGEM

**Manejo de águas salinas e residuárias na produção de flores  
de girassol em sistema hidropônico para regiões semiáridas**

**JOSÉ AMILTON SANTOS JÚNIOR**

República Federativa do Brasil  
Estado da Paraíba  
Campina Grande, Fevereiro de 2013

**JOSÉ AMILTON SANTOS JÚNIOR**  
Engenheiro Agrícola

**Manejo de águas salinas e residuárias na produção de flores de girassol em sistema hidropônico para regiões semiáridas**

Orientador: **D.Sc. Hans Raj Gheyi**

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

República Federativa do Brasil  
Estado da Paraíba  
Campina Grande, Fevereiro de 2013

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCG

S237m Santos Júnior, José Amilton.  
Manejo de águas salinas e residuárias na produção de flores de girassol em sistema hidropônico para regiões semiáridas / José Amilton Santos Júnior. – 2013.  
236 f. : il. Color.

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

"Orientação: Prof. D.Sc. Hans Raj Gheyi".  
Referências.

1. Semiárido Brasileiro. 2. Qualidade de Água. 3. Gestão de Recursos Hídricos. 4. Hidráulica. I. Gheyi, Hans Raj. II. Título.

CDU 551.58(043)



Parecer final do julgamento da tese do doutorando

**JOSÉ AMILTON SANTOS JÚNIOR**

**Manejo de águas salinas e residuárias na produção de flores de girassol  
em sistema hidropônico para regiões semiáridas**

BANCA EXAMINADORA:

PARECER

D.Sc. Hans Raj Gheyi – DEAg/UFCG (Orientador)

Aprovado

D.Sc. Genival Barros Júnior – UAST/UFRPE

APROVADO

D.Sc. Nildo da Silva Dias – UFERSA

APROVADO

D.Sc. Salomão de Sousa Medeiros – INSA/MCTI

APROVADO

D.Sc. Vera Lúcia Antunes de Lima – DEAg/UFCG

Aprovado

República Federativa do Brasil  
Estado da Paraíba  
Campina Grande, Fevereiro de 2013

Ao meu inesquecível pai, **José Amilton Santos** (*in memoriam*) cujo legado e exemplo me trouxeram até aqui e serão modelo por toda a vida e a minha amada mãe, **Rosemary Ferreira Santos**, que hoje contempla o resultado de anos de oração e ensinamento que dedicou à minha vida.

Amo vocês, incondicionalmente...!

**Dedico**

## AGRADECIMENTOS

A **Jesus Cristo**, o autor e consumidor da minha fé. Porque dEle e por Ele, e para Ele, são todas as coisas; glória, pois, a Ele, eternamente. Amém! (Romanos 11:36).

A minha amada esposa, **Jullyana** Karolina Lima Santos. Compartilhamos muitas horas durante a condução das pesquisas e o período em que a Tese foi escrita... chuva, sol, ambientes experimentais ... às vezes doente, você estava lá. Não há equação que consiga descrever o meu amor por você!

A meu pai, José **Amilton** Santos (*in memoriam*). Não é apenas saudade; nem sei se existe uma palavra que comporte toda a falta que sinto. A fidelidade de Deus tem sido incrível... Ele me adotou, me orientou em decisões importantes. Obrigado, **Espírito Santo**... em Ti tenho todo apoio e orientação de que necessito: não me deixaste órfão!

A minha mãe, **Rosemary** Ferreira Santos. Anos se passaram e chegamos a mais um momento importante da minha vida; em todos os instantes estiveste presente, me acompanhaste e semeaste carinhosamente na minha vida. Hoje estamos colhendo frutos, juntos. Glória a Deus! Como eu agradeço a Deus pela tua vida, mãe... como é bom tê-la por perto: eu a amo incondicionalmente!

A minha irmã, **Elka** Taiusky Ferreira Santos Brito; incluso Iranildo de Souza Brito (cunhado), Noemy Taiusky Ferreira Santos Brito (sobrinha) e Yitzhak Ferreira Santos Brito (sobrinho). A família cresceu e fisicamente reside em locais distintos. Como é bom chegar a Solânea e me sentir em casa... vocês são alegria! Amo vocês!

A minha irmã, **Kadidja** Ferreira Santos. Exemplo de motivação, de excelência... esta palavra traduz bem o que você é pra mim. Você é a menina dos nossos olhos como família Santos. Amo-te pra sempre!

A minha irmã, **Amilca** Ferreira Santos Oliveira, incluso Marcelo Lopes de Oliveira (cunhado) e Letícia Ferreira Santos Oliveira (sobrinha). A harmonia se reflete nas suas palavras e o amor nos seus gestos; você faz toda a família se sentir amada e cuidada. Amo você!

A minha avó, **Nilde** de Souza Ferreira. Como é bom poder abraça-la, afaga-lá, tomar juntos o café das 16 h e ouvi-la: Deus te faça feliz! Amo você, vó!

Ao meu orientador, Prof. D.Sc. **Hans** Raj Gheyi. Quando perdi meu pai; em todos os momentos em que passei por dificuldades particulares, recebi compreensão... quando precisei de conselhos, você estava lá. Ao todo, foram quatro anos de convivência e orientação... nunca o esquecerei: obrigado por apostar em mim!

Ao professor e amigo D.Sc. **Nildo** da Silva Dias. Obrigado por cada artigo corrigido, por cada dica, cada conselho. É muito bom ter amigos como você!

Ao amigo Prof. D.Sc. **Genival** Barros Júnior. Trago comigo muitas lições aprendidas durante o período em que trabalhamos juntos. Você faz parte desta conquista!

À Prof<sup>a</sup>. D.Sc. **Vera** Lúcia Antunes de Lima. Desde o período da graduação suas palavras ainda me motivam a fazer sempre o melhor em tudo que me proponho a fazer!

Aos colegas e parceiros de pesquisa, Dnd. **Doroteu** Honório Guedes Filho e M.Sc. **Danila** Lima Araújo. Como é bom contar com a sua amizade sincera e fraterna. Deus abençoe as suas vidas... levarei comigo as lições que aprendi com vocês!

Ao professor D.Sc. **Demerval Araújo Furtado** - coordenador do curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola; à secretária **Aldanisa** e aos demais professores e funcionários que participaram da construção desta conquista;

Aos meus colegas de sala de aula Dnd. **Janivan** Fernandes Suassuna, Dnd. **Mônica** Shirley da Silva Sousa e Dnd. José **Madson** da Silva. Verdadeiros exemplos de superação!

A todos que fazem a Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola na Universidade Federal de Campina Grande, PB, o meu muito obrigado!

À direção do **Instituto Nacional do Semiárido**. Na pessoa do Prof. D.Sc. Ignácio Hernán **Salcedo**, diretor do INSA, estendo meus agradecimentos aos assessores técnicos: D.Sc. **Aldrin** Martin Perez-Marin e ao D.Sc. **Salomão** de Sousa Medeiros. Obrigado pelo apoio e motivação para sempre enxergar mais longe!

Aos amigos e colegas do Instituto Nacional do Semiárido, em especial aos lotados na **Estação Experimental do INSA**: Med. Vet. Carlos **Ticiano** Coutinho Ramos, M.Sc. **Paulo** Luciano da Silva Santos, Dnd. **Jucileide** Barboza Borburema, **Antônio** Ramos Cavalcante e **Gustavo** Queiroz Laurentino. Aprendo com vocês todos os dias!

Muito obrigado!

Depois disso o Senhor respondeu a Jó dum redemoinho, dizendo:  
Quem é este que escurece o conselho com palavras sem conhecimento?  
Agora cinge os teus lombos, como homem; porque te perguntarei, e tu me responderás.  
Onde estavas tu, quando eu lançava os fundamentos da terra?  
Faze-me saber, se tens entendimento.  
Quem lhe fixou as medidas, se é que o sabes? Ou quem a mediu com o cordel?  
Sobre que foram firmadas as suas bases, ou quem lhe assentou a pedra de esquina, quando juntas cantavam as estrelas da manhã, e todos os filhos de Deus bradavam de júbilo?  
Ou quem encerrou com portas o mar, quando este rompeu e saiu da madre; quando eu lhe pus nuvens por vestidura, e escuridão por faixas, e lhe tracei limites, pondo-lhe portas e ferrolhos, e lhe disse: Até aqui virás, porém não mais adiante; e aqui se quebrarão as tuas ondas orgulhosas?  
(...) Compreendeste a largura da terra? Faze-me saber, se sabes tudo isso.  
(...) Onde está o caminho para o lugar em que se reparte a luz, e se espalha o vento oriental sobre a terra?  
Quem abriu canais para o aguaceiro, e um caminho para o relâmpago do trovão;  
para fazer cair chuva numa terra, onde não há ninguém, e no deserto, em que não há gente;  
para fartar a terra deserta e assolada, e para fazer crescer a tenra relva?  
A chuva porventura tem pai? Ou quem gerou as gotas do orvalho?  
Do ventre de quem saiu o gelo? E quem gerou a geada do céu?  
(...) Podes atar as cadeias das Plêiades, ou soltar os atilhos do Oriom?  
Ou fazer sair às constelações há seu tempo, e guiar a Ursa com seus filhos?  
Sabes tu as ordenanças dos céus, ou podes estabelecer o seu domínio sobre a terra?  
Ou podes levantar a tua voz até as nuvens, para que a abundância das águas te cubra?  
Ou ordenarás aos raios de modo que saiam? Eles te dirão: Eis-nos aqui?  
Quem pôs sabedoria nas densas nuvens, ou quem deu entendimento ao meteoro?  
Responde-me se tens entendimento...

## ÍNDICE

<b>RESUMO E ABSTRACT</b>	xi
<b>LISTA DE TABELAS E FIGURAS</b>	xiii
<b>CAPITULO I – INTRODUÇÃO</b>	22
I.1. Considerações Iniciais	23
I.2. Hipóteses	25
I.3. Objetivos	26
I.4. Referências	27
<b>CAPÍTULO II – ESTADO DA ARTE</b>	29
II.1. O Semiárido Brasileiro	30
II.2. Qualidade de água	32
II.2.1. Aspectos legais (Legislação)	32
II.2.2. Aspectos técnicos	33
II.2.2.1. Monitoramento da qualidade da água	39
II.2.3. Águas salinas	41
II.2.3.1. Efeito da salinidade no crescimento das culturas	41
II.2.3.2. Tolerância das culturas à salinidade	43
II.2.4. Águas residuárias	44
II.2.4.1. Aspectos técnicos	44
II.2.4.2. Gestão dos recursos hídricos residuais	51
II.2.4.3. Águas residuárias na agricultura: aspectos nutricionais	54
II.2.4.4. Custo da água residuária para uso agrícola	55
II.3. Floricultura no Semiárido Brasileiro	56
II.3.1. O girassol, a “flor do Sol”	57
II.4. Hidroponia	60
II.4.1. Princípio físico de funcionamento	60
II.4.2. Soluções nutritivas consolidadas e alternativas	61
II.4.3. Sistemas hidropônicos	61
II.4.4. Substratos alternativos utilizados em hidroponia	62
II.5. Referências	66
<b>CAPITULO III – PESQUISAS REALIZADAS</b>	84
III.1. Produção e pós-colheita de flores de girassois sob estresse salino em sistema hidropônico alternativo	85

III.2. Interação concentração de NPK e salinidade da solução nutritiva na produção de flores de girassol	104
III.3. Substratos e frequências de irrigação utilizando efluente doméstico na emergência e vigor do girassol	121
III.4. Substratos e frequências de irrigação utilizando efluente doméstico no crescimento e desenvolvimento do girassol	141
III.5. Manejo do efluente doméstico no cultivo do girassol cultivado em sistema hidropônico: produção de flores	160
III.6. Crescimento inicial do girassol cultivado em diferentes substratos e irrigado com efluente doméstico enriquecido	177
III.7. Efluente doméstico enriquecido no cultivo do girassol em sistema hidropônico: crescimento e desenvolvimento	196
III.8. Efluente doméstico enriquecido no cultivo do girassol em sistema hidropônico: produção e pós-colheita	216
<b>CAPITULO IV – CONCLUSÃO</b>	<b>234</b>

## **Manejo de águas salinas e residuárias na produção de flores de girassol em sistema hidropônico para regiões semiáridas**

Estudante: **M.Sc. José Amilton Santos Júnior**

Orientador: **D.Sc. Hans Raj Gheyi**

**RESUMO:** O desenvolvimento de tecnologias que aproveitem os recursos hídricos disponíveis com eficiência, independente da sua qualidade físico-química e microbiológica, é uma alternativa no sentido de subsidiar a gestão dos recursos hídricos e ampliar a capacidade de sistemas de produção irrigados em regiões semiáridas. Diante deste cenário buscou-se, com o presente trabalho, estudar os efeitos de distintas estratégias de manejo da irrigação utilizando água salina e residuária (efluente doméstico) e diferentes substratos sobre a emergência e o vigor, crescimento e o desenvolvimento e produção e pós-colheita de flores de plantas de girassol cultivadas em sistemas semi-hidropônicos e em sistemas hidropônicos alternativos, que considerassem as peculiaridades do semiárido brasileiro. Os resultados dos ensaios desenvolvidos foram submetidos à análise de variância comparando-se, por meio de análise de regressão, os fatores quantitativos e, por meio de teste de médias (Tukey), os fatores qualitativos a nível de 0,05 de probabilidade, utilizando-se software estatístico SISVAR versão 5.2. Em termos gerais, constatou-se que no período seco do ano é possível produzir flores com padrão comercial utilizando o efluente doméstico como solução nutritiva sob a estratégia de substituir o volume percolado em até quatro dias; no período chuvoso, no entanto, para obter-se resultados similares é necessário que haja reposição nutricional de no mínimo 55% da concentração de NPK testada. Em relação ao aproveitamento da água salina, concluiu-se que é possível produzir flores em padrão comercial das cultivares EMBRAPA 122-V2000, Sol Noturno e Anão de Jardim em níveis salinos de até 9 dS m<sup>-1</sup>.

**Palavras-chave:** Semiárido Brasileiro. Qualidade de Água. Gestão dos Recursos Hídricos. Hidráulica

## **Management of saline water and wastewater in the production of sunflowers on hydroponic system to semiarid regions**

Student: **M.Sc. José Amilton Santos Júnior**

Advisor: **D.Sc. Hans Raj Gheyi**

**ABSTRACT:** The development of technologies that use the available water resources efficiently, regardless of their physical-chemical and microbiological quality, is an alternative in order to support the management of water resources and expand the production capacity of irrigated systems in semiarid regions. Against this background, the effects of different management strategies of irrigation using saline water and wastewater (domestic effluent) and different substrates on the emergence and vigor, growth and development, and production and post-harvest flowers of sunflower plants grown in semi-hydroponic systems and in hydroponic systems alternative, that consider the peculiarities of the brazilian semiarid, was studied. The results of researchs developed were subjected to analysis of variance comparing by regression analysis the quantitative factors and by testing of means (Tukey) the qualitative factors at the 0.05 level of probability, using software statistical SISVAR version 5.2. In general, it was found that in the dry season is possible to produce flowers of sunflower in commercial standard, using the domestic effluent as the nutrient solution using the strategy of replace the volume percolated up to four days; in the rainy season, however, to obtain similar results it is necessary do the nutritional supplementation at least on dose of 55% of the concentration of NPK tested. Regarding the use of saline water, it was concluded that it is possible to produce flowers of sunflower of cultivars EMBRAPA 122-V2000, Sun Night and Garden Gnome, in standard commercial, using salinity levels up to 9 dS m<sup>-1</sup>.

**Keywords:** Brazilian semiarid. Water Quality. Water Resources Management. Hydraulics.

## Lista de Tabelas

### Capítulo II

Tabela 1. Pesos para o cálculo do IQA, segundo a CETESB	39
Tabela 2. Classificação da água de acordo com o índice de qualidade de água – IQA	40
Tabela 3. Redução potencial das culturas sob efeito da salinidade do extrato de saturação ( $CE_{es}$ ) e da água ( $CE_a$ )	43
Tabela 4. Parâmetros físico-químicos da água residuária oriunda do esgoto doméstico na cidade de Apodi, RN	48
Tabela 5. Composição da água residuária bruta de atividades industriais	48
Tabela 6. Valores médios e desvio padrão dos principais parâmetros analisados do esgoto bruto e efluentes de diversos sistemas de pós-tratamento	50
Tabela 7. Valores médios, máximo e mínimo e medidas de tendência central das análises de coliformes termotolerantes e ovos de helminto	51
Tabela 8. Área irrigada com água residuárias em diferentes países	52
Tabela 9. Volume de esgotos com potencialidade de uso na agricultura	53
Tabela 10. Custos diretos para vias alternativas (US\$ $m^{-3}$ ), para uma escala de tratamento de 10 milhões de $m^3$ por ano, em Israel	55
Tabela 11. Composição química dos nutrientes presentes na solução nutritiva geral indicada por Hoagland & Arnon (1950); Sarruge (1975); Castellane & Araújo (1995) e Furlani et al. (1999)	61

### Capítulo III, subitem III.1

Tabela 1. Precipitação média anual mensurada em diferentes pontos do município de Campina Grande, PB, no ano hidrológico de 2011	89
Tabela 2. Composição da solução nutritiva padrão utilizada	89
Tabela 3. Característica da água de abastecimento utilizada no preparo da solução	90
Tabela 4. Resumo da ANOVA para início médio do florescimento (IF), comprimento (CH) e diâmetro (DH) médio da haste, diâmetro médio externo da flor - capítulo (DCe), diâmetro médio interno da flor - capítulo (DCi) e número médio de pétalas (NP) de cultivares de girassol cultivados em sistema hidropônico alternativo sob estresse salino	93
Tabela 5. Resumo da ANOVA para número médio de folhas (NF), duração média pós-colheita (DPC), fitomassa fresca média da flor na colheita (FFC) e no descarte (FFD) e perda média de água da flor da colheita ao descarte (PAF) do girassol cultivado em sistema hidropônico alternativo sob estresse salino	97

### **Capítulo III, subitem III.2**

Tabela 1. Composição da solução nutritiva padrão utilizada (Furlani et al. 1999)	108
Tabela 2. Característica da água de abastecimento utilizada no preparo da solução	109
Tabela 3. Resumo da ANOVA para início médio do florescimento (IF), comprimento (CH) e diâmetro (DH) médio da haste, diâmetro médio externo da flor - capítulo (DCe), diâmetro médio interno da flor - capítulo (DCi) e número médio de pétalas (NP) de flores de girassol (cv. EMBRAPA 122-V2000) cultivada em sistema semi-hidropônico em função do efeito interativo entre a salinidade e a concentração de NPK da solução nutritiva	111
Tabela 4. Resumo da ANOVA para número médio de folhas (NF), área foliar média (AF), duração média pós-colheita (DPC), fitomassa média da flor na colheita (FFC) e no descarte (FFD) e perda média de água da flor da colheita ao descarte (PAF) de flores de girassol (cv. EMBRAPA 122-V2000) cultivada em sistema semi-hidropônico em função do efeito interativo entre a salinidade e a concentração de NPK da solução nutritiva	115

### **Capítulo III, subitem III.3**

Tabela 1. Caracterização físico-química dos substratos de cultivo	125
Tabela 2. Caracterização físico-química do efluente doméstico (ED) filtrado utilizado	126
Tabela 3. Resumo da ANOVA para as variáveis: porcentagem média de germinação (%G), índice médio de velocidade de emergência (IVE), comprimento médio da raiz (CR), número médio de folhas (NF), comprimento (CC) e diâmetro (DC) médio do caule de plantas de girassol cv. EMBRAPA 122-V2000, aos 20 DAS, em sistema semi-hidropônico utilizando efluente doméstico, renovado/substituído em diferentes frequências, como solução nutritiva e cultivadas em diferentes substratos de cultivo	130
Tabela 4. Resumo da ANOVA para fitomassa fresca e seca média – total (FFT e FST); parte aérea (FFPA e FSPA) e raiz (FFR e FSR) de plantas de girassol cv. EMBRAPA 122-V2000, aos 20 DAS, em sistema semi-hidropônico utilizando efluente doméstico, renovado/substituído em diferentes frequências, como solução nutritiva e cultivadas em diferentes substratos de cultivo	133
Tabela 5. Resumo da ANOVA para teor médio de água – na planta (TAP), na parte aérea (TAPA) e na raiz (TAR); índice médio de produção de biomassa da parte aérea (IPBPA) e relação raiz-parte aérea média (R/PA) de plantas de girassol, cv. EMBRAPA 122-V2000, aos 20 DAS, em sistema semi-hidropônico utilizando efluente doméstico, renovado/substituído em diferentes frequências, como solução nutritiva e cultivadas em diferentes substratos de cultivo	134

### **Capítulo III, subitem III.4**

Tabela 1. Caracterização físico-química dos substratos de cultivo, EMBRAPA (1997)	145
Tabela 2. Caracterização físico-química do efluente doméstico filtrado utilizado	146
Tabela 3. Resumo da ANOVA para o comprimento da haste do girassol (cv. EMBRAPA 122-V2000) aos 21, 28, 35 e 42 DAS, cultivado em diferentes substratos de cultivo e irrigado com efluente doméstico com variação no intervalo de tempo de renovação/substituição da solução	148

Tabela 4. Resumo da ANOVA para o diâmetro da haste do girassol (cv. EMBRAPA 122-V2000) aos 21, 28, 35 e 42 DAS, cultivado em diferentes substratos de cultivo e irrigado com efluente doméstico com variação no intervalo de tempo de renovação/substituição da solução percolada 149

Tabela 5. Resumo da ANOVA para o número de folhas do girassol (cv. EMBRAPA 122-V2000) aos 21, 28, 35 e 42 DAS, cultivado em diferentes substratos de cultivo e irrigado com efluente doméstico com variação no intervalo de tempo de renovação/substituição da solução percolada 152

Tabela 6. Resumo da ANOVA para o área foliar do girassol (cv. EMBRAPA 122-V2000) aos 21, 28, 35 e 42 DAS, cultivado em diferentes substratos de cultivo e irrigado com efluente doméstico com variação no intervalo de tempo de renovação/substituição da solução percolada 153

### **Capítulo III, subitem III.5**

Tabela 1. Caracterização físico-química\* do efluente doméstico filtrado utilizado 164

Tabela 2. Resumo da ANOVA para início do florescimento (IF), número de pétalas (NP), diâmetro externo do capítulo (DCe), diâmetro interno do capítulo (DCi), comprimento da haste (CH) e diâmetro da haste (DH) de plantas de girassol, cultivadas em sistema semi-hidropônico utilizando efluente doméstico como solução nutritiva renovado em diferentes frequências e substratos de cultivo 166

Tabela 3. Resumo da ANOVA para duração pós-colheita (DPC), fitomassa fresca da flor na colheita (FFC); fitomassa da flor no descarte (FFD), número de folhas (NF) e área foliar (AF) de plantas de girassol, cultivadas em sistema semi-hidropônico utilizando efluente doméstico como solução nutritiva renovado em diferentes frequências e substratos de cultivo 171

### **Capítulo III, subitem III.6**

Tabela 1. Composição da solução nutritiva padrão utilizada (Furlani et al., 1999) 181

Tabela 2. Caracterização físico-química dos substratos de cultivo\* 181

Tabela 3. Caracterização físico-química do efluente doméstico utilizado\* 182

Tabela 4. Resumo da ANOVA para porcentagem média de germinação (%G), índice médio de velocidade de emergência (IVE), comprimento médio da raiz (CR), comprimento (CC) e diâmetro médio do caule (DC), e número médio de folhas (NF) de plantas de girassol, cv. EMBRAPA 122-V2000, aos 20 DAS, cultivadas em sistema semi-hidropônico utilizando diferentes substratos e efluente doméstico coletado no período chuvoso no preparo da solução nutritiva 184

Tabela 5. Resumo da ANOVA para fitomassa fresca e seca média – total (FFT e FST); parte aérea (FFPA e FSPA); raiz (FFR e FSR) de plantas de girassol (cv. EMBRAPA 122-V2000), aos 20 DAS, cultivadas em sistema semi-hidropônico utilizando diferentes substratos e efluente doméstico coletado no período chuvoso no preparo da solução nutritiva 187

Tabela 6. Resumo da ANOVA para teor médio de água – na planta (TAP), na parte aérea (TAPA) e na raiz (TAR); índice médio de produção de biomassa da parte aérea (IPBPA) e relação raiz/parte aérea média (R/PA) de plantas de girassol (cv. EMBRAPA 122-V2000), aos 191

20 DAS, cultivadas em sistema semi-hidropônico utilizando diferentes substratos e efluente doméstico coletado no período chuvoso no preparo da solução nutritiva

### **Capítulo III, subitem III.7**

Tabela 1. Caracterização físico-química dos substratos de cultivo EMBRAPA, 1997	200
Tabela 2. Composição da solução nutritiva padrão utilizada (Furlani et al. 1999)	200
Tabela 3. Caracterização físico-química do efluente doméstico utilizado	202
Tabela 4. Resumo da ANOVA para o comprimento médio do caule de plantas de girassol (cv. EMBRAPA 122-V2000), em diferentes datas, cultivadas em sistema semi-hidropônico utilizando efluente doméstico coletado durante o período chuvoso no preparo da solução nutritiva, e crescidas em diferentes substratos	203
Tabela 5. Resumo da ANOVA para o diâmetro do caule de plantas de girassol (cv. EMBRAPA 122-V2000), em diferentes datas, cultivadas em sistema semi-hidropônico utilizando efluente doméstico coletado durante o período chuvoso no preparo da solução nutritiva, e crescidas em diferentes substratos	205
Tabela 6. Resumo da ANOVA para o número de folhas do girassol (cv. EMBRAPA 122-V2000), em diferentes datas, cultivadas em sistema semi-hidropônico utilizando efluente doméstico coletado durante o período chuvoso no preparo da solução nutritiva, e crescidas em diferentes substratos	208
Tabela 7. Resumo da ANOVA para a área foliar de plantas de girassol (cv. EMBRAPA 122-V2000), em diferentes datas, cultivadas em sistema semi-hidropônico utilizando efluente doméstico coletado durante o período chuvoso no preparo da solução nutritiva, e crescidas em diferentes substratos	210

### **Capítulo III, subitem III.8**

Tabela 1. Composição da solução nutritiva padrão utilizada (Furlani et al. 1999)	219
Tabela 2. Caracterização físico-química dos substratos de cultivo	220
Tabela 3. Caracterização físico-química do efluente doméstico utilizado	221
Tabela 4. Resumo da ANOVA para início médio do florescimento (IF), número médio de pétalas (NP), diâmetro médio externo da flor - capítulo (DCe), diâmetro médio interno da flor - capítulo (DCi), comprimento médio da haste (CH), e diâmetro médio da haste (DH) de flores de girassol cv. EMBRAPA 122-V2000, cultivadas em sistema semi-hidropônico utilizando efluente doméstico enriquecido e diferentes substratos	223
Tabela 5. Resumo da ANOVA para duração pós-colheita (DPC), fitomassa da flor na colheita (FFC); fitomassa da flor no descarte (FFD), perda de água da flor da colheita ao descarte (PAF), número de folhas (NF) e área foliar (AF) de flores de plantas de girassol cultivadas em sistema semi-hidropônico utilizando diferentes substratos e efluente doméstico coletado no período chuvoso no preparo da solução nutritiva	228

## Lista de Figuras

### Capítulo II

Figura 1. Sistema hidropônico NFT (*Nutrient Film Technique*) 62

### Capítulo III, subitem III.1

Figura 1. (A) Vista frontal e (B) vista lateral do protótipo hidropônico utilizado; (C) vista frontal e (D) vista lateral da composição dos tubos de PVC; (E) Vista interna do tubo em funcionamento; (F) Vista lateral do sistema; (G) Sistema hidropônico em funcionamento 91

Figura 2. (A) Desdobramento do fator cultivar de girassol dentro do fator salinidade da solução nutritiva para o início médio do florescimento e para o (B) comprimento médio da haste Equações descritas apenas para resultados significativos 94

Figura 3. (A) Diâmetro médio da haste em função da salinidade da solução nutritiva e das (B) diferentes cultivares de girassol 95

Figura 4. (A) Desdobramento do fator salinidade da solução nutritiva dentro do fator cultivar do girassol para diâmetro externo do capítulo e (B) do fator cultivar de girassol dentro do fator salinidade solução nutritiva para o diâmetro externo do capítulo 95

Figura 5. (A) Diâmetro interno do capítulo em função da salinidade da solução nutritiva e (B) das diferentes cultivares de girassóis. (C) Número de pétalas em função da salinidade da solução nutritiva e (D) das diferentes cultivares de girassóis 97

Figura 6. (A) Desdobramento do fator salinidade da solução nutritiva dentro do fator cultivar de girassol para o número de folhas e para a (B) duração pós-colheita 98

Figura 7. (A) Fitomassa fresca da flor na colheita em função da salinidade da solução nutritiva e (B) das diferentes variedades de girassol. (C) Fitomassa fresca da flor no descarte em função da salinidade da solução nutritiva e (D) das diferentes variedades de girassol. (E) Perda de água da flor da colheita ao descarte em função da salinidade da solução nutritiva e (F) das diferentes cultivares de girassol 100

### Capítulo III, subitem III.2

Figura 1. (A) Desdobramento do fator salinidade dentro do fator concentração de NPK e (B) do fator concentração de NPK dentro do fator salinidade da solução nutritiva para o início do florescimento; (C) comprimento e (D) diâmetro da haste. (E) Desdobramento do fator salinidade dentro do fator concentração de NPK para o diâmetro externo e (F) interno do capítulo. (G) Número de pétalas de flores de girassol (cv. EMBRAPA 122-V2000) cultivada em sistema semi-hidropônico em função do efeito interativo entre a salinidade e a concentração de NPK da solução nutritiva 114

Figura 2. (A) Desdobramento da interação salinidade versus concentração de NPK para o número de folhas. (B) Área foliar de flores de girassol (cv. EMBRAPA 122-V2000) cultivada em sistema semi-hidropônico em função do efeito interativo entre a salinidade e a concentração de NPK da solução nutritiva 116

Figura 3. (A) Desdobramento do fator concentração de NPK dentro do fator salinidade da solução nutritiva e do (B) fator salinidade da solução nutritiva dentro do fator concentração de NPK para a duração pós-colheita. (C) Fitomassa da flor na colheita e (D) no descarte e (E) perda de água da colheita ao descarte de flores de girassol (cv. EMBRAPA 122-V2000) cultivada em sistema semi-hidropônico em função do efeito interativo entre a salinidade e a concentração de NPK da solução nutritiva 117

### Capítulo III, subitem III.3

Figura 1. Manejo da irrigação do sistema semi-hidropônico utilizado 126

Figura 2. (A) Porcentagem média de germinação; (B) índice médio de velocidade de emergência; (C) comprimento médio da raiz; (D) desdobramento do fator substrato dentro do fator tempo de renovação do ED para o comprimento da raiz; (E) número médio de folhas; (F) comprimento médio do caule e (G) diâmetro médio do caule de plantas de girassol cv. EMBRAPA 122-V2000, aos 20 DAS, em sistema semi-hidropônico utilizando efluente doméstico, renovado/substituído em diferentes frequências, como solução nutritiva e cultivadas em diferentes substratos de cultivo 132

Figura 3. Fitomassa fresca (A) total, (B) da parte aérea, (C) da raiz; fitomassa seca (D) total, (E) da parte aérea e (F) da raiz de plantas de girassol cv. EMBRAPA 122-V2000, aos 20 DAS, em sistema semi-hidropônico utilizando efluente doméstico, renovado/substituído em diferentes frequências, como solução nutritiva e cultivadas em diferentes substratos de cultivo 135

Figura 4. Teor de água (A) na planta e (B) na parte aérea; (C) índice de produção de biomassa da parte aérea e (D) relação raiz-parte aérea de plantas de girassol cv. EMBRAPA 122-V2000, aos 20 DAS, em sistema semi-hidropônico utilizando efluente doméstico, renovado/substituído em diferentes frequências, como solução nutritiva e cultivadas em diferentes substratos de cultivo 137

### Capítulo III, subitem III.4

Figura 1. Unidade experimental e manejo da irrigação do sistema hidropônico utilizado 145

Figura 2. (A) Comprimento da haste de girassol (cv. EMBRAPA 122-V2000) aos 21, 28, 35 e 42 dias quando cultivado em substratos; (B) aos 35 e 42 DAS quando irrigado com efluente doméstico com diferentes tempos de renovação/substituição da solução percolada; (C) e aos 35 DAS, desdobramento do fator substrato dentro do fator tempo de renovação do efluente doméstico 148

Figura 3. Diâmetro da haste de girassol (cv. EMBRAPA 122-V2000) aos (A) 21, 28, (B) 35 e 42 DAS quando irrigado com diferentes tempos de renovação/substituição da solução percolada e (C) substratos de cultivo 151

Figura 4. Número de folhas aos (A) 21, 28, (B) 35 e 42 DAS do girassol (cv. EMBRAPA 122-V2000) irrigado com efluente doméstico sob diferentes tempos de renovação/substituição da solução percolada e (C) substratos de cultivo 154

Figura 5. Área foliar aos (A) 21, 28, (B) 35 e aos 42 DAS do girassol (cv. EMBRAPA 122-V2000) cultivado em substratos e irrigado com efluente doméstico sob diferentes tempos de renovação/substituição da solução percolada e (C) substratos de cultivo. Desdobramento do fator substrato dentro do fator tempo de renovação/substituição da solução percolada aos (D) 156

### Capítulo III, subitem III.5

Figura 1. Resultados para plantas de girassol, cultivadas em sistema semi-hidropônico utilizando efluente doméstico como solução nutritiva renovado em diferentes frequências e substratos de cultivo. (A) Desdobramento do fator tempo de renovação do efluente doméstico dentro do fator substrato e (B) do fator substrato dentro do fator tempo de renovação do efluente doméstico para o início do florescimento; diâmetro externo da flor (C) em função do tempo de renovação e (D) dos substratos; diâmetro interno da flor (E) em função do tempo de renovação e (F) dos substratos e (G) número de pétalas em função dos substratos de cultivo 168

Figura 2. Resultados para plantas de girassol, cultivadas em sistema semi-hidropônico utilizando efluente doméstico como solução nutritiva renovado em diferentes frequências e substratos de cultivo. Comprimento da haste (A) em função do tempo de renovação do efluente doméstico e (B) substratos de cultivo; diâmetro da haste da flor de girassol (C) em função do tempo de renovação do efluente doméstico e (D) substratos de cultivo 170

Figura 3. Resultados para plantas de girassol, cultivadas em sistema semi-hidropônico utilizando efluente doméstico como solução nutritiva renovado em diferentes frequências e substratos de cultivo. (A) Desdobramento do fator tempo de renovação do efluente doméstico dentro do fator substrato e (B) do fator substrato dentro do fator tempo de renovação do efluente doméstico para a duração pós-colheita; desdobramento do fator substrato dentro do fator tempo de renovação do efluente doméstico (C) para a fitomassa da flor na colheita e (D) no descarte; número de folhas (E) em função do tempo de renovação/substituição do efluente doméstico e (F) dos substratos; (G) desdobramento do fator tempo de renovação do efluente doméstico para a área foliar 173

### Capítulo III, subitem III.6

Figura 1. (A) Índice médio de velocidade de emergência e (B) comprimento médio da raiz em função dos substratos de cultivo; (C) número de folhas em função da concentração nutricional e (D) substratos de cultivo; (E) desdobramento da interação concentração x substrato para o comprimento e (F) diâmetro do caule de plantas girassol, cv. EMBRAPA 122-V2000, aos 20 DAS, cultivadas em sistema semi-hidropônico utilizando diferentes substratos e efluente doméstico coletado no período chuvoso no preparo da solução nutritiva 187

Figura 2. Desdobramento da interação entre os fatores concentração versus substratos para a (A) fitomassa fresca total, (B) fitomassa fresca da parte aérea e (C) da fitomassa fresca da raiz de plantas de girassol, cv. EMBRAPA 122-V2000, aos 20 DAS, cultivadas em sistema semi-hidropônico utilizando diferentes substratos e efluente doméstico coletado no período chuvoso no preparo da solução nutritiva 188

Figura 3. (A) Fitomassa seca total em função da concentração nutricional e (B) dos substratos de cultivo; (C) Fitomassa seca da parte aérea em função da concentração nutricional e (D) dos substratos de cultivo; (E) desdobramento do fator substrato dentro do fator concentração nutricional para a variável fitomassa seca da raiz de plantas de girassol (cv. EMBRAPA 122-V2000), aos 20 DAS, cultivadas em sistema semi-hidropônico utilizando diferentes substratos e efluente doméstico coletado no período chuvoso no preparo da solução nutritiva 190

Figura 4. (A) Teor de água na planta, (B) teor de água na raiz e (C) índice de produção de 192

biomassa da parte aérea de plantas de girassol, cv. EMBRAPA 122-V2000, aos 20 DAS, cultivadas em sistema semi-hidropônico utilizando diferentes substratos e efluente doméstico coletado no período chuvoso no preparo da solução nutritiva

### Capítulo III, subitem III.7

Figura 1. Comprimento do caule aos 21, 28, 35, 42 e 49 DAS (A) em função da concentração nutricional e (B) dos substratos; desdobramento do fator substrato dentro do fator concentração nutricional aos (C) 42 DAS e (D) aos 49 DAS para o comprimento médio do caule de plantas de girassol (cv. EMBRAPA 122-V2000) cultivadas em sistema semi-hidropônico utilizando efluente doméstico coletado durante o período chuvoso no preparo da solução nutritiva, e crescidas em diferentes substratos 204

Figura 2. Resultados relacionados ao diâmetro médio do caule de plantas de girassol (cv. EMBRAPA 122-V2000) cultivadas em sistema semi-hidropônico utilizando efluente doméstico coletado durante o período chuvoso no preparo da solução nutritiva, e crescidas em diferentes substratos. Desdobramento do fator substrato dentro fator concentração nutricional aos (A) 21, (B) 28 e (C) aos 35 DAS. Diâmetro do caule aos (D) 42 DAS em função das concentrações nutricionais e (E) aos 49 DAS em função dos diferentes substratos de cultivo 207

Figura 3. Número de folhas aos (A) 21, 28, (B) 35 e 42 DAS em função da concentração nutricional e (C) dos substratos de cultivo para plantas de girassol (cv. EMBRAPA 122-V2000) cultivadas em sistema semi-hidropônico utilizando efluente doméstico coletado durante o período chuvoso no preparo da solução nutritiva, e crescidas em diferentes substratos 209

Figura 4. Resultados relacionados à área foliar de plantas de girassol (cv. EMBRAPA 122-V2000) cultivadas em sistema semi-hidropônico utilizando efluente doméstico coletado durante o período chuvoso no preparo da solução nutritiva, e crescidas em diferentes substratos. (A) Desdobramento do fator concentração nutricional dentro do fator substrato e (B) do fator substrato dentro do fator concentração nutricional aos 21 DAS. (C) Desdobramento do fator concentração nutricional dentro do fator substrato e (D) do fator substrato dentro do fator concentração nutricional aos 28 DAS. (E) Desdobramento do fator substrato dentro do fator concentração nutricional aos 35 DAS e (F) do fator concentração nutricional dentro do fator substrato aos 42 DAS. Desdobramento do fator substrato dentro do fator concentração nutricional aos (G) 42 e (H) 49 DAS 212

### Capítulo III, subitem III.8

Figura 1. Desdobramento da interação concentração versus substrato para o (A) início do florescimento, (B) número de pétalas, (C) comprimento e (D) diâmetro da haste de flores de plantas de girassol cultivadas em sistema semi-hidropônico utilizando diferentes substratos e efluente doméstico coletado no período chuvoso no preparo da solução nutritiva 225

Figura 2. Resultados para flores de plantas de girassol cultivadas em sistema semi-hidropônico utilizando diferentes substratos e efluente doméstico coletado no período chuvoso no preparo da solução nutritiva. Diâmetro externo médio em função (A) da variação da concentração e (B) dos substratos; diâmetro interno médio em função (C) da variação da concentração e (D) dos substratos 226

Figura 3. Resultados para flores de plantas de girassol cultivadas em sistema semi-hidropônico utilizando diferentes substratos e efluente doméstico coletado no período chuvoso no preparo da 229

solução nutritiva. Duração pós-colheita média em função (A) da variação da concentração e (B) dos substratos; fitomassa média da flor na colheita em função (C) da variação da concentração e (D) dos substratos; fitomassa média de flores de girassol no descarte em função (E) da variação da concentração e (F) dos substratos

Figura 4. Número médio de folhas de plantas de girassol cultivadas em sistema semi-hidropônico, em função (A) da variação nutricional da solução e (B) dos substratos de cultivo. Área foliar média de plantas girassol cultivadas em sistema semi-hidropônico, em função (C) da variação nutricional da solução e (D) dos substratos de cultivo

230

# Capitulo I

---

*Introdução*

## 1.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

“Se preciso for, venderei até a última pedra da minha coroa a fim de que nenhum sertanejo morra de fome”. Essas palavras foram pronunciadas pelo então Imperador D. Pedro II após visita às terras semiáridas do Brasil, e expressam com exatidão o contexto de exclusão social desta região que se arrasta desde o Brasil Imperial.

Após um século de história problemas retóricos relacionados à estrutura fundiária da região ainda permeiam intensamente a região semiárida do Brasil. Dados da Articulação do Semiárido (ASA, 2011) revelam que 36,3% das famílias de agricultores familiares “sem área” no Brasil, estão no Semiárido Brasileiro (SAB); informações do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2006) dão conta de que 60% dos agricultores familiares residentes no SAB possuem área inferior a 6 ha, com distribuição média de 1,7 ha por família.

Outra implicação decorrente da concentração de terra é a intensidade da exploração dos recursos naturais para viabilizar a sobrevivência das famílias; Perez-Marin (2010) comenta que a população do SAB tem alta dependência do bioma caatinga, o que provoca pressão crescente sobre os recursos naturais tornando a região propícia a outro problema importante: a desertificação!

Em relação ao aspecto hídrico, a região se caracteriza por apresentar elevadas taxas de evapotranspiração durante todo o ano associadas a um regime pluviométrico irregular, o que torna a região extremamente vulnerável a escassez de águas superficiais passíveis de serem utilizadas dentro dos padrões de qualidade, estipulados pela Resolução 357 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA, 2005) para seus respectivos fins; a propósito, conforme dados da Associação Brasileira de Águas Subterrâneas (ABAS, 2003) o volume de água subterrânea a ser explorado no nordeste brasileiro é, somente nas áreas de domínio sedimentar, da ordem de 19,5 bilhões de metros cúbicos, sem risco de esgotamento; entretanto, são águas com elevado teor de sais evidenciando que o uso de técnicas que permitam o aproveitamento de águas salinas e residuárias é de extrema importância, tanto para a sobrevivência da população quanto para o desenvolvimento econômico da região.

A influência dos aspectos climáticos naturais na economia da região redundam em danos sociais em cadeia, que se sucedem desde o não investimento em educação de base

até a falta de mão de obra qualificada, que dão acesso às poucas vagas de emprego existentes, fato este corroborado em números pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010) ao afirmar que cerca de 46% dos municípios do SAB têm sua renda proveniente dos governos federal e estadual.

Deste modo, é imprescindível que estudos científicos sejam realizados com o intuito de desenvolver e/ou aprimorar sistemas produtivos que equacionem os aspectos ambientais, sociais e políticos supramencionados e, concomitantemente, viabilizem a cadeia produtiva de mercadorias com elevado valor agregado e liquidez de mercado, oportunizando o surgimento de novos empreendedores.

Dentre as várias alternativas testadas pela comunidade científica, os cultivos hidropônicos agrupam vantagens como produção em pequenas áreas, utilização de baixos volumes de água com controle de qualidade, fixação do homem no campo e redução dos riscos oriundos das adversidades climáticas, além de possibilitar o aproveitamento de águas salinas e residuárias no processo produtivo (Santos Júnior *et al.*, 2011).

Essas vantagens dentro do contexto da cadeia de produção de um produto rentável, como a floricultura, por exemplo, além de equacionarem dificuldades naturais, melhoram o rendimento médio mensal das famílias de agricultores familiares. Neves & Amaral (2007) citam que, o setor de flores emprega, em média, de 15 a 20 pessoas por hectare e rende de 50 a 100 mil reais por ano enquanto a fruticultura gera aproximadamente cinco empregos na mesma área e rende próximo de 20 mil reais. De acordo com informações de Assis *et al.* (2002) o retorno financeiro da floricultura chega a ser trinta vezes maior que o do feijão e o do milho e três vezes maior que o da videira e a mangueira.

Considerando os argumentos *supramencionados* buscou-se com o presente trabalho buscou-se estudar e propor uma forma alternativa de convivência com as condições climáticas, edáficas e hídricas, além de situações de estrutura fundiária e social, através da análise da viabilidade do aproveitamento de águas salinas e residuárias (efluente doméstico) no preparo da solução nutritiva visando à produção de flores de girassol em regiões semiáridas, utilizando o conceito da hidroponia.

## **1.2. HIPÓTESES**

- ✓ É possível produzir flores de girassol no padrão comercial aproveitando águas salinas e residuárias, utilizando o conceito da hidroponia;
- ✓ A variação da concentração nutricional reduz os danos causados às flores pela salinidade da solução nutritiva;
- ✓ O aporte nutricional do efluente doméstico durante a estação seca do ano é suficiente para atender à demanda nutricional do girassol, visando à produção da flor, dentro do padrão comercial;
- ✓ Durante o período chuvoso é imprescindível, em virtude da diluição do efluente doméstico, a adição de nutrientes para suprir as necessidades nutricionais do girassol;
- ✓ É possível aumentar a produção por unidade de área em sistemas hidropônicos.

### 1.3. OBJETIVOS

#### Objetivo geral

Estudar maneiras que viabilizem o aproveitamento de águas salinas e residuárias (efluente doméstico) no processo produtivo de flores de girassol cultivadas nas condições do semiárido brasileiro, utilizando-se o conceito da hidroponia.

#### Objetivos específicos

- a) Desenvolver um protótipo hidropônico alternativo que (i) não necessite de bomba aeradora; (ii) que ofereça suporte hídrico às plantas de modo uniforme, mesmo em caso de falta de energia elétrica, por no mínimo dois dias; (iii) que possa ser adaptado para funcionar com bomba hidráulica manual, sem auxílio de eletricidade; (iv) que reduza ao máximo o contato do usuário do sistema e das plantas com a solução; (v) que trabalhe o conceito de cultivo de alta densidade; (vi) que reduza as perdas de água por questões hidráulicas e utilizando o princípio da recirculação; (vii) que produza plantas saudáveis e uniformes e (viii) que utilize o conceito de ergonomia proporcionando saúde ao usuário do sistema;
- b) Estudar a viabilidade da produção de flores de girassol das cultivares “Sol Noturno”, “Bonito de Outono” e “Anão de Jardim” sob estresse salino, em sistema hidropônico alternativo (protótipo);
- c) Analisar a resposta do girassol “cv. EMBRAPA 122-V2000” cultivado em sistema semi-hidropônico, a interação salinidade da água *versus* concentração de NPK e o seu efeito sobre as variáveis de produção de flores;
- d) Avaliar a viabilidade da utilização da fibra de coco, areia e bagaço de cana de açúcar como substratos no cultivo semi-hidropônico de flores de girassol;
- e) Testar a viabilidade do uso do efluente doméstico coletado nos períodos seco e chuvoso no preparo da solução nutritiva visando à produção de flores de girassol “cv. EMBRAPA 122-V2000” cultivadas em condições semiáridas utilizando-se o conceito da hidroponia.

#### **1.4. REFERÊNCIAS**

ABAS - Associação Brasileira de Águas Subterrâneas, 2003. Disponível em <[www.abas.org.br/](http://www.abas.org.br/)> Acesso em 15 de novembro de 2009.

ARTICULAÇÃO NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO – ASA Brasil.

<<http://www.asabrasil.org.br/portal/Default.asp>> Acesso em 2011.

ASSIS, S. M. P., MARINHO, R. R. L., GONDIM, JÚNIOR, M. G. C., MENEZES, M. & ROSA, R.C.T. Doenças e pragas de helicônias. Diseases and pests of heliconias. Recife: UFRPE. 2002.

AYERS, R.S.; WESTCOT, D.W. Water quality for agriculture. FAO. Irrigation and Drainage Paper. Rome: FAO, 1985. 29p.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução N° 357, de 17 de março de 2005.

FRANÇA, C. A. de; MAIA, M. B. R. Panorama do agronegócio de flores e plantas ornamentais no Brasil. In: Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural, Rio Branco, Acre, 2008, 10p.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Sinopse do Censo Demográfico 2010. Rio de Janeiro: IBGE, 2011. 261p.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo agropecuário 2006. Rio de Janeiro: IBGE, 2006, 170p.

NEVES, M.F.; AMARAL, R. O. Flores - oportunidades e desafios – São Paulo: Revista Agro Analysis, v.27, n.9, p.30-31, 2007.

OLIVEIRA, A. A.P.; BRAINER, M. S. de C. P. Perfil da floricultura no nordeste Rural, Fortaleza, 2006. 20p.

PEREZ-MARIN, A. M.; FERNANDES, P. D.; ANDRADE, A. P. de; COSTA, R. G.; MENEZES, R. S. C. Desenvolvimento sustentável do semiárido brasileiro. *Parcerias Estratégicas*, v. 15, n. 31, p. 47-60, 2010.

SANTOS JÚNIOR, J. A.; GHEYI, H. R.; GUEDES FILHO, D. H.; DIAS, N. da S.; SOARES, F. A. L. Cultivo de girassol em sistema hidropônico sob diferentes níveis de salinidade. *Revista Ciência Agronômica*, v. 42, n. 4, p. 842-849, 2011.

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

# Capitulo II

---

*Estado da Arte*

## 2.1. O SEMIÁRIDO BRASILEIRO

O ambiente do semiárido brasileiro (SAB) foi delimitado em 2005, pelo Ministério de Integração Nacional, em um espaço caracterizado por receber precipitação pluviométrica média anual inferior a 800 mm; que possua índice de aridez de até 0,5 calculado pelo balanço hídrico que relaciona as precipitações e a evapotranspiração potencial, no período entre 1961 e 1990 e cujo risco de seca seja maior que 60%, tomando-se por base o período entre 1970 e 1990 (Ministério da Integração Nacional, 2005).

Em termos geográficos, o espaço do Semiárido brasileiro se estende por oito Estados da região Nordeste mais o Norte de Minas Gerais, totalizando uma extensão territorial de 980.133,079 km<sup>2</sup>. No que tange à extensão territorial dos Estados, 92,97% do território do Rio Grande do Norte estão na porção Semiárida, Pernambuco 87,60%, Ceará 86,74%, Paraíba 86,20%, Bahia 69,31%, Piauí 59,41%, Sergipe 50,67%, Alagoas 45,28% e Minas Gerais 17,49%. Porém, considerando a dimensão territorial das grandes regiões o Nordeste apresenta 56,46% de seu território na porção Semiárida, o Sudeste com 11,09% e o País alcança os 11,53% (Medeiros et al., 2012).

Em relação ao aspecto populacional e ainda de acordo com Medeiros et al. (2010), a região é habitada por 22.598.318 habitantes (representando 11,85% da população brasileira ou 42,57% da população nordestina) distribuídos em 1.135 municípios sendo que 61,97% de seus habitantes residem no meio urbano e 38,03% no meio rural.

Do ponto de vista hídrico, o SAB apresenta médias pluviométricas da ordem de 400 a 800 mm anuais, distribuídos de forma bastante irregular durante o ano, associadas a taxas de evaporação que variam entre 1000 e 3000 mm ano<sup>-1</sup>, fato que permite concluir que não chove pouco nesta região mas que evapora muito, indicando que a necessidade de gestão dos recursos hídricos disponíveis é urgente no sentido de atender a todas as necessidades antrópicas e ambientais (Rubin et al., 2006; Modarres et al., 2007; Campos et al., 2008).

Em sua maioria, os solos desta região são constituídos por embasamentos cristalinos, pouco profundos e pedregosos, classificados como Neossolos Litólicos e os Luvisolos. São pobres em matéria orgânica porém muito férteis, pois sofrem pouca ou nenhuma dissolução revelando que cuidados especiais na hora de cultivá-los devem ser adotados visando principalmente à conservação desses solos (Diniz Filho et al., 2009).

A vegetação típica e predominante é a Caatinga cuja grande variabilidade da biodiversidade confere valores biológicos e econômicos significativos para a região e para o país, além de ser um bioma prioritário para a conservação na América Latina - esta heterogeneidade tem levado alguns autores a utilizar a expressão: as caatingas. Na sua pluralidade pode-se falar em pelo menos 12 tipos de caatingas que chamam atenção especial pelos exemplos incríveis de adaptações ao habitat. A população do SAB tem alta dependência desse bioma para sua subsistência, o que causa grande vulnerabilidade social e econômica, ocasionando pressão crescente sobre os recursos naturais da região, tornando-a extremamente propícia à desertificação (Perez-Martin et al., 2010).

Do ponto de vista socioeconômico se constataram, na maior parte da área do SAB, lentidão de crescimento, falta de infraestrutura básica e permanência de indicadores sociais abaixo das médias nacional e regional. A situação estrutural de pobreza ainda se transforma em calamidade nos períodos prolongados de seca. Com ritmo lento de crescimento da economia local e a baixa renda da população, cerca de 46% dos municípios têm sua renda proveniente do governo federal e estadual (IBGE, 2010).

O setor agrícola desempenha papel estratégico no universo social, econômico e político nordestino. Este setor é dinâmico e fortemente heterogêneo, representado por algumas regiões em que o processo de modernização tecnológica se deu de forma rápida mas, pela predominância de uma agricultura tradicional, de base familiar - a agricultura familiar - em sua maioria praticada por agricultores detentores de um baixo poder aquisitivo (Leite et al., 2006). No entanto, o zoneamento realizado em 1993 pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, revelou que 36% da área de domínio do Semiárido (cerca de 35 milhões de hectares) possuem fortes restrições ao uso agrícola. As maiores extensões de áreas em processo de desertificação no Brasil, com a perda gradual da fertilidade biológica do solo, são localizadas no Semiárido, resultado do cultivo inadequado da terra, associado às variações climáticas e às características do solo. Segundo as informações do Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos das Secas (PAN) as áreas susceptíveis à desertificação no Brasil (ASD) abrangem 1.201 municípios, numa superfície de 1.130.790,53 km<sup>2</sup>, dos quais 710.437,30 km<sup>2</sup> (62,8%) são caracterizados como semiáridos e 420.258,80 km<sup>2</sup> (37,2%) subúmidos secos (MMA, 2007).

A estrutura fundiária da região é muito concentrada; além dos latifúndios há um grande número de minifúndios com cerca de 90% das propriedades possuindo área inferior a 100 ha e detendo apenas 27% da área total dos estabelecimentos agrícolas (Silva, 2006). Em termos de agricultura familiar cerca de 60% dos estabelecimentos rurais possuem menos de 5 ha (com área média de 1,7 ha) e quando somados aos 21,9% dos estabelecimentos com área entre 5 ha e menos de 20 ha, que possuem uma área média de 9,8 ha, totalizam 81% dos estabelecimentos familiares desta Região (IBGE, 2006).

## **2.2. QUALIDADE DA ÁGUA**

### **2.2.1. Aspectos legais (Legislação)**

A legislação brasileira de uso da água é constituída principalmente pelos seguintes diplomas legais: Decreto nº 24.643, de 10 de julho de 1934 (Decreta o Código de Águas); Resolução CONAMA nº 20, de 18 de março de 1986 (Estabelece Classificação das Águas Doces, Salobras e Salinas do Território Nacional); A Lei 9.433, de 08 de janeiro de 1997 (Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e Cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos) definiu que as bacias hidrográficas como unidades de planejamento para gestão das águas estabelecendo que os Comitês de Bacias Hidrográficas, contando com a participação dos usuários, das prefeituras, da sociedade civil organizada e dos demais níveis de governo (estadual e federal), devem tratar de seus conflitos em cada região.

A Lei 9.984, de 17 de julho de 2000 (cria a Agência Nacional de Águas - ANA, para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e coordenação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos) e Decreto nº 2.612, de 03 de junho de 1998 (Regulamenta o Conselho Nacional de Recursos Hídricos).

Diplomas legais de aspecto geral oriundos do ramo do Direito Ambiental também devem ser observados conjuntamente com a legislação brasileira de uso da água como, por exemplo: a Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981 (Institui a Política Nacional do Meio Ambiente) a Resolução CONAMA nº 237, de 08 de janeiro de 1997 (Disciplina o Licenciamento Ambiental); e a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998 (Dispõe sobre

as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente), dentre outras legislações correlatas às atividades produtivas específicas.

O Decreto-Lei n.º 236/98 expedido pelo Ministério do Meio Ambiente em 01 de agosto de 1998, estabelece as normas, critérios e objetivos de qualidade com a finalidade de proteger o meio aquático e melhorar a qualidade das águas em função dos seus principais usos. Este regime jurídico entende em seu artigo 3º, que as águas destinadas à irrigação podem ser superficiais, subterrâneas e ainda residuais; estabelece também que o padrão de qualidade de água se deve a parâmetros físicos, químicos, biológicos e microbiológicos e que eles estabelecem uma qualidade de água aceita como adequada para determinado uso dentro dos limites estabelecidos em lei para o valor máximo recomendado.

### **2.2.2. Aspectos técnicos**

A disponibilidade de água é condição fundamental para a existência de todo ser vivo e para uma agricultura sustentável. Entretanto, nem sempre é possível uma condição hídrica satisfatória em termos de quantidade e qualidade em certas regiões, como é o caso do semiárido brasileiro, em função do seu índice de precipitação pluviométrica, das elevadas taxas de evapotranspiração e da formação geológica (Costa et al., 2006; Melo et al., 2007; Sardinha et al., 2008).

De acordo com os estudos realizados pelo convênio entre a Secretaria de Recursos Hídricos, o Ministério do Meio Ambiente, a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária e o Banco Internacional para Reconstrução e Desenvolvimento (BRASIL – MAPA, SRH/MMA/EMBRAPA/BIRD nº 475/98), os quais foram confirmados pelo Programa Nacional do Meio Ambiente – PNMA (2003) os principais processos que interferem na qualidade da água na região do SAB são:

a) Eutrofização: gerada pelo aporte de nutrientes utilizados nas atividades agrícolas (nitrogênio e fósforo) que ocasionam a elevação populacional de algas, principalmente nos reservatórios;

b) Irrigação: que pode elevar os níveis de nitrato (ou sua lixiviação para águas subterrâneas) e alterar a relação Carbono/Nitrogênio (C/N);

c) Salinização: decorrente do manejo inadequado da água de irrigação e das características climáticas e hidrogeológicas da região;

d) Contaminações: por agrotóxicos, metais pesados e dejetos e efluentes (Fritzsons et al., 2003).

Para caracterizar uma água em termos qualitativos são utilizados parâmetros que representam suas características físicas, químicas e biológicas (von Sperling, 2005; Moura et al., 2010). Esses parâmetros são utilizados como indicadores da qualidade da água e constituem impurezas quando alcançam valores superiores aos estabelecidos para determinado uso. Os principais indicadores de qualidade da água são:

Parâmetros físicos:

a) Temperatura: medida da intensidade de calor; é um parâmetro importante pois influi em algumas propriedades da água (densidade, viscosidade, oxigênio dissolvido), com reflexos sobre a vida aquática. A temperatura pode variar em função de fontes naturais (energia solar) e fontes antropogênicas (despejos industriais e águas de resfriamento de máquinas) (Reis et al., 2009).

b) Sabor e odor: resultam de causas naturais (algas; vegetação em decomposição; bactérias; fungos; compostos orgânicos, tais como gás sulfídrico, sulfatos e cloretos) e artificiais (esgotos domésticos e industriais). Quanto ao padrão de potabilidade, a água deve ser completamente inodora (Ferreira Filho et al., 2009).

c) Cor: devido à existência de substâncias dissolvidas ou em estado coloidal, na maioria dos casos de natureza orgânica (NBR 9896/1993). A cor pode originar-se de minerais ou vegetações naturais, tais como substâncias metálicas (compostos de ferro e manganês), húmus, turfa, tanino, algas e protozoários ou, ainda, de despejos industriais que incluem minas, refinarias, explosivos, papeleiras, etc.

d) Turbidez: Característica decorrente da presença de substâncias em suspensão, ou seja, sólidos suspensos, finamente divididos ou em estado coloidal e de organismos microscópicos (NBR 9896/1993). Segundo a Resolução do CONAMA de N° 357/2005 (Brasil, 2005), a Turbidez para a águas de Classe 1 é de 40 unidades nefelométricas de turbidez, enquanto para as Classes 2 e 3, não deve exceder 100 unidades nefelométricas (Gastaldini & Mendonça, 2003; Silva, 2010).

e) Condutividade Elétrica: capacidade que a água possui de conduzir corrente elétrica. Este parâmetro está relacionado com a presença de sais dissolvidos na água que são partículas carregadas eletricamente. Quanto maior for a quantidade de sais dissolvidos maior também será a condutividade elétrica na água. Este é o parâmetro que determina seu potencial de salinizar um solo considerando o total de sais presentes na água, sem especificá-los (Ayres & Westcot, 1991; Almeida, 2010).

Os parâmetros químicos são:

a) pH (potencial hidrogeniônico): representa o equilíbrio entre íons  $H^+$  e íons  $OH^-$ ; varia de 0 a 14; indica se uma água é ácida (pH inferior a 7), neutra (pH igual a 7) ou alcalina (pH maior que 7); o pH da água depende de sua origem e das características naturais, mas pode ser alterado pela introdução de resíduos; pH baixo torna a água corrosiva; águas com pH elevado tendem a formar incrustações nas tubulações (Fritzsos et al., 2009; Franco & Hernanes, 2009). Segundo Resolução do CONAMA nº 357/2005, fixam o valor de pH para proteção à vida aquática, na faixa entre 6 e 9. Para a irrigação os valores de pH estão entre baixo ( $< 7,0$ ), médio ( $7,0-8,0$ ) e alto.

b) Alcalinidade: causada por sais alcalinos, sobretudo de sódio e cálcio; mede a capacidade da água de neutralizar os ácidos; em teores elevados pode proporcionar sabor desagradável à água e tem influência nos processos de tratamento da água.

c) Dureza: resulta da presença, sobremaneira, de sais alcalinos terrosos (cálcio e magnésio), ou de outros metais bivalentes, em menor intensidade, em teores elevados; causa sabor desagradável e efeitos laxativos; reduz a formação da espuma do sabão, aumentando seu consumo; provoca incrustações nas tubulações e caldeiras (Libânio, 2005). Classificação das águas, em termos de dureza (em  $CaCO_3$ ):

Menor que  $50 \text{ mg L}^{-1} CaCO_3$  - água mole

Entre 50 e  $150 \text{ mg L}^{-1} CaCO_3$  - água com dureza moderada

Entre 150 e  $300 \text{ mg L}^{-1} CaCO_3$  - água dura

Maior que  $300 \text{ mg L}^{-1} CaCO_3$  - água muito dura

Para Ayres & Westcot (1991) os valores ideais de cálcio e magnésio na água de irrigação devem ser de  $400 \text{ mg L}^{-1}$  de  $Ca^{+2}$  e  $60 \text{ mg L}^{-1}$  de  $Mg^{+2}$ .

d) Cloretos: Em geral, provêm da dissolução de minerais ou da intrusão de águas do mar; podem, também, advir dos esgotos domésticos ou industriais; em altas concentrações conferem sabor salgado à água ou propriedades laxativas (Mouchrek, 2003).

e) Ferro e manganês: podem originar-se da dissolução de compostos do solo ou de despejos industriais; causam coloração avermelhada à água, no caso do ferro, ou marrom, no caso do manganês, manchando roupas e outros produtos industrializados; conferem sabor metálico à água; as águas ferruginosas favorecem o desenvolvimento das ferrobactérias, que causam maus odores e coloração à água e ainda obstruem as canalizações. Atualmente, o ferro é um dos principais problemas na água de irrigação devido à capacidade de obstruir fisicamente as tubulações e emissores dos sistemas de irrigação localizada. Segundo Hernandez et al. (2001) após o processo de oxidação de  $Fe^{+2}$  para  $Fe^{+3}$ , o ferro fica retido nas paredes do tubo ocasionando o aumento nas perdas de cargas e comprometendo o sistema de irrigação.

f) Nitrogênio: pode apresentar-se nas formas de nitrato, nitrito, amônia, nitrogênio molecular e nitrogênio orgânico, sendo que níveis elevados de nitratos indicam poluição que pode estar ocorrendo há algum tempo, visto que estes são os produtos finais da oxidação do nitrogênio (Macêdo, 2004).

g) Fósforo: O elemento fósforo pode ser encontra nos corpos d'água sob várias formas, sendo as mais comuns os ortofosfatos, polifosfatos e o fósforo orgânico. O fósforo é constituinte em sólidos em suspensão e sólidos solutos, na natureza é proveniente da dissolução dos solos e decomposição de matéria orgânica; já sua ocorrência antrópica pode advir do uso de fertilizantes, despejos domésticos e industriais, detergentes e excrementos animais. O fósforo, quando em excesso em um curso d'água, pode possibilitar supercrescimento de algas e vir a causar a eutrofização do curso d'água. Embora não traga prejuízos diretos à saúde humana, elevados índices de fósforo podem indicar fontes de poluição, como os já citados, despejos domésticos e industriais (Sperling, 2005).

h) Fluoretos: os fluoretos têm ação benéfica de prevenção da cárie dentária; em concentrações mais elevadas podem provocar alterações da estrutura óssea ou a fluorose dentária (manchas escuras nos dentes) (Cesa et al., 2011).

i) Oxigênio Dissolvido (OD): é indispensável aos organismos aeróbios; em condições normais a água contém oxigênio dissolvido cujo teor de saturação depende da altitude e da temperatura; águas com baixos teores de oxigênio dissolvido indicam que receberam matéria orgânica; a decomposição da matéria orgânica por bactérias aeróbias é, geralmente, acompanhada pelo consumo e redução do oxigênio dissolvido da água; dependendo da capacidade de autodepuração do manancial o teor de oxigênio dissolvido poderá alcançar valores muito baixos, ou zero, extinguindo-se os organismos aquáticos aeróbios (Libânio, 2005). A Resolução do CONAMA de nº 357/2005 determina que em qualquer amostra coletada os valores de oxigênio dissolvido para as águas de Classe 1, 2 e 3, não podem ser inferiores a 6, 5 e 4 mg L<sup>-1</sup>, respectivamente.

j) Matéria Orgânica: a matéria orgânica em suspensão na água é necessária aos seres heterótrofos, na sua nutrição e aos autótrofos, como fonte de sais nutrientes e gás carbônico; em grandes quantidades, no entanto, pode causar alguns problemas em outras características, como: cor, odor, turbidez e consumo do oxigênio dissolvido, pelos organismos decompositores. O consumo de oxigênio é um dos problemas mais sérios do aumento do teor de matéria orgânica pois provoca desequilíbrios ecológicos passíveis de causar a extinção dos organismos aeróbios. Geralmente são utilizados dois indicadores do teor de matéria orgânica na água: Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e Demanda Química de Oxigênio (DQO) (Peters & Meybeck, 2000).

l) Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO<sub>5</sub>) é a quantidade de oxigênio necessária à oxidação da matéria orgânica por ação de bactérias aeróbias. Representa, portanto, a quantidade de oxigênio que seria necessário para fornecer às bactérias aeróbias, a fim de consumirem a matéria orgânica presente em um líquido (água ou esgoto). A DBO é determinada em laboratório observando-se o oxigênio consumido em amostras do líquido, durante 5 dias, na temperatura de 20 °C (Possa et al., 2011).

m) Demanda Química de Oxigênio (DQO): é a quantidade de oxigênio necessária à oxidação da matéria orgânica, através de um agente químico. A DQO também é determinada em laboratório, em prazo muito menor do que o teste da DBO. Para o mesmo líquido a DQO é sempre maior que a DBO (Possa et al., 2011).

n) Componentes Inorgânicos: alguns componentes inorgânicos da água, entre eles os metais pesados, são tóxicos ao homem: arsênio, cádmio, cromo, chumbo, mercúrio, prata, cobre e zinco; além dos metais pode-se citar os cianetos; esses componentes são, geralmente, incorporados à água através de despejos industriais ou a partir das atividades agrícolas, de garimpo e de mineração (Piedras et al., 2006).

o) Componentes orgânicos: alguns componentes orgânicos da água são resistentes à degradação biológica acumulando-se na cadeia alimentar; entre os quais se citam os agrotóxicos, alguns tipos de detergentes e outros produtos químicos, que são tóxicos (Piedras et al., 2006).

Os principais parâmetros biológicos são:

a) Coliformes: são indicadores de presença de micro-organismos patogênicos na água; os coliformes fecais existem em grande quantidade nas fezes humanas e, quando encontrados na água, significa que a mesma recebeu esgotos domésticos, podendo conter micro-organismos causadores de doenças. A Resolução CONAMA de nº 20/86 determina o número de coliformes fecais e totais, de acordo com a classe de uso. A Classe 2 permite o número de 5.000 coliformes totais em 100 mL de amostra e de coliformes fecais um número de 1.000 coliformes em 100 mL de amostra. Para se tornar inapta ao uso, os limites devem ser excedidos em 80% ou mais de pelo menos 5 amostras mensais, colhidas em qualquer mês (Emiliani & Gonzalez, 1998).

b) Algas: as algas desempenham papel fundamental no ambiente aquático e são responsáveis pela produção de grande parte do oxigênio dissolvido do meio; em grandes quantidades trazem, como resultado do excesso de nutrientes (eutrofização), alguns inconvenientes: sabor e odor; toxidez, turbidez e cor; formação de massas de matéria orgânica que, ao serem decompostas, provocam redução do oxigênio dissolvido;

corrosão; interferência nos processos de tratamento da água: aspecto estético desagradável (Barros, 2008).

### 2.2.3. Monitoramento da qualidade da água

Os indicadores da situação ambiental das águas são o Índice de Qualidade de Água - IQA e a contaminação por tóxicos (Bollmann, 2008). No cálculo do IQA (FEAM, 2003; CETESB, 2009) são considerados os seguintes parâmetros: oxigênio dissolvido, coliformes fecais, pH, demanda bioquímica de oxigênio, nitratos, fosfatos, temperatura da água, turbidez e sólidos totais. Estes parâmetros possuem pesos, conforme Tabela 1, que são utilizados para o cálculo do índice de qualidade de água (IQA) gerando um índice com valores variando de 0 a 100, que correspondem aos níveis de qualidade, conforme Tabela 2.

Tabela 1. Pesos para o cálculo do IQA, segundo a CETESB, 2009.

Nº	Parâmetro	Unidade	Peso (w)
1	Oxigênio dissolvido	% de saturação	0,17
2	Coliformes fecais	NMP 100mL <sup>-1</sup>	0,15
3	pH	-	0,12
4	DBO <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> L <sup>-1</sup>	0,10
5	Nitrogênio total	mg N L <sup>-1</sup>	0,10
6	Fósforo total	mg P L <sup>-1</sup>	0,10
7	Turbidez	uT	0,08
8	Sólidos totais	mg L <sup>-1</sup>	0,08
9	Temperatura de desvio	°C	0,10

O IQA é calculado de acordo com a equação:

$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i} \quad \sum_{i=1}^n w_i = 1$$

Em que:

IQA = índice de qualidade da água, representado por um número em escala contínua de 0 a 100;

q<sub>i</sub> = qualidade individual (sub-índice de qualidade) do enésimo parâmetro, um valor entre 0 e 100;

w<sub>i</sub> = peso unitário do enésimo parâmetro;

n = número de parâmetros que entram no cálculo do IQA. No caso de não se dispor do valor de algum dos 9 parâmetros, o cálculo do IQA será inviabilizado.

Tabela 2. Classificação da água de acordo com o índice de qualidade da água – IQA, CETESB, 2009.

<b>Nível de qualidade</b>	<b>Faixa de variação do IQA</b>	<b>Cor de referência</b>
Excelente	$90 < \text{IQA} \leq 100$	Azul
Bom	$70 < \text{IQA} \leq 90$	Verde
Médio	$50 < \text{IQA} \leq 70$	Amarelo
Ruim	$25 < \text{IQA} \leq 50$	Marrom
Muito ruim	$50 < \text{IQA} \leq 0$	Vermelho

Assim definido, o IQA reflete a contaminação por esgotos sanitários e por outros materiais orgânicos, por nutrientes e por sólidos. A contaminação por tóxicos é avaliada considerando-se os seguintes componentes: amônia, arsênio, bário, cádmio, chumbo, cianetos, cobre, cromo hexavalente, índice de fenóis, mercúrio, nitritos e zinco (CETESB, 2009).

Em função das concentrações observadas a contaminação é caracterizada como baixa, média ou alta. A denominação Baixa refere-se à ocorrência de concentrações iguais ou inferiores a 20% do limite da classe de enquadramento do trecho do curso d'água na respectiva estação de amostragem, conforme padrões definidos pelo Conselho Estadual da Política Ambiental – COPAM na Deliberação Normativa nº 10/86. A contaminação média refere-se à faixa de concentrações entre 20% a 100% do limite mencionado enquanto a alta é superior a 100%.

Desta forma, a avaliação da qualidade da água obtida pelo IQA, apresenta limitações, entre elas a de considerar apenas sua utilização para o abastecimento público, tal como parâmetros importantes como os compostos orgânicos com potencial mutagênico, as substâncias que afetam as propriedades organolépticas da água, o potencial de formação de trihalometanos, número de células de cianobactérias e metais pesados não fazem parte do IQA (Brasil, 2005, CETESB, 2009).

De modo geral, trabalhos de pesquisa têm sido realizados no sentido de se utilizar os mais diversos tipos de água de qualidade inferior na agricultura. Essas pesquisas visam compreender os processos físico-químicos dessas águas e seu desdobramento dentro do contexto agrícola fato que, motivado pela escassez de recursos hídricos superficiais de qualidade em regiões semiáridas, busca oferecer soluções no sentido de ampliar a disponibilidade hídrica para a agricultura e, conseqüentemente, subsidiar seu desenvolvimento, através de processos de microirrigação (Souza et al., 2010).

### 2.2.4. Águas salinas

O termo salinidade de água refere-se à concentração total de íons ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  e  $\text{Cl}^-$ ) dissolvidos na água. As concentrações desses cátions e ânions por unidade de volume de água podem ser expressas tanto em base de massa ( $\text{mg L}^{-1}$ ) como pela condutividade elétrica ( $\text{dS m}^{-1}$ ). Rhoades et al. (1992) consideram água não salina aquela que possui uma concentração total de sais dissolvidos menor que  $500 \text{ mg L}^{-1}$  ou condutividade elétrica menor que  $0,7 \text{ dS m}^{-1}$ .

Diante de um contexto de escassez de recursos hídricos de qualidade no SAB, dados da Associação Brasileira de Águas Subterrâneas – ABAS (2009) indicam que o volume de água subterrânea que pode ser explorado no nordeste brasileiro, somente nas áreas de domínio sedimentar é da ordem de 19,5 bilhões de metros cúbicos, sem risco de esgotamento. Entretanto, embora a maior parte das águas subterrâneas não contenha matéria suspensa e praticamente seja ausente de bactérias, sendo límpida e incolor, possuem níveis de salinidade (sólidos solúveis totais) questionáveis, sendo limitante ao consumo humano e à produção agrícola.

De acordo com a Resolução do CONAMA nº 357 de 17 de março de 2005, na qual está definida a classificação das águas quando utilizado como referencial, o teor de sais, as águas doces são as que possuem salinidade igual ou inferior a 0,5 ‰; água salobra são aquelas cuja salinidade varia entre 0,5 e 30 ‰ e água salina as que possuem teor salino igual ou superior a 30 ‰, ou seja, não são passíveis de serem utilizadas na produção agrícola.

Assim, a utilização de tecnologias e práticas de manejo que viabilizem a utilização de águas salinas na agricultura, especialmente em regiões semiáridas, têm sido objeto de estudos por vários pesquisadores (Travassos et al., 2011; Nobre et al., 2011; Dias et al., 2011; Santos Júnior et al., 2011), no sentido de ampliar a disponibilidade hídrica e potencializar a produção agrícola dessas regiões.

#### 2.2.4.1. Efeito da salinidade no crescimento das culturas

O efeito do estresse salino sobre as plantas é consequência de dois componentes distintos: do componente osmótico - resultante da elevada concentração de solutos na solução do solo, que provoca um déficit hídrico pela redução do potencial osmótico e do

componente iônico - decorrente dos elevados teores de  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$ , e da alterada relação  $\text{Na}^+/\text{K}^+$  (Mendes et al., 2011).

O estresse salino pode provocar um conjunto de alterações deletérias devido ao efeito tóxico provocado pelos íons  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$  e à redução do potencial osmótico do solo (Xiong & Zhu, 2001). As respostas morfológicas, fisiológicas e bioquímicas das plantas à salinidade variam em função do genótipo, do estágio de desenvolvimento da planta e da intensidade e duração do estresse (Gurgel et al., 2008; Willadino & Camara, 2010). A produção de osmoprotetores e a ativação de enzimas antioxidativas favorecem a sobrevivência das plantas em ambientes salinos (Praxedes et al., 2009; Willadino & Camara, 2004).

O excesso de  $\text{Na}^+$  no ambiente radicular afeta a integridade da membrana (Silva et al., 2010) e favorece o acúmulo desse cátion no interior da célula causando distúrbio na absorção de  $\text{K}^+$ , aumento na relação  $\text{Na}^+/\text{K}^+$  e redução do crescimento da planta.

Além do  $\text{Na}^+$  a absorção e o acúmulo do  $\text{Cl}^-$  sob condições salinas também podem resultar em efeitos tóxicos (Willadino & Camara, 2010). Para evitar toxicidade iônica no citoplasma o  $\text{Na}^+$  e o  $\text{Cl}^-$  podem ser compartimentalizados no vacúolo (Munns et al., 2002) e a síntese de solutos orgânicos compatíveis no citoplasma restabelece o equilíbrio osmótico celular, rompido pelo excesso de sais no meio externo e pela compartimentalização iônica no vacúolo. Entre os solutos orgânicos se destacam a prolina, a glicinabetaína e alguns carboidratos (Munns et al., 2002). A prolina, além de osmorregulador, atua favorecendo o equilíbrio redox em células estressadas (Verbruggen & Hermans, 2008) participando na prevenção da formação de espécies reativas de oxigênio (ROS) (Harir & Mittler, 2009). Para evitar o acúmulo de ROS geradas sob condições de estresse as plantas desenvolveram um mecanismo eficiente de defesa antioxidativo do qual participam algumas enzimas, dentre as quais as peroxidases (POD), que são marcadores de estresse (Lima et al., 1999). As peroxidases (PODs) são óxidorredutases que reduzem o  $\text{H}_2\text{O}_2$  formando água e  $\text{O}_2$  (Harir & Mittler, 2009).

Os efeitos negativos da irrigação com água salina em oleaginosas têm sido observados por vários autores na literatura científica nacional (Blanco et al., 2008; Silva et al., 2008; Correia et al., 2009; Silva et al., 2009), inclusive na cultura do girassol (Silva et al., 2009; Nobre et al., 2010). Vale salientar que Travassos et al. (2011) verificaram que é possível produzir flores de girassol com água de salinidade até CEa de

5,0 dS m<sup>-1</sup> sem afetar a qualidade comercial indicando que, do ponto de vista ornamental, o girassol é uma cultura tolerante à salinidade.

Na Tabela 3 observa-se o efeito da salinidade do extrato de saturação e da água no crescimento de algumas plantas mais cultivadas no SAB.

Tabela 3. Redução potencial das culturas sob efeito da salinidade do extrato de saturação (CE<sub>es</sub>) e da água (CE<sub>a</sub>)

Culturas	Redução potencial							
	100%		75%		50%		0%	
	CEes	CEai	CEes	CEai	CEes	CEai	CEes	CEai
<b>Extensivas</b>								
Algodão	7,7	5,1	13,0	8,4	17,0	12,0	27,0	18,0
Arroz	3,0	2,0	5,1	3,4	7,2	4,9	11,0	7,6
Feijão	1,2	0,7	2,3	1,5	3,6	2,4	6,3	4,2
Milho	1,7	1,1	3,8	2,5	5,9	3,9	10,0	6,7
Amendoim	3,2	2,1	4,1	2,7	4,9	3,3	6,6	4,4
<b>Fruteiras</b>								
Abacate	1,3	0,9	2,5	1,7	3,7	2,4	6,5	4,4
Laranja	1,7	1,1	3,3	2,2	4,8	3,2	8,0	5,3
Limão	1,7	1,1	3,3	2,2	4,8	3,2	8,0	5,3

Fonte: Ayers & Westcoot, 1991

#### 2.2.4.2. Tolerância das culturas à salinidade

As culturas não respondem igualmente aos efeitos da salinidade; algumas produzem rendimentos aceitáveis a níveis altos de salinidade e outras são sensíveis a níveis relativamente baixos. Esta diferença se deve à melhor capacidade de adaptação osmótica que algumas culturas têm o que lhes permite absorver, mesmos em condições de salinidade, maior quantidade de água (Santana et al., 2007).

Os mecanismos fisiológicos das plantas que favorecem a sobrevivência em ambientes salinos incluem a regulação da concentração e compartimentalização dos íons, produção de osmoprotetores, ativação de enzimas antioxidativas, adaptação estomática, e outras formas de controle genético (Brilhante, 2006).

Do ponto de vista do manejo, algumas estratégias ainda podem ser usadas para minimizar os impactos negativos do aproveitamento de água salina na irrigação e favorecer a tolerância das culturas, entre elas: escolha de espécies ou cultivares mais tolerantes (Oliveira et al., 2012), utilização dessas fontes de água nos estádios de maior

tolerância das culturas (Santos et al., 2012), mistura de águas de diferentes qualidades (Costa et al., 2012), uso cíclico de fontes de água com diferentes concentrações salinas (Costa et al., 2013), além de diversas outras práticas visando à obtenção de boa produção vegetal com controle da salinização/sodificação do solo.

Os principais fatores que afetam a tolerância das culturas, são a fase de desenvolvimento da cultura, a espécie cultivada, o clima e o sistema de irrigação utilizado (Lacerda et al., 2009). De acordo com Richards (1954), os critérios para se avaliar a tolerância das culturas à salinidade são: 1) capacidade da planta sobreviver em meio salino; 2) rendimento da planta em meio salino e 3) produção relativa. Esses critérios, citados por Richards (1954), devem ser utilizados como argumento na tomada de decisão sobre a implantação de uma espécie em áreas afetadas pela salinidade.

### **2.2.5. Águas residuárias**

#### **2.2.5.1. Aspectos técnicos**

O reaproveitamento da água é o processo pelo qual a água, tratada ou não, é reutilizada para o mesmo ou outro fim. De acordo com a Organização Mundial de Saúde (1989), este processo pode ocorrer através do reúso indireto planejado ou não, reúso direto planejado e reciclagem de água, a saber:

a) Reúso indireto não planejado da água: ocorre quando a água, utilizada em alguma atividade humana, é descarregada no meio ambiente e novamente utilizada à jusante, em sua forma diluída, de maneira não intencional e não controlada. Caminhando até o ponto de captação para o novo usuário, a mesma está sujeita às ações naturais do ciclo hidrológico (diluição, autodepuração), (OMS, 1989);

b) Reúso indireto planejado da água: ocorre quando os efluentes, depois de tratados, são descarregados de forma planejada nos corpos de águas superficiais ou subterrâneas, para ser utilizada a jusante, de maneira controlada, no atendimento de algum uso benéfico. O reúso indireto planejado da água pressupõe que exista também um controle sobre as eventuais novas descargas de efluentes no caminho, garantindo assim que o efluente

tratado estará sujeito apenas a misturas com outros efluentes que também atendam aos requisitos de qualidade do reúso objetivado (OMS, 1989);

c) Reúso direto planejado das águas: ocorre quando os efluentes, depois de tratados, são encaminhados diretamente de seu ponto de descarga até o local do reúso, não sendo descarregados no meio ambiente. É o caso com maior ocorrência, destinando-se ao uso em indústria ou irrigação (OMS, 1989);

d) Reciclagem de água: é o reúso interno da água, antes de sua descarga em um sistema geral de tratamento ou outro local de disposição a qual tende a ser utilizada como fonte suplementar de abastecimento do uso original. Este é um caso particular do reúso direto planejado (OMS, 1989).

De acordo com a OMS, (1989) entre as vantagens do reúso de água se destaca o fato de que:

- a) propicia o uso sustentável dos recursos hídricos;
- b) minimiza a poluição hídrica nos mananciais;
- c) estimula o uso racional de águas de boa qualidade;
- d) permite evitar a tendência de erosão do solo e controlar processos de desertificação, por meio da irrigação e fertilização de cinturões verdes;
- e) possibilita a economia de dispêndios com fertilizantes e matéria orgânica;
- f) provoca aumento da produtividade agrícola;
- g) gera aumento da produção de alimentos;
- h) permite maximizar a infraestrutura de abastecimento de água e tratamento de esgotos pela utilização múltipla da água aduzida.

Dentre as limitações do reúso de água, elencam-se:

- a) Riscos à saúde dos produtores por contato direto ou indireto com a água;
- b) Presença de odores desagradáveis nos locais de cultivo;
- c) Problemas relativos a vetores pelo acúmulo de águas residuárias;
- d) Risco de contaminação dos solos;
- e) Acúmulo de matéria orgânica nos lençóis freáticos e reservatórios de água;
- f) Riscos de salinização/sodificação do solo.

Segundo o Centro Internacional de Referência em Reúso de Água (2002), as aplicações do reúso são as seguintes:

a) Reúso agrícola:

No Brasil, setor agrícola utiliza aproximadamente 70% do consumo total de água. Esta demanda significativa associada à escassez de recursos hídricos, leva a ponderar que as atividades agrícolas devem ser consideradas prioritárias em termos de reúso de efluentes tratados. Efluentes adequadamente tratados podem ser utilizados para aplicação em:

- Culturas de alimentos não processados comercialmente: irrigação superficial de qualquer cultura alimentícia, incluindo aquelas consumidas cruas;
- Culturas de alimentos processados comercialmente: irrigação superficial de pomares e vinhas;
- Culturas não alimentícias: irrigação de pastos, forragens, fibras e grãos;
- Dessedentação de animais.

b) Reúso urbano:

Na área urbana os usos potenciais são: irrigação de campos de golfe e quadras esportivas, faixas verdes decorativas ao longo de ruas e estradas, gramados residenciais, viveiros de plantas ornamentais, parques e cemitérios, descarga em toaletes, lavagem de veículos, reserva de incêndio, recreação, construção civil (compactação do solo, controle de poeira, lavagem de agregados e produção de concreto), limpeza de tubulações, sistemas decorativos, tais como espelhos d'água, chafarizes e fontes luminosas, entre outros.

c) Reúso industrial:

As atividades industriais no Brasil respondem por aproximadamente 20% do consumo de água sendo que pelo menos 10% são extraídos diretamente de corpos d'água e mais da metade é tratada de maneira ou não recebe forma alguma de tratamento. O reúso e a reciclagem na indústria constituem ferramentas de gestão fundamentais para sustentabilidade da produção industrial. A prática de reúso industrial pode ser estendida à produção de água para caldeiras, em sistemas de resfriamento, em lavadores de gases e como água de processos.

d) Reúso no meio ambiente:

Nesse caso, pode ser utilizado em habitats naturais, estabelecimentos de recreação, pesca e canoagem, formação de represas e lagos.

e) Recarga de aquíferos:

A recarga artificial de aquíferos com efluentes tratados pode ser empregada para finalidades diversas, incluindo o aumento de disponibilidade e o armazenamento de água, controle de salinização em aquíferos costeiros e controle de subsidência de solos. Esta prática pode ser relevante em alguns municípios abastecidos por água subterrânea, nos quais a recarga natural de aquíferos vem sendo reduzida pelo aumento de áreas impermeabilizadas.

### **Composição físico-química**

A composição físico-química das águas residuárias varia em função da sua origem (esgoto doméstico, industrial, hospitalar, agropecuários etc.) e da época do ano uma vez que as precipitações diluem as águas e, logo, reduzem a concentração química das águas residuárias.

a) Águas residuárias de esgoto doméstico

As águas residuais oriundas de esgoto doméstico são as que oferecem maior oferta em termos de volume; trata-se de águas que são distribuídas pelas companhias de abastecimento nas residências para o consumo humano e que, após serem utilizadas para os mais diversos fins domésticos (banho e descarga sanitária, lavagem de talheres, pratos, roupas, veículos etc.) são descartadas. Na Tabela 4 verificam-se as características físico-químicas da água residuária oriunda de esgoto doméstico da cidade de Apodi, no Rio Grande do Norte.

Tabela 4. Parâmetros físico-químicos da água residuária oriunda do esgoto doméstico na cidade de Apodi, RN, Lemos (2011)

Parâmetros Físico-químicos	Cidade
	Apodi, RN
Salinidade (mg L <sup>-1</sup> )	151,25
pH	7,74
Turbidez UT	133,41
Ca <sup>2+</sup> (mg L <sup>-1</sup> )	32,01
Mg (mg L <sup>-1</sup> )	40,71
NO <sub>3</sub> (mg L <sup>-1</sup> )	19,49
NO <sub>2</sub> (mg L <sup>-1</sup> )	0,56
NH <sub>4</sub>	4,51
PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup>	8,43
CL <sup>-</sup>	91,15
N Total (mg L <sup>-1</sup> )	24,56
Dureza (mg L <sup>-1</sup> )	72,71
RST (mg L <sup>-1</sup> )	412

## b) Águas residuárias de origem industrial

A reutilização de águas originárias das mais diversas atividades antrópicas de cunho econômico, também carece de análises cuidadosas uma vez que determinados tipos de atividades utilizam, no preparo dos seus produtos, elementos químicos extremamente tóxicos e que precisam ser considerados para o processo de tratamento e reúso. Seguem-se (Tabela 5) segue informações sobre a qualidade da água residual de atividades antrópicas de cunho econômico, a saber:

Tabela 5. Composição da água residuária de atividades industriais, Mendonça (1990)

Atividade	DBO	SS	DQO	Graxas
	mg L <sup>-1</sup>			
Abatedouro de bovinos	1300	960	2500	460
Sorvete	910	260	1830	nd*
Queijo	3160	970	5600	nd
Laminação de metais	8	27	36	nd
Farinha	330	330	570	nd
Laticínios	1400	310	3290	nd
Lavanderia industrial	770	450	2400	520
Indústria farmacêutica	270	150	390	160
Abatedouro de aves	200	310	450	nd
Refeições	270	60	420	nd
Refrigerantes	480	480	1000	nd

\*nd – não determinado

**Tratamento e aspectos sanitários**

Várias são as formas de se tratar as águas oriundas das atividades humanas, quer sejam sociais, domésticas ou para fins econômicos. Entre elas estão o reator anaeróbio de manta de lodo (UASB), a lagoa de polimento (LP), o filtro anaeróbio (FA), as terras úmidas não vegetadas (TUNV) e Terras úmidas vegetadas (TUV). Na Tabela 6 é possível verificar os resultados da análise de água residuárias submetidas a diversos tipos de tratamento.

Com relação aos aspectos sanitários as águas residuárias contêm grande variedade de organismos patogênicos, em que os mais comuns são: bactérias, protozoários, vírus e helmintos (Metcalf & Eddy, 2003). Desta forma, o maior agravante na utilização deste tipo de água na agricultura ou em outras atividades quaisquer, tem sido o aspecto sanitário.

Outra realidade é que a maior parte dos municípios, sobretudo no Nordeste brasileiro, não trata seus esgotos, que acabam sendo lançados nos corpos aquáticos situados próximos à zona urbana. Os horticultores e os criadores assentados nas periferias das cidades, por sua vez e diante da escassez de água, findam utilizando águas poluídas e contaminadas por serem de acesso mais fácil, para a irrigação de capim forrageira, hortas e fruteiras, cujos produtos são comercializados nas feiras livres possibilitando a disseminação de doenças entéricas aos seus consumidores (Henrique, 2006).

Os critérios de utilização dessas águas sugeridos pela Organização Mundial da Saúde (WHO, 1989), foram desenvolvidos a partir de modelos teóricos e evidências epidemiológicas, além das informações disponíveis sobre a eficiência de remoção de patógenos, principalmente por meio de lagoas de estabilização. Com base nesta abordagem os riscos de transmissão de doenças associados à irrigação com águas residuárias foram assim categorizados, de acordo com os respectivos agentes etiológicos: (i) alto risco - helmintos; (ii) médio - bactérias e protozoários; (iii) baixo - vírus. Por conseguinte, as recomendações da OMS se restringiram à sugestão de padrões bacteriológicos e parasitológicos, respectivamente, para irrigação irrestrita de  $10^3$  CF 100 mL<sup>-1</sup> e 1 ovo de helmintos L<sup>-1</sup>. Em outro extremo se encontram abordagens bem mais restritivas, usualmente derivadas de padrões americanos que estabelecem,

para a irrigação irrestrita, a virtual ausência de indicadores e patogênicos, incluindo vírus e protozoários (Asano et al., 1992; USEPA, 1992)

Tabela 6. Valores médios e desvio padrão dos principais parâmetros analisados do esgoto bruto e efluentes de diversos sistemas de pós-tratamento (Sousa et al., 2006)

Parâmetros	Tratamento					
	EB	UASB	LP	FA	TUNV	TUV
DQO (mg L <sup>-1</sup> )	780	220	148	75	83	72
Desvio padrão	150	75	78	15	42	38
NTK (mg N L <sup>-1</sup> )	59	52,5	13	33	38	30
Desvio padrão	8,8	7,9	8,0	10	3,5	4
N – amoniacal (mg N-NH <sub>4</sub> L <sup>-1</sup> )	42	45	8,0	26	36	21
Desvio padrão	8,9	8,8	7,5	12	9	5
Fósforo total (mgP L <sup>-1</sup> )	7,0	6,9	3,6	4,2	5,3	3,5
Desvio padrão	1,6	1,1	1,2	1,8	0,6	2
Ortofosfato (mg P-PQ <sub>4</sub> <sup>-3</sup> L <sup>-1</sup> )	4,5	4,8	2,5	3,6	4,8	1,8
Desvio padrão	2,6	0,8	1,1	1,3	0,6	1,0
Potássio (mg K L <sup>-1</sup> )	25	24	26	24	25	23
Desvio padrão	1,1	1,1	1,5	1,0	1,2	1,5
S S (mg SS L <sup>-1</sup> )	280	85	28	18	15	16
Desvio padrão	60	35	15	3	3	2
S S V (mg SSV L <sup>-1</sup> )	210	70	32	10	11	10
Desvio padrão	50	33	19	2	2	2
CE 25°C (dS m <sup>-1</sup> )	1,29	1,42	1,30	1,3	1,32	1,2
Desvio padrão	0,11	0,20	0,18	0,19	0,17	0,6
pH: Média	6,9	7,2	8,9	7,8	7,3	7,2
Máxima	7,3	7,9	9,8	8,5	7,8	7,7
Mínima	6,6	6,9	8,4	7,6	6,9	6,7

**EB:** Esgoto Bruto; **UASB:** reator anaeróbio de manta de lodo; **LP:** Lagoa de Polimento; **FA:** Filtro anaeróbio; **TUNV:** Terras úmidas não vegetadas e **TUV:** Terras úmidas vegetadas.

Na Tabela 7 é possível verificar alguns parâmetros sanitários das águas residuárias em função do tipo de tratamento empregado, a saber:

Tabela 7. Valores médios, máximo e mínimo e medidas de tendência central das análises de coliformes termotolerantes e ovos de helminto (Sousa et al., 2006)

Coliformes termotolerantes UFC 100 mL <sup>-1</sup>	Tratamento do Efluente					
	EB	UASB	LP	FA	TUNV	TUV
Média geométrica	3,1x10 <sup>7</sup>	8,5x10 <sup>6</sup>	980	3,2 x10 <sup>3</sup>	1,8x10 <sup>3</sup>	1,4 x10 <sup>3</sup>
Mediana	4,1x10 <sup>7</sup>	8,8x10 <sup>6</sup>	800	1,5 x10 <sup>3</sup>	1,4x10 <sup>3</sup>	1,1 x10 <sup>3</sup>
Máximo	8,2x10 <sup>7</sup>	1,9x10 <sup>7</sup>	1,0x10 <sup>3</sup>	4,1 x10 <sup>4</sup>	8,3x10 <sup>3</sup>	1,0 x10 <sup>4</sup>
Mínimo	8,9x10 <sup>7</sup>	8,9x10 <sup>5</sup>	1,0x10 <sup>2</sup>	1,0 x10 <sup>3</sup>	3,1x10 <sup>2</sup>	3,0 x10 <sup>2</sup>
Ovos de helmintos Ovos L <sup>-1</sup>						
Média aritmética	215	45	ND	ND	ND	ND
Mediana	240	54	ND	ND	ND	ND
Máximo	345	95	ND	ND	ND	ND
Mínimo	30	10	ND	ND	ND	ND

**EB:** Esgoto Bruto; **UASB:** reator anaeróbio de manta de lodo; **LP:** Lagoa de Polimento; **FA:** Filtro anaeróbio; **TUNV:** Terras úmidas não vegetadas e **TUV:** Terras úmidas vegetadas.

Ao relacionar a ausência de saneamento adequado com a mortalidade infantil, ressalta-se a importância da instalação de redes de água e esgoto nos domicílios brasileiros. De acordo com dados do IBGE (2000) dos 10,4 milhões de domicílios brasileiros que ainda não dispunham de esgotamento sanitário adequado, quase quatro milhões estavam na região Nordeste. Enquanto a taxa de mortalidade de crianças menores de cinco anos residindo em domicílios adequados (aqueles com água e esgoto) era 26,1 por mil, para as que residiam em domicílios inadequados, cuja taxa chegava a 44,8 por mil, atingindo até 66,8 por mil no Nordeste.

### 2.2.5.2. Gestão dos recursos hídricos residuais

#### No mundo

Muitos países localizados em regiões áridas e semiáridas têm incluído o reúso da água no planejamento de recursos hídricos (Tabela 8), haja vista que a escassez de água de boa qualidade tem limitado o desenvolvimento urbano, industrial e agrícola. Neste sentido, os efluentes estão constituindo parte integrante do plano nacional dos recursos hídricos de vários países (Tanji, 1997; Bouwer, 2000); em alguns casos, como Jordânia e Arábia Saudita, tem havido uma política nacional para reutilização de todos os efluentes gerados (Pescod, 1992). Em determinadas regiões do México e da costa

desértica do Peru, como consequência do desequilíbrio dos recursos hídricos somadas ao crescimento acelerado das cidades, as atividades agrícolas foram seriamente afetadas tornando obrigatório e urgente o uso das águas residuárias como única alternativa para sobrevivência, viabilizando a irrigação de mais de 400.000 ha (Léon & Cavallini, 1996).

Tabela 8. Área irrigada com água residuárias em diferentes países

País	Áreas irrigadas com água residuárias (ha)
China	1.330.000
México	250.000
Índia	73.000
Chile	16.000
Estados Unidos	13.500
Kuwait	12.000
Austrália	10.000
Israel	8.800
Tunísia	7.400
Alemanha	6.800
Peru	5.500
Argentina	3.700
Arábia Saudita	2.900
Sudão	2.800
África do Sul	1.800
Bahrein	800
Total	1.745.000

Fonte: Leon & Cavallini (1999)

### **No Brasil**

Atualmente não existem dados precisos sobre o volume de esgotos sanitários e outros tipos de águas residuárias gerados em todas as unidades do território nacional; entretanto, é possível estimar esses valores com base nos dados sobre a demanda de água para consumo humano considerando-se também os valores médios relacionados às perdas de água ocasionadas por falhas no sistema de condução e adução.

Tomando-se como base os dados do IBGE relativos à distribuição de água para consumo humano e população em 2000 (IBGE, 2004b e 2004c) e a estimativa da população residente em 2003 (IBGE, 2004d) pode-se classificar os resultados conforme descrito na Tabela 9.

Tabela 9. Volume de esgotos com potencialidade de uso na agricultura (Mierzwa, 2004)

Região	Volume de água consumido	Índice de coleta	Índice de tratamento	Volume de esgoto coletado	Volume de esgoto tratado
	Unidades				
	(10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> /ano)	(%)	(%)	(10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> /ano)	(10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> /ano)
Norte	443.012,6	9,45	3,42	41.864,7	15.151,0
<b>Nordeste</b>	<b>1.508.697,2</b>	<b>41,73</b>	<b>36,42</b>	<b>629.579,3</b>	<b>549.467,5</b>
Sudeste	5.831.854,5	55,17	25,71	3.217.434,1	1.499.369,8
Sul	1.115.193,4	29,03	22,28	323.740,6	248.465,1
Centro-oeste	576.077,9	49,21	25,45	283.487,9	146.611,8
Brasil	9.476.858,9	46,97	26,49	4.496.106,6*	2.459.065,2*

\*Valores obtidos através da soma dos valores regionais

Em termos de SAB, a gestão dos recursos hídricos residuais ainda necessita de informações que oportunizem o melhor aproveitamento dessas águas, uma vez que tais recursos afetam a sociedade em vários outros aspectos.

Além de prejudicar a saúde o esgoto in natura degrada o ambiente lacunar e/ou marinho, favorecendo o surgimento de algas (como as gigogas), promove a extinção de espécies, o encarecimento do tratamento da água e o desequilíbrio do meio ambiente, como um todo. Segundo dados do Ministério da Saúde, 70% dos leitos de hospitais são ocupados por pessoas que contraíram doenças transmitidas pela água. Esta informação está condizente com os dados da Organização Mundial de Saúde (OMS), os quais demonstram que para cada dólar aplicado em saneamento (esgoto recolhido e tratado, água tratada) são economizados cinco dólares nos 10 anos seguintes, em postos de saúde e atendimento médico (Thame, 2000). Este fato se torna mais contundente quando em Israel (Tel Aviv) uma área de tratamento de esgoto doméstico tem o custo anual de US\$ 0,60 m<sup>-3</sup> (Haruvy, 1997).

Assim, as informações precisas que subsidiem a gestão dos recursos hídricos residuais são fundamentais na formulação de políticas públicas que aperfeiçoem o dimensionamento e o planejamento do tratamento e formas de uso e aplicação, além de subsidiar os órgãos competentes na construção de uma legislação específica que administre a utilização dos recursos hídricos residuais em todas as formas do seu uso e aplicação.

### 2.2.5.3. Água residuária na agricultura: aspectos nutricionais

De acordo com Telles (2003) os esgotos sanitários apresentam teores de macro e micronutrientes suficientes para atender a grande parte das culturas; ademais, os nutrientes mais importantes para as culturas, potencialmente disponíveis são o nitrogênio, o fósforo e, ocasionalmente, o potássio, zinco, boro e enxofre. O reaproveitamento do esgoto doméstico gerado em áreas urbanas possibilita o reciclo de nutrientes em áreas agrícolas cultiváveis. Em geral, só existe fluxo num sentido, ou seja, os alimentos são fornecidos de áreas agrícolas para áreas urbanas não havendo retorno de nutrientes naturais da área urbana para a agricultura (Zancheta, 2007).

Considerando uma contribuição per capita de esgoto sanitário na faixa de 150 a 200 L hab.<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> e uma demanda de água para irrigação de 1.000 a 2.000 mm ano<sup>-1</sup>, constata-se que o esgoto produzido por uma pessoa é suficiente para irrigar uma área de 30 a 70 m<sup>2</sup>. Em outras palavras, uma cidade de 50.000 habitantes produziria “água fertilizada” para atender à irrigação de cerca de 200 ha. Como o efluente contém entre 15 a 35 mg de nitrogênio, de 5 a 10 mg de fósforo e cerca de 20 mg de potássio por litro, pode-se atingir taxas de aplicação de nutrientes de 150 a 700 kg de nitrogênio, 50 a 200 kg de fósforo e 200 a 400 kg de potássio, por hectare (Telles, 2003), fato que ocasiona uma economia em fertilizantes artificiais da ordem de US\$ 230 ha<sup>-1</sup> a US\$ 530 ha<sup>-1</sup> (Marecos do Monte & Sousa, 1992). Al – Nakshabandi et al., 1997, estimam que o valor dos nutrientes presentes nos efluentes das lagoas de estabilização da Jordânia é de US\$ 75,00 por 1000 m<sup>3</sup>.

Telles (2003) cita, ainda, que as águas residuárias, além dos macro e micronutrientes, podem conter de 200 a 400 mg L<sup>-1</sup> de sais e cerca de 300 mg L<sup>-1</sup> de sólidos dissolvidos inorgânicos. Assim, a irrigação de culturas por meio de corpos d’água que recebem lançamento de esgoto sanitário, pode ser considerada “fertirrigação” com água salina, com eventuais teores elevados de sódio e cloretos. A presença de sais em excesso, oriundos do próprio solo ou da água, reduz a disponibilidade hídrica para as plantas e pode influir na infiltração da água no solo razão por que usos específicos devem ter a qualidade da água avaliada por uma ou mais características químicas, físicas e biológicas.

#### 2.2.5.4. Os custos da água residuárias para uso agrícola

Os custos de operação, tratamento, manutenção e recuperação do capital investido nos sistemas de tratamento de águas residuárias são afetados pelo nível de tratamento requerido e pela escala do sistema. A adição de algum estágio de tratamento resulta em elevação do custo total por metro cúbico de efluente tratado, e o aumento da extensão do tratamento resulta em menor custo unitário. Em Tel Aviv uma área de tratamento de esgoto doméstico tem custo anual de US\$ 0,60 m<sup>-3</sup> de efluente tratado (Haruvy, 1997).

Os custos envolvidos em projetos de reúso em irrigação devem abranger: sistema de tratamento, custo do terreno, projeto e serviços de engenharia; materiais e equipamentos necessários tanto para o tratamento dos efluentes quanto para os sistemas de irrigação, custos de armazenamento e bombeamento de efluentes e custos de monitoramento ambiental e sanitário.

Na Tabela 10 é possível verificar os resultados dos custos do tratamento de efluentes na região central e sul de Israel.

Tabela 10. Custos diretos para vias alternativas (US\$ m<sup>-3</sup>), para uma escala de tratamento de 10 milhões de m<sup>3</sup> por ano, em Israel

Alternativa	Disposição local em rio		Bombeamento para o sul	
	Irrigação local			
Nível de tratamento	Terciário	Secundário	Terciário	Secundário
<b>Processo de tratamento</b>				
Lodos ativados	0,16	0,16	0,16	0,16
Nitrificação-desnitrificação	0,09	---	0,09	---
Infiltração no solo	0,08	---	0,08	---
Desinfecção	0,02	---	---	---
<b>Custo total</b>	<b>0,35</b>	<b>0,16</b>	<b>0,33</b>	<b>0,16</b>
Armazenamento	---	0,06	0,06	0,06
Bombeamento	0,05	0,05	0,18	0,18
<b>Total geral</b>	<b>0,40</b>	<b>0,27</b>	<b>0,57</b>	<b>0,40</b>

Fonte: Haruvy (1997)

Apesar dos valores estimados por Haruvy (1997) entende-se que ainda é necessária uma análise econômica mais detalhada para cada tipo de tratamento em

função da aplicação e do uso, que considere a realidade do SAB. Esses resultados são fundamentais na tomada de decisão para implementação de políticas públicas que estimulem o reúso de água nas mais diversas atividades antrópicas, quer seja agricultura, pecuária, indústria, serviços, entre outros.

### **2.3. FLORICULTURA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO**

Segundo o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), existem 2.500 produtores de flores no Brasil, gerando em torno de 300.000 empregos diretos e indiretos. Tal fato mostra a importância da floricultura na redução da evasão agrária e na melhoria da qualidade de vida do trabalhador rural (Stringueta et al., 2003).

Atualmente a produção de flores tropicais no Brasil tem potencial de mercado interno de mais de 150 milhões de consumidores e um mercado internacional que movimentava cerca de US\$ 9 bilhões por ano. Beleza, formas e cores diferenciadas e elevada durabilidade dos produtos estão entre as razões da aceitação das flores tropicais nos mercados nacional e internacional (Agronegócios, 2007).

No Brasil, principalmente na Região Nordeste, a floricultura tropical tem-se destacado nos últimos dez anos, devido à grande demanda por diversos países; em condições de irrigação a alta produtividade tem proporcionado elevados retornos financeiros quando comparados a outras culturas locais, podendo chegar a ser trinta vezes maior que a do feijão e do milho e três vezes maior que a produtividade da videira e da mangueira (Assis et al., 2002).

Do ponto de vista dos sistemas de produção encontrados na região Nordeste do Brasil, o cultivo em estufas representa 26% no setor enquanto as plantações em tela, apenas 3%. Do total da área cultivada 50,4% se destinam às mudas, 28,8% às flores de corte, 13,2% às flores em vasos, 3,1% às folhagens em vasos, 2,6% às folhagens de corte e 1,9% a outros produtos da floricultura (Portal Fator Brasil, 2007). A irrigação é outra prática utilizada pela maioria dos produtores de flores e plantas ornamentais (95,74%), destacando-se o método por gotejamento (28,57%). Em termos de produtores do Nordeste 17,02 % utilizam baixa tecnologia, 55,32%, média tecnologia e 27,66% utilizam alta tecnologia (Brainer, 2007).

A distribuição espacial da produção de flores e plantas ornamentais no SAB se concentra principalmente nos estados de Pernambuco, Bahia, Ceará e Alagoas,

ocupando áreas mais privilegiadas em termos climáticos e de disponibilidade hídrica com possibilidade de expansão, podendo representar uma alternativa econômica de maior expressão (Oliveira & Brainer, 2006).

### **2.3.1. O girassol – a “flor do Sol”**

O girassol (*Helianthus annuus* L.), pertencente à família Asteraceae, tem origem na América do Norte; entretanto, é cultivada atualmente em todos os continentes, pois apresenta ampla adaptabilidade às diferentes condições edafoclimáticas e seu rendimento é pouco influenciado pela latitude, altitude e fotoperíodo (Gomes et al., 2008; Souza et al., 2010); seu uso é extremamente expressivo já que se trata de uma cultura da qual se aproveitam todas as partes com alto valor comercial (Nobre et al., 2008), em virtude das suas características peculiares de rusticidade, resistência à seca, beleza, teor e qualidade de óleo. Abrange áreas como floricultura (Vieira, 2005; Neves et al., 2008), alimentação humana, construção civil e bioenergia (Oliveira et al., 2003), sendo também utilizado como forrageira e na produção de silagem (Tomich et al., 2003; Silva et al., 2004) além de atuar na colonização micorrízica e na reciclagem de nutrientes favorecendo as culturas que a sucedem.

O seu uso específico para fins ornamentais possui elevada liquidez no mercado florístico, com preços médios do buquê variando na faixa de R\$ 41,00 até R\$ 120,00; como possui um elevado “tempo de prateleira” ou “duração pós-colheita” é comercializado tanto em casas de flores como é distribuído via internet sendo utilizado tanto em eventos sociais, congressos e conferências como também em cerimônias de casamento, além de ser comercializado na forma de buquê individual e flor individual. Outro fator que favorece a comercialização do produto é o tempo de prateleira que, no caso do girassol tem durabilidade pós-colheita entre 7 e 10 dias (Anefalos & Guilhoto, 2003).

Na medida em que o cultivo do girassol ganha importância no Brasil, sugere-se que tecnologias sejam desenvolvidas buscando compreender melhor suas exigências e assim adaptá-las através do melhoramento genético ou satisfazê-las de acordo com o que cada região do país pode oferecer.

Na região nordeste do Brasil, por exemplo, uma das principais limitações à expansão de áreas agrícolas é a escassez de recursos hídricos superficiais de qualidade e

disponíveis para a irrigação; no caso específico da cultura do girassol Silva et al. (2011) afirmam que o consumo de água pela cultura do girassol varia em função das condições climáticas porém ressaltam que uma reposição hídrica da ordem de 533,70 mm (150% da evapotranspiração da cultura) proporcionou os maiores potenciais de produção de aquênios.

Com relação às exigências nutricionais desta cultura o nitrogênio, após o boro, é o nutriente mais exigido pela cultura do girassol e é também que mais limita a produção da mesma, proporcionando redução de até 60% na produtividade em decorrência da sua deficiência. Pesquisas têm mostrado que tanto o crescimento da planta como o teor de óleo nos aquênios respondem positivamente aos fertilizantes nitrogenados (Biscaro et al., 2008).

Desempenhando importante função no metabolismo e na nutrição da cultura do girassol, o nitrogênio é transformado em composto orgânico acumulando-se nas folhas e caules para depois ser translocado para o grão e as sementes (aquênios). A deficiência deste elemento causa desordem nutricional (Dantas Júnior et al., 2010) limitando sua produção enquanto seu excesso ocasiona decréscimo na porcentagem de óleo (Biscaro et al., 2008).

### **Resposta do girassol a salinidade**

De acordo com informações de Maciel et al., (2012), a cultura do girassol vem ganhando destaque nas pesquisas com águas salinas (Di Caterina et al., 2007; Oliveira et al., 2010; Nobre et al., 2010; Campos et al., 2010; Travassos et al., 2011; Santos Júnior et al., 2011), devido a sua relevância para produção de óleo comestível, biodiesel e material ornamental.

Ayers & Westcot (1999) classificam o girassol como planta moderadamente sensível à salinidade. Nobre et al., (2010) estudando o crescimento e a floração do girassol sob estresse salino utilizando água com CE variando entre 0,5 e 4,9 dS m<sup>-1</sup>, corroboram com a classificação de Ayers & Westcot (1999) acrescentando que a altura da planta, o diâmetro caulinar, a fitomassa seca da parte aérea, o início do florescimento e os diâmetros de capítulo externo e interno do girassol cv. EMBRAPA 122-V2000, são afetados linear e negativamente pela salinidade da água, a partir de 0,5 dS m<sup>-1</sup>.

Em relação à resposta de genótipos de interesse ornamental, Grieve & Poss (2010) avaliaram o aproveitamento de duas qualidades de água de drenagem, com níveis de salinidade 2,5; 5,0; 10,0; 15,0 e 20,0 dS m<sup>-1</sup>, sobre a produção de dois genótipos de girassol e observaram a presença de margens foliares necróticas, atribuídas ao cloreto mas apenas para poucas plantas produzidas com salinidade da água acima de 10 dS m<sup>-1</sup>. Entretanto, Maciel et al., (2012) verificaram, estudando a produção de flores de girassol em sistema hidropônico NFT sob estresse salino com CE da solução nutritiva variando entre 0,47 e 6,19 dS m<sup>-1</sup>, que a salinidade da água, mesmo proporcionando uma condutividade elétrica da solução nutritiva de até 16,36 dS m<sup>-1</sup>, não prejudicou o tamanho da inflorescência do girassol ornamental 'Sol Vermelho' nem a qualidade comercial da sua haste, quando cultivado em hidroponia NFT.

### **Resposta do girassol à aplicação de água residuária**

De acordo com informações de Andrade et al., (2012) o uso agrícola de esgotos e biossólidos (lodo originado em estação de tratamento de esgoto sanitário que passou por tratamento biológico) cresceu de forma acentuada em todo o mundo, sobremaneira em regiões áridas e semiáridas de países em desenvolvimento como resposta à necessidade de aumentar a produção agrícola, sem aplicação de fertilizantes sintéticos. Em referência à cultura do girassol, especificamente Souza et al., (2010) estudando a utilização de água residuária e de adubação orgânica no cultivo do girassol para fins ornamentais, confirmam este incremento produtivo e acrescentam que flores de girassol irrigadas com água residuária apresentam maior número de pétalas e caráter precoce; Nobre et al., (2010) estudando a produção do girassol sob diferentes lâminas com efluentes domésticos e adubação orgânica, ressaltam que a reposição da necessidade hídrica com água residuária favoreceu as variáveis: altura de planta, fitomassa seca da parte aérea, diâmetro de capítulo externo e interno, fitomassa fresca de capítulo, número de aquênios por capítulo e fitomassa de aquênios por planta, cujos maiores incrementos foram observados com reposição de 120%.

A resposta do girassol à irrigação com água residuária têm sido tema de pesquisa de diversos profissionais (Freitas et al., 2012; Santos Júnior et al., 2011; Andrade et al., 2007) sinalizando seu aproveitamento exitoso nos índices produtivos do girassol.

## 2.4. HIDROPONIA

O termo hidroponia é de origem grega: Hydro = água e Ponos = trabalho, cuja junção significa trabalho em água. Trata-se de uma técnica alternativa de cultivo, na qual o solo é substituído pela solução nutritiva onde estão contidos todos os nutrientes essenciais ao desenvolvimento das plantas. Esta técnica é, também, conhecida como cultivo sem solo (Sediyama & Pedrosa, 1999).

Dentre as suas vantagens o cultivo hidropônico apresenta uma uniformidade maior na produção, maior produção por área, redução do ciclo de cultivo, menor gasto de mão de obra, maior eficiência do uso da água e fertilizantes e oferece produtos limpos e de qualidade. Como desvantagem apresenta maior investimento inicial, comparado ao cultivo convencional; necessidade de conhecimentos técnicos e dependência de energia elétrica. Esses fatores fazem do cultivo hidropônico uma alternativa à agricultura tradicional (Sediyama & Pedrosa, 1999).

### 2.4.1. Princípio físico de funcionamento

De acordo com Ayers & Westcot (1999) o potencial matricial constitui aproximadamente 95% do potencial total em um solo de textura média à capacidade de campo em cultivo convencional. Uma vez que na hidroponia não ocorre a presença de solo e, mesmo quando se utilizam substratos, o potencial matricial tende a ser zero (dado a situação de saturação ao qual é submetido), de modo que é possível elevar o potencial osmótico, ou seja, utilizar águas salinas e salobras sem que o potencial total seja alterado significativamente, fato que permite a absorção de água e nutrientes pelas plantas sem gasto excessivo de energia ou situação de estresse (Equação 1).

$$\begin{array}{ccccccc} \text{Total} & & \text{Pressão} & & & \text{Osmótico} & \\ \downarrow & & \downarrow & & & \downarrow & \\ \psi_i & = & \psi_P & + & \psi_g & + & \psi_{os} & + & \psi_m \\ & & & & \downarrow & & & & \downarrow \\ & & & & \text{Gravitacional} & & & & \text{Mátrico} \end{array}$$

Equação 1. Potencial da água no solo

### 2.4.2. Soluções nutritivas consolidadas e alternativas

Existem várias propostas de soluções nutritivas para cultivos hidropônicos (Tabela 11); elas podem ser específicas para determinadas culturas ou podem ser básicas das quais se derivam outras soluções dentre as quais se encontram as de Hoagland & Arnon (1950); Sarruge (1975); Castellane & Araújo (1995) e Furlani et al. (1999).

Tabela 11. Composição química dos nutrientes presentes na solução nutritiva geral indicada por Hoagland & Arnon (1950); Sarruge (1975); Castellane & Araújo (1995) e Furlani et al. (1999)

	Hoagland & Arnon (1950)	Sarruge (1975)	Castellane & Araújo (1995)	Furlani et al. (1999)
$\text{mg L}^{-1}$ de solução nutritiva				
N	210,1	210,1	222,5	202,0
P	31,0	31,0	61,9	31,5
K	234,6	234,6	426,2	193,4
Ca	200,4	200,4	139,9	142,5
Mg	48,6	48,6	24,3	39,4
S	64,2	64,2	32,4	52,3
$\mu\text{g L}^{-1}$ de solução nutritiva				
B	500	500	498	262
Cu	20	39	48	38
Cl	648	722	-	-
Fe	5022	5000	5000	1800
Mn	502	502	419	369
Mo	11	12	52	65
Zn	50	98	261	114

### 2.4.3. Sistemas hidropônicos

Existem hoje, vários tipos de sistemas hidropônicos desenvolvidos em função da necessidade dos usuários e da disponibilidade dos recursos naturais de cada região. Dentre esses, são citados o sistema de pavio, o sistema de leito flutuante, o sistema de subirrigação, o sistema de gotejamento, o sistema aeropônico e o sistema NFT, sendo o último o mais conhecido (Sediyama & Pedrosa, 1999).

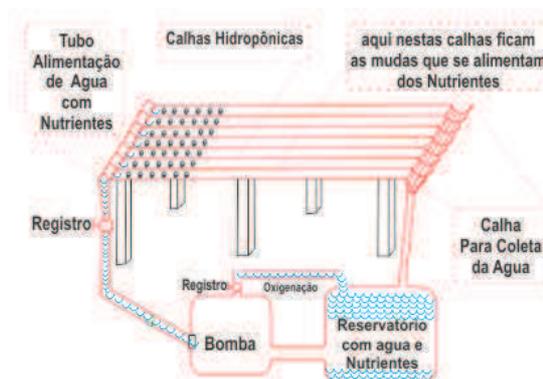
### Classificação dos sistemas hidropônicos

Os sistemas de cultivo hidropônico se classificam em função dos seguintes aspectos (Sedyama & Pedrosa, 1999):

- quanto à movimentação da solução nutritiva: em estáticos ou dinâmicos.
- quanto ao reaproveitamento da solução lixiviada: em sistema aberto, com descarte diário da solução, ou fechado com reaproveitamento total da solução.
- quanto à forma de sustentação da planta: em meio líquido ou em substrato.

### Sistema NFT - Nutrient Film Technique

Este método é o mais simples de todas as formas de cultivo hidropônico. Neste sistema as plantas são distribuídas em calhas hidropônicas, fixadas em espuma fenólica e irrigadas por um filme superficial de solução nutritiva (água com adição de nutrientes). Normalmente, a solução nutritiva é bombeada de um reservatório de retenção para o final das calhas, de modo que o fluxo acontece sobre as raízes e posteriormente retorna ao reservatório inicial. Este sistema já foi utilizado por diversos pesquisadores (Maciel et al., 2012; Silva et al., 2011).



Fonte: Núcleo brasileiro de hidroponia integrada

Figura 1. Sistema hidropônico NFT

#### 2.4.4. Substratos alternativos utilizados em hidroponia

Mais do que exercer a função de suporte às plantas, o substrato para cultivo deve proporcionar suprimento adequado de ar e água ao sistema radicular. Adicionalmente,

deve ser isento de fitopatógenos, de fácil manejo, baixo custo, alta disponibilidade e ter longa durabilidade (Fernandez et al., 2006).

A avaliação da qualidade de um substrato se baseia na sua caracterização física e química. Dentre as propriedades físicas se destacam a densidade, o espaço de aeração e a capacidade de retenção de água do substrato. Para Carrijo et al. (2002), um substrato ideal deve possuir, entre outras características, uma porosidade acima de 85%, capacidade de aeração entre 10 e 30% e água facilmente assimilável de 20 a 30%.

Diversos são os materiais utilizados como substrato: areia, espuma fenólica, argila expandida, vermiculita, composto de lixo urbano, bagaço de cana-de-açúcar, casca de amendoim, casca de arroz, casca de pínus, fibra da casca de coco e serragem, entre outros.

Considerando a disponibilidade e o baixo custo, vem sendo investigada a possibilidade de se utilizar, como componentes de substratos, os resíduos agrícolas produzidos em cada região. Observa-se, então, que vários autores desenvolveram pesquisas com os materiais predominantes em suas regiões, como a casca de arroz (Kämpf & Jung, 1991; Andriolo et al., 1999), o bagaço de cana-de-açúcar (Biasi et al., 1995; Fernandes et al., 2002), o composto de resíduos hortícolas (Urrestarazu et al., 2000), o composto de resíduo de uva (Reis et al., 2001), a casca de amendoim (Fernandes et al., 2002) e a fibra da casca de coco (Noguera et al., 1997; Carrijo et al., 2004).

### **Areia**

As areias são constituídas principalmente por quartzo, um mineral de fórmula geral  $\text{SiO}_2$ , amplamente distribuído na crosta terrestre, constituindo aproximadamente 12% dela. Dentre suas características físicas verificam-se: porosidade entre 15 e 20% para areias finas e 25 e 35% para areias grossas; condutividade hidráulica entre 1 e 5  $\text{m dia}^{-1}$  para areia fina, 5 e 20  $\text{m dia}^{-1}$  para areia média e 20 e 100  $\text{m dia}^{-1}$  para areia grossa; densidade seca 1510  $\text{g L}^{-1}$  e espaço de aeração no substrato saturado médio de 3,55% (Lima et al., 2009).

A utilização de areia como substrato tem apresentado resultados positivos visto que, por sua baixíssima capacidade de troca iônica a areia é considerada um substrato de fácil manejo (Abad et al., 2004). A maior limitação para utilização da areia como

substrato é a dificuldade de manipulação em virtude do peso excessivo, em especial quando úmida (Andriolo, 1996). Apesar da alta disponibilidade de areia é prudente, atualmente, considerar que poderão ocorrer problemas em seu fornecimento, devido ao impacto ambiental causado por sua extração (Abad et al., 2004), demonstrando a necessidade de se buscar materiais alternativos visando substituí-la, parcial ou totalmente, no cultivo de hortaliças.

### **Bagaço de cana de açúcar**

O bagaço da cana de açúcar, tal como a sacarose e a palha, é um dos subprodutos da indústria da cana, constituído por celulose, hemicelulose e lignina. Dado à sua característica esponjosa de absorção lenta de água, algumas de suas características físicas aparentam variar ao longo do tempo; a densidade úmida, por exemplo, aumenta com o período de deposição para cultivo em recipientes até 15 cm de altura.

Outra característica similar é a porosidade total que também aumenta ao longo do tempo do período de armazenamento; para Gruszynski (2002) este fato se deve à dificuldade de saturação dos poros existentes entre as fibras maiores do material. Em contrapartida, o espaço de aeração é reduzido ao longo do tempo; entretanto se encontra dentro da faixa desejável para substratos, de 0,20 a 0,40 m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup> para partículas maiores; para partículas inferiores a 4,75 mm com 24 meses de deposição, o bagaço de cana de açúcar sofre uma redução drástica, apresentando valor muito baixo de espaço de aeração - 0,05 m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup> (Spier, 2008).

De acordo com Silva et al. (2008) a água tamponante aumentou para partículas maiores que 16 mm e diminuiu para partículas entre 16 e 9,6 mm ao longo do tempo; esse autores verificaram, ainda, que o bagaço de cana de açúcar apresentou valores de água disponível, dados pela soma de água facilmente disponível e água tamponante, abaixo do desejado. Do ponto de vista prático isto implica em irrigações mais frequentes, mas não limita a utilização do material para o cultivo de plantas desde que a irrigação seja manejada adequadamente. Fermino (2003) destaca que a escolha de um material como substrato está condicionada à espécie vegetal a ser cultivada, ao estágio de desenvolvimento e ao manejo da irrigação.

Apesar das variações encontradas ao longo do tempo, elas não foram, na prática, consideráveis. Do ponto de vista das propriedades físicas, o bagaço de cana de açúcar

apresenta boa estabilidade de partícula, que é uma característica desejável para substratos para plantas.

### **Fibra de coco**

A utilização da casca do coco verde processada (fibra de coco) na agricultura, além da importância econômica e social, também é importante do ponto de vista ambiental. Segundo Rosa et al. (2001), 80% a 85% do peso bruto do coco verde são considerados lixo; soma-se, a isto, o fato de que a casca de coco verde, subproduto do uso e da industrialização da água de coco, é depositada em lixões e nas margens de estradas e mananciais.

As boas propriedades físicas da fibra de coco, sua não reação com os nutrientes da adubação, sua longa durabilidade sem alteração de suas características físicas, a possibilidade de esterilização, a abundância da matéria prima que é renovável e o baixo custo para o produtor fazem da fibra de coco verde um substrato dificilmente superável por outro tipo de substrato, mineral ou orgânico no cultivo, sem solo de hortaliças e flores (Carrijo et al., 2002).

As propriedades físico-químicas da fibra apresentam os seguintes valores médios: pH = 5,4; condutividade elétrica (CE) = 1,8 dS m<sup>-1</sup>; capacidade de troca catiônica (CTC) = 92 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>; relação C/N=132; d = 70 g L<sup>-1</sup>; porosidade total = 95,6%; retenção de água=538 ml L<sup>-1</sup>; capacidade de aeração = 45,5% e água facilmente assimilável = 19,8% (Carrijo et al., 2002).

A grande percentagem de lignina (35-45%) e de celulose (23-43%) mais a pequena quantidade de hemicelulose (3-12%), esta uma fração prontamente atacada por micro-organismos, conferem ao substrato de fibra de coco grande durabilidade que, de acordo com Carrijo et al. (2002) chega a até oito anos sendo, desta maneira, recomendável para cultivos de ciclo longo como as ornamentais.

## 2.5. REFERÊNCIAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas - NBR 9896/1993 que define os termos nos estudos, projetos, pesquisas e trabalhos em geral relacionados à poluição das águas.

ABAD, M. B.; NOGUERA, P. M.; CARRIÓN, C. B. Los substratos em los cultivos sin suelo. In: URRESTARAZU, M.G. (ed.). Tratado de cultivo sin suelo. Madrid: Mundi-Prensa, p. 113-158. 2004.

ABAS - Associação Brasileira de Águas Subterrâneas, 2003. Disponível em <[www.abas.org.br/](http://www.abas.org.br/)> Acesso em 15 de novembro de 2009.

ANDRADE, L. O. de; GHEYI, H. R.; NOBRE, R. G.; DIAS, N. da S.; NASCIMENTO, E. C. S. Qualidade de flores de girassóis ornamentais irrigados com águas residuária e de abastecimento. IDESIA, v. 30, n. 2, p. 19-27, 2012.

ANDRADE, L. O. de; NOBRE, R. G.; SOARES, F.A.L.; GHEYI, H. R.; FIGUEIREDO, G.R.G. de; SILVA, L.A. da. Germinação e crescimento inicial de plantas de girassol (*Helianthus annuus* L.) irrigadas com água residuária. Revista Educação Agrícola Superior, v.22, n.2,p.48-50, 2007.

ANDRIOLO J. L. O cultivo de plantas com fertirrigação. Santa Maria: UFSM, 1996, 47 p.

ANDRIOLO, J. L.; DUARTE, T. S.; LUDKE, L.; SKREBSKY, E. C. Caracterização e avaliação de substratos para o cultivo do tomateiro fora do solo. Horticultura Brasileira, v.17, n.3, p.215-219, 1999.

ANEFALOS, L. C.; GUILHOTO, J. J. M. Estrutura do mercado brasileiro de flores e plantas ornamentais. Agricultura em São Paulo, v. 50, n. 2, p. 41-63, 2003.

ALMEIDA, O. A. de. Qualidade da água de irrigação. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2010. 234p.

(<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/26783/1/livro-qualidade-agua.pdf>)

AL-NAKSHABANDI, G.A.; SAQQAR, M.M.; SHATANAWI, M.R.; FAYYAD, M.; AL-HORANI, H. Some environmental problems associated with the use of treated wastewater for irrigation in Jordan. *Agricultural Water Management*, v.34, n.1, p.81-94, 1997.

ASANO, T.; LEONG, L. Y. C.; RIGBY, M. G.; SAKAJI, R. H. Evaluation of the California wastewater reclamation criteria using enteric virus monitoring data. *Water Science and Technology*, v. 26, n.7-8, p. 1513 – 1524, 1992.

ASSIS, S. M. P., MARINHO, R. R. L., GONDIM, JÚNIOR, M. G. C., MENEZES, M. & ROSA, R.C.T. Doenças e pragas de helicônias. *Diseases and pests of heliconias*. Recife: UFRPE. 2002.

AYERS, R.S.; WESTCOT, D.W. A qualidade da água na agricultura. Campina Grande: UFPB. 1991, 218p. Estudos FAO Irrigação e Drenagem, 29 revisado.

AYERS, R.S.; WESTCOT, D.W. A qualidade de água na agricultura. 2.ed. Campina Grande: UFPB, 1999, 153p. FAO. Estudos Irrigação e Drenagem, 29 revisado 1.

BARROS, A. M. de L. Aplicação do modelo Moneris à bacia hidrográfica do rio Ipojuca. (Dissertação de Mestrado), 2008. UFPE, 193 p.

BIASI, L. A.; BILIA, D. A. C.; SÃO JOSÉ, A. R.; FORNASIERI, J. L.; MINAMI, K. Efeito de misturas de turfa e bagaço-de-cana sobre a produção de mudas de maracujá e tomate. *Scientia Agricola*, v. 52, n. 1, p. 239-243, 1995.

BISCARO, G. A.; MACHADO, J. R.; TOSTA, M. DA S.; MENDONÇA, V.; SORATTO, R. P.; CARVALHO, L. A. de. Adubação nitrogenada em cobertura no

girassol irrigado nas condições de Cassilândia-MS. *Ciência e Agrotecnologia*, v.32, n.5, p.1366-1373, 2008.

BLANCO, F. F.; FOLEGATTI, M.V.; GHEYI, H. R. ; FERNANDES, P. D. Growth and yield of corn irrigated with saline water. *Scientia Agricola*, v. 65, p. 574-580, 2008.

BOLLMANN, E. Avaliação da qualidade das águas do Rio Belém, Curitiba, PR, com o emprego de indicadores quantitativos e perceptivos. *ABES*, v.13, n.4, p. 443-452, 2008.

BOUWER, H. Integrated water management: emerging issues and challenges. *Agricultural Water Management*, v.45, n.3, p.217-28, 2000.

BRAINER, M.S.C.P.; OLIVEIRA, A.A.P. Floricultura: perfil da atividade no nordeste brasileiro. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, 2007. (Série Documentos do ETENE, n.17).

BRASIL. MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. EMPRABA Meio Ambiente. Proágua Semiárido (Convênio SRH/MMA/EMBRAPA/BIRD nº 475/98). Acesso em 30 abril de 2010.

(<http://www.cnpma.embrapa.br/projetos/ecoagua.>)

BRASIL. MMA. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Atlas das áreas susceptíveis à desertificação do Brasil. Brasília: MMA, 2007. 134p.

BRASIL. MMA. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 357 de 17 mar. 2005. Diário Oficial da União n.53, 17 mar. 2005, seção 1, pág. 58-63. Acesso em 30 agosto de 2010.

(<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>)

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de

água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento. Diário Oficial da União, 18 mar. 2005. Disponível em:

([http://www.cprh.pe.gov.br/legislacao/resolucoes\\_conama/Resoluções\\_Conama](http://www.cprh.pe.gov.br/legislacao/resolucoes_conama/Resoluções_Conama)).

BRILHANTE, J. C. A. Contribuição de solutos orgânicos e inorgânicos no potencial osmótico de folhas de *Atriplex nummularia* submetidas ao NaCl, seca e PEG. (Dissertação de Mestrado), 2006, UFC, 195 f.

CAMPOS, J. H. B. C.; SILVA, V. de P. R.; AZEVEDO, P. V. de; BORGES, C. J. R.; SOARES, J. M.; MOURA, M. S. B.; SILVA, B. B da. Evapotranspiração e produtividade da mangueira sob diferentes tratamentos de irrigação. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.12, n.2, p.150-156, 2008.

CAMPOS, M. S.; OLIVEIRA, F. A.; OLIVEIRA, F. R. A.; SILVA, R. C. P.; CANDIDO, W. S. Efeito da salinidade e fontes de nitrogênio na matéria seca do girassol. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v.5, p165-171, 2010.

CARRIJO, O. A.; LIZ, R. S.; MAKISHIMA, N. Fibras da casca do coco verde como substrato agrícola. *Horticultura Brasileira*, v.20, n.4, p.533-536, 2002.

CARRIJO, O. A.; VIDAL, M. C.; REIS, N. V. B.; SOUZA, R. B.; MAKISHIMA, N. Produtividade do tomateiro em diferentes substratos e modelos de casas de vegetação. *Horticultura Brasileira*, v. 22, n. 1, p.05-09, 2004.

CASTELLANE, P. D.; ARAÚJO, J. A. C. de. *Cultivo sem solo: hidroponia*. 4. ed. Jaboticabal: FUNEP, 43p, 1995.

CESA, K.; ABEGG, C.; AERTS, D. A vigilância da fluoretação de águas nas capitais brasileiras. *Epidemiologia, serviços e saúde*, v. 20, n. 4, p. 547-555, 2011.

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. *Variáveis de qualidade das águas*. São Paulo, SP, 2009. Acesso em: 28 set. 2009.

(<http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/variaveis.asp>).

COSTA, F.G.B.; FERNANDES, M.B.; BARRETO, H.B.F.; OLIVEIRA, A. de F.M.; SANTOS, W. de O. Crescimento da melancia e monitoramento da salinidade do solo com TDR sob irrigação com águas de diferentes salinidades. *Irriga*, v. 17, n. 3, p. 327 - 336, 2012.

COSTA, I. A. S., AZEVEDO, S. M. F. O.; SENNA, P. A. C.; BERNARDO, R. R., COSTA, S. M.; CHELLAPPA, N. T. Occurrence of toxin-producing cyanobacteria blooms in a brazilian semiarid reservoir. *Brazilian Journal of Biology*, v.66, n.1, p. 211-219, 2006.

COSTA, M.E. da; MORAIS, F.A. de; SOUZA, W.C.M. de; GURGEL, M.T.; OLIVEIRA, F.H.T. de. Estratégias de irrigação com água salina na mamoneira. *Revista Ciência Agronômica*, v. 44, n. 1, p. 34-43, 2013.

Convênio SRH/MMA-BIRD/EMBRAPA n.475/98. Recursos hídricos no semiárido.

CORREIA, K. G.; FERNANDES, P. D.; GHEYI, H. R.; NOBRE, R. G.; SANTOS, T. S. Crescimento, produção e características de fluorescência da clorofila “a” em amendoim sob condições de salinidade. *Revista Ciência Agronômica*, v.40, p.514-521, 2009.

DANTAS JÚNIOR, E.E.; CHAVES, L. H. G.; COSTA, F. A. M. da; MESQUITA, E. F. de; ARAÚJO, D. L. de. Crescimento de duas cultivares de mamoneira adubadas com potássio, cobre e zinco. *Revista Caatinga*, v. 23, n. 4, p. 97-107, 2010.

Di CATERINA, R.; GIULIANI, M. M.; ROTUNNO, T.; DE CARO, A.; FLAGELLA, Z. Influence of salt stress on seed yield and oil quality of two sunflower hybrids. *Annals of Applied Biology*, v.151, p.145-154, 2007.

DIAS, N. da S.; LIMA, F. A. de; SILVA, C. R. da; SOUSA NETO, O. N. de; GHEYI, H. R. Use of reject brine from desalination on different development stages of hydroponic lettuce. *Revista Caatinga*, v. 24, n. 1, p. 76-81, 2011.

DINIZ FILHO, E.T.; SOBRINHO, F.E.; SILVA, F.N. da; MARACAJÁ, P.B.; MAIA, S.S.S. Caracterização e uso de solos em região semiárida do médio oeste do Rio Grande do Norte. *Revista Caatinga*, v. 22, n. 3, p.111-120, 2009.

EMILIANI, F.; GONZÁLES, S. M. P. Bacteriological quality of Bendetti Lake (Santo Tome, Santa Fé Province, Argentina) and associated environmental variables. *Revista Argentina de Microbiologia*, v.30, n.1, p.30-38, 1998.

FERMINO, M. H. Métodos de análise para caracterização física de substratos para plantas. (Tese de Doutorado), 2003. UFRS, 89f.

FERNANDES, C; ARAÚJO, J. A. C.; CORÁ, J. E. Impacto de quatro substratos e parcelamento da fertirrigação na produção de tomate sob cultivo protegido. *Horticultura Brasileira*, v. 20, n.1, p. 559-563, 2002.

FERNANDES C; CORÁ, J. E.; BRAZ, L. T. Desempenho de substratos no cultivo do tomateiro do grupo cereja. *Horticultura Brasileira*, v. 24, n. 1, p. 42-46, 2006.

FERREIRA FILHO, S. S.; ALVES, R. Técnicas de avaliação de gosto e odor em águas de abastecimento: método analítico, análise sensorial e percepção dos consumidores. *Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental*, v.11, n.4, p. 362-370, 2006.

FRANCO, R. A. M.; HERNANDEZ, F. B. T. Qualidade da água para irrigação na microbacia do Coqueiro, Estado de São Paulo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.13, n. 6, p. 772-780, 2009.

FREITAS, C.A.S. de; SILVA, A.R.A. da; BEZERRA, F.M.L.; ANDRADE, R.R. de; MOTA, F.S.B.; AQUINO, B.F. de. Crescimento da cultura do girassol irrigado com

diferentes tipos de água e adubação nitrogenada. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.16, n.10, p.1031–1039, 2012.

FRITZSONS, E.; MANTOVANI, L.; CHAVES NETO, A.; HINDI, E. C. A influência das atividades mineradoras na alteração do pH e da alcalinidade em águas fluviais: o exemplo do rio Capivari, região do carste paranaense. *Engenharia Sanitária e Ambiental (Online)*, v. 14, p. 381-390, 2009.

FRITZSONS, E.; MANTOVANI, L. E.; RIZZI, N. E. A influência da vazão, precipitação e uso da terra na alteração do número de coliformes em ambiente lótico do carste curitibano. *Revista de Estudos Ambientais*, n. 5, v. 1, p. 66-75, 2003.

FURLANI, P.R.; SILVEIRA, L.C.P.; BOLONHEZI, D.; FAQUIN, V. Cultivo hidropônico de plantas. Campinas: IAC, 1999, 52 p. (Boletim Técnico 180).

GASTALDINI, M. C. C.; MENDONÇA, A. F. S. Conceito para avaliação da qualidade da água. In: PAIVA, J. B. D.; PAIVA, E. M. C. D. (Orgs). *Hidrologia aplicada à gestão de pequenas bacias hidrográficas*. Porto Alegre: ABHR, 2003. cap.1, p. 3-13.

GOMES, D.P.; LEITE, R. M. V. B. de C.; MORAES, M. F. H.; KRONKA, A. Z.; TORRES, S. B. Salinidade de sementes de girassol provenientes de três municípios do Estado do Maranhão. *Revista Caatinga*, v.21, n.1, p.55-63, 2008.

GRIEVE, C. M; POSS, J. A. Response of ornamental sunflower cultivars 'Sunbeam' and 'Moonbright' to irrigation with saline wastewaters. *Journal of Plant Nutrition*, v.33, p.1579-1592, 2010.

GRUSZYNSKI, C. Resíduo agro-industrial “Casca de Tungue” como componente de substrato para plantas. (Dissertação), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil, 2002, 99p.

GURGEL, M. T.; GHEYI, H. R.; OLIVEIRA, F. H. T. de; FERNANDES, P. D.; SILVA, F. V. da. Nutrição de cultivares de meloeiro irrigadas com águas de baixa e alta salinidade. *Revista Caatinga*, Mossoró, v. 21, n. 5, p. 36- 43, 2008.

HARIR, Y.; MITTLER, R. The ROS signaling network of cells. In: DEL RIO, L. A.; PUPPO, A. 2009. (Ed.). *Reactive oxygen species in plants signaling*. Berlin: Springer-Verlag, cap. 10, p. 165-174, 2009.

HARUVY, N. Agricultural reuse of wastewater: nationwide cost-benefit analysis. *Agriculture, Eco systems and Environment*, v.66, p.113-119, 1997.

HENRIQUE, I. N. Tratamento de água residuária doméstica e sua utilização na agricultura. (Dissertação de Mestrado), 2006. PRODEMA, UEPB/UFPB, 122p.

HERNANDEZ, F. B. T.; SILVA, C.R.; SASSAKI, N.; BRAGA, R. S. Qualidade e água em um sistema irrigado no noroeste paulista. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 30, 2201, Foz de Iguaçu. Anais, Jaboticabal: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2001. 1 CD-ROM.

HOAGLAND, D.R.; ARNON, D.I. The water culture method of growing plants without soil. Berkeley, University of Califórnia, 1950. 32p.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo agropecuário 2006. Rio de Janeiro: IBGE, 2006, 170p.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo demográfico 2000 – Resultado do Universo. <http://ibge.gov.br>, acessado em 25/07/2004b.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa Nacional de Saneamento Básico. Tabela 22 – Volume de água distribuída por dia, com tratamento. – 2000. ([http://ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicao\\_de\\_vida](http://ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicao_de_vida)).

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Estimativa de população – Tabelas das estimativas das populações residentes. Estimativas 2003d. [ftp://ibge.gov.br/estimativas\\_projecoes\\_populacao/](ftp://ibge.gov.br/estimativas_projecoes_populacao/). acessado em 28/07/2004.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Sinopse do Censo Demográfico 2010. Rio de Janeiro: IBGE, 2011. 261p.

KÄMPF, A. N.; JUNG, M. The use of carbonized rice hulls as a horticultural substrate. *Acta Horticulturae*, v. 294, n. 1, p.271-281, 1991.

LACERDA, C. F.; NEVES, A. L. R.; GUIMARÃES, F. V. A.; SILVA, F. L. B. da; PRISCO, J. T.; GHEYI, H. R. Eficiência de utilização de água e nutrientes em plantas de feijão-de-corda irrigadas com água salina em diferentes estádios de desenvolvimento. *Engenharia Agrícola*, v. 29, n. 02, p. 221-230, 2009.

Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 199, que instituí a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos e dá outras providências. Publicada no Diário Oficial da União em 09 de janeiro de 1997.

LEITE, S. P.; CINTRÃO, R.; LASA, C. O Meio rural baiano como espaço privilegiado de políticas públicas: uma análise do contexto institucional e do financiamento das políticas rurais, 2006. Convênio SEPLAN-BA e REDES/CPDAUFRRJ.

LEMOS, M. de. Sistema modular para tratamento de esgoto doméstico em assentamento rural e reúso para produção de girassol ornamental. (Dissertação de Mestrado), 2011. UFERSA, 172p.

LEON, S.G.; CAVALLINI, J.M. Tratamiento y uso de aguas residuales. Lima: CEPIS-OPS-OMS, 1999. 152 p.

LIBÂNIO, M. Fundamentos de qualidade e tratamento de água. Campinas: Editora Átomo, 2005, p. 444.

LIMA, C.J.G.S.; OVEIRA, F.A.; MEDEIROS, J.F.; OLIVEIRA, M.K.T. & GALVÃO, D.C. Avaliação de diferentes bandejas e substratos orgânicos na produção de mudas de tomate cereja. *Revista Ciência Agronômica*, v. 40, n. 1, p. 123-128, 2009.

LIMA, G. P. P.; BRASIL, O. G. B.; OLIVEIRA, A. M. Poliaminas e atividade de peroxidase em feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivados sob estresse salino. *Scientia Agricola*, v. 56, n. 1, p. 21-26, 1999.

MACÊDO, J.A.B. *Águas & águas*. Belo Horizonte: CRQMG. 2004. 977p.

MACIEL, M.P.; SOARES, T.M.; GHEYI, H.R.; REZENDE, E.P.L.; OLIVEIRA, G.X.S. Produção de girassol ornamental com uso de águas salobras em sistema hidropônico NFT. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.16, n.2, p.165–172, 2012.

MARECOS DO MONTE, M.H.F.; SOUSA, M.S. Effects on crop of irrigation with facultative pond effluent. *Water Science and Technology*. v. 26, n. 7-8, p. 1603-1613. 1992.

MEDEIROS, S. S.; CAVALCANTE, A. de M. B.; PEREZ-MARIN, A. M.; TINÔCO, L. B. de M.; SALCEDO, I. H.; PINTO, T. F. Sinopse do censo demográfico para o semiárido brasileiro. *INSA*, 2012, 103p.

MELO, J. G.; MEDEIROS, A. B.; VASCONCELOS, M. B.; CASTRO, V. L. L. Aspectos hidrogeoquímicos e classes de água do aquífero cárstico jandaíra para irrigação, Barauna, RN. *Águas Subterrâneas*, v.21, n.1, p.9-21, 2007.

MENDES, B. S. da S.; WILLADINO, L.; CUNHA, P. C. da; OLIVEIRA FILHO, R. A. de; CÂMARA, T. R. Mecanismo fisiológicos e bioquímicos do abacaxi ornamental sob estresse salino. *Revista Caatinga*, v. 24, n. 3, p. 71-77, 2011.

METCALF & EDDY, INC. *Wastewater engineering: treatment and reuse*. 4th. ed. – New York: McGraw-Hill, 2003, 1819 p.

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL. Nova delimitação do semiárido. 2005.

MIERZWA, J.C. Uso de águas residuárias na agricultura - o caso do Brasil. In: Uso da água na agricultura: Simpósio Nacional sobre o Uso da Água na Agricultura, Passo Fundo, 2004, 14p.

MODARRES, R.; SILVA, V. de P. R. da. Rainfall trends in arid and semi-arid regions of Iran. *Journal of Arid Environments*, v.70, n. 1, p.344-355, 2007.

MOUCHREK, E. Qualidade da água. *Revista AVIMIG*, v. 4, n. 34, p. 14-15, 2003.

MOURA, L.H.A.; BOAVENTURA, R.G.; PINELLI, M.P. A qualidade de água como indicador de uso e ocupação do solo: bacia do Gama – Distrito Federal. *Revista Química Nova*, v.33, n. 1, p. 97-103, 2010.

MUNNS, H.; HUSAIN, S.; RIVELLI, A. R.; JAMES, R. A.; CONDON, A. G. T.; LINDSAY, M. P.; LAGUDAH, E. S.; SCHACHTMAN, D. P.; HARE, R. A. Avenues for increasing salt tolerance of crops, and the role of physiologically based selection traits. *Plant and Soil*, v. 247, n. 1, p. 93- 105, 2002.

NOBRE, R. G.; GHEYI, H. R.; CORREIA, K. G.; SOARES, F. A. L.; ANDRADE, L. O. Crescimento e floração do girassol sob estresse salino e adubação nitrogenada. *Revista Ciência Agronômica*, v. 41, n 03, p. 358-365, 2010.

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

NOBRE, R. G.; GHEYI, H. R.; SOARES, F. A. L.; CARDOSO, J. A. F. Produção do girassol sob estresse salino e adubação nitrogenada. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 35, n. 1, p. 929-937, 2011.

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

NOGUERA, P.; ABAD, M.; PUCHADES, R.; NOGUERA, V.; MAQUIEIRA, A.; MARTÍNEZ, J. Physical and chemical properties of coir waste and their relation to plant growth. *Acta Horticulturae*, v. 450, n. 1, p. 365-373, 1997.

OLIVEIRA, A. A.P.; BRAINER, M. S. de C. P. Perfil da floricultura no nordeste Rural, Fortaleza, BNB, 2006, p.20.

OLIVEIRA, F. A.; OLIVEIRA, F. R. A.; CAMPOS, M. S.; OLIVEIRA, M. K. T.; MEDEIROS, J. F.; SILVA, O. M. P. Interação entre salinidade e fontes de nitrogênio no desenvolvimento inicial da cultura do girassol. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v.5, p.479-484, 2010.

OLIVEIRA, F. de A. de; OLIVEIRA, M.K.T. de; SOUZA NETA, M.L. de; SILVA, R.T. da; SOUZA, A.A.T.; SILVA, O.M. dos P.; GUIMARÃES, I.P. Desempenho de cultivares de rúcula sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação. *Revista Agropecuária Científica no Semi-Árido*, v.8, n.3, p. 67-73, 2012.

OLIVEIRA, M. C.; MARTINS, F. F.; ALMEIDA, C. V. ; MOURA, C. D. de . Efeito da inclusão de bagaço de girassol na ração sobre o desempenho e rendimento de carcaça de frangos de carne. *Revista Portuguesa de Zootecnia*, v. 10, n. 2, p. 107-116, 2003.

OMS - Organización Mundial de La Salud. Directrices sanitarias sobre el uso de aguas residuales em agricultura y acuicultura. Genebra: OMS. 1989.

PEREZ-MARIN, A. M.; FERNANDES, P. D.; ANDRADE, A. P. de; COSTA, R. G.; MENEZES, R. S. C. Desenvolvimento sustentável do semiárido brasileiro. *Parcerias Estratégicas*, v. 15, n. 31, p. 47-60, 2010.

PESCOD, M.B. e ARAR, A. Treatment and use of sewage effluents for irrigation. Butterworths, Londres. 1992.

PETERS, N.E; MEYBECK, M. Water quality degradation effects on freshwater availability: impacts to human activities. Water International, v.25, n.2, p.214-21, 2000.

PIEDRAS, S. R. N., BARGER, A., ISOLDI, L. A., MORAES, P. R. R., HEEMANN, C., FERREIRA, O. G. L. Macroinvertebrados bentônicos como indicadores de qualidade de água na Barragem Santa Bárbara - Pelotas, RS. Ciência Rural, v.36, n. 2, p. 494 - 500, 2006.

PNMA - Programa Nacional do Meio Ambiente. Componente desenvolvimento institucional. Subcomponente monitoramento da qualidade da água. 2003. 145p.

POSSA, R.D.; ALVES, M. dos S.; COLONETI, L.; CORDEIRO, R.; RODRIGUES, M.B. estimativa da qualidade de água do rio barro preto: utilizando os parametros fenóis, DQO e DBO. Synergismus scientifica, v. 3, n. 4, 2008.

PRAXEDES, S. C.; FERREIRA, T. M.; GOMES FILHO, E. Acúmulo de prolina e aminoácidos em cultivares de feijão caupi com tolerância diferencial à salinidade. Revista Caatinga, v. 22, n. 3, p. 211-214, 2009.

REIS, J. A. T. dos; MENDONÇA, A.S.F. Análise técnica dos novos padrões brasileiros para amônia em efluentes e corpos d'água. Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental, v.14, nº3, p.353-362, 2009.

REIS, M.; INÁCIO, H.; ROSA, A.; CAÇO, J.; MONTEIRO, A. Grape marc compost as an alternative growing media for greenhouse tomato. Acta Horticulturae, v. 554, n. 1, p. 75-81, 2001.

RICHARDS, L.A. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. Washington: US Department of Agriculture, 1954. 160p. USDA Agricultural Handbook, 60.

RHOADES, J. D.; KANDIAH, A.; MASHALI, A. M. The use of saline waters for crop production. Rome: FAO, 1992, 48p. FAO. Irrigation and Drainage Paper.

ROSA, M. F.; SANTOS, F. J. S.; MONTENEGRO, A. A. T.; ABREU, F. A. P.; CORREIA, D.; ARAÚJO, F. B. S. Caracterização do pó da casca de coco verde usado como substrato agrícola. 2001, 6p. Fortaleza: Embrapa-CNPAT. (Comunicado Técnico, 54).

RUBIN, H.; RUBIN, A.; REUTER, C.; KÖNGETER, J. Sustainable Integrated Water Resources Management (IWRM) in a Semi-Arid Area. International Journal of Environmental, Cultural, Economic and Social Sustainability, v.2, n.3, p. 165-179, 2006.

SANTANA, M. J. de; CARVALHO, J. de A.; SOUZA, K. J. de; SOUSA, A. M. G. de; VASCONCELOS, C. L.; ANDRADE, L. A. de B. Efeitos da salinidade da água de irrigação na brotação e desenvolvimento inicial da cana-de-açúcar (*Saccharum spp*) e em solos com diferentes níveis texturais. Ciência e Agrotecnologia. v.31, p.1470-1476, 2007.

SANTOS JÚNIOR, J.A.; GHEYI, H. R.; DIAS, N. da S.; SOARES, F. A. L.; NOBRE, R.G. Doses de boro e água residuária na produção do girassol. Revista Ciência Agronômica, v. 42, n. 4, p. 857-864, 2011.

SANTOS JÚNIOR, J. A.; GHEYI, H. R.; GUEDES FILHO, D. H.; DIAS, N. da S.; SOARES, F. A. L. Cultivo de girassol em sistema hidropônico sob diferentes níveis de salinidade. Revista Ciência Agronômica, v. 42, n. 4, p. 842-849, 2011.

SANTOS, R.S. da S.; DIAS, N. da S.; DUARTE, S.N.; LIMA, C.J.G. de. Uso de águas salobras na produção de rúcula cultivada em substrato de fibra de coco. Revista Caatinga, Mossoró, v. 25, n. 1, p. 113-118, 2012.

SARDINHA, D. S.; CONCEIÇÃO, F. T.; SOUZA, A. D. G.; SILVEIRA, A.; JULIO, M.; GONÇALVES, J. C. S. I. Avaliação da qualidade da água e autodepuração do

ribeirão do meio, Leme (SP). Engenharia Sanitária e Ambiental, v.13, n. 1, p.329-338, 2008.

SARRUGE, J.R. Soluções nutritivas. Summa Phytopathologica, v.1, n.3, p.231-233, 1975.

SEDIYAMA, M.A.N.; PEDROSA, M.W. Hidroponia: uma técnica alternativa de cultivo. Belo Horizonte, MG: EPAMIG, 1999. 12p.

SILVA, A.O. da; SILVA, D.J.R. da; SOARES, T. M.; SILVA, E.F. de F. e; SANTOS, A.N. dos; ROLIM, M. M. Produção de rúcula em sistema hidropônico NFT utilizando água salina do Semiárido - PE e rejeito de dessalinizador Revista Brasileira de Ciências Agrárias, v. 6, n. 1, p. 147-155, 2011.

SILVA, A. R. A.; BEZERRA, F. M. L.; SOUSA, C. C. M.; PEREIRA FILHO, J. V.; FREITAS, C. A. S. Desempenho de cultivares de girassol sob diferentes lâminas de irrigação no Vale do Curu, CE. Revista Ciência Agronômica, v. 42, n. 01, p.57-64, 2011.

SILVA A.R.M. Entre o combate à seca e a convivência com o semiárido: Transições paradigmáticas e sustentabilidade do desenvolvimento. (Tese de Doutorado). 2006. UNB, 298p.

SILVA, B. L. da. Caracterização da agricultura irrigada na parte superior da microbacia do córrego do coqueiro no noroeste paulista. 2010. UEP, 56p.

SILVA, B. O.; LEITE, L. A.; FERREIRA, M. I. C. Silagens de girassol e de milho em dietas de vacas leiteiras: produção e composição do leite. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, v.56, n. 1, p.750-756, 2004.

SILVA, E.N.; FERREIRA-SILVA, S. L.; FONTENELE, A. D.; RIBEIRO, R. V.; VIEGAS, R. A.; SILVEIRA, J. A. G. Photosynthetic changes and protective mechanisms against oxidative damage subjected to isolated and combined drought and

heat stresses in *Jatropha curcas* plants. *Journal of Plant Physiology*, v. 167, n. 14, p. 1157–1164, 2010.

SILVA, E.N.; SILVEIRA, J.A.G. da; RODRIGUES, C.R.F.; LIMA, C.S.; VIÉGAS, R.A. Contribuição de solutos orgânicos e inorgânicos no ajustamento osmótico de pinhão-mansão submetido à salinidade. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.44, p.437-445, 2009.

SILVA, M. O.; FREIRE, M. B. G. S.; MENDES, A. M. S.; FERNANDES, M. B.; OLIVEIRA, D. A. Composição do lixiviado de quatro solos do Rio Grande do Norte irrigados com águas salinas. *Revista Caatinga*, v. 21, n. 1, p. 189-203, 2008.

SOUSA, J. T. de; HENRIQUE, I. N.; LEITE, V. D.; LOPES, W. S. Tratamento de águas residuárias: uma proposta para a sustentabilidade ambiental. *Revista de Biologia e Ciências da Terra*, n.1, v.1, p. 90-97, 2006.

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

SPIER, M. Ajuste de metodologias para análise física de substratos e teste do resíduo de cana-de-açúcar para o cultivo de plantas. (Dissertação de Mestrado). 2008. UFRS, 102p.

STRINGHETA, A. C. O.; MARTINEZ, H. P.; CARDOSO, A. A.; COSTA, C. A. Teores foliares de macronutrientes em crisântemos cultivados em substratos contendo composto de lixo urbano e casca de arroz carbonizada. *Revista Brasileira de Horticultura. Ornamental*, v.9, n.2, p.191-197, 2003.

TANJI, K.K. Irrigation with marginal quality waters: issues. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, v.123, n.3, p.165-9, 1997.

TELLES, D. d'A. Aspectos da utilização de corpos d'água que recebem esgoto sanitário na irrigação de culturas agrícolas. In: Mancuso, P. C. S.; Santos, H. F. Esgoto sanitário:

Coleta, transporte, tratamento e reúso agrícola. São Paulo: Edgard Blücher, 2003. p.461-483.

THAME, A. C. M. (Org.). A cobrança pelo uso da água. São Paulo: IQUAL – Instituto de Qualificação e Editoração LTDA, 2000. p. 212.

TOMICH, T. R.; RODRIGUES, J. A. S.; GONÇALVES, L.C. Potencial forrageiro de cultivares de girassol produzidos na safrinha para ensilagem. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, v.55, n.1. p.756-762, 2003.

TRAVASSOS, K. D.; SOARES, F. A. L.; GHEYI, H. R.; DIAS, N. da S. Crescimento de produção de flores de girassol irrigado com água salobra. Revista Brasileira de Agricultura Irrigada v.5, n. 2, p.123–133, 2011.

URRESTARAZU M; SALAS MC; RODRÍGUEZ R; ELORRIETA MA; MORENO J. 2000. Evaluación agronómica del uso del compost de residuos hortícolas como sustrato alternativo en cultivo sin suelo en tomate. Actas de Horticultura, v. 32, n.1, p. 327-332, 2000.

USEPA - U.S. Environmental Protection Agency. Guidelines for water reuse. Technical Report EPA/625/R-92/004. Washington, D.C., USEPA ,1992.

VERBRUGGEN, N.; HERMANS, C. Proline accumulation in plants. Amino Acids, v. 35, n. 4, p. 753- 759, 2008.

VIEIRA, O.V. Características da cultura do girassol e sua inserção em sistemas de cultivos no Brasil. Revista Plantio Direto, v. 88, p. 21-26, 2005.

von SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 1 ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; UFMG; 1996 452p.

von SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 3º ed., UFMG, Belo Horizonte, 2005.

WHO - World Health Organization. Health guidelines for use of wastewater in agriculture and aquaculture. Geneva. WHO, 1989, Technical Report Series. 778.

WILLADINO, L.; CAMARA, T. R. Origen y naturaleza de los ambientes salinos. In: REIGOSA, M. J. (Ed.). La ecofisiología vegetal una ciencia de síntesis. Madri: Editora Thompsom, 2004. cap. 10, p. 303-330.

WILLADINO, L.; CAMARA, T. R. Tolerância das plantas à salinidade: aspectos fisiológicos e bioquímicos. Enciclopédia Biosfera, v. 6, n. 11, p. 1-23, 2010.

XIONG, L.; ZHU, J. Molecular and genetic aspects of plant responses to osmotic stress. Plant, Cell and Environment, v. 25, n. 2, p. 131-139, 2001.

ZANCHETA, P. G. Recuperação e tratamento da urina humana para uso agrícola. (Dissertação de Mestrado). 2007. UFES, 83p.

# Capitulo III

---

*Pesquisas Realizadas*

# Capitulo III

---

## *Subitem III.1*

**Produção e pós-colheita de flores de girassóis sob estresse salino  
em sistema hidropônico alternativo**

*Production and postharvest of flowers of sunflowers under saline stress  
in alternative hydroponic system*

**Produção e pós-colheita de flores de girassóis sob estresse salino  
em sistema hidropônico alternativo**

**Resumo:** Face às características relacionadas à infraestrutura, situação edáfica, hídrica e social, peculiares do semiárido brasileiro, faz-se necessária a utilização de sistemas de cultivo alternativos que considerem tais características, inclusive a qualidade da água disponível. Dentro desta lógica o objetivo do presente trabalho foi avaliar os efeitos do estresse salino sobre as variáveis de produção e a pós-colheita de flores de girassóis cultivadas em um sistema hidropônico alternativo. Utilizou-se delineamento estatístico inteiramente casualizado analisado em esquema fatorial 4 x 3, com três repetições, sendo testados quatro níveis de salinidade da solução nutritiva (1,7 – testemunha; 4,3; 6,0 e 9,0 dS m<sup>-1</sup>) na produção de três cultivares de girassol (sol noturno, bonito de outono e anão de jardim). Verificou-se que, embora sob efeito da salinidade da solução nutritiva até o nível de 9 dS m<sup>-1</sup>, o número de pétalas e a duração pós-colheita se mantiveram dentro dos padrões comerciais para as cultivares “Sol Noturno” e “Anão de Jardim”.

**Palavras-chave:** Alta densidade. Salinidade. Semiárido brasileiro

**Production and postharvest of flowers of sunflowers under saline stress  
in alternative hydroponic system**

**Abstract:** In light of characteristics related to infrastructure, edaphic situations, hydric and social, quirky of brazilian semiarid, it is necessary to use alternative cropping systems that consider such characteristics, including the quality of water available. Within this logic, the objective of this study was to evaluate the effects of saline stress on production variables and post-harvest flowers of sunflowers grown in a hydroponic system alternative. A randomized design completely, analyzed in 4 x 3 factorial scheme, with three replications, was used; it was tested four levels of salinity of the nutrient solution (1.7 - control, 4.3, 6.0 and 9.0 dSm<sup>-1</sup>) in the production of three varieties of sunflower (evening sun, beautiful of autumn garden dwarf). It has been found that even under effect the salinity of the nutrient solution until the level of 9 dSm<sup>-1</sup>, the number of

petals and the duration of postharvest remained within the commercial standards for cultivars "Sol Night" and "Dwarf Garden".

**Keywords:** High density. Salinity. Brazilian semiarid.

## INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de sistemas de produção agrícola que sejam eficientes do ponto de vista hídrico, principal entrave para a expansão das áreas irrigadas em regiões semiáridas, é uma das alternativas para expansão da produção no setor. Os sistemas de cultivo hidropônico, dado a características como elevada eficiência no uso da água, podem subsidiar um processo de produção alternativo, dentro de uma lógica que vem sendo estudada por diversos pesquisadores e aplicada a diferentes culturas (Luz et al., 2012; Santos Júnior et al., 2011; Silva et al., 2011).

Para o SEBRAE (2006), no entanto, os sistemas hidropônicos possuem algumas desvantagens, como o alto custo inicial em razão do nível tecnológico exigido; expressivo índice de risco de perda da cultura, por falta de energia elétrica; necessidade de mão-de-obra especializada e de acompanhamento permanente em função da solução nutritiva que requer cuidados especiais de manejo.

No contraste entre este cenário e as condições de infraestrutura disponíveis no semiárido brasileiro (SAB), tornam-se necessários o desenvolvimento e a validação de sistemas hidropônicos que amenizem as desvantagens supracitadas, especialmente os danos causados pela falta de energia elétrica e que também contemplem o aproveitamento de águas salinas, de ocorrência comum nesta região no processo produtivo das culturas. O aproveitamento dessas águas no semiárido brasileiro é fundamental para a ampliação da oferta de água visando à produção agrícola, haja vista que, embora a disponibilidade superficial seja reduzida, o potencial de exploração de águas subterrâneas nessas regiões é considerável; no entanto, são águas com restrições químicas relacionadas à salinidade, impróprias para o consumo humano, animal e irrigação de culturas em condições de solo (Oliveira et al., 2007) restrições essas que podem ser melhor equacionadas quando se utilizam sistemas hidropônicos na produção das culturas.

Lastreado por informações relacionadas a questões de mercado no que diz respeito ao potencial de crescimento no setor de produção de flores tropicais (IBRAFLOR, 2012; Medeiros et al., 2007), utilizaram-se, nesta análise, diferentes cultivares de flores de girassol como parâmetro de comparação já que esta cultura possui ampla adaptabilidade edafoclimática e é moderadamente tolerante à salinidade (Nobre et al., 2011). Deste modo, se analisaram os componentes de produção e pós-colheita de flores das cultivares de girassol, “Sol noturno”, “Anão de Jardim” e “Bonito de Outono”, quando cultivadas em protótipo hidropônico alternativo tipo “Pirâmide”, sob diferentes níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O ensaio foi desenvolvido em ambiente protegido situado na Estação Experimental do Instituto Nacional do Semiárido, no município de Campina Grande, PB, no período de setembro a novembro de 2012. A cidade de Campina Grande tem clima do tipo Aw'i e segundo a classificação climática de Köppen, é considerado sub-úmido seco. O período chuvoso está situado entre os meses de março a julho e a normal climatológica é cerca de 800 mm (1974-2004). A temperatura máxima média anual é de 28,7 °C e a mínima de 19,8 °C variando pouco ao longo do ano.

A área experimental localiza-se sob as coordenadas geográficas 7°16'41" S e 35°57'59" O, com altitude média de 470 m, e se situa na área geográfica de abrangência do semiárido brasileiro (Ministério da Integração Nacional, 2005), em uma zona de transição climática e peculiar dentro do município de Campina Grande, PB. É cercada pelas regiões montanhosas de Lagoa Seca, PB, a nordeste, do centro da área urbana de Campina Grande, PB, a leste, e Fagundes, PB, a sudeste, fato que ocasiona redução das precipitações médias anuais na área experimental em comparação com outros pontos desta cidade. (Tabela 1).

Tabela 1. Precipitação média anual mensurada em diferentes pontos do município de Campina Grande, PB, no ano hidrológico de 2011, AESA, 2012

Ponto de observação	Precipitação média anual (mm)
EMBRAPA	1.494,4
Estação Experimental do INSA	972,7
Santa Terezinha	1.111,8
São José da Mata	1.097,1
Sítio Açude de Dentro	833,6
Sítio Massapê de Galante	1.065,3

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, analisado em esquema fatorial 4 x 3 com três repetições totalizando 36 unidades experimentais; cada repetição foi constituída de 10 plantas “úteis”, sendo estudadas 30 plantas por tratamento, os quais consistiram no uso de quatro níveis de salinidade da solução nutritiva na irrigação de três cultivares de girassol ornamental: “Sol Noturno”, “Anão de Jardim” e “Bonito de Outono”.

A solução nutritiva usada foi proposta por Furlani et al. (1999), cujas características químicas estão descritas na Tabela 2, resultando em uma condutividade elétrica da solução original de 3,4 dS m<sup>-1</sup>. Esta solução foi diluída equitativamente em água de abastecimento (Tabela 3), obtendo-se uma condutividade da solução nutritiva de 1,7 dS m<sup>-1</sup> (Testemunha). Para obtenção dos tratamentos salinos se adicionaram quantidades crescentes de NaCl na solução diluída, segundo proposta por Richards (1954) - Equação 1, resultando em uma condutividade elétrica da solução nutritiva de 1,7 (Testemunha); 4,3; 6,0 e 9,0 dSm<sup>-1</sup>.

$$\text{(Equação 1)} \quad \text{mg L}^{-1} (\text{NaCl}) = 640 \times (\text{CE desejada} - \text{CE atual})$$

Tabela 2. Composição da solução nutritiva padrão utilizada (FURLANI *et al.* 1999).

Sal ou fertilizante	g 1000 L <sup>-1</sup>
Nitrato de cálcio hydro especial	750,0
Nitrato de potássio	500,0
Fosfato monoamônico (MAP)	150,0
Sulfato de magnésio	400,0
Sulfato de cobre	0,15
Sulfato de zinco	50,0
Sulfato de manganês	1,50
Ácido bórico	1,50
Molibdato de sódio (Na <sub>2</sub> M <sub>o</sub> O <sub>4</sub> 2H <sub>2</sub> O)	0,15
Molibdato de amônio	0,15

Tenso-Fe (FeEDDHMA-6% Fe <sub>e</sub> )						30,0
Tabela 3. Característica da água de abastecimento utilizada no preparo da solução						
pH	CEa dS m <sup>-1</sup>	K	Na	Ca	Mg	RAS (mmol L <sup>-1</sup> ) <sup>0,5</sup>
7,5	0,38	5,47	35,65	20,00	15,8	1,45

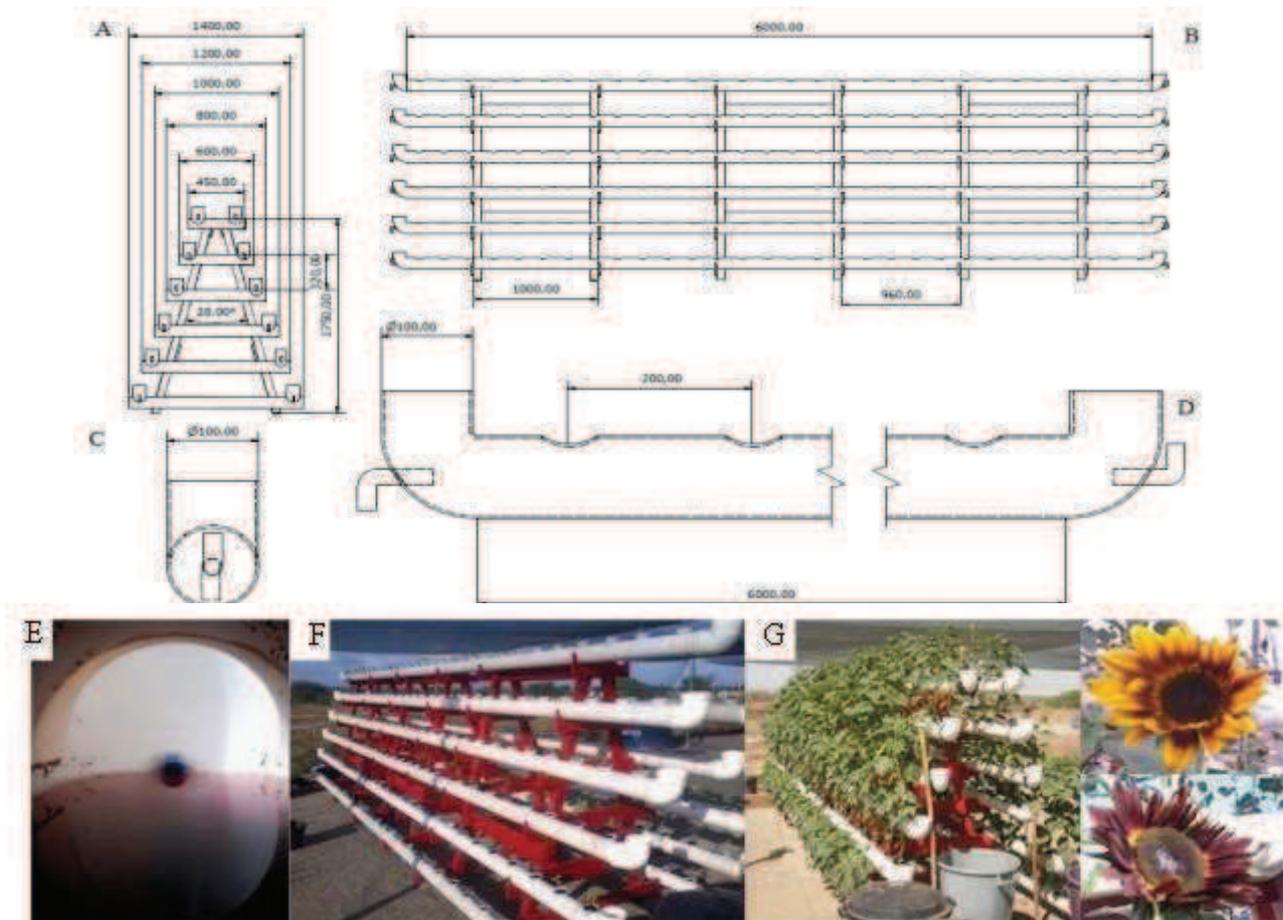
As unidades experimentais foram compostas de um protótipo hidropônico tipo “Pirâmide” (Figura 1) constituído de um suporte de madeira impermeabilizada com tinta a óleo, com dimensões de 6 x 1,40 m, projetado com capacidade de suporte para 12 tubos de PVC de 6 m de comprimento e 100 mm de diâmetro. Nesses tubos foram perfuradas “células” circulares de 60 mm de diâmetro, espaçadas 20 cm, de modo equidistante, considerando-se o eixo central de cada célula. Acoplaram-se aos tubos, joelhos de mesma bitola e, a estes, uma torneira para saída de água, num sistema “tipo vertedouro” que induzia a existência de um nível constante de 4 cm de líquido dentro do tubo, em toda a sua extensão disponibilizando, equitativamente, a solução para todas as plantas. Na saída dos joelhos colocou-se uma “luva hidráulica” perfurada que garantisse a troca gasosa por ocasião da queda de água de um tubo para o outro (Figura 1).

Este protótipo hidropônico visa eliminar as desvantagens da hidroponia relatadas na literatura, ou seja, este protótipo não depende exclusivamente da energia elétrica e possibilita o aproveitamento de águas salinas e residuárias na produção das culturas; além disto, trabalha com o conceito de alta densidade de cultivo em condições protegidas, reaproveitamento da solução em sistema fechado e ergonomia do usuário do sistema, que no caso do agricultor familiar do SAB fica exposto a horas de insolação em posição incômoda para a coluna cervical.

O semeio ocorreu em copos plásticos descartáveis de 200 mL, perfurados nas laterais e no fundo e preenchidos com 20 g de substrato fibra de coco; as mudas foram irrigadas todos os dias, com água de abastecimento, pela manhã e à tarde, até os 20 dias após o semeio (DAS), data do transplante; aos 21 DAS os copos de germinação, com mudas + substrato, foram inseridos nos tubos conforme tratamentos previamente estabelecidos.

No manejo da irrigação fez-se a reciclagem de água e nutrientes, ou seja, preparou-se um volume inicial de 80 L de solução nutritiva por tratamento, em reservatório específico; às 8h adicionava-se manualmente, 20 L de solução por tubo e às

16h este volume era retirado, despejado no reservatório e, após a homogeneização, coletavam-se novamente 20 L e se aplicava ao tubo; a mensuração do consumo hídrico era feita no reservatório principal, com intervalo semanal de tempo.



Dimensões em milímetros (mm).

Figura 1. (A) Vista frontal e (B) vista lateral do protótipo hidropônico utilizado; (C) vista frontal e (D) vista lateral da composição dos tubos de PVC; (E) Vista interna do tubo em funcionamento; (F) Vista lateral do sistema; (G) Sistema hidropônico em funcionamento

As variáveis foram analisadas por ocasião da colheita, pós-colheita e descarte das flores, as quais foram: o início do florescimento (IF) - o número de dias do semeio até as plantas atingiram o estágio fenológico  $R_4$  (Connor et al., 1997), ou seja, começo da abertura da inflorescência.

Imediatamente após a colheita mensurou-se o comprimento da haste (CH) - do colo da planta à gema apical; o diâmetro da haste (DH) - a cinco centímetros acima do

colo da planta; o número de folhas (NF) – superiores, a três centímetros e fotosinteticamente ativas; a área foliar (AF) - calculada com auxílio da fórmula proposta por Maldaner et al. (2009), em que  $AF = \sum 0,1328 C^{2,5569}$ , em que C é o comprimento da nervura central da folha; e a fitomassa fresca da flor - parte aérea sem folhas - (FFC).

O período de pós-colheita ocorreu em uma sala climatizada com temperatura fixa de  $\pm 20^{\circ}\text{C}$ ; as flores foram acondicionadas em uma bancada em posição vertical sendo os 2 cm da porção inferior do caule imersos em uma solução de sacarose (2%).

Quando as flores atingiram o estágio R<sub>5</sub> (inflorescência completamente aberta) mensuraram-se o diâmetro externo (DCe) e o diâmetro interno (DCi) do capítulo, através da média aritmética das medidas no sentido horizontal e vertical; também se contou nesta data, o número de pétalas (NP).

A fase do descarte teve início sempre que se iniciou a queda das pétalas; mensurou-se, então, a fitomassa da flor no momento do descarte (FFD) e se calculou a perda de água da flor da colheita ao descarte (PAF) – diferença entre a FFC e a FFD; e a duração da pós-colheita (DPC) – número de dias da colheita até o início do caimento das pétalas.

Os resultados do experimento foram submetidos à análise de variância, comparando-se por meio de análise de regressão os níveis de salinidade da solução nutritiva (fatores quantitativos) e por meio de teste de médias (Tukey) as diferentes cultivares de girassol (fatores qualitativos) a nível de 0,05 de probabilidade, utilizando-se software estatístico SISVAR versão 5.2 (Ferreira, 2008).

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

De acordo com a análise de variância as variáveis IF, CH, DH, DCe, DCi e NP foram influenciadas significativamente pelos fatores nível de salinidade e cultivar. A interação entre os fatores influenciou significativamente o comportamento do IF, CH e do DCe (Tabela 4). Outro aspecto a ser mencionado é o baixo coeficiente de variação, o que indica comportamento uniforme das variáveis analisadas e que, apesar de haverem sido dispostas 30 plantas em fileira, o protótipo disponibilizou água e nutrientes, uniformemente.

Tabela 4. Resumo da ANOVA para início médio do florescimento (IF), comprimento (CH) e diâmetro (DH) médio da haste, diâmetro médio externo da flor - capítulo (DCe), diâmetro médio interno da flor - capítulo (DCi) e número médio de pétalas (NP) de cultivares de girassol cultivados em sistema hidropônico alternativo sob estresse salino

CAUSA DE VARIAÇÃO	GL	Quadrado Médio					
		IF	CH	DH	DCe	DCi <sup>1</sup>	NP
Nível de Salinidade (S)	3	197,66**	3000,93**	32,403**	12,144**	0,312**	108,27**
Reg. Linear	1	433,75**	8979,56**	89,146**	32,737**	0,84**	274,71**
Cultivar (C)	2	321,48**	10957,46**	4,026**	3,564**	0,199**	104,29**
Interação S x C	6	36,761**	288,828**	0,230 <sup>ns</sup>	1,802**	0,065 <sup>ns</sup>	10,445 <sup>ns</sup>
Resíduo	24	6,88	32,955	0,367	0,197	0,045	6,692
CV	(%)	3,79	8,93	8,03	5,26	11,16	8,80

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

No desdobramento do fator cultivares de girassol dentro do fator salinidade da solução nutritiva para o IF (Figura 2A) observou-se que sob 6 dS m<sup>-1</sup> de CE<sub>sn</sub> as plantas de girassol da cultivar “Sol Noturno” foram até 10,8% mais precoces em relação à cultivar “Bonito de Outono”; em contrapartida, o IF da variedade “Anão de Jardim” não diferiu significativamente quando comparado com o das outras cultivares testadas, iniciando-se aos 65 DAS. Andrade et al. (2012) observaram, estudando a qualidade de flores de girassóis ornamentais irrigados com águas residuária e de abastecimento observaram que a cultivar “Sol Noturno” floresceu aos 57 DAS, ou seja, 8 dias mais precoce em relação aos dados observados no presente trabalho, defasagem esta atribuída ao estresse salino ao qual as plantas foram submetidas.

Em relação ao CH das flores, verificou-se significância no desdobramento do fator cultivar de girassol dentro do fator salinidade da solução nutritiva (Figura 2B). Sob 1,7 dS m<sup>-1</sup> de CE<sub>sn</sub> a cultivar “Anão de Jardim” apresentou média de 41 cm enquanto as cultivares “Sol Noturno” e “Bonito de Outono”, média de 105 cm de CH. Quando irrigada com 4,3 dS m<sup>-1</sup> de CE<sub>sn</sub>, o CH médio da cultivar “Anão de Jardim” foi de apenas 32 cm, entretanto para o níveis de 6 e 9 dS m<sup>-1</sup> de CE<sub>sn</sub> se observaram hastes com até 70 cm de comprimento. Fato que indica que, em condições de hidroponia, o CH da cultivar “Anão de Jardim” não é comprometido significativamente quando submetido aos níveis de CE<sub>sn</sub> estudados, inclusive com tamanho de hastes compatíveis

com as do padrão de qualidade proposto pela IBRAFLORE (2012). Esta tolerância pode estar relacionada às características genéticas da variedade em si ou ao fato de que os sais podem ter sido regulados por sinalização proveniente da raiz, sobretudo pelo ácido abscísico (ABA). Outro argumento se relaciona com a capacidade da planta de compartimentalizar íons no vacúolo (Prisco & Gomes Filho, 2010).

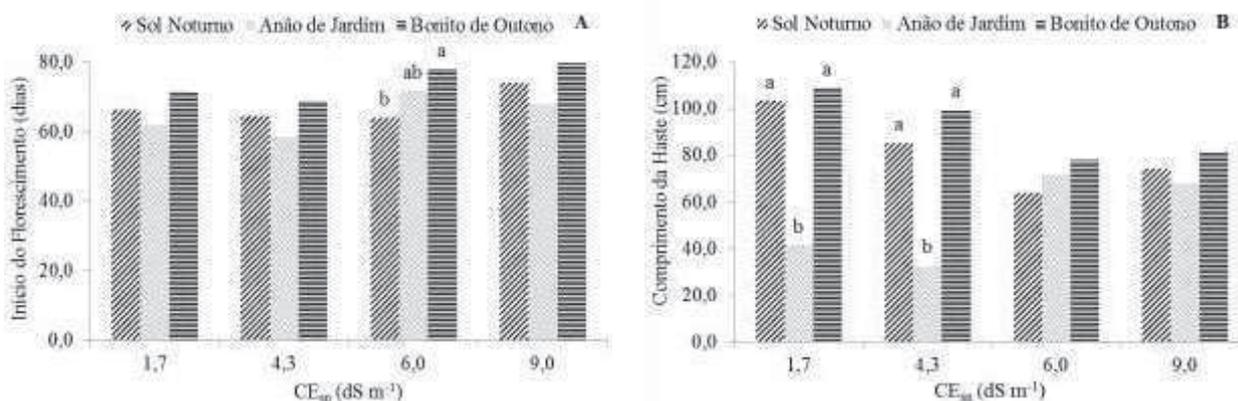


Figura 2. (A) Desdobramento do fator cultivar de girassol dentro do fator salinidade da solução nutritiva para o início médio do florescimento e para o (B) comprimento médio da haste. Equações descritas apenas para resultados significativos

O DH decresceu linearmente na taxa de 6,12% por incremento unitário da CE<sub>sn</sub>, verificando-se perdas de até 45% quando se compara o DH das plantas sob 9 dS m<sup>-1</sup> em relação às plantas sob 1,7 dS m<sup>-1</sup> de CE<sub>sn</sub> (Figura 3A). Maciel et al. (2012) constataram, estudando a produção de flores de girassol da cultivar “Sol Vermelho” sob estresse salino, no intervalo entre 0,47 e 6,19 dS m<sup>-1</sup>, em sistema hidropônico NFT, redução linear do DH à taxa de 3,2% por incremento unitário da CE<sub>sn</sub>.

Em relação às médias de DH observadas para as diferentes cultivares, verificaram-se valores na ordem de 7,7; 6,9 e 8 mm para as cultivares “Sol Noturno”, “Anão de Jardim” e “Bonito de Outono”, respectivamente (Figura 3B). Segundo Curti (2010) é desejável que o diâmetro da haste seja resistente para possibilitar a sustentação da inflorescência do girassol que, geralmente, tem maior massa caso se considerem outras espécies de flor de corte, como a rosa e a gérbera, entre outras.

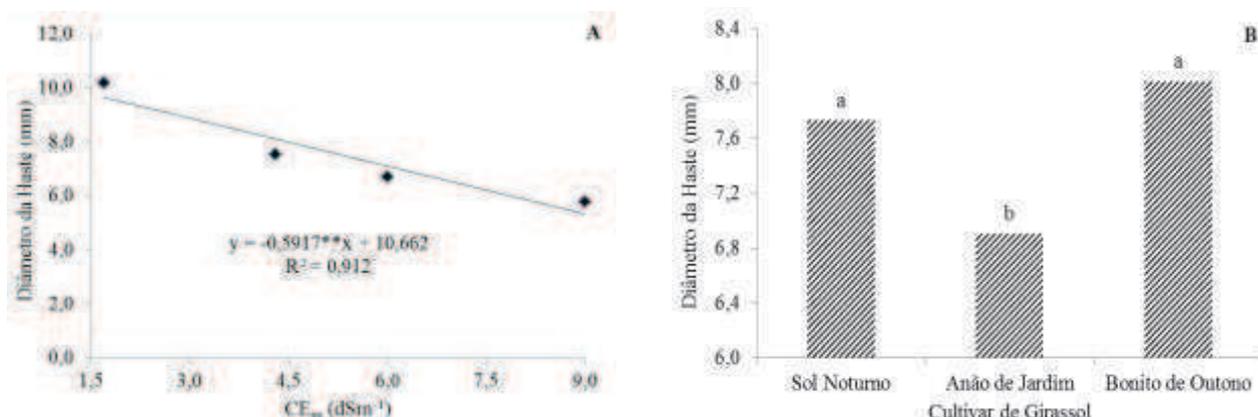


Figura 3. (A) Diâmetro médio da haste em função da salinidade da solução nutritiva e das (B) diferentes cultivares de girassol

A interação entre os fatores afetou significativamente o DCE das flores de girassol. No desdobramento do fator salinidade da solução nutritiva dentro do fator cultivar do girassol (Figura 4A), notou-se que a cultivar “Anão de Jardim” apresentou maior sensibilidade à variação da CE<sub>sn</sub>, sendo observada uma defasagem de até 30,2% no DCE das plantas sob 9 dS m<sup>-1</sup> em relação às plantas irrigadas com 1,7 dS m<sup>-1</sup> de CE<sub>sn</sub>. No desdobramento do fator cultivar de girassol dentro do fator salinidade da solução nutritiva (Figura 4B) verificou-se maior efeito negativo da CE<sub>sn</sub> sobre o comportamento do DCE da cultivar “Anão de Jardim” em relação às demais cultivares testadas. Silva et al. (2009), também observaram, analisando a cultivar ornamental ‘Dobrada Amarela Anã’ submetida à solução nutritiva com CE de 6,5 dS m<sup>-1</sup> e fração de lixiviação de 50%, efeito significativo da salinidade sobre o diâmetro do capítulo.

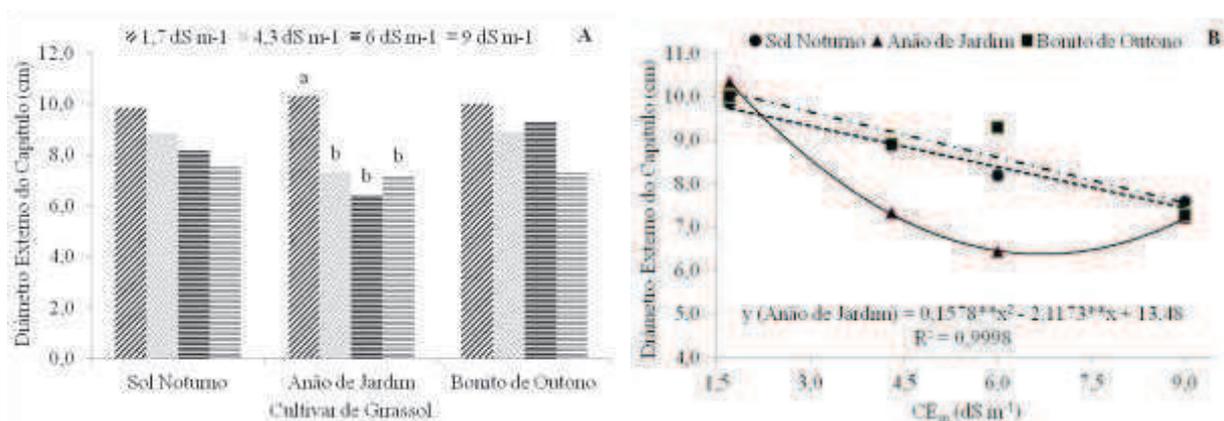


Figura 4. (A) Desdobramento do fator salinidade da solução nutritiva dentro do fator cultivar do girassol para diâmetro externo do capítulo e (B) do fator cultivar de girassol dentro do fator salinidade solução nutritiva para o diâmetro externo do capítulo

O DCi das flores também foi reduzido com o aumento da salinidade. Estimou-se, com base na equação de regressão (Figura 5A) um decréscimo de 5,97% por incremento unitário da  $CE_{sn}$ . Em relação ao DCi das cultivares testadas, não se notou diferença significativa entre as cultivares “Sol Noturno” e “Bonito de Outono” (DCi médio de 3,6 cm); entretanto essas diferiram significativamente em relação à cultivar “Anão de Jardim”, média de 2,65 cm (Figura 5B). Segundo Sabbagh (2008), a padronização do girassol ornamental é caracterizada pelo diâmetro externo dos capítulos, tamanhos pequeno, médio e grande, sendo que o tamanho do porte médio do capítulo poderá ficar em média, 12 – 16 cm de capítulo; no entanto, para Lamas (2002), a colheita deve seguir recomendações regionais atendendo aos padrões de qualidade definidos especificamente para cada material vegetal específico.

O NP das flores diminuiu 23,6% quando se comparam as plantas sob  $9 \text{ dS m}^{-1}$  em relação às plantas irrigadas com  $1,7 \text{ dS m}^{-1}$  de  $CE_{sn}$ , conforme é possível checar na equação de regressão (Figura 5C). Observou-se uma redução linear de 3,23% por aumento unitário da  $CE_{sn}$  no NP em função dos níveis de  $CE_{sn}$ . O número médio de pétalas verificado para a cultivar “Sol Noturno” e “Anão de Jardim” foi de 27 pétalas; já a variedade “Bonito de Outono” produziu, em média, 32,8 pétalas (Figura 5D).

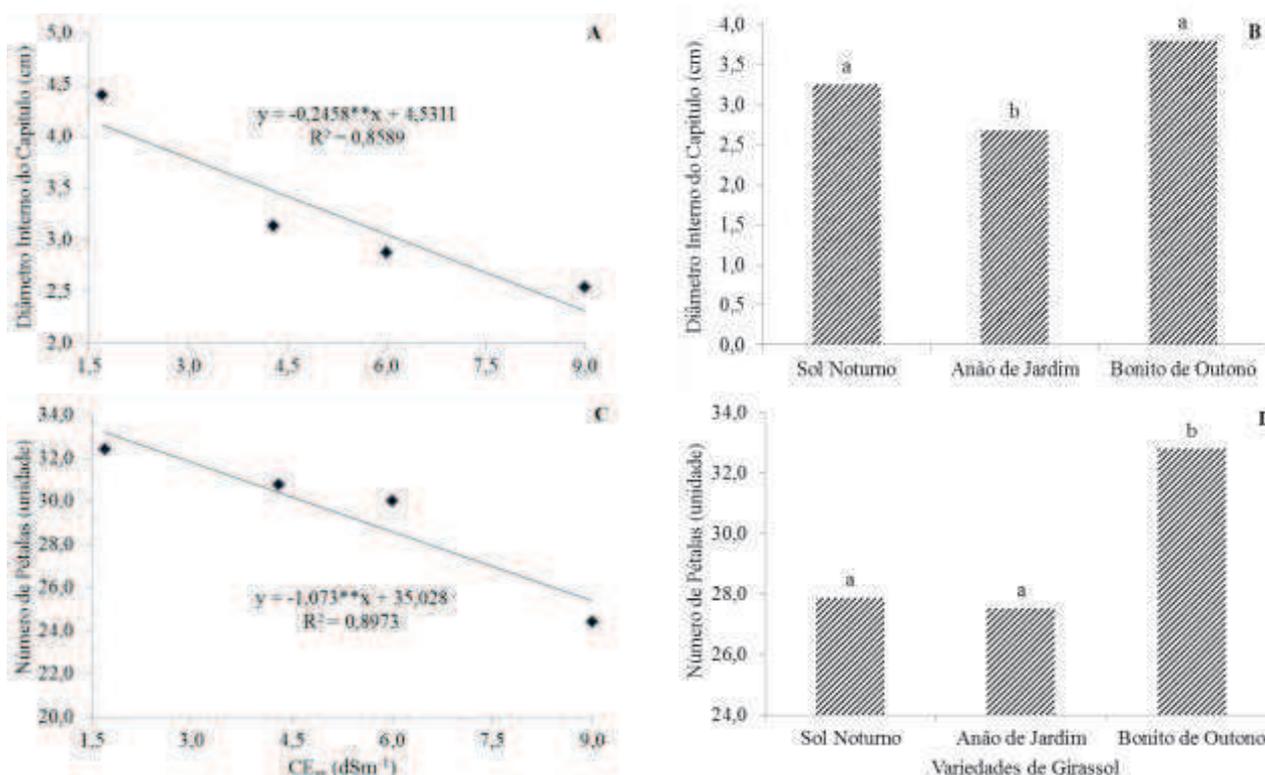


Figura 5. (A) Diâmetro interno do capítulo em função da salinidade da solução nutritiva e (B) das diferentes cultivares de girassóis. (C) Número de pétalas em função da salinidade da solução nutritiva e (D) das diferentes cultivares de girassóis

Na Tabela 5 é possível observar que todas as variáveis (NF, DPC, FFC, FFD e PAF) tiveram seu comportamento influenciado pelos tratamentos testados. A interação entre os tratamentos afetou apenas o NF e a DPC (Figura 4). Em relação ao protótipo hidropônico, as variáveis relacionadas à pós-colheita (Tabela 5), também apresentaram baixo coeficiente de variação e, conseqüentemente, apresentaram comportamento uniforme, indicando que o protótipo ofereceu condições iguais de desenvolvimento as 30 plantas distribuídas linearmente por tubo.

Tabela 5. Resumo da ANOVA para número médio de folhas (NF), duração média pós-colheita (DPC), fitomassa fresca média da flor na colheita (FFC) e no descarte (FFD) e perda média de água da flor da colheita ao descarte (PAF) do girassol cultivado em sistema hidropônico alternativo sob estresse salino

CAUSA DE VARIAÇÃO	GL	Quadrado Médio				
		NF	DPC	FFC <sup>1</sup>	FFD <sup>1</sup>	PAF <sup>1</sup>
Nível de Salinidade (S)	3	52,343 <sup>**</sup>	20,302 <sup>**</sup>	24,740 <sup>**</sup>	11,269 <sup>**</sup>	3,009 <sup>**</sup>
Reg. Linear	1	153.317 <sup>**</sup>	55,497 <sup>**</sup>	70,471 <sup>**</sup>	31,833 <sup>**</sup>	8,708 <sup>**</sup>
Cultivar (C)	2	7,469 <sup>**</sup>	5,215 <sup>**</sup>	22,117 <sup>**</sup>	24,882 <sup>**</sup>	3,647 <sup>**</sup>
Interação S x G	6	7,418 <sup>**</sup>	5,486 <sup>**</sup>	0,429 <sup>ns</sup>	0,321 <sup>ns</sup>	0,096 <sup>ns</sup>
Resíduo	24	1,466	1,225	0,425	0,349	0,053 <sup>ns</sup>
CV	(%)	6,95	8,33	10,26	11,34	9,92

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

Observou-se significância no desdobramento do fator salinidade da solução nutritiva dentro do fator cultivar do girassol para o NF (Figura 6A); verificou-se, também, que a cultivar “Anão de Jardim” apresentou um quantitativo de folhas variável em função do incremento da  $CE_{sn}$ , além de maior sensibilidade à salinidade quando se compara com as outras cultivares testadas. Segundo Gulzar et al. (2003), em geral, os estresses provocados pelo excesso de íons diminuem a assimilação de  $CO_2$ , condutância estomática, transpiração e fotossíntese das plantas e, por conseguinte, acabam por

prejudicar a produção e a produtividade das culturas o que, no presente trabalho, se constata em relação ao NF, DPC e FFC.

Em relação à DPC, observou-se significância no desdobramento do fator salinidade da solução nutritiva dentro do fator cultivar do girassol (Figura 6B). Notou-se que a cultivar “Bonito de Outono” manteve a DPC em 14 dias quando irrigada com 1,7; 4,3 e 6 dSm<sup>-1</sup> de CE<sub>sn</sub>; no entanto, nas plantas irrigadas com 9 dSm<sup>-1</sup> de CE<sub>sn</sub>, ocorreu queda brusca sendo estimados 9 dias de DPC; as outras cultivares testadas não apresentam variação significativa.

Durante as atividades experimentais notou-se uma sensibilidade maior da cultivar “Bonito de Outono” a níveis de salinidade superiores a 6 dSm<sup>-1</sup>, quando comparada com a sensibilidade das cultivares “Anão de Jardim” e “Sol Noturno”; verificou-se também elevado índice de mortalidade nas plantas “Bonito de Outono”, nas mesmas condições. A média de DPC observada no presente trabalho para a cultivar “Sol Noturno” foi de 14 dias, ou seja, as plantas apresentaram durabilidade maior em até 5 dias que a observada por Andrade et al. (2012) para esta mesma variedade irrigada com água residuária em condições de solo.

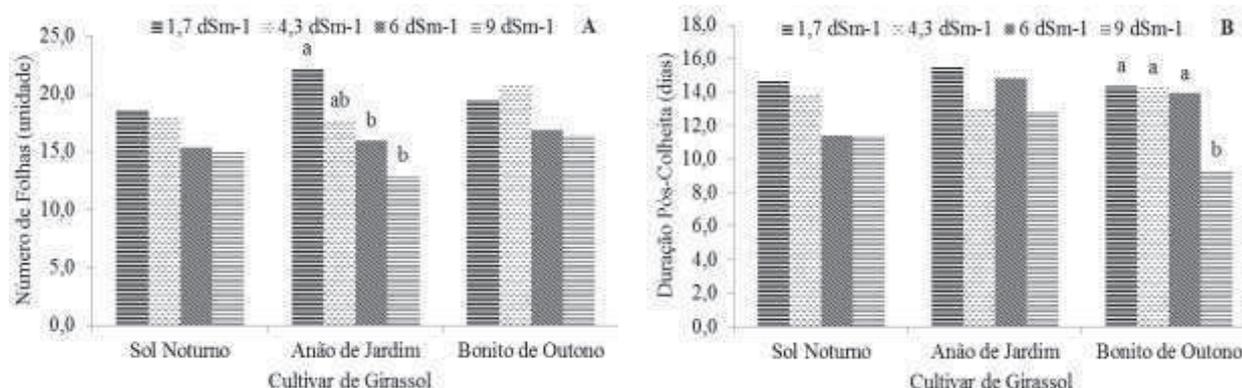


Figura 6. (A) Desdobramento do fator salinidade da solução nutritiva dentro do fator cultivar de girassol para o número de folhas e para a (B) duração pós-colheita

A FFC foi significativamente afetada pela CE<sub>sn</sub>. Observou-se uma perda real de 75% quando se comparam as plantas sob 1,7 em relação às plantas sob 9 dS m<sup>-1</sup> de CE<sub>sn</sub>. Estimou-se, ainda, com base na equação de regressão, uma redução de 10,36% na FFC por incremento unitário da CE<sub>sn</sub> (Figura 7A). Observaram-se médias de 51, 24 e 55g de FFC para as cultivares “Sol Noturno”, “Anão de Jardim” e “Bonito de Outono” (Figura 7B); esta superioridade média de 54% das outras cultivares em relação à “Anão de

Jardim” em termos de FFC, está relacionada à composição genética da flor, que possui naturalmente um porte reduzido.

Em relação à FFD observou-se comportamento similar ao da FFC. Notou-se uma redução linear na taxa de 9,23% além de um contraste entre os níveis 1,7 e 9 dS m<sup>-1</sup> de CE<sub>sn</sub>, na ordem de 67,4% (Figura 7C). Em termos médios, a cultivar “Sol Noturno” produziu 38 g de FFD enquanto as cultivares “Anão de Jardim” e “Bonito de Outono” produziram 12 e 36 g, respectivamente (Figura 7D).

Observou-se redução na PAF na taxa de 10,24% por incremento unitário da CE<sub>sn</sub> (Figura 7E), no entanto, as plantas perderam em média 7,41; 2,95 e 7,61 g de água nas cultivares “Sol Noturno”, “Anão de Jardim” e “Bonito de Outono”, respectivamente (Figura 7F), estes resultados estão associados a redução do porte das flores em função do estresse salino. As plantas sob níveis elevados de salinidade perderam menos água tendo em vista que seu teor de água na colheita era menor, fato que comprometeu a DPC; este resultado é elucidado quando se compara a taxa de 1,91 g dia<sup>-1</sup> de água perdida pelas plantas sob 1,7 dSm<sup>-1</sup> de CE<sub>sn</sub>, com a de 0,43 g dia<sup>-1</sup> de água perdida pelas plantas sob 9 dSm<sup>-1</sup> de CE<sub>sn</sub> e também o contraste nos índices de DPC.

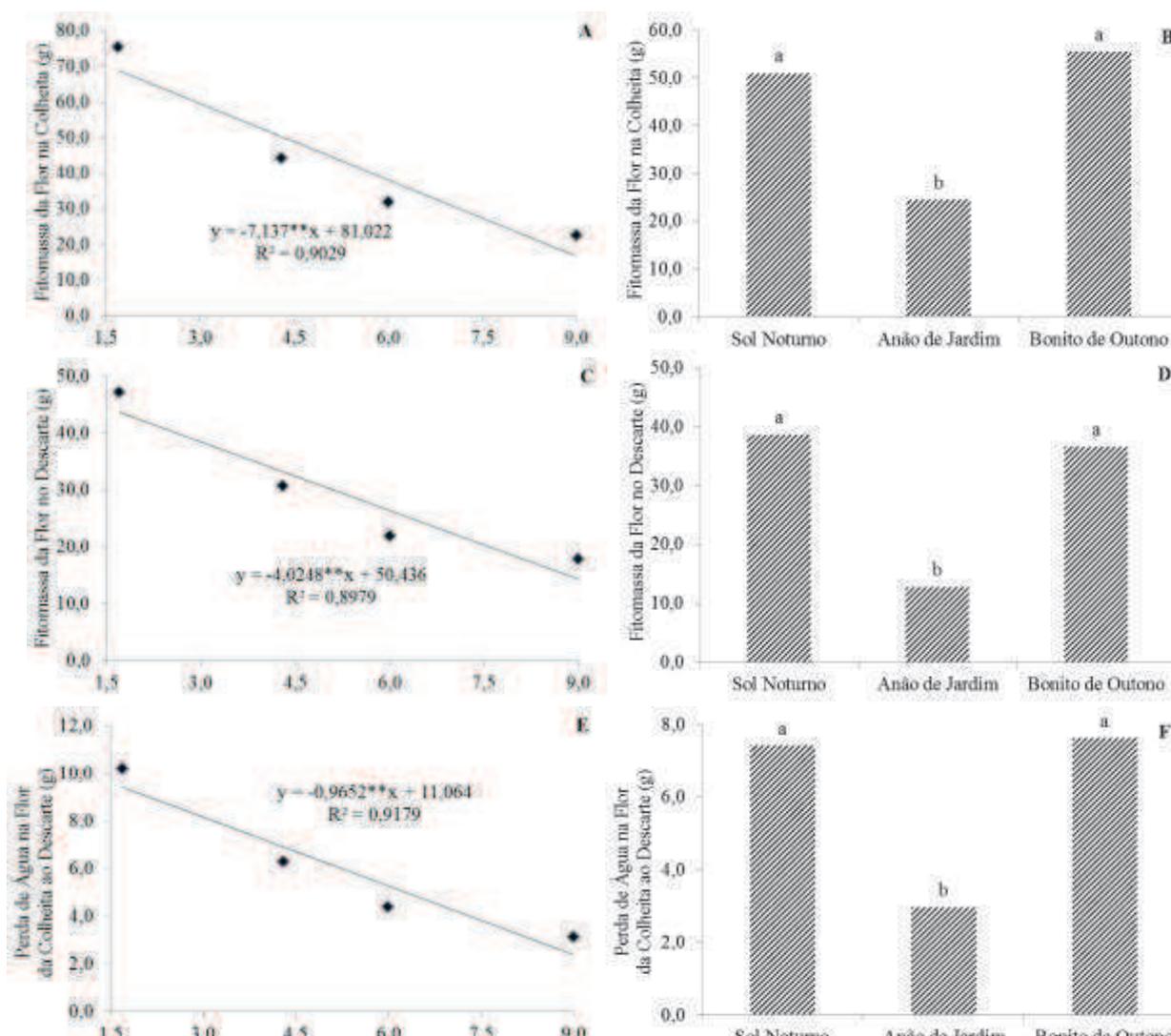


Figura 7. (A) Fitomassa fresca da flor na colheita em função da salinidade da solução nutritiva e (B) das diferentes cultivares de girassol. (C) Fitomassa fresca da flor no descarte em função da salinidade da solução nutritiva e (D) das diferentes cultivares de girassol. (E) Perda de água da flor da colheita ao descarte em função da salinidade da solução nutritiva e (F) das diferentes cultivares de girassol

## CONCLUSÕES

1. A interação entre a salinidade da solução nutritiva e as cultivares de girassol, afetou o início do florescimento, o comprimento da haste, o diâmetro externo do capítulo, o número de folhas e a duração pós-colheita;
2. Mesmo sob efeito da salinidade da solução nutritiva até o nível de  $9 \text{ dS m}^{-1}$ , o número de pétalas e a duração pós-colheita se mantiveram dentro dos padrões comerciais para as cultivares “Sol Noturno” e “Anão de Jardim”;
3. Não é viável a produção de flores de girassol da variedade “Bonito de Outono” em condições de hidroponia sob níveis de salinidade da solução nutritiva superiores a  $6 \text{ dS m}^{-1}$ ;
4. O protótipo hidropônico utilizado disponibilizou uniformemente água e nutrientes às plantas, as quais produziram flores uniformes e com características similares de pós-colheita.

## REFERÊNCIAS

ANDRADE, L.O. DE; GHEYI, H.R.; NOBRE, R.G.; DIAS, N. DA S.; NASCIMENTO, E.C.S. Qualidade de flores de girassóis ornamentais irrigados com águas residuária e de abastecimento. IDESIA, v.30, n.2, p.19-27, 2012.

CAMPOS, P. J.; SANTOS, T. M. ; SCAFINI, L. ; OLIVEIRA, C. A. ; SANTOS, T. S. .Hidroponia: Processo de produção alternativo, frente às demandas de mercado. *Gestão Universitária*, v. 1, p. 1, 2012.

CONNOR, J. D.; HALL, A. J. Sunflower physiology. *In*: SCHNEIDER, A. A. (ed.). *Sunflower technology and production*. Madison: ASA/CSSA/SSSA, 1997. p. 113-181. (Series of monographs, 35).

CURTI, G. L. Caracterização de cultivares de girassol ornamental semeados em diferentes épocas no Oeste Catarinense. 2010. 76p. (Dissertação de Mestrado). Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 2010.

GULZAR, S.; KHAN, M.A.; UNGAR, I.A. Salt tolerance of a coastal salt marsh grass. *Soil Science and Plant Analysis*, v. 34, n.1. p. 2595- 2605, 2003.

FERREIRA, D.F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. *Revista Symposium*, Lavras, v. 6, p. 36-41, 2008.

IBRAFLOR – Instituto Brasileiro de Floricultura. *Números do setor*, (2012). Acesso em dezembro de 2012 (<http://www.ibraflor.com/publicacoes/vw.php?cod=183>).

LAMAS, A.M. *Floricultura tropical: técnicas de cultivo*. Recife: SEBRAE-PE, 2002. 87p. (Serie Empreendedor).

LUZ, J.M.Q.; ANDRADE, L.V. de; DIAS, F.F.; SILVA, M.A.D.; HABER, L.L.; OLIVEIRA, R.C. de. Produção hidropônica de coentro e salsa crespa sob concentrações de solução nutritiva e posições das plantas nos perfis hidropônicos. *Bioscience Journal*, v. 28, n. 4, p. 589-597, 2012.

MACIEL, M.P.; SOARES, T.M.; GHEYI, H.R.; REZENDE, E.P.L.; OLIVEIRA, G.X.S. Produção de girassol ornamental com uso de águas salobras em sistema

hidropônico NFT. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.16, n.2, p.165–172, 2012.

MALDANER, I. C.; HELDWEIN, A.B.; LOOSE, L.H.; LUCAS, D.D.P.; GUSE, F.I.; BORTOLUZZI, M.P. Métodos de determinação não-destrutiva da área foliar em girassol, *Ciência Rural*, v.39, n.5, p.1356-1361, 2009.

MEDEIROS, S.S.; SOARES, F.A.L.; GHEYI, H.R.; FERNANDES, P.D. Uso de água residuária de origem urbana no cultivo de gérbera: efeito nos componentes de produção. *Engenharia Agrícola*, v. 27, n. 2, p. 569-578, 2007.

NOBRE, R. G.; GHEYI, H. R.; SOARES, F. A. L.; CARDOSO, J. A. F. Produção de girassol sob estresse salino e adubação nitrogenada. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.35, n.1, p.929-937, 2011.

OLIVEIRA, B.C.; CARDOSO, M.A.A.; OLIVEIRA, J.C.; OLIVEIRA, F.A.; CAVALCANTE, L.F. Características produtivas do tomateiro submetido a diferentes níveis de sais, na água de irrigação. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.11, n.1, p.11-16, 2007.

PRISCO, J. T. & GOMES FILHO, E. Fisiologia e bioquímica do estresse salino em plantas. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. Manejo da salinidade na agricultura. Fortaleza, INCT Sal, 2010. p. 472.

RICHARDS, L.A. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. Washington: US Department of Agriculture, 1954. 160p. USDA Agricultural Handbook, 60.

SABBAGH, M. C. Redução de porte de girassol ornamental pela aplicação de reguladores vegetais. Curitiba, 2008. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

SANTOS JÚNIOR, J. A.; GHEYI, H. R.; GUEDES FILHO, D. H.; DIAS, N. da S.; SOARES, F. A. L. Cultivo de girassol em sistema hidropônico sob diferentes níveis de salinidade. *Revista Ciência Agronômica*, v. 42, n. 4, p. 842-849, 2011.

SANTOS JÚNIOR, J. A.; GHEYI, H. R.; GUEDES FILHO, D. H.; DIAS, N. da S.; SOARES, F. A. L. Efficiency of water use for sunflower grown in hydroponic system under salt stress. *Engenharia Agrícola*, v. 33, n. 4, 2013.

SILVA, T. G. F.; ZOLNIER, S.; GROSSI, J. A. S.; BARBOSA, J. G.; MOURA, C. R. W.; MUNIZ, M. A. Crescimento do girassol ornamental cultivado em ambiente protegido sob diferentes níveis de condutividade elétrica de fertirrigação. *Revista Ceres*, v. 56, p.602-610, 2009.

SEBRAE. Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. Ponto de partida para início de negócio: hidroponia, Brasília, 2006.

SILVA, A.O. da; SILVA, D. J. R. da; SOARES, T. M.; SILVA, E. F. de F. e; SANTOS, A.N. dos; ROLIM, M.M. Produção de rúcula em sistema hidropônico NFT utilizando água salina do Semiárido - PE e rejeito de dessalinizador. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v. 6, n. 1, p. 147-155, 2011.

# Capitulo III

---

## *Subitem III.2*

**Interação concentração de NPK e salinidade da solução nutritiva  
na produção de flores de girassol**

*Interaction between concentration of NPK and levels of salinity of nutrient solution in  
the production of flowers of sunflowers*

**Interação concentração de NPK e salinidade da solução nutritiva  
na produção de flores de girassol**

**Resumo:** A eficiência do aproveitamento dos nutrientes pelas plantas em regiões semiáridas é estratégica, sobretudo, em função do seu uso interativo com águas salinas na produção das culturas. No presente trabalho avaliaram-se os componentes de produção e pós-colheita de flores de girassol (cv. EMBRAPA 122-V2000) cultivadas em sistema semi-hidropônico utilizando-se areia como substrato. Os tratamentos consistiram na interação entre quatro concentrações de NPK (55; 70; 85 e 100%) e quatro níveis de salinidade da solução nutritiva (1,7; 4,3; 6,0 e 9,0 dS m<sup>-1</sup>) totalizando dezesseis tratamentos (soluções nutritivas), em três repetições, totalizando 48 unidades experimentais distribuídas em um delineamento inteiramente casualizado e analisadas em esquema fatorial 4 x 3. Os resultados foram submetidos à análise de variância pelo teste F, em nível de 0,05 de probabilidade, e nos casos de significância realizou-se análise de regressão. Concluiu-se que as diferentes concentrações e níveis de salinidade da solução nutritiva tiveram efeito interativo sobre o início do florescimento, diâmetro externo e interno do capítulo, número de folhas e duração pós-colheita do girassol.

**Palavras-chave:** Nitrato. Salinidade. Disponibilidade hídrica

**Interaction between concentration of NPK and levels of salinity of nutrient  
solution in the production of flowers of sunflowers**

**Abstract:** The efficiency on utilization of nutrients by plants in semiarid regions is strategic, mainly due to its interactive use with saline water in crop production. In this study, the components of production and post-harvest flowers sunflower (cv. EMBRAPA 122-V2000) grown in semi-hydroponic system using sand as substrate were evaluated. Treatments consisted on interaction between four concentrations of NPK (55, 70, 85 and 100%) and four salinity levels (1.7, 4.3, 6.0 and 9.0 dS m<sup>-1</sup>) totaling sixteen treatments (nutrient solutions) with three replications, totaling 48 experimental units distributed in a completely randomized design and analyzed in a factorial 4 x 3. The results were submitted to analysis of variance by F test, at the 0.05 level of probability, and in cases of significance was performed regression analysis. It

was concluded that the different concentrations and salinity levels of the nutrient solution had an interactive effect on beginning of flowering, on outer and inner diameter of the chapter, leaf number and duration of post-harvest of flowers of sunflower.

**Keywords:** Nitrate. Salinity. Water availability.

## INTRODUÇÃO

A disponibilidade hídrica no semiárido brasileiro é influenciada diretamente pelo efeito conjunto de baixos índices de precipitação, distribuídos de forma irregular durante o ano e elevadas taxas de evapotranspiração (Melo et al., 2007). Apenas 3% do total de água existente no Brasil se encontram nesta região e desses, 78% estão concentrados nas bacias hidrográficas do rio São Francisco e Parnaíba. As bacias dos rios intermitentes detêm apenas 22% e se concentram em 450 açudes de grande porte (Brito *et al.*, 2007).

No que se refere às fontes subterrâneas, devido ao predomínio das rochas cristalinas, os sistemas aquíferos são do tipo fissural e apresentam vazões inferiores a  $3 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$  e teores de sólidos dissolvidos totais, em média,  $3 \text{ g L}^{-1}$ , com predominância de cloretos (Leal, 1999). Estudos apontam haver uma disponibilidade atual de  $300.000 \text{ m}^3$  de água salina em poços e açudes inativos distribuídos pelo semiárido brasileiro (Moura *et al.*, 2008).

Neste contexto, a concepção de tecnologias e procedimentos metodológicos que visem ao aproveitamento de águas salinas em atividades agrícolas, dentro de uma lógica sustentável do ponto de vista social, econômico e ambiental, é uma das alternativas para o fortalecimento de diversas cadeias produtivas na região semiárida. Ao passo que não utiliza a matriz do solo ( $\Psi_m = \text{zero}$ ) a qual, de acordo com Ayers e Westcot (1999), é responsável por 95% do potencial total em um solo de textura média à capacidade de campo em cultivo convencional, os sistemas hidropônicos permitem o uso de águas com maiores níveis de salinidade ( $\Psi_o$ ) na irrigação das plantas, sem que sejam observados danos similares e na mesma proporção em relação às plantas cultivadas em solo.

A utilização de sistemas de cultivo hidropônico associados à produção de culturas com elevado valor de mercado, como olerícolas e flores, por exemplo, pode ser encarada como forma de gerar emprego e renda em regiões com déficit hídrico

qualitativo. A flor do girassol, por exemplo, não tem sua produção influenciada significativamente pela latitude e longitude; é tolerante a seca e moderadamente tolerante à salinidade, conforme já foi observado por diversos pesquisadores (Santos Júnior *et al.*, 2011; Maciel *et al.*, 2012).

Quanto à concentração da solução nutritiva, Santos (1998) mostrou, estudando o efeito de diferentes soluções sobre a produtividade das culturas, mostrou que não há grande diferença nos resultados observados entre as soluções comumente utilizadas; porém, é crescente a preocupação em reduzir a concentração das soluções nutritivas, por vários motivos: (i) redução da concentração de nitrato nos tecidos vegetais; (ii) redução do potencial de eutrofização das soluções remanescentes dos cultivos hidropônicos (Siddiqi *et al.*, 1998) e (iii) redução dos custos de produção por meio do aumento da eficiência do uso do nutriente. Trabalhos realizados por Siddiqi *et al.* (1998) e Chen *et al.* (1997) mostram ser possível reduzir a concentração da solução nutritiva a níveis tão baixos quanto 10% da força iônica original das soluções comumente usadas em cultivos hidropônicos em sistemas recirculantes de alface e tomate, sem que se incorra em riscos de perda da produtividade.

Dentro desta lógica e se considerando o fato de que o aproveitamento de águas de “qualidade inferior” no preparo das soluções nutritivas vem sendo estudado por diversos pesquisadores (Maciel *et al.*, 2012; Santos Júnior *et al.*, 2011, Grieve *et al.*, 2010), ainda são escassos os trabalhos que relacionem o efeito interativo entre a redução da concentração de NPK e o aproveitamento de águas salinas no preparo dessas soluções e seus impactos na produção das culturas.

Avaliaram-se, então, neste trabalho os efeitos de diferentes concentrações de NPK e a sua interação com soluções nutritivas preparadas em águas com níveis crescentes de salinidade sobre os componentes de produção e pós-colheita de flores do girassol (cv. EMBRAPA 122-V2000) cultivadas em sistema semi-hidropônico.

## MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio foi desenvolvido em ambiente protegido (casa de vegetação) situado na Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) em Campina Grande, PB, entre abril e julho de 2012 (7°15'18" de lat. Sul, 35°52'28" de long. Oeste e altitude média de 550 m). A cidade de Campina Grande tem clima do tipo Aw'i, segundo a classificação

climática de Koppen e é considerado seco subúmido. O período chuvoso está situado entre os meses de março a julho e a normal climatológica é cerca de 800 mm (1974-2004). A temperatura máxima média anual é de 28,7 °C e a mínima de 19,8 °C variando pouco ao longo do ano.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, analisado em esquema fatorial 4 x 4 com três repetições totalizando 48 unidades experimentais. Testaram-se os efeitos da interação entre quatro concentrações de NPK, baseados no quantitativo proposto por Furlani *et al.* (1999) (Tabela 1) na dosagem 55, 70, 85 e 100% e quatro soluções nutritivas preparadas em águas com níveis crescentes de salinidade (condutividade elétrica final das soluções nutritivas ( $CE_{sn}$ ) - 1,7; 4,3; 6 e 9  $dSm^{-1}$ ) sobre os componentes de produção e pós-colheita de flores de girassol cultivadas em sistema semi-hidropônico, tendo areia como substrato.

Os macronutrientes utilizados no preparo das soluções foram oriundos de sais comerciais indicados para fertirrigação (nitrato de potássio, nitrato de cálcio e fosfato mono-amônio) e os micronutrientes foram mantidos na mesma concentração em todos os tratamentos. Após sua adição, cada solução foi diluída equitativamente em água de abastecimento (Tabela 2) e mensurada a  $CE_{sn}$ . Para obtenção dos tratamentos salinos adicionaram-se quantidades crescentes de NaCl na solução diluída, conforme metodologia proposta por Richards (1954) – Equação 1, resultando em uma condutividade elétrica da solução nutritiva de 1,7 (Testemunha); 4,3; 6,0 e 9,0  $dSm^{-1}$ .

$$\text{(Equação 1)} \quad \text{mg L}^{-1} (\text{NaCl}) = 640 \times (\text{CE desejada} - \text{CE atual})$$

Tabela 1. Composição da solução nutritiva padrão utilizada (Furlani et al. 1999)

Sal ou fertilizante	g 1000L <sup>-1</sup>
Nitrato de cálcio hydro especial	750,0
Nitrato de potássio	500,0
Fosfato monoamônico (MAP)	150,0
Sulfato de magnésio	400,0
Sulfato de cobre	0,15
Sulfato de zinco	50,0
Sulfato de manganês	1,50
Ácido bórico	1,50
Molibdato de sódio (Na <sub>2</sub> M <sub>0</sub> O <sub>4</sub> 2H <sub>2</sub> O),	0,15
Molibdato de amônio	0,15
Tenso-Fe (FeEDDHMA-6% Fe,)	30,0

Tabela 2. Característica da água de abastecimento utilizada no preparo da solução

pH	CEa dS m <sup>-1</sup>	K	Na	Ca	Mg	RAS (mmol L <sup>-1</sup> ) <sup>0,5</sup>
		mg L <sup>-1</sup>				
7,5	0,38	5,47	35,65	20,00	15,8	1,45

Cada parcela experimental foi composta por um vaso de 6 L, contendo 0,5 kg de brita na parte inferior, uma tela de nylon e, em seguida, 5,5 L de areia lavada. Os vasos adquiridos com quatro furos na base e colocados sobre bacias nas quais se adaptou uma mangueira de drenagem ligada a uma garrafa PET de 2 L para coleta da solução percolada; o escoamento da solução se deu através da interface vaso-bacia, favorecendo a permanência de solução dentro do vaso por mais tempo e proporcionando um tempo maior de absorção para a planta, a cada evento de irrigação, até que toda a solução percolasse, evitando que, sob a ação da gravidade, a solução escoasse rapidamente, sem umedecer todo substrato, comprometendo a necessidade hídrica e nutricional das plantas.

A cultivar de girassol estudada foi a EMBRAPA 122-V2000, cujas sementes foram fornecidas pela EMBRAPA Soja. Semearam-se nove sementes as quais foram distribuídas nos vasos em formato octogonal e mais uma no centro do octógono, de modo que permitisse uma distância mais homogênea entre plântulas.

No manejo da irrigação foi aplicado um volume inicial de 2 L de solução nutritiva por vaso com reaplicação diária do percolado às 8, 12 e 16 horas, ou seja, às 8 horas mensurava-se o volume da solução percolada nos coletores, anotava-se e em seguida, aplicava-se aos vasos; às 12 e às 16 horas o percolado era apenas reaplicado. Quando o volume percolado atingia o limite de 500 mL, era descartado e se preparava uma nova solução nutritiva, conforme tratamento.

As variáveis foram analisadas por ocasião da colheita, pós-colheita e descarte das flores, a saber: o início do florescimento (IF) - o número de dias do semeio até as plantas atingirem o estágio fenológico R<sub>4</sub> (CONNOR et al. 1997), isto é, começo da abertura da inflorescência.

Imediatamente após a colheita foram mensurados o comprimento da haste (CH) - do colo da planta a gema apical; o diâmetro da haste (DH) - a cinco centímetros acima do colo da planta; o número de folhas (NF) - superiores a três centímetros e fotosinteticamente ativas; a área foliar (AF) - calculada com auxílio da fórmula proposta

por Maldaner et al. (2009), em que  $AF = \sum 0,1328 C^{2,5569}$ , em que C é o comprimento da nervura central das folhas; e a fitomassa da flor - parte aérea sem folhas - (FFC).

O período de estudo da pós-colheita ocorreu em uma sala climatizada com temperatura fixa de  $\pm 20^{\circ}\text{C}$ ; após a pesagem da flor, todas as folhas foram retiradas e o caule com flor foi acondicionado em uma bancada em posição vertical sendo os 2 cm da porção inferior do caule imersos em uma solução de sacarose (2%).

Quando as flores atingiram o estágio R<sub>5</sub> (inflorescência completamente aberta) foram mensurados o diâmetro externo (DCE) e o diâmetro interno (DCi) do capítulo, através da média aritmética das medidas no sentido horizontal e vertical; também nesta data contou-se o número de pétalas (NP).

A fase do descarte teve início na medida em que se iniciou a queda das pétalas; mensurou-se, então, a fitomassa da flor no momento do descarte (FFD) e então, se calculou a perda de água da flor da colheita ao descarte (PAF) – diferença entre a FFC e a FFD; e a duração da pós-colheita (DPC) – número de dias da colheita até o caimento da primeira pétala.

Os resultados do experimento foram submetidos à análise de variância pelo teste F em nível de 0,05 de probabilidade e, nos casos de significância, realizou-se análise de regressão polinomial linear, quadrática e cúbica com auxílio do software estatístico SISVAR versão 5.2 (FERREIRA, 2008).

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Com base nos resultados da análise de variância verificou-se que as variáveis CH, DH, DCE, DCi e NP foram influenciadas significativamente ( $p < 0,01$ ) pela salinidade da solução nutritiva. O fator concentração de NPK afetou significativamente ( $p < 0,01$ ) as variáveis IF, DCE e DCi e a interação entre os fatores ocasionou efeito significativo nas variáveis IF, DCE e DCi, conforme pode ser conferido da Tabela 3.

Tabela 3. Resumo da ANOVA para início médio do florescimento (IF), comprimento (CH) e diâmetro (DH) médio da haste, diâmetro médio externo da flor - capítulo (DCe), diâmetro médio interno da flor - capítulo (DCi) e número médio de pétalas (NP) de flores de girassol (cv. EMBRAPA 122-V2000) cultivada em sistema semi-hidropônico em função do efeito interativo entre a salinidade e a concentração de NPK da solução nutritiva

CAUSA DE VARIAÇÃO	GL	Quadrado Médio <sup>1</sup>					
		IF	CH	DH	DCe	DCi	NP
Nível de Salinidade (S)	3	0,245 <sup>ns</sup>	74,420 <sup>**</sup>	5,809 <sup>**</sup>	4,355 <sup>**</sup>	1,512 <sup>**</sup>	2,630 <sup>**</sup>
Regressão Linear	1	-	218,090 <sup>**</sup>	17,173 <sup>**</sup>	12,102 <sup>**</sup>	4,171 <sup>**</sup>	7,457 <sup>**</sup>
Regressão Quadrática	1	-	5,053 <sup>**</sup>	0,241 <sup>**</sup>	0,654 <sup>**</sup>	0,302 <sup>**</sup>	-
Concentração (C)	3	2,564 <sup>**</sup>	0,808 <sup>ns</sup>	0,049 <sup>ns</sup>	0,456 <sup>**</sup>	0,171 <sup>**</sup>	0,224 <sup>ns</sup>
Regressão Linear	1	4,492 <sup>**</sup>	-	-	1,270 <sup>**</sup>	0,476 <sup>**</sup>	-
Regressão Quadrática	1	2,913 <sup>**</sup>	-	-	-	-	-
Interação S x C	9	1,110 <sup>**</sup>	0,882 <sup>ns</sup>	0,036 <sup>ns</sup>	0,162 <sup>**</sup>	0,057 <sup>**</sup>	0,100 <sup>ns</sup>
Resíduo	32	0,094	0,388	0,029	0,058	0,366	0,101
CV	(%)	4,29	6,52	5,74	7,39	6,8	6,34

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

Na interação entre os fatores testados quanto ao IF, observou-se significância no desdobramento do fator salinidade dentro do fator concentração de NPK. Na Figura 1A, observa-se que as plantas sob 6 dSm<sup>-1</sup> de CE<sub>sn</sub> retardaram em até 6 dias o IF, à medida em que a concentração de NPK aumentou. Entretanto, em referência aos dados fornecidos pela EMBRAPA (2006), que estimam o IF desta variedade de girassol aos 53 dias após a semeadura (DAS), as plantas sob interação 6 dSm<sup>-1</sup> de CE<sub>sn</sub> e 100% de NPK foram 2 dias mais precoces, florescendo aos 51 DAS. Esses resultados diferem dos observados por Nobre et al. (2010) que estudando o crescimento e a floração do girassol sob estresse salino e adubação à base de ureia e nitrato de potássio em condições de solo, não verificaram efeito significativo da adubação testada sobre o IF das plantas; de acordo com os autores, a salinidade da água pode ter comprometido a absorção de N devido à competição iônica nos sítios de adsorção. Bosco et al. (2009) citam que plantas cultivadas sob salinidade tendem a absorver menos nitrogênio enquanto os níveis de Cl<sup>-</sup> absorvidos e acumulados são acrescidos.

As plantas irrigadas com CE<sub>sn</sub> de 9 dSm<sup>-1</sup>, conforme a equação de regressão floresceram, ao interagir com 100% de concentração de NPK, aos 34 DAS e secaram com sintomas evidentes de estresse salino, enfatizando que nessas condições a produção

da flor com padrão de qualidade comercial é inviável; ao interagir com as outras concentrações testadas, floresceram em média aos 49 DAS. Esses resultados estão associados à baixa capacidade de retenção de água do substrato utilizado; mesmo com aplicação do percolado a cada quatro horas durante o dia, não houve retenção de água suficiente para diluir a concentração salina no substrato, fato que acentua o efeito osmótico e provoca modificações fisiológicas na planta, acelerando etapas do seu desenvolvimento em busca da perpetuação da espécie (Taiz & Zeiger, 2004).

No desdobramento do fator concentração de NPK dentro do fator  $CE_{sn}$ , Figura 1B, observou-se significância ( $p < 0,01$ ) nas plantas sob 100% da concentração, a qual quando combinada com  $CE_{sn}$  de  $1,7 \text{ dSm}^{-1}$  proporcionaram, com base nos valores estimados através da equação de regressão, a ocorrência do IF aos 52 DAS e, quando combinadas com  $CE_{sn}$  de  $9,0 \text{ dSm}^{-1}$  aos 29 DAS, uma defasagem de 44%. Para a interação entre 100% da concentração e os níveis de  $CE_{sn}$  de 6 e  $9 \text{ dSm}^{-1}$  as plantas anteciparam o florescimento e secaram imediatamente não sendo viável a produção de flores de girassol (cv. EMBRAPA 122-V2000) sob essas condições; entretanto, quando a interação ocorre com  $CE_{sn}$  de 1,7 e  $4,3 \text{ dSm}^{-1}$ , os valores são viáveis. Nobre et al. (2010) constataram, estudando o crescimento e a floração do girassol em plantas irrigadas com água salina de  $0,5 \text{ dSm}^{-1}$  que o IF médio ocorreu aos 46,3 DAS, ou seja, 6 dias mais precoce que o observado no presente trabalho nas plantas sob  $CE_{sn}$  de  $1,7 \text{ dSm}^{-1}$ .

O CH das plantas decresceu linearmente na taxa de 9,94% por incremento unitário da  $CE_{sn}$ . Estimou-se, com base na equação de regressão (Figura 1C), que as plantas irrigadas com  $9,0 \text{ dSm}^{-1}$  de  $CE_{sn}$ , produziram um CH de 40,86 cm, resultado ainda compatível com o padrão comercial proposto pela IBRAFLOR (2012), que sugere um CH máximo entre 40 e 45 cm; entretanto, não se observou viabilidade para este nível de  $CE_{sn}$  em relação ao DH uma vez que, com base na equação de regressão (Figura 1D), estimaram-se hastes de 3 mm de espessura, valor inferior ao intervalo de 5 a 15 mm, indicados para padrão de qualidade por Grieve & Poss (2010).

O DH decresceu 9,93% por incremento unitário da  $CE_{sn}$ , tendo-se observado um ganho real de aproximadamente 10 mm das plantas irrigadas com  $1,7 \text{ dSm}^{-1}$  de  $CE_{sn}$  em relação às plantas irrigadas com  $9,0 \text{ dSm}^{-1}$  de  $CE_{sn}$ . As plantas irrigadas com  $CE_{sn}$  entre 1,7 e  $6 \text{ dSm}^{-1}$  apresentaram DH compatível com as exigências do mercado de flores.

Segundo Curti (2010) é desejável que o diâmetro da haste seja resistente para

possibilitar a sustentação da inflorescência do girassol que, geralmente tem maior massa caso se considerem outras espécies de flor de corte, como a rosa, a gérbera, entre outras.

A interação entre os fatores também influenciou significativamente ( $p < 0,05$ ) o DCE e o DCi. Esses resultados diferem dos verificados por Maciel et al. (2012) que não observaram, estudando a produção de girassol ornamental com uso de águas salobras em sistema hidropônico NFT, influência da salinidade da água no DCE e DCi do girassol (cv. Sol Vermelho).

Em relação ao DCE especificamente, observou-se significância no desdobramento do fator salinidade dentro do fator concentração de NPK. Notou-se, nas plantas sob 85% da concentração, um decréscimo linear no DCE na taxa de 9,77% por incremento unitário da salinidade e nas plantas, sob 100% da concentração este decréscimo foi de 10,25% (Figura 1E).

Verificou-se significância ( $p < 0,05$ ) no desdobramento do fator  $CE_{sn}$  dentro do fator concentração da solução nutritiva para o DCi; estimou-se, com base na equação de regressão (Figura 1F), em relação às plantas sob 100% da concentração, um decréscimo de 10% do DCi por incremento unitário da  $CE_{sn}$ . A taxa de decréscimo do DCi no presente trabalho foi 3,4%, maior que a observada por Santos Júnior et al. (2011) que, investigando a cultivar de girassol ‘EMBRAPA 122-V2000’ em hidroponia, usando fibra de coco como substrato e água salobra no preparo da solução nutritiva obtiveram, para a faixa de  $CE_{sn}$  de 1,7 a 11,5 dS  $m^{-1}$ , uma redução de 6,6% no diâmetro interno do capítulo para cada incremento unitário de CE da água em dS  $m^{-1}$ .

A  $CE_{sn}$  também afetou significativamente o NP das flores; estimou-se, com base na equação de regressão, um decréscimo de 5% por incremento unitário da salinidade, sendo verificada uma perda real de até 36,7% quando se compara o NP das plantas irrigadas com  $CE_{sn}$  de 9,0 dS  $m^{-1}$  em relação à testemunha (Figura 1G). Travassos et al. (2011) verificaram, estudando a produção de girassol irrigado com água salina variando entre 0,5 e 5,0 dS  $m^{-1}$ , em condições de solo, verificaram um decréscimo de 7% por incremento unitário da salinidade, de modo que as plantas irrigadas com água de 0,5 dS  $m^{-1}$  produziram 26 pétalas, resultado semelhante ao estimado no presente trabalho para as plantas sob  $CE_{sn}$  de 5,0 dS  $m^{-1}$ .

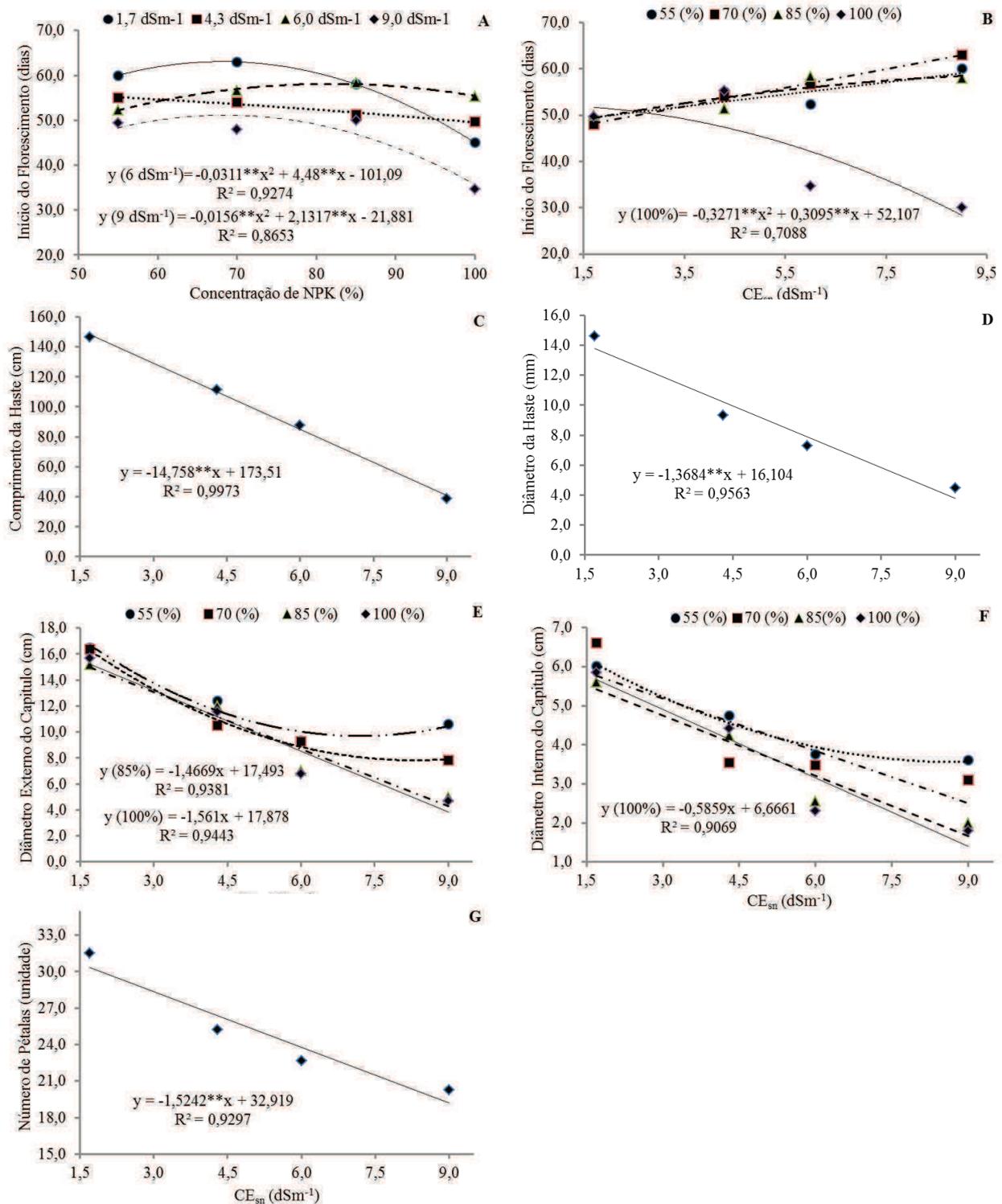


Figura 1. (A) Desdobramento do fator salinidade dentro do fator concentração de NPK e (B) do fator concentração de NPK dentro do fator salinidade da solução nutritiva para o início do florescimento; (C) comprimento e (D) diâmetro da haste. (E) Desdobramento do fator salinidade dentro do fator concentração de NPK para o diâmetro externo e (F) interno do capítulo. (G) Número de pétalas de flores de girassol (cv. EMBRAPA 122-

V2000) cultivada em sistema semi-hidropônico em função do efeito interativo entre a salinidade e a concentração de NPK da solução nutritiva

As variáveis NF, AF, DPC, FFC, FFD e PAF foram influenciadas significativamente ( $p < 0,01$ ) pelo fator salinidade da solução nutritiva. O fator concentração de NPK afetou de modo significativo ( $p < 0,01$ ) o comportamento do NF e da AF e a interação entre os fatores provocou efeito significativo no NF e na DPC (Tabela 4).

Tabela 4. Resumo da ANOVA para número médio de folhas (NF), área foliar média (AF), duração média pós-colheita (DPC), fitomassa média da flor na colheita (FFC) e no descarte (FFD) e perda média de água da flor da colheita ao descarte (PAF) de flores de girassol (cv. EMBRAPA 122-V2000) cultivada em sistema semi-hidropônico em função do efeito interativo entre a salinidade e a concentração de NPK da solução nutritiva

CAUSA DE VARIACÃO	GL	Quadrado Médio <sup>1</sup>					
		NF	AF	DPC	FFC	FFD	PAF
Nível de Salinidade (S)	3	9,413**	5310,878**	4,485**	259,781**	137,022**	128,634**
Regressão Linear	1	24,020**	15680,534**	13,393**	708,590**	340,796**	374,103**
Regressão Quadrática	1	4,216**	252,063**	-	70,715**	70,23**	11,613**
Concentração (C)	3	0,514**	91,431 <sup>ns</sup>	2,105**	0,715 <sup>ns</sup>	0,029 <sup>ns</sup>	1,336 <sup>ns</sup>
Regressão Linear	1	0,839**	-	5,803**	-	-	-
Interação S x C	9	0,392**	36,517 <sup>ns</sup>	0,974**	1,051 <sup>ns</sup>	1,247 <sup>ns</sup>	0,540 <sup>ns</sup>
Resíduo	32	0,117	27,712	0,146	1,723	1,020	1,352
CV (%)		8,54	15,86	11,45	13,32	13,94	17,52

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

O NF foi significativamente ( $p < 0,01$ ) afetado pela interação entre os fatores; verificou-se que a quantidade de folhas das plantas sob 85% da concentração reduziu linearmente na taxa de 10,35% por incremento unitário da  $CE_{sn}$ . Ainda sob esta concentração observou-se uma diferença aproximada de 10 folhas quando se comparam as plantas sob  $6 \text{ dSm}^{-1}$  em relação às plantas sob  $9 \text{ dSm}^{-1}$ ; este fato ressalta a redução brusca no NF em função da salinidade e que, neste nível de  $CE_{sn}$  ( $9 \text{ dSm}^{-1}$ ) e mesmo interagindo com 85% da concentração, a produção de flores não é viável (Figura 2A).

Notou-se comportamento quadrático decrescente para a AF sendo verificado um contraste de até 96,5% quando se compara a AF das plantas irrigadas com  $9 \text{ dS m}^{-1}$  de

$CE_{sn}$  em relação à testemunha (Figura 2B). Silva et al. (2009) também observaram, estudando o crescimento do girassol ornamental cultivado em ambiente protegido sob diferentes níveis de condutividade elétrica de fertirrigação, efeito significativo da salinidade sobre a AF. De acordo com estes autores, em condições excessivas de salinidade as plantas têm limitações para realizar o ajuste do potencial osmótico dentro das células resultando, com isto, na redução do crescimento.

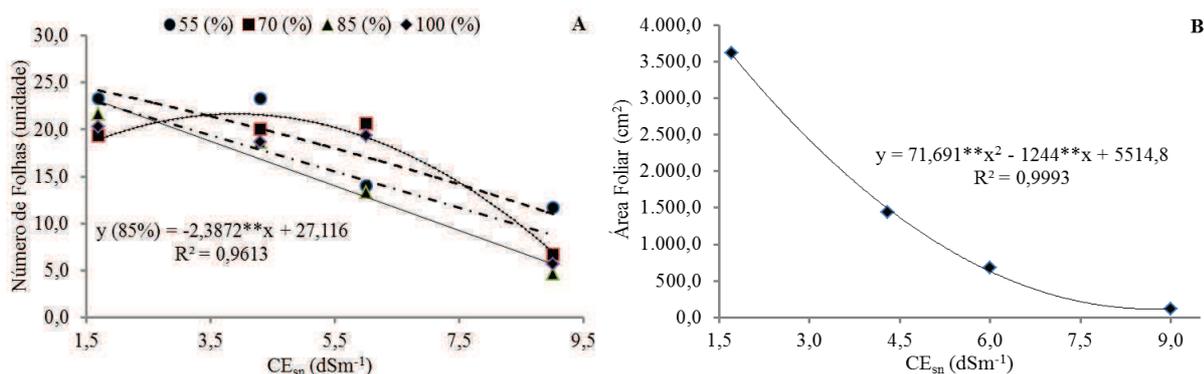


Figura 2. (A) Desdobramento da interação salinidade *versus* concentração de NPK para o número de folhas. (B) Área foliar de flores de girassol (cv. EMBRAPA 122-V2000) cultivadas em sistema semi-hidropônico em função do efeito interativo entre a salinidade e a concentração de NPK da solução nutritiva

A DPC foi significativamente ( $p < 0,01$ ) afetada pela interação entre os fatores; no desdobramento do fator concentração de NPK dentro do fator  $CE_{sn}$  observou-se que a DPC das plantas sob  $6 dSm^{-1}$  decresceu 1,6% por incremento unitário da concentração (Figura 3A). No desdobramento do fator  $CE_{sn}$  dentro do fator concentração de NPK, verificou-se que a DPC das plantas sob 100% da concentração da solução diminuiu 12,71% por incremento unitário da  $CE_{sn}$ .

A FFC e a FFD foram afetadas significativamente ( $p < 0,01$ ) pela  $CE_{sn}$ . Estimou-se, com base na equação de regressão, um contraste de 87,96 e 84,97% para a FFC e FFD, respectivamente, quando se comparam as plantas sob  $9 dS m^{-1}$  de  $CE_{sn}$  em relação à testemunha (Figura 3C e 3D, respectivamente). A PAF apresentou comportamento decrescente quadrático de modo que a diferença observada na taxa de perda de água nas plantas sob  $9 dS m^{-1}$  de  $CE_{sn}$  em relação à testemunha chegou a 91,6% (Figura 3E). O fato de a porcentagem de água perdida pelas plantas com o incremento da salinidade ser menor, está atrelado ao porte reduzido da flor em função do estresse salino e da consequente redução no teor de água armazenado até o dia da colheita, o que fica

explícito ao se analisar que nas plantas sob  $CE_{sn}$  de  $1,7 \text{ dSm}^{-1}$  a taxa de PAF foi de  $7,6 \text{ g dia}^{-1}$  em 15,83 dias e nas plantas sob  $CE_{sn}$  de  $9,0 \text{ dSm}^{-1}$  a taxa foi de  $1,38 \text{ g dia}^{-1}$  em 6,83 dias de DPC.

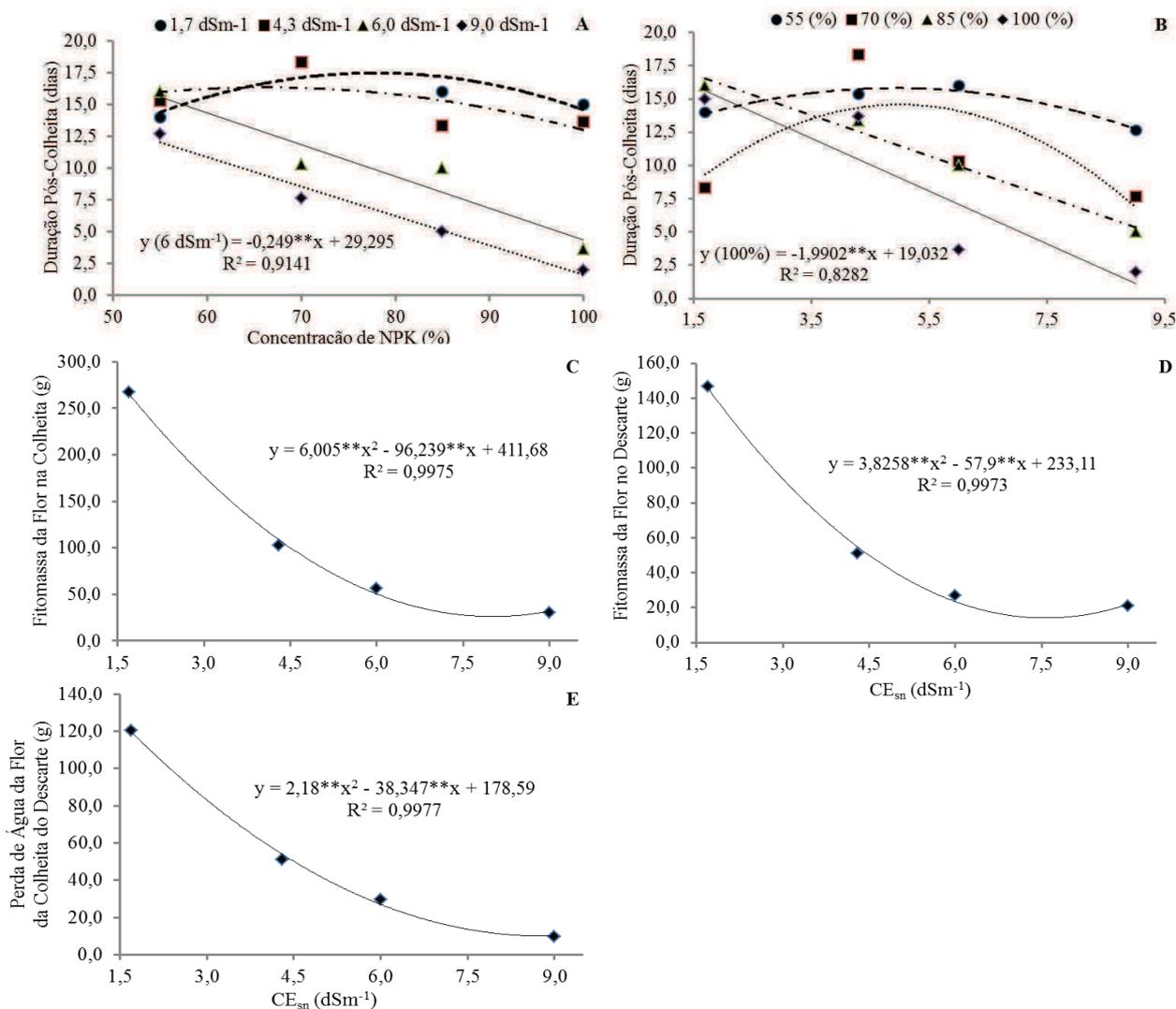


Figura 3. (A) Desdobramento do fator concentração de NPK dentro do fator salinidade da solução nutritiva e do (B) fator salinidade da solução nutritiva dentro do fator concentração de NPK para a duração pós-colheita. (C) Fitomassa da flor na colheita e (D) no descarte e (E) perda de água da colheita ao descarte de flores de girassol (cv. EMBRAPA 122-V2000) cultivadas em sistema semi-hidropônico em função do efeito interativo entre a salinidade e a concentração de NPK da solução nutritiva

## **CONCLUSÕES**

1. A salinidade e as diferentes concentrações de NPK tiveram efeito interativo sobre o início do florescimento, diâmetro externo e interno do capítulo, número de folhas e duração pós-colheita do girassol (cv. EMBRAPA 122-V2000);
2. O comprimento e o diâmetro da haste, o número de pétalas, a área foliar, a fitomassa da flor na colheita e no descarte e a perda de água da flor da colheita ao descarte decresceram linearmente com o incremento da salinidade da solução nutritiva;
3. Não é viável a utilização de salinidade da solução nutritiva a nível de  $9,0 \text{ dSm}^{-1}$  na produção de flores de girassol (var. EMBRAPA 122-V2000) em sistema semi-hidropônico, utilizando-se areia como substrato, mesmo se utilizando diferentes concentrações de NPK.

## **REFERÊNCIAS**

- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. A qualidade da água na agricultura. Campina Grande: UFPB, 1991. 218 p. (Tradução).
- BRITO, L. T. de L.; SILVA, A. de S.; PORTO, E. R. Disponibilidade de água e gestão dos recursos hídricos. In: Luiza Teixeira de Lima Brito; Magna Joelma Bezerra de Moura; Gislene Feitosa Brito Gama. (Org.). Potencialidades da água de chuva no Semi-Árido brasileiro. 1ed. Petrolina, PE: Embrapa Semi-Árido, 2007, v. 1, p. 15-32.
- CHEN, X.G.; GASTALDI, C.; SIDDIQI, M.Y.; GLASS, A.D.M. Growth of a lettuce crop at low ambient nutrient concentrations: a strategy designed to limit the potential for eutrophication. *Journal of Plant Nutrition*, v. 20, p. 1403-17, 1997.
- CURTI, G. L. Caracterização de cultivares de girassol ornamental semeados em diferentes épocas no Oeste Catarinense. Pato Branco: Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 2010. 76p. Dissertação Mestrado

FURLANI, P. R.; SILVEIRA, L.C.P.; BOLONHEZI, D.; FAQUIN, V. Cultivo hidropônico de plantas. Campinas: IAC, 1999. 52 p. (IAC. Boletim Técnico, 180).

GRIEVE, C. M.; POSS, J. A. Response of ornamental sunflower cultivars 'Sunbeam' and 'Moonbright' to irrigation with saline wastewaters. *Journal of Plant Nutrition*, v.33, p.1579-1592, 2010.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Girassol Embrapa 122-V2000. Londrina: Embrapa Soja, 2006. Folder n. 04/2006.

FERREIRA, D.F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. *Revista Symposium*, Lavras, v. 6, p. 36-41, 2008.

IBRAFLOR – Instituto Brasileiro de Floricultura. Números do setor, (2012). Acesso em dezembro de 2012 (<http://www.ibraflor.com/publicacoes/vw.php?cod=183>).

LEAL, A. de S. As águas subterrâneas no Brasil: ocorrências, disponibilidade e usos. In: FREITAS, M. A. V. de. (Ed.). *O estado das águas no Brasil: perspectivas de gestão e informações de recursos hídricos*. Brasília, DF: ANEEL-SRH/MME/MMA-SRH/OMM, 1999. p. 139-164. il.

MACIEL, M.P.; SOARES, T.M.; GHEYI, H.R.; REZENDE, E.P.L.; OLIVEIRA, G.X.S. Produção de girassol ornamental com uso de águas salobras em sistema hidropônico NFT. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.16, n.2, p.165–172, 2012.

MALDANER, I.C.; HELDWEIN, A.B.; LOOSE, L.H.; LUCAS, D.D.P.; GUSE, F.I.; BERTOLUZZI, M.P. Modelos de determinação não-destrutiva da área foliar em girassol. *Ciência Rural*, v.39, p.1356-1361, 2009.

MELO, J.G.; MEDEIROS, A.B.; VASCONCELOS, M.B.; CASTRO, V.L.L. Aspectos hidrogeoquímicos e classes de água do aquífero cárstico jandaíra para irrigação, Barauna, RN. *Águas Subterrâneas*, v.21, n.1, p.9-21, 2007.

MOURA, J.P.; MONTEIRO, G.S.; SILVA, J.N.; PINTO, F.A.; FRANÇA, K.P. Aplicações do processo de osmose reversa para o aproveitamento de água salobra do semiárido nordestino. In: XV Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, Anais... ABAS: São Paulo, 2008.

SANTOS JÚNIOR, J. A.; GHEYI, H. R.; GUEDES FILHO, D. H.; DIAS, N. DA S.; SOARES, F. A. L. Cultivo de girassol em sistema hidropônico sob diferentes níveis de salinidade. Revista Ciência Agronômica, v.42, p.842-849, 2011.

SANTOS, O.S. 1998. Soluções nutritivas. In: SANTOS SS. (Ed.). Hidroponia da alface. Santa Maria, RS: UFSM. p. 72-85.

SIDDIQI, M.V.; KRONZUCKER, H.J.; BRITTO, D.T.; GLASS, D.M. Growth of a tomato crop at reduced nutrient concentrations as a strategy to limit eutrophication. Journal Plant Nutrition, v. 21: 1879-1895, 1998.

SILVA, T.G.F. da; ZOLNIER, S.; GROSSI, J.A.S.; BARBOSA, J.G.; MOURA, C.R.W.; MUNIZ, M.A. Crescimento do girassol ornamental cultivado em ambiente protegido sob diferentes níveis de condutividade elétrica de fertirrigação. Revista Ceres, v. 56, n.5, p. 602-610, 2009.

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

TRAVASSOS, K. D.; SOARES, F. A. L.; GHEYI, H. R.; SILVA, D. R. S.; NASCIMENTO, A. K. S. do; DIAS, N. da S. Produção de aquênio de girassol irrigado com água salobra. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, PB, v. 15, n. 4, p. 371-376, 2011.

# Capitulo III

---

## *Subitem III.3*

**Substratos e frequências de irrigação utilizando efluente doméstico  
na emergência e vigor do girassol**

*Substrates and frequencies of irrigation using domestic effluent  
in emergence and vigor of sunflower*

**Substratos e frequências de irrigação utilizando efluente doméstico  
na emergência e vigor do girassol**

**Resumo:** Os substratos desempenham função importante no processo de germinação das sementes, sendo determinantes para a obtenção de mudas saudáveis e vigorosas. Como análise prévia e complementar a estudos de produção de girassol ornamental em condições semi-hidropônicas, buscou-se com o presente trabalho estudar o vigor e a emergência de plantas de girassol irrigadas em diferentes frequências, utilizando efluente doméstico como solução nutritiva, e distintos substratos de cultivo. O delineamento estatístico utilizado foi o inteiramente casualizado, analisado em esquema fatorial 4x3, com três repetições, totalizando 36 unidades experimentais. Avaliou-se o efeito de quatro frequências de irrigação com efluente doméstico, baseadas no tempo de renovação/substituição do lixiviado (diariamente, a cada 2, 3 e 4 dias) e a utilização de três substratos de cultivo (fibra de coco, areia lavada e bagaço de cana de açúcar). Verificou-se que o tempo de renovação/substituição do efluente doméstico não interferiu nas variáveis relacionadas à biometria das plantas, à produção de fitomassa e na variação do teor de água na planta e suas partes, podendo assim ser renovado a cada quatro dias. Os melhores resultados de emergência e vigor foram observados nas plantas cultivadas em fibra de coco e areia.

**Palavras-chave:** crescimento inicial, reciclagem nutricional, produção de mudas.

**Substrates and frequencies of irrigation using domestic effluent  
in emergence and vigor of sunflower**

**Abstract:** The substrates play an important role in the process of seed germination, being indispensable for obtaining healthy and vigorous seedlings. As previous analysis and complement to the studies of ornamental sunflower production in semi-hydroponic conditions in this research the emergence and vigor of sunflower plants irrigated in different frequencies were studied, using domestic effluent as nutrient solution and cultivation in distinct substrates. The statistical design was completely randomized, analysed in 4x3 factorial scheme with three replications, totaling 36 experimental units. The effects of four frequencies of irrigation with domestic effluent, based on time of

renewal/replacement of the leachate (daily, every 2, 3 and 4 days) along with three different substrates of cultivation (coconut fiber, washed sand and sugar cane bagasse), were tested. It was found that the time of renewal/replacement of domestic effluent did not interfere on variables related to biometrics variables of plants, biomass production and variation of water content in the plant and its parts, therefore be renewed every four days. The best results of emergence and vigor were observed in plants grown in coconut fiber and sand.

**Keywords:** initial growth, recycling nutritional, seedling production

## **INTRODUÇÃO**

Dentre os diversos fatores que influenciam a germinação das sementes, o substrato de cultivo tem fundamental importância em função de sua estrutura, aeração, capacidade de retenção de água e grau de infestação de patógenos, entre outros aspectos que podem favorecer ou prejudicar a germinação das sementes (Guedes et al., 2011).

Os principais substratos utilizados na produção de mudas e na germinação de plantas para análise de sementes (Brasil, 1992) são o papel filtro, o papel toalha, pano, papel mata borrão e terra vegetal; além destes, cita-se a vermiculita, a fibra de coco e a areia, os quais vêm sendo usados com bons resultados em algumas espécies florestais, frutíferas e ornamentais (Lima et al., 2007; Pacheco et al., 2008).

No contexto dos cultivos semi-hidropônicos, os principais substratos utilizados são a areia lavada, a casca de arroz carbonizada, a fibra de coco, entre outros, sendo priorizada a utilização dos substratos obtidos a partir de subprodutos que mitiguem impactos ambientais e que possam ser facilmente encontrados nos ambientes de produção, desde que ofereçam condições ótimas de emergência e vigor (Santos Júnior et al., 2013).

Dado a características como produção em pequenas áreas, uso eficiente da água e nutrientes, além da possibilidade do uso de águas residuárias como solução nutritiva, os sistemas de cultivo hidropônico atuam como um redutor de impactos ambientais ocasionados por erros no manejo do solo e da água, como a salinização, degradação e desertificação de áreas (Santos Júnior et al., 2013). Estes fatores aliados ao cultivo de culturas com boa liquidez no mercado, como por exemplo, a floricultura, constitui-se

numa oportunidade de negócio, uma vez que o mercado de flores tropicais é crescente no Brasil e no mundo (Mitsueda et al., 2011; Neves et al., 2008). O girassol, para fins ornamentais, é uma alternativa, já que possui adaptabilidade às diferentes condições edafoclimáticas e o seu rendimento é pouco influenciado pela latitude, altitude e fotoperíodo, fato que favorece a sua utilização em regiões semiáridas (Porto et al., 2007; Backes et al., 2008).

O efeito de lâminas de efluente doméstico na irrigação de flores de girassol durante a fase de emergência e vigor já foi estudado por vários pesquisadores (Andrade et al., 2007; Nobre et al., 2008) entretanto, pesquisas voltadas para a compreensão de estratégias de manejo que permitam otimizar o potencial hídrico e nutricional do efluente doméstico em cultivos hidropônicos ainda são escassas, principalmente em relação ao aproveitamento da solução lixiviada e a reciclagem de nutrientes na produção vegetal; assumindo que na agricultura moderna trabalha-se com maior eficiência do uso da água, a solução nutritiva que percola abaixo da zona radicular, que é um poluente ambiental, também é passível de ser utilizada para compor uma nova solução nutritiva ou recirculada.

Então, a partir das informações mencionadas, e visando complementar pesquisas relacionadas à produção de girassol ornamental em condições semi-hidropônicas, buscou-se com o presente trabalho estudar o vigor e a emergência de plantas de girassol irrigadas em diferentes frequências, utilizando efluente doméstico como solução nutritiva, e cultivadas em distintos substratos.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O trabalho foi conduzido em dezembro de 2011, em casa de vegetação localizada no Campus I da Universidade Federal de Campina Grande, localizada no Município de Campina Grande - PB (7°12'52" de latitude Sul, 35°54'24" de longitude Oeste com altitude média de 550 m).

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, disposto em esquema fatorial 4 x 3 com três repetições, totalizando 36 unidades experimentais, de modo que estudou-se o efeito do intervalo do tempo (frequência) de renovação/substituição do efluente doméstico (diariamente, a cada dois, três e quatro

dias) além de três substratos de cultivo (fibra de coco, areia e bagaço de cana de açúcar) sobre a emergência e o vigor do girassol cultivado em sistema semi-hidropônico.

Cada parcela experimental foi composta por um vaso com capacidade volumétrica equivalente a 6 L, preenchidos com 0,5 kg de brita na parte inferior, uma tela de nylon como envelope, separando a brita e 1 kg do substrato específico (em base seca ao ar) para cada tratamento (Tabela 1). Os vasos foram preparados com quatro furos na base e colocados em uma bacia em que se adaptou uma mangueira de drenagem ligada a uma garrafa PET de 2 L para coleta da solução drenada; dado ao contato direto entre o vaso e a bacia, o escoamento da solução deu-se através dos espaços existentes nesta interface, favorecendo a permanência de solução dentro do vaso por mais tempo, proporcionando um maior tempo de absorção para a planta a cada evento de irrigação, até que toda solução drenasse. Isto evitava que, sob a ação da gravidade, a solução escoasse rapidamente, sem umedecer todo substrato, comprometendo a necessidade hídrica e nutricional das plantas.

Tabela 1. Caracterização físico-química dos substratos de cultivo

Substrato	N	P	K	da	dr	Y	A
	g kg <sup>-1</sup>	g kg <sup>-1</sup>	g kg <sup>-1</sup>	g cm <sup>-3</sup>	g cm <sup>-3</sup>	(%)	(%)
Fibra de coco	0,45	3,67	14,88	0,56	0,14	75	260
Areia	nd	nd	nd	1,55	2,65	42	-
Bagaço de cana de açúcar	5,43	1,08	6,58	0,33	0,086	74	360

Metodologia de análise: EMBRAPA (1997).

N: nitrogênio; P: fósforo; K: potássio; da: densidade aparente; dr: densidade real; Y: porosidade; A: absorção de água; nd: não determinado.

A variedade de girassol estudada foi a EMBRAPA 122-V2000, cujas sementes foram provenientes da EMBRAPA Soja. Semearam-se nove sementes, as quais foram distribuídas nos vasos em formato octogonal e mais uma no centro do octógono, de modo que houvesse uma distância mais homogênea entre plântulas, após a germinação.

Em todas as estratégias de manejo da irrigação, foram realizadas replicações do volume percolado três vezes por dia: às 8, 12 e 16 h. No final do tempo (dias) de circulação do efluente doméstico (ED) específico de cada manejo, o volume lixiviado restante era mensurado e finalmente descartado; um novo volume inicial de 2 litros de efluente doméstico era aplicado ao sistema (Figura 1).



Figura 1. Manejo da irrigação do sistema semi-hidropônico utilizado

O efluente doméstico (ED) utilizado no estudo foi coletado no Riacho Bodocongó dentro da área da UFCG, cujas águas são receptoras do esgoto doméstico do Bairro Monte Santo, imediatamente a montante da área da pesquisa. Visando evitar a sazonalidade da concentração de nutrientes, o efluente doméstico foi coletado apenas uma vez, filtrado com auxílio de pano de algodão, e armazenado em quantidade suficiente para toda pesquisa, cerca de 1000 L. As características físico-químicas do efluente doméstico foram determinadas segundo metodologia recomendada pela America Public Health Association (APHA), no Laboratório de Referência em Dessalinização da UFCG e estão descritas na Tabela 2.

Tabela 2. Caracterização físico-química do efluente doméstico (ED) filtrado utilizado

Parâmetros	Resultados
CE a 25 °C (dS m <sup>-1</sup> )	1,44
pH	7,2
Turbidez (uT)	22,3
Cor, Unidade de Hazen (mgPt-Co L <sup>-1</sup> )	>250
Dureza em Ca <sup>++</sup> (mg L <sup>-1</sup> )	47,8
Dureza em Mg <sup>++</sup> (mg L <sup>-1</sup> )	28,3
Dureza total (CaCO <sub>3</sub> ) (mg L <sup>-1</sup> )	237,5
Na <sup>+</sup> (mg L <sup>-1</sup> )	186,0
K <sup>+</sup> (mg L <sup>-1</sup> )	31,1
Al <sup>3+</sup> (mg L <sup>-1</sup> )	0,0
Ferro total (mg L <sup>-1</sup> )	0,18
Alcalinidade em bicarbonatos (CaCO <sub>3</sub> ) (mg L <sup>-1</sup> ), SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> (mg L <sup>-1</sup> )	367,6
Fósforo total (mg L <sup>-1</sup> )	40,4
Cl <sup>-</sup> (mg L <sup>-1</sup> )	9,0
N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg L <sup>-1</sup> )	305,3
N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg L <sup>-1</sup> )	0,04
N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg L <sup>-1</sup> )	0,0
SiO <sub>2</sub> (mg L <sup>-1</sup> )	49,9
ILS (Índice de Saturação de Langelier)	20,0
Total de sólidos dissolvidos secos a 180° C (mg L <sup>-1</sup> )	-0,18
	1.157,6

Aos 15 dias após a semeadura (DAS), mensuraram-se as variáveis relacionadas à germinação e emergência, dentre elas: a porcentagem de germinação (%G), calculada pela Eq. 1, e o índice de velocidade de emergência (IVE), em sementes por dia, através da Eq. 2, proposta por Maguire (1962).

$$\% G = \frac{\text{N}^\circ \text{ de sementes germinadas}}{\text{N}^\circ \text{ de sementes colocadas para germinar}} \times 100 \quad (1)$$

$$\text{IVE} = \left( \frac{E_1}{N_1} \right) + \left( \frac{E_2}{N_2} \right) + \dots + \left( \frac{E_n}{N_n} \right) \quad (2)$$

em que:

$E_1$ ,  $E_2$  e  $E_n$ : número de sementes emergidas (emergências) na primeira, segunda e enésima contagem;

$N_1$ ,  $N_2$  e  $N_n$ : número de dias após a implantação do teste, dias.

Aos 20 DAS, utilizando 8 plantas úteis por repetição, analisou-se variáveis biométricas, de produção de fitomassa e fisiológicas. As variáveis biométricas foram: comprimento do caule (CC) – medido do colo da planta até a gema apical; o comprimento da raiz (CR) – do colo da planta até o ápice da raiz; diâmetro do caule (DC) – mensurado sempre a 3 cm do nível do substrato; número de folhas (NF) – foram contadas apenas as folhas totalmente expandidas e com coloração verde.

As variáveis de produção de fitomassa foram: fitomassa fresca e seca total (FFT e FST); da parte aérea (FFPA e FSPA) e da raiz (FFR e FSR). A fitomassa fresca das plantas foi mensurada com auxílio de balança de precisão imediatamente após a colheita das plantas, e a fitomassa seca foi mensurada após a secagem do material em estufa de circulação de ar forçado, a temperatura de 65 °C, após atingir peso constante.

Estudou-se ainda o teor de água na planta (TAP) calculada pela Eq. 3, na parte aérea (TAPA) calculada conforme Eq. 4, e na raiz (TAR) calculada pela Eq. 5:

$$\text{TAP}(\%) = \left[ \left( \frac{\text{FFT} - \text{FST}}{\text{FFT}} \right) \right] \times 100 \quad (3)$$

em que:

FFT e FST: fitomassa fresca e seca total (g), respectivamente.

$$TAPA(\%) = \left[ \left( \frac{FFPA - FSPA}{FFPA} \right) \right] \times 100 \quad (4)$$

em que:

FFPA e FSPA: fitomassa fresca e seca da parte aérea (g), respectivamente.

$$TAR(\%) = \left[ \left( \frac{FFR - FSR}{FFR} \right) \right] \times 100 \quad (5)$$

em que:

FFR e FSR: fitomassa fresca e seca da raiz (g), respectivamente.

Calculou-se também o índice de produção de biomassa da parte aérea (IPBPA) utilizando a Eq. 6, e a relação raiz-parte aérea (R/PA) calculada pela Eq. 7.

$$IPBPA = \left( \frac{FSPA}{FST} \right) \quad (6)$$

em que FSPA e FST são a fitomassa seca da parte aérea e total (g), respectivamente.

$$R/PA = \left( \frac{FSR}{FSPA} \right) \quad (7)$$

em que FSR e FSPA são a fitomassa seca da raiz e da parte aérea (g), respectivamente.

Os resultados do experimento foram submetidos à análise de variância, comparando-se, por meio de análise de regressão os intervalos de tempo de renovação do efluente doméstico (fator quantitativo) e, por meio de comparação de médias, pelo teste Tukey os diferentes substratos (fator qualitativo) ao nível de 0,05 de probabilidade, utilizando-se software estatístico SISVAR versão 5.2 (Ferreira, 2008).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os diferentes tempos de renovação/substituição do efluente doméstico não influenciaram significativamente ( $p > 0,05$ ) o comportamento da %G, IVE, CR, CC e DC e NF do girassol na fase de emergência e vigor (Tabela 3). Esses resultados indicam que a taxa de absorção nutricional nesta fase de cultivo é mínima, corroborando com Lobo et al. (2011), que também afirmam ser mínima a taxa de absorção de nutrientes pelo girassol até aos 30 dias após o semeio (DAS).

O fator substrato influenciou significativamente as variáveis %G, IVE, CR, CC e DC e NF (Tabela 3). Na Figura 2A nota-se que a %G das plantas cultivadas em fibra de coco e areia não diferiram significativamente ( $p>0,05$ ) entre si, apresentando média de 95%, enquanto as plantas cultivadas no bagaço de cana de açúcar apresentaram média de 80%. Costa Filho et al. (2011) estudando o crescimento inicial do girassol em substrato adicionado de condicionador de solo, verificaram, aos 10 DAS, uma porcentagem de germinação máxima da ordem de 80%; já Silva et al. (2011) estudando o crescimento inicial do girassol em diferentes misturas com biossólido, verificaram, aos 11 DAS, uma %G da ordem de 95%, ou seja, valores similares aos verificados nos presente trabalho aos 15 DAS para a fibra de coco e areia.

O IVE das plantas cultivadas em fibra de coco e areia não diferiram entre si ( $p>0,05$ ), apresentando emergência média de 2 sementes por dia (Figura 2B); este resultado indica que a velocidade de germinação das plantas cultivadas em fibra de coco e areia foi 35% maior que as plantas cultivadas em bagaço de cana de açúcar. Silva et al. (2011), estudando o crescimento inicial do girassol em diferentes substratos (biossólido, esterco bovino + biossólido, Plantmax<sup>®</sup> + biossólido, areia lavada + Plantmax<sup>®</sup>, e esterco bovino + Plantmax<sup>®</sup>), verificaram aos 11 DAS diferenças estatísticas no IVE das plantas, entretanto, verificaram valor máximo de 9 sementes por dia numa mistura de substrato comercial + biossólido. Os resultados observados por estes autores e Costa Filho et al. (2011) mostram uma %G média da ordem de 80 a 95%, valores similares aos observados no presente trabalho, e o IVE médio de cerca de 5 a 10 sementes por dia.

Observou-se que os valores de CR diferiram entre os substratos testados (Figura 2C). Os melhores índices de CR foram observados nas plantas cultivadas em areia, média de 10 cm, seguidas pelas cultivadas em fibra de coco e bagaço de cana de açúcar, com médias de 8,2 e 5,5 cm, respectivamente, valores superiores à média de 6 cm verificada por Silva et al. (2011), aos 11 DAS. No desdobramento da interação entre os fatores, notou-se significância para o fator substrato dentro do fator tempo de renovação do ED. Quando se adota o manejo com tempo de renovação a cada 2 dias, as plantas cultivadas em fibra de coco possuem melhores médias, sendo até 40% superiores às médias observadas em bagaço de cana de açúcar; quando a renovação é realizada a cada 3 dias as melhores tendências são observadas nas plantas cultivadas em areia que,

embora não haja diferença significativa, supera em até 12% os resultados observados em fibra de coco com renovação do ED a cada 2 dias.

Tabela 3. Resumo da ANOVA para as variáveis: porcentagem média de germinação (%G), índice médio de velocidade de emergência (IVE), comprimento médio da raiz (CR), número médio de folhas (NF), comprimento (CC) e diâmetro (DC) médio do caule de plantas de girassol cv. EMBRAPA 122-V2000, aos 20 DAS, em sistema semi-hidropônico utilizando efluente doméstico, renovado/substituído em diferentes frequências, como solução nutritiva e cultivadas em diferentes substratos de cultivo.

Causa de variação	GL	Quadrado Médio <sup>1</sup>					
		%G	IVE	CR	NF	CC	DC
Tempo de renovação do ED (T)	3	0,1793 <sup>ns</sup>	0,0081 <sup>ns</sup>	0,0516 <sup>ns</sup>	0,1098 <sup>ns</sup>	0,1412 <sup>ns</sup>	0,0434 <sup>ns</sup>
Substrato (S)	2	2,4579*	0,2491**	1,6715**	5,1169**	9,5492**	2,3855**
Interação T x S	6	0,3132 <sup>ns</sup>	0,0157 <sup>ns</sup>	0,0843*	0,0346 <sup>ns</sup>	0,1718 <sup>ns</sup>	0,0183 <sup>ns</sup>
Resíduo	24	0,4844	0,0137	0,0275	0,0521	0,1791	0,0296
CV <sup>1</sup>	(%)	7,31	7,88	5,75	9,90	9,05	8,37

\*,\*\* significativo a 0,05 e 0,01 de probabilidade, respectivamente, e <sup>ns</sup> não significativo, pelo teste F. GL: Grau de liberdade e CV: coeficiente de variação. <sup>1</sup>Valores transformados pela equação  $(X + 0,5)^{0,5}$ .

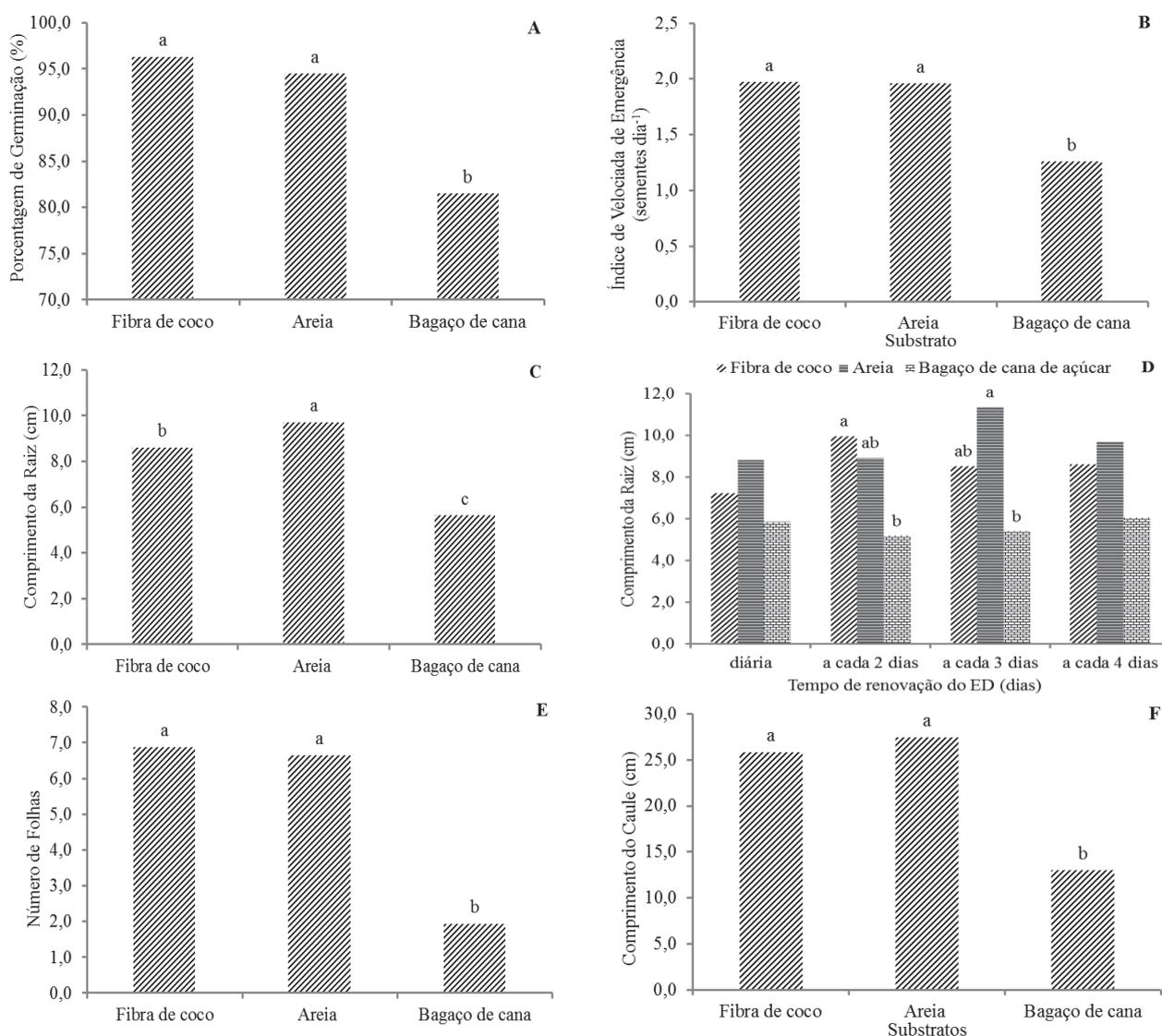
Na Figura 2D observa-se que quanto maior o intervalo de tempo de renovação do ED, as plantas cultivadas em areia melhoram seu desempenho em relação ao CR; este fato indica que as plantas cultivadas em areia compensam a redução da disponibilidade nutricional com o aumento da superfície de absorção, elevando a eficiência do aproveitamento nutricional do ED.

O NF das plantas cultivadas em fibra de coco e areia não diferiram significativamente ( $p > 0,05$ ), com médias de 7 folhas; este resultado foi 3,5 vezes superior ao observado no NF das plantas cultivadas em bagaço de cana de açúcar (Figura 2E). Figueiredo et al. (2008), estudando a produção de mudas de girassol ornamental (*Helianthus annuus* L. cv. dobrado sungold) em diferentes substratos, observaram aos 21 DAS, média de 6,7 folhas nas plantas cultivadas em substrato comercial, ou seja, resultado semelhante ao observado nas plantas cultivadas em fibra de coco e areia.

Os valores de CC (Figura 2F) indicam que não houve diferença significativa entre os resultados observados nas plantas cultivadas em areia, média de 25 cm, e em fibra de coco, média de 27 cm; já os valores de CC verificados nas plantas cultivadas em bagaço de cana de açúcar foram inferiores os demais tratamentos testados, média de 13 cm.

Ramos et al. (2009), estudando o desenvolvimento inicial do girassol cultivado em resíduo de cana de açúcar, verificaram CC médio máximo da ordem de 23 cm e mínimo de 16 cm, sem e com a aplicação de vinhaça, respectivamente. Estas médias foram inferiores às verificadas neste trabalho para as plantas cultivadas na fibra de coco e bagaço de cana de açúcar.

Os valores de DC (Figura 2G) apresentaram tendências semelhantes, não havendo diferenças significativas ( $p>0,05$ ) entre as plantas cultivadas em fibra de coco e areia; os resultados verificados nas plantas cultivadas em bagaço de cana de açúcar foram significativamente inferiores aos outros substratos testados.



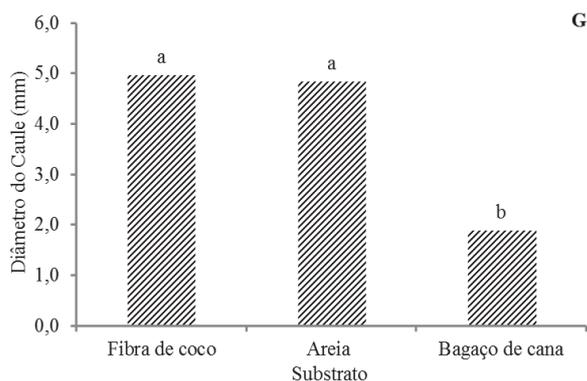


Figura 2. (A) Porcentagem média de germinação; (B) índice médio de velocidade de emergência; (C) comprimento médio da raiz; (D) desdobramento do fator substrato dentro do fator tempo de renovação do ED para o comprimento da raiz; (E) número médio de folhas; (F) comprimento médio do caule e (G) diâmetro médio do caule de plantas de girassol cv. EMBRAPA 122-V2000, aos 20 DAS, em sistema semi-hidropônico utilizando efluente doméstico, renovado/substituído em diferentes frequências, como solução nutritiva e cultivadas em diferentes substratos de cultivo.

Os tratamentos baseados na renovação do ED não influenciaram significativamente ( $p > 0,05$ ) o comportamento das variáveis FFT, FFPA, FFR, FST, FSPA e FSR do girassol na fase de emergência e vigor (Tabela 4). Estes resultados corroboram com Nobre et al. (2008) que, estudando o vigor do girassol sob diferentes qualidades de água, verificaram que não foi observado qualquer efeito da aplicação de água residuária sobre as variáveis FFR, FFT e FST, entretanto, notou-se que, em função dos tratamentos com ED, houveram melhores tendências na produção de fitomassa fresca e seca pelas plantas.

O fator substrato influenciou significativamente ( $p < 0,05$ ) todas as variáveis agrupadas na Tabela 4; significância esta não observada na interação entre os fatores em nenhuma das variáveis citadas.

Tabela 4. Resumo da ANOVA para fitomassa fresca e seca média – total (FFT e FST); parte aérea (FFPA e FSPA) e raiz (FFR e FSR) de plantas de girassol cv. EMBRAPA 122-V2000, aos 20 DAS, em sistema semi-hidropônico utilizando efluente doméstico, renovado/substituído em diferentes frequências, como solução nutritiva e cultivadas em diferentes substratos de cultivo.

Causa de variação	GL	Quadrado Médio <sup>1</sup>					
		FFT	FFPA	FFR	FST	FSPA	FSR
Tempo de renovação do ED (T)	3	0,4067 <sup>ns</sup>	0,3413 <sup>ns</sup>	0,0420 <sup>ns</sup>	0,0109 <sup>ns</sup>	0,0086 <sup>ns</sup>	0,000652 <sup>ns</sup>
Substrato (S)	2	17,8066 <sup>**</sup>	14,4826 <sup>**</sup>	2,0093 <sup>**</sup>	0,6781 <sup>**</sup>	0,4728 <sup>**</sup>	0,061714 <sup>**</sup>
Interação T x S	6	0,1608 <sup>ns</sup>	0,1468 <sup>ns</sup>	0,0308 <sup>ns</sup>	0,0049 <sup>ns</sup>	0,0044 <sup>ns</sup>	0,000672 <sup>ns</sup>
Resíduo	24	0,2498	0,2101	0,0395	0,0092	0,0074	0,000863
CV	(%)	18,19	18,01	15,52	9,07	8,56	3,74

\*, \*\* significativo a 0,05 e 0,01 de probabilidade, respectivamente, e <sup>ns</sup> não significativo, pelo teste F. GL: Grau de liberdade e CV: coeficiente de variação. <sup>1</sup>Valores transformados pela equação  $(X + 0,5)^{0,5}$ .

Nos resultados observados para a FFT em função dos substratos não se verificou diferença significativa ( $p > 0,05$ ) nas plantas cultivadas em fibra de coco e areia, com média de 11,5 g, valor 8,84 vezes maior que os observados em bagaço de cana de açúcar (Figura 3A).

Na análise da FFPA em relação ao fator substrato, observou-se comportamento médio similar ao da FFT, no entanto, os resultados observados indicam que a parte aérea das plantas cultivadas em fibra de coco foi 9,32 vezes maior que a parte aérea das plantas cultivadas em bagaço de cana de açúcar (Figura 3B); a FFR das plantas cultivadas em fibra de coco e areia também não diferiram significativamente ( $p > 0,05$ ) entre si, entretanto as plantas cultivadas na areia tiveram uma FFR 12,35 vezes maior que as plantas cultivadas em bagaço de cana de açúcar (Figura 3C). Estes resultados indicam que as plantas cultivadas em areia produzem maior superfície específica nas raízes, o que facilita a absorção de água e nutrientes; outro aspecto a ser mencionado é a melhor fixação mecânica das plantas no sistema de cultivo hidropônico, vantagem que pode reduzir custos com tutoramento das plantas.

Tendências similares foram verificadas para FST, sendo observada diferença de 1g entre as plantas cultivadas em areia e em bagaço de cana de açúcar (Figura 3D). Silva et al. (2011), estudando o desenvolvimento inicial do girassol em diferentes substratos, verificaram aos 11 DAS, valores de fitomassa seca total da ordem de 0,27 g, portanto, superiores aos encontrados no presente trabalho, aos 20 DAS, para as plantas

cultivadas no bagaço de cana de açúcar e inferiores aos observados em fibra de coco e areia.

A FSPA das plantas cultivadas em fibra de coco e na areia não diferiram significativamente ( $p>0,05$ ) entre si, média de 0,78 g, valor 7 vezes maior em relação as plantas cultivadas em bagaço de cana de açúcar (Figura 2E). A FSR das plantas cultivadas nos diferentes substratos testados diferiram significativamente ( $p<0,05$ ) entre si, sendo que a FSR das plantas cultivadas na areia foram 0,15 g e 0,22 g superiores a FSR das plantas cultivadas na fibra de coco e bagaço de cana de açúcar, respectivamente (Figura 3F).

As variáveis TAP, TAPA, IPBPA e R/PA não foram afetadas pelo tempo de renovação do ED, nem pela interação entre os fatores, no entanto, foram influenciadas significativamente ( $p<0,01$ ) pelo fator substrato (Tabela 5).

Tabela 5. Resumo da ANOVA para teor médio de água – na planta (TAP), na parte aérea (TAPA) e na raiz (TAR); índice médio de produção de biomassa da parte aérea (IPBPA) e relação raiz-parte aérea média (R/PA) de plantas de girassol, cv. EMBRAPA 122-V2000, aos 20 DAS, em sistema semi-hidropônico utilizando efluente doméstico, renovado/substituído em diferentes frequências, como solução nutritiva e cultivadas em diferentes substratos de cultivo.

Causa de variação	GL	Quadrado Médio				
		TAP	TAPA	TAR <sup>1</sup>	IPBPA <sup>1</sup>	R-PA <sup>1</sup>
Tempo de renovação do ED (T)	3	3,3595 <sup>ns</sup>	1,6102 <sup>ns</sup>	0,1457 <sup>ns</sup>	0,000603 <sup>ns</sup>	0,0026 <sup>ns</sup>
Substrato (S)	2	17,9619 <sup>**</sup>	12,0046 <sup>**</sup>	0,3164 <sup>ns</sup>	0,009052 <sup>**</sup>	0,0365 <sup>**</sup>
Interação T x S	6	0,8058 <sup>ns</sup>	0,3068 <sup>ns</sup>	0,1333 <sup>ns</sup>	0,001122 <sup>ns</sup>	0,0050 <sup>ns</sup>
Resíduo	24	1,5484	0,8388	0,1455	0,000664	0,0030
CV	(%)	1,36	1,00	4,01	2,23	6,59

\*,\*\* significativo a 0,05 e 0,01 de probabilidade, respectivamente, e <sup>ns</sup> não significativo, pelo teste F. GL: Grau de liberdade e CV: coeficiente de variação. <sup>1</sup>Valores transformados pela equação  $(X + 0,5)^{0,5}$ .

As plantas cultivadas em fibra de coco tiveram um TAP cerca de 2% maior em relação às plantas cultivadas em areia e 2,46% quando se compara as plantas cultivadas em bagaço de cana de açúcar (Figura 4A). Resultados similares foram observados em relação ao TAPA; as plantas cultivadas em fibra de coco tinham 1,20% a mais de água na parte aérea que as plantas cultivadas em areia e 2,16% em relação as plantas cultivadas em bagaço de cana de açúcar (Figura 4B). Embora não tenha havido diferença significativa ( $p>0,05$ ) em variáveis biométricas como CC, DC e NF de plantas

cultivadas em fibra de coco e areia, os índices de água na planta estão associados ao seu porte e a capacidade da planta de “armazenar” água; dito isto e com base nos resultados de TAP e TAPA infere-se que as plantas cultivadas em fibra de coco “retêm” mais água que as plantas cultivadas em areia, o que está relacionado às diferenças de capacidade de retenção de água observada entre os substratos citados e, conseqüentemente, na maior disponibilidade hídrica para as plantas em função do tempo, entre os intervalos de cada evento de irrigação.

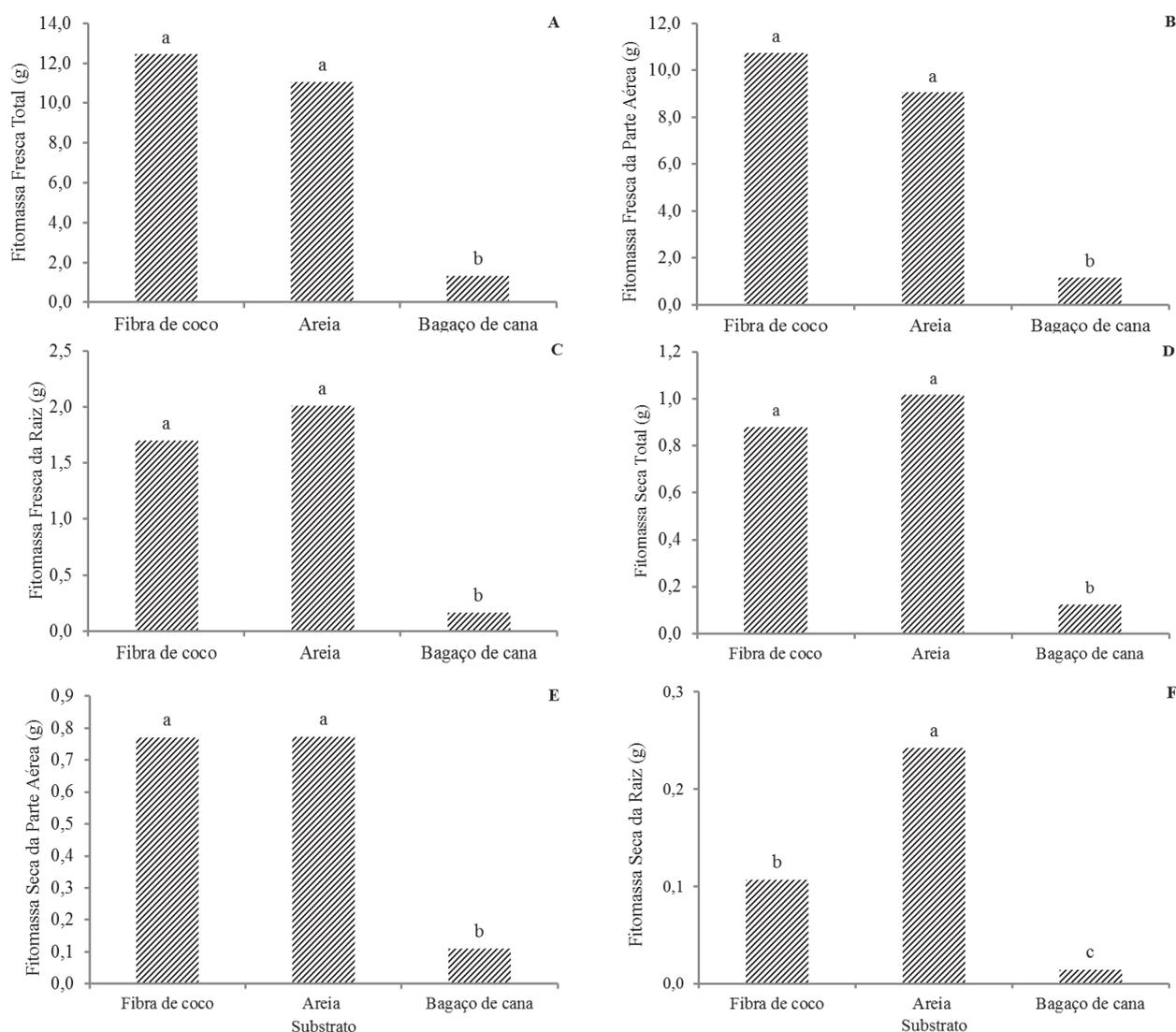


Figura 3. Fitomassa fresca (A) total, (B) da parte aérea, (C) da raiz; fitomassa seca (D) total, (E) da parte aérea e (F) da raiz de plantas de girassol cv. EMBRAPA 122-V2000, aos 20 DAS, em sistema semi-hidropônico utilizando efluente doméstico, renovado/substituído em diferentes frequências, como solução nutritiva e cultivadas em diferentes substratos de cultivo.

O IPBPA das plantas cultivadas em fibra de coco e bagaço de cana de açúcar foram similares, entretanto, superiores em 0,10 quando comparado com os valores verificados nas plantas cultivadas em areia (Figura 4C). Em contrapartida, o inverso ocorreu na R/PA das plantas cultivadas em areia, cujos resultados foram superiores em até 0,15 quando comparado com os resultados observados nas plantas cultivadas em fibra de coco e bagaço de cana de açúcar, indicando que o IPBPA foi menor nas plantas cultivadas na areia em função da massa da raiz, evidenciada na R/PA (Figura 4D).

Pode-se inferir, com base nos resultados relacionados à raiz (R/PA e IPBPA), que plantas cultivadas em areia absorvem com maior facilidade água e nutrientes por disporem de maior superfície específica de absorção (maior área de raiz). No entanto, como a fibra de coco possui uma elevada capacidade de retenção de água e, em função do intervalo de tempo entre regas grande parte do volume aplicado é percolado, de modo que a coluna de substrato permanecia úmida, porém aerada (não sendo observados problemas de encharcamento), oferecendo potencial da água sempre favorável à planta, mesmo no intervalo entre regas; essa análise corrobora com a ocorrência de maior teor de água em plantas cultivadas em fibra de coco e os maiores índices de crescimento e massa de raiz em plantas cultivadas em areia.

Os índices de emergência e vigor observada nas plantas cultivadas em bagaço de cana de açúcar foram influenciados pela elevada capacidade de absorção e retenção de água deste substrato, chegando a ser observado encharcamento, o que por dedução reduziu a aeração e, conseqüentemente, a disponibilidade de O<sub>2</sub> para as raízes, afetando diretamente o metabolismo das plantas.

Em termos gerais, a utilização do efluente doméstico na irrigação das plântulas de girassol com renovação/substituição a cada quatro dias não apresentou diferença significativa em relação às outras estratégias de manejo testadas, fato que favorece a otimização do uso e melhor aproveitamento da água, reduzindo assim os volumes do lançamento do efluente doméstico na natureza. Os substratos testados afetaram o comportamento de crescimento inicial e fisiológico das plântulas de girassol, sendo recomendado o uso de fibra de coco e areia como substrato em detrimento do uso de bagaço de cana de açúcar.

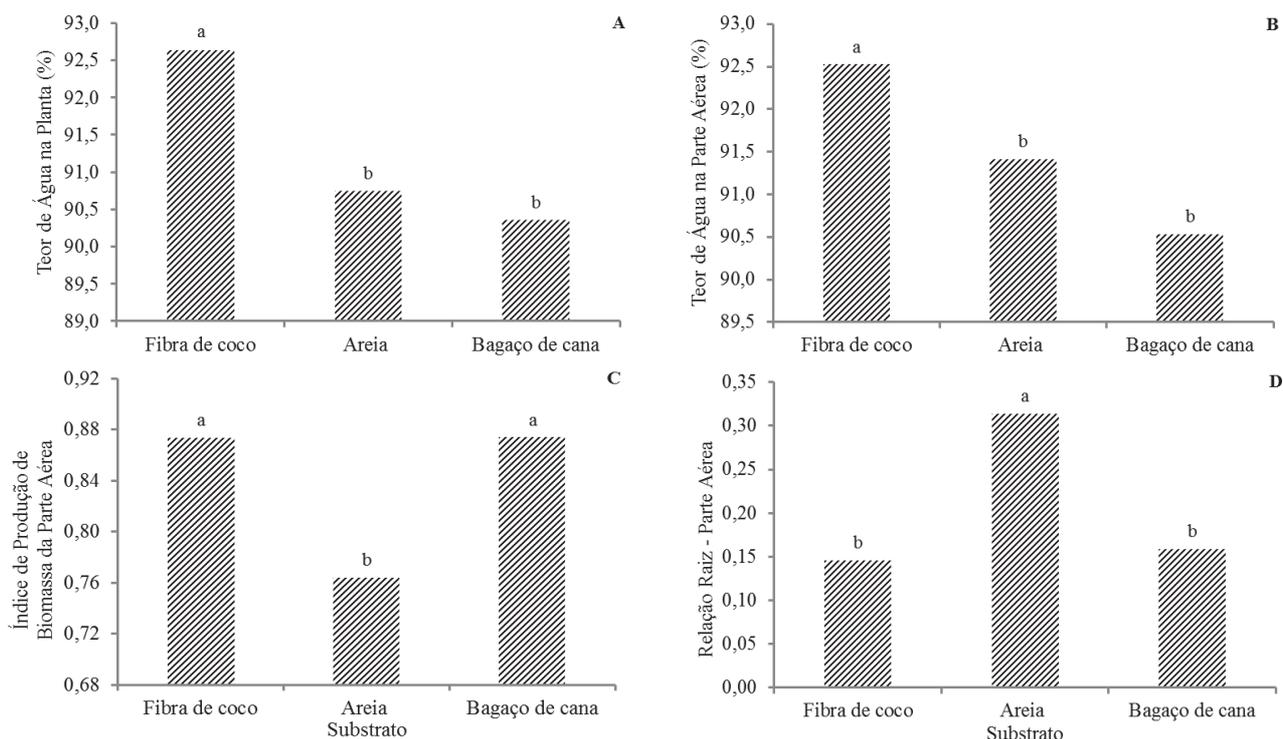


Figura 4. Teor de água (A) na planta e (B) na parte aérea; (C) índice de produção de biomassa da parte aérea e (D) relação raiz-parte aérea de plantas de girassol cv. EMBRAPA 122-V2000, aos 20 DAS, em sistema semi-hidropônico utilizando efluente doméstico, renovado/substituído em diferentes frequências, como solução nutritiva e cultivadas em diferentes substratos de cultivo.

## CONCLUSÕES

1. Os intervalos de tempo de renovação/substituição do efluente doméstico na irrigação não interferiram em variáveis relacionadas à biometria das plantas, a produção de fitomassa e a variação do teor de água na planta e suas partes, podendo assim ser renovado a cada quatro dias, sem que seja comprometido o desenvolvimento das plantas;
2. É viável o uso da fibra de coco e da areia como substrato em sistema semi-hidropônico do girassol, na fase de crescimento inicial.

**REFERÊNCIAS**

ANDRADE, L. O. DE; NOBRE, R. G.; SOARES, F. A. L.; GHEYI, H. R.; FIGUEIREDO, G. R. G. DE; SILVA, L. A. da. Germinação e crescimento inicial de plantas de girassol (*Helianthus annuus* L.) irrigadas com água residuária. Revista Educação Agrícola Superior, v.22, p.48-50, 2007.

APHA - American Public Health Association; AWWA - American Water Works Association; WPCF - Water Pollution Control Federation. Standard methods for the examination of water and wastewater. 13th. Ed., Washington, 1991, p. 62-65.

BACKES, L. R.; SOUZA, A. M.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; GALLOTTI, G. J. M.; BAVARESCO, A. Desempenho de cultivares de girassol em duas épocas de plantio de safrinha no planalto norte catarinense. Scientia Agraria, v.9, p.41-48, 2008.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Regras para análise de sementes. Brasília: Departamento Nacional de Produção Vegetal, 1992. 365p.

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

COSTA FILHO, J. H.; COSTA, G. G.; NOGUEIRA, C. S. R.; COSTA, J. M. DA; MEDEIROS, R. V. Influência do condicionador de solo Fertium na germinação e no desenvolvimento de plântulas de *Helianthus annus* L. Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, v. 6, p. 113-117, 2011.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). Manual de métodos de análise de solo. 2. ed. rev. atual. Rio de Janeiro, 1997. 212 p.

FERREIRA, D.F. SISVAR: Um programa para análises e ensino de estatística. Revista Symposium, Lavras, v. 6, p. 36-41, 2008.

FIGUEIREDO, G. R. G. DE; ANDRADE, L. O. DE; BATISTA, D. S.; FARIAS, G. DE A.; NOBRE, R. G.; RÊGO, E.R. do. Produção de mudas de girassol ornamental (*Helianthus annuus* L. Cv. Dobrado sungold) em diferentes substratos. Revista Educação Agrícola Superior, v. 23, p. 105-107, 2008.

GUEDES, R. S.; ALVES, E. U.; GONÇALVES, E. P.; COLARES, P. N. Q.; MEDEIROS, M. S. DE; VIANA, J. S. Germinação e vigor de sementes de *Myracrodruon urundeuva* Allemão em diferentes substratos e temperaturas. Revista Árvore, v.35, p. 975-982, 2011.

LIMA, R. V.; LOPES, J. C.; COELHO, R. I. Germinação de sementes de urucu em diferentes temperaturas e substratos, Ciência e Agrotecnologia, v. 31, p. 1219-1224, 2007.

LOBO, T. F.; GRASSI FILHO, H.; BRITO, I. C. A. Efeito do nitrogênio na nutrição do girassol. Bioscience Journal, v. 27, p.380-391, 2011.

MAGUIRE, J.D. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seeding emergence and vigor. Crop Science, v.2, p.176-177, 1962.

MITSUEDA, N. C.; COSTA, E. V. DA; D'OLIVEIRA, P. S. Aspectos ambientais do agronegócio de flores e plantas ornamentais. Revista em Agronegócios e Meio Ambiente, v.4, p. 9-20, 2011.

NEVES, M. F.; AMARAL, R. O. Flores - oportunidades e desafios – São Paulo: Revista AgroAnalysis, v. 27, p.30-31, 2008.

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

PACHECO, M. V.; MATOS, V. P.; FELICIANO, A. L. P.; FERREIRA, A. L. C. Germinação de sementes e crescimento inicial de plântulas de *Tabebuia aurea* (Silva Manso) Benth & Hook f. ex S. Moore Seedlings. *Ciência Florestal*, v. 18, p. 143-150, 2008.

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

RAMOS, N. P.; NOVO, M. DO C. DE S. S.; LAGO, A. A.; UNGARO, M. R. G. Girassol: emergência e crescimento inicial de plantas sob resíduos de cana de açúcar. *Revista Ciência Rural*, v. 39, p. 45-51, 2009.

SANTOS JÚNIOR, J. A.; GHEYI, H. R.; GUEDES FILHO, D. H.; SOARES, F. A. L.; DIAS, N. DA S. Efficiency of water use in sunflower grown in hydroponic system under saline stress. *Revista Engenharia Agrícola*, v. 33, no prelo, 2013.

SILVA, E. A. DA; TOSTA, M. DA S.; MENDONÇA, V.; OLIVEIRA, A. C. DE; MENEGAZZO, M. L. Efeito da utilização de biossólido no desenvolvimento inicial de plantas de girassol. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v. 6, p. 112-119, 2011.

# Capitulo III

---

## *Subitem III.4*

**Substratos e frequências de irrigação utilizando efluente doméstico no  
crescimento e desenvolvimento do girassol**

*Substrates and frequencies of irrigation with domestic effluent in  
growth and development of sunflower*

**Substratos e frequências de irrigação utilizando efluente doméstico no crescimento e desenvolvimento do girassol**

**Resumo:** O aproveitamento do potencial hídrico e nutricional do efluente doméstico é uma alternativa viável para a agricultura irrigada, principalmente em regiões semiáridas. Dentro desta lógica, o objetivo deste estudo foi avaliar o comportamento do crescimento de plantas de girassol (*Helianthus annuus* L. cv. EMBRAPA 122-V2000) em sistema semi-hidropônico utilizando substratos de cultivo e efluente doméstico como solução nutritiva. O delineamento estatístico utilizado foi o inteiramente casualizado, analisado em esquema fatorial 4x3, com três repetições, totalizando 36 unidades experimentais. Testou-se o efeito da utilização do efluente doméstico como solução nutritiva em quatro intervalos de tempo de renovação/substituição da solução percolada (diariamente, a cada dois, três e quatro dias) e o uso de três substratos de cultivo (fibra de coco, areia e bagaço de cana de açúcar). Verificou-se que as plantas sob renovação/substituição do efluente doméstico a cada quatro dias apresentaram índices de crescimento compatíveis com o padrão comercial de flores; observaram-se também os maiores índices de crescimento nas plantas cultivadas em fibra de coco.

**Palavras-chave:** qualidade de água, nutrição de plantas, hidroponia

**Substrates and frequencies of irrigation with domestic effluent in growth and development of sunflower**

**Abstract:** The use of water potential and nutritional domestic effluent is a viable alternative to irrigated agriculture, especially in semiarid regions. Under this logic, the aim of this study was to evaluate the growth of sunflower plants (*Helianthus annuus* L. cv. EMBRAPA 122-V2000) in semi-hydroponic system using substrates and domestic effluent as nutrient solution. The experiment was conducted in a completely randomized design and analyzed in a 4x3 factorial scheme, with three replications, totaling 36 experimental units. It was tested the effect of using of domestic effluent as nutrient solution on four time intervals renewal/replacement of the leached solution (daily, every two, three and four days) and three substrates cultivation (coconut fiber, sand bagasse

and sugar cane). The plants under renewal/substitution of domestic effluent every four days had growth rates compatible with standard commercial flowers, highest growth rates were observed when the plants was cultivated using coconut fiber as substrate.

**Key words:** water quality, plant nutrition, hydroponics

## INTRODUÇÃO

O aproveitamento do efluente doméstico na agricultura constitui-se em um elemento estratégico na gestão integrada dos recursos hídricos, uma vez que eleva o volume da oferta e supri com eficiência as demandas do setor, pois além do potencial hídrico, também oferece o aporte nutricional (Rebolças et al., 2010; Alves et al., 2009), equilibrando o balanço nutricional entre áreas de produção e consumo de alimento, reduzindo assim, a necessidade de importação de fertilizantes pelas regiões produtoras.

Diversos trabalhos confirmam as vantagens proporcionadas pelo aproveitamento de águas residuárias na produção agrícola (Freitas et al., 2012; Santos Júnior et al., 2011; Andrade et al., 2007) no entanto, ainda são escassas informações que relacionem o uso e o manejo do efluente doméstico como solução nutritiva em cultivos hidropônicos.

Os sistemas semi-hidropônicos de circulação fechada, caracterizados por ocuparem pequenas áreas e oportunizarem elevada eficiência no uso da água e nutrientes pelas plantas, são tecnologias que permitem a utilização de efluentes domésticos no cultivo de culturas nobres, de alto valor e liquidez de mercado (Santos Júnior et al., 2011). Outro fator mitigador de impactos ambientais é a utilização de subprodutos de diversas atividades antrópicas como substratos de cultivo em sistemas semi-hidropônicos, oferecendo um destino nobre a materiais que são considerados poluidores ambientais.

Esta tecnologia de cultivo de alta eficiência do uso da água, associada à utilização de culturas rentáveis, dentro do contexto de um plano de negócios estruturado, é também uma alternativa de geração de renda para comunidades de agricultores familiares do semiárido brasileiro, região esta que abriga 15% da população brasileira (Medeiros et al., 2012) e dispõe de cerca de 3% dos seus recursos hídricos. A floricultura, por exemplo, emprega, em média, de 15 a 20 pessoas por hectare e rende de

50 a 100 mil reais por ano, enquanto a fruticultura gera aproximadamente cinco empregos na mesma área e rende próximo de 20 mil reais (Neves et al., 2008). Dentre as flores tropicais, cita-se o girassol, cujo buquê de flores atinge preços superiores a R\$ 150,00, e é uma cultura que possui adaptabilidade às diferentes condições edafoclimáticas e a sua produtividade é pouco influenciado pela latitude, altitude e fotoperíodo, fato que favorece a sua utilização em regiões semiáridas.

Deste modo, o presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar o crescimento e desenvolvimento de plantas de girassol em sistema semi-hidropônico utilizando substratos de cultivo e efluente doméstico como solução nutritiva.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O trabalho foi conduzido entre novembro de 2011 e janeiro de 2012, em casa de vegetação da Universidade Federal de Campina Grande, município de Campina Grande, PB (7°12'52" latitude Sul, 35°54'24" longitude Oeste com altitude media de 550 m).

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, analisado em esquema fatorial 4 x 3 com três repetições, totalizando 36 unidades experimentais, sendo avaliado o crescimento e desenvolvimento de plantas de girassol em sistema semi-hidropônico utilizando três substratos de cultivo (fibra de coco, areia e bagaço de cana de açúcar - Tabela 1) e efluente doméstico (ED) como solução nutritiva em quatro frequências de renovação da solução percolada.

Cada parcela experimental foi composta por vasos de 6 litros, preenchidos com 0,5 kg de brita +1 kg de substrato (em base seca), separados por tela de nylon. Os vasos foram preparados com quatro furos na base e colocados em uma bacia em que se adaptou uma mangueira de drenagem ligada a uma garrafa pet de 2 L para coleta da solução drenada; dado ao contato direto entre o vaso e a bacia, a percolação da solução deu-se lentamente através dos microespaços existentes nesta interface, favorecendo a permanência de solução dentro do vaso por mais tempo, proporcionando um maior tempo de absorção para a planta a cada evento de irrigação, até que toda solução drenasse. Isto evitava que, sob a ação da gravidade, a solução escoasse rapidamente por caminhos preferenciais, sem umedecer todo substrato, comprometendo a necessidade hídrica e nutricional das plantas.

Tabela 1. Caracterização físico-química dos substratos de cultivo

Substrato	N	P	K	Da	Dr	Y
	$\text{g kg}^{-1}$	$\text{g kg}^{-1}$	$\text{g kg}^{-1}$	$\text{g cm}^{-3}$	$\text{g cm}^{-3}$	(%)
Fibra de coco	0,45	3,67	14,88	0,56	0,14	75
Areia	-	-	-	1,55	2,65	42
Bagaço de cana de açúcar	5,43	1,08	6,58	0,33	0,086	74

Fonte: EMBRAPA (1997)

N – nitrogênio total; P – fósforo; K – Potássio; Da – densidade aparente; Dr – densidade real; Y – porosidade.

A cultivar de girassol estudada foi a EMBRAPA 122-V2000 e o semeio foi feito diretamente nos vasos; na irrigação das plantas utilizou-se o efluente doméstico como solução nutritiva em quatro intervalos de tempo de renovação/substituição do efluente doméstico diariamente ( $M_1$ ), a cada 2 ( $M_2$ ), 3 ( $M_3$ ) e 4 ( $M_4$ ) dias com reaplicação do percolado três vezes por dia às 8, 12 e 16 h em todos os tratamentos. No final do tempo (dias) de circulação do efluente doméstico (ED) específico de cada manejo, o volume lixiviado restante era mensurado e finalmente descartado; um novo volume inicial de 2 litros de efluente doméstico era aplicado ao sistema. Com o aumento do consumo hídrico médio das plantas, após os 36 dias após a semeadura (DAS), o volume inicial utilizado passou a ser de 3 L, visando uniformizar a disponibilidade de água entre as plantas dos diferentes tratamentos (Figura 1).



Figura 1. Unidade experimental e manejo da irrigação do sistema hidropônico utilizado

As características físico-químicas do efluente doméstico, filtrado por ocasião do bombeamento, foram determinadas no Laboratório de Referência em Dessalinização, UFCG, Campina Grande, PB, e estão descritas na Tabela 2.

Aos 21, 28, 35 e 42 DAS foram mensurados os valores biométricos das plantas, a saber: comprimento da haste (CH); diâmetro da haste (DH); número de folhas (NF) e área foliar (AF). O CH foi mensurado do colmo da planta, rente ao substrato, até a bifurcação da última folha, entre a haste e o capítulo; o DH foi mensurado sempre no

mesmo local, à altura de 0,03 m da base do CH; no NF foram contabilizadas aquelas cujo tamanho da nervura central era superior a 0,03 m, sendo também sadias e fotossinteticamente ativas. A AF foi calculada utilizando o método proposto por Maldaner et al. (2009), a saber:  $AF = 0,1328 C^{2,5569}$  ( $R^2 = 0,87$ ), em que C (cm) é o comprimento da nervura central das folhas.

Os resultados do experimento foram submetidos à análise de variância, comparando-se por meio de análise de regressão os intervalos de tempo de renovação/substituição do efluente doméstico (fator quantitativo) e por meio de teste de médias (Tukey) os diferentes substratos de cultivo (fator qualitativo) ao nível de 0,05 de probabilidade, utilizando-se software estatístico SISVAR versão 5.2 (Ferreira, 2008).

Tabela 2. Caracterização físico-química do efluente doméstico filtrado utilizado

Parâmetros	Resultados
CE a 25 °C (dS m <sup>-1</sup> )	1,44
pH	7,2
Dureza em Ca <sup>++</sup> , (mg L <sup>-1</sup> )	47,8
Dureza em Mg <sup>++</sup> , (mg L <sup>-1</sup> )	28,3
Dureza total (CaCO <sub>3</sub> ), (mg L <sup>-1</sup> )	237,5
Na <sup>+</sup> , (mg L <sup>-1</sup> )	186,0
K <sup>+</sup> , (mg L <sup>-1</sup> )	31,1
Ferro total, (mg L <sup>-1</sup> )	0,18
Alcalinidade em bicarbonatos, (CaCO <sub>3</sub> ) (mg L <sup>-1</sup> ),	367,6
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> , (mg L <sup>-1</sup> )	40,4
Fósforo total, (mg L <sup>-1</sup> )	9,0
Cl <sup>-</sup> (mg L <sup>-1</sup> )	305,3
N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , (mg L <sup>-1</sup> )	0,04
N-NH <sub>3</sub> , (mg L <sup>-1</sup> )	49,9
SiO <sub>2</sub> , (mg L <sup>-1</sup> )	20,0

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O tempo de renovação do efluente doméstico (ED) afetou negativamente todas as variáveis monitoradas (CH, DH, NF e AF). Contudo, o CH só foi afetado significativamente a partir dos 35 dias após a semeadura (DAS), enquanto nas demais variáveis analisadas identificou-se efeito significativo ( $p < 0,01$ ) em todo período avaliado (Tabela 3).

Aos 21 DAS não se observou diferença significativa entre o CH das plantas cultivadas em substrato de fibra de coco e areia, média de 37 cm, resultado 20 cm maior que os observados nas plantas cultivadas em bagaço de cana de açúcar; igualmente aos

28 DAS às plantas cultivadas em fibra de coco e areia produziram um CH médio de 62 cm, resultado 2,8 vezes maior que o das plantas cultivadas em bagaço de cana de cana de açúcar (Figura 2A).

Observou-se que aos 35 e 42 DAS, o CH das plantas irrigadas com ED renovado a cada 4 dias foram 14 e 16%, respectivamente, menores em relação às plantas irrigadas com ED renovado diariamente (Figura 2B). No entanto, convém ressaltar que apesar desta redução as flores alcançaram CH compatível com os padrões comerciais, quando a opção for à produção de flores. De acordo com Neves et al. (2009) para atender os elevados padrões comerciais, as plantas de girassol ornamental devem apresentar CH entre 35 e 40 cm, ou seja, resultados bem inferiores aos obtidos no presente trabalho aos 42 DAS, sendo possível ampliar o espectro de utilização das flores através do corte da haste, de acordo com o fim e no tamanho desejado. Quanto ao fator substrato, aos 35 DAS não se observou diferença entre os resultados em fibra de coco e areia; já aos 42 DAS os resultados observados nas plantas cultivadas nos diferentes substratos diferiram significativamente entre si, sendo observadas médias de 139 cm nas plantas cultivadas em fibra de coco, 126 cm nas cultivadas em areia e 35 cm nas cultivadas em bagaço de cana de açúcar.

Houve efeito significativo da interação tempo de renovação x substratos de cultivo; a análise do desdobramento do fator substrato dentro do fator renovação do ED indica que quando a renovação ocorre a cada 2 dias o CH das plantas cultivadas em areia apresenta melhores tendências em relação ao CH das plantas cultivadas em bagaço de cana de açúcar, no entanto quando a renovação ocorre a cada três dias as melhores tendências de CH são verificadas nas plantas cultivadas em fibra de coco, em relação ao CH das plantas cultivadas em bagaço de cana de açúcar (Figura 2C).

Tabela 3. Resumo da ANOVA para o comprimento da haste do girassol (cv. EMBRAPA 122-V2000) aos 21, 28, 35 e 42 DAS, cultivado em diferentes substratos de cultivo e irrigado com efluente doméstico com variação no intervalo de tempo de renovação/substituição da solução percolada.

Causa de variação	GL	Quadrado Médio <sup>1</sup>			
		21 DAS	28 DAS	35 DAS	42 DAS
Tempo de renovação do ED (T)	3	13,0195 <sup>ns</sup>	86,5306 <sup>ns</sup>	224,9874 <sup>*</sup>	694,8387 <sup>*</sup>
Reg. Linear	1	-	-	608,6722 <sup>**</sup>	1581,234 <sup>**</sup>
Substrato (S)	2	1524,86 <sup>**</sup>	6490,95 <sup>**</sup>	17460,29 <sup>**</sup>	38653,05 <sup>*</sup>
Interação T x S	6	53,0959 <sup>ns</sup>	73,6681 <sup>ns</sup>	196,4407 <sup>*</sup>	291,7882 <sup>ns</sup>
Resíduo	24	28,2586	29,3725	41,118	125,1583
CV	(%)	8,80	5,54	4,60	5,76

<sup>\*</sup>, <sup>\*\*</sup> significativo a 0,05 e 0,01 de probabilidade, respectivamente, e <sup>ns</sup> não significativo, pelo teste F. GL: Grau de liberdade e CV: coeficiente de variação. <sup>1</sup>Valores transformados pela equação  $(X + 0,5)^{0,5}$ .

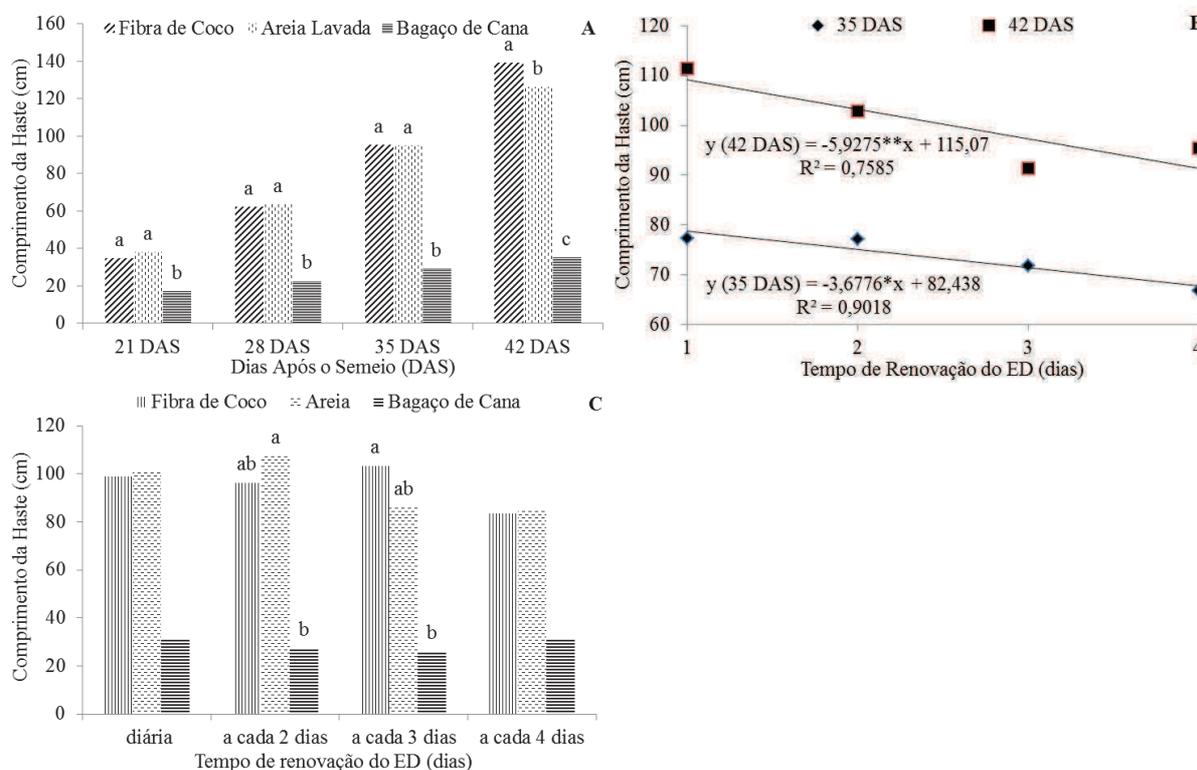


Figura 2. (A) Comprimento da haste de girassol (cv. EMBRAPA 122-V2000) aos 21, 28, 35 e 42 dias quando cultivado em substratos; (B) aos 35 e 42 DAS quando irrigado com efluente doméstico com diferentes tempos de renovação/substituição da solução percolada; (C) e aos 35 DAS, desdobramento do fator substrato dentro do fator tempo de renovação do efluente doméstico.

De acordo com os resultados da Tabela 4, os fatores tempo de renovação do ED e os substratos de cultivo influenciaram significativamente o DH das plantas em todas as épocas de avaliação.

Tabela 4. Resumo da ANOVA para o diâmetro da haste do girassol (cv. EMBRAPA 122-V2000) aos 21, 28, 35 e 42 DAS, cultivado em diferentes substratos de cultivo e irrigado com efluente doméstico com variação no intervalo de tempo de renovação/substituição da solução percolada.

Causa de variação	GL	Quadrado Médio <sup>1</sup>			
		21 DAS	28 DAS	35 DAS	42 DAS
Tempo de renovação do ED (T)	3	2,0068**	2,4041**	5,2683**	16,5709**
Reg. Linear	1	-	3,9723*	15,3183**	45,9651**
Reg. Quadrática	1	3,0917*	-	-	-
Substrato (S)	2	61,1394**	244,5871**	425,651**	511,4698**
Interação T x S	6	0,8418 <sup>ns</sup>	0,6181 <sup>ns</sup>	0,7369 <sup>ns</sup>	1,3333 <sup>ns</sup>
Resíduo	24	0,6530	0,5008	0,6061	1,0234
CV	(%)	7,89	4,08	4,28	4,71

\*, \*\* significativo a 0,05 e 0,01 de probabilidade, respectivamente, e <sup>ns</sup> não significativo, pelo teste F. GL: Grau de liberdade e CV: coeficiente de variação. <sup>1</sup>Valores transformados pela equação  $(X + 0,5)^{0,5}$ .

Segundo Curti (2010) é desejável que o diâmetro da haste seja resistente para possibilitar a sustentação da inflorescência do girassol, que geralmente tem maior massa em relação as outras espécies de flor de corte, como a rosa, a gérbera, entre outras. Neste contexto, notou-se que aos 21 DAS as plantas cultivadas sob renovação/substituição do ED a cada dois dias produziram um DC 6,27% mais espesso que as plantas sob renovação diária; verificou-se também um decréscimo de 4,81% no DH quando se compara os valores das plantas cultivadas sob renovação/substituição do ED a cada dois dias com as plantas sob renovação/substituição da solução percolada a cada três dias; e de 16,69% destas em relação as plantas irrigadas sob manejo de renovação do ED a cada quatro dias. Quanto ao fator substrato, observou-se que as plantas cultivadas em fibra de coco produziram hastes cerca de 4 mm mais espessas que as cultivadas em bagaço de cana de açúcar (Figura 3).

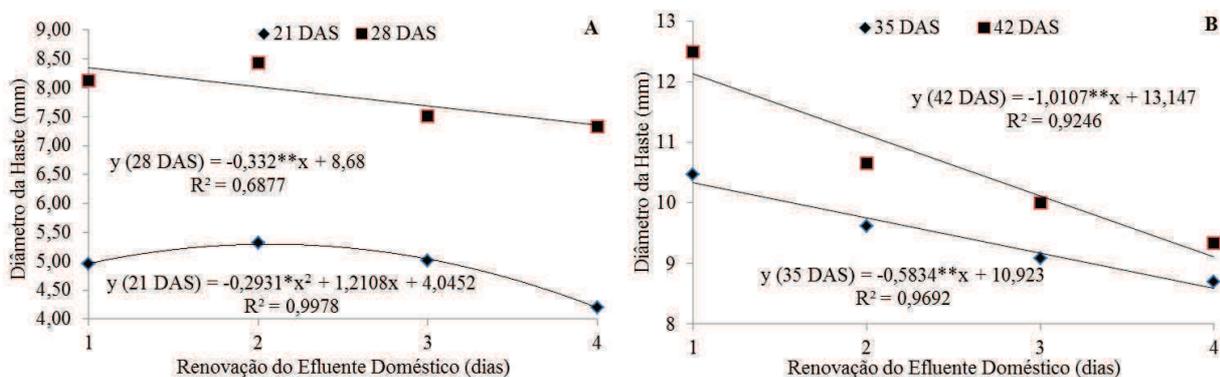
Aos 28 DAS houve efeito linear do DH das plantas em função do manejo da irrigação com ED, sendo estimado com base na equação de regressão, um decréscimo de 4% por incremento unitário do tempo de renovação do ED. Notou-se ainda uma diferença de 12% na espessura média da haste das plantas sob renovação diária do ED em relação as sob renovação a cada 4 dias (Figura 3A). Ainda aos 28 DAS, observou-se

que as plantas cultivadas em fibra de coco e areia obtiveram hastes 4 vezes mais espessas que a haste das plantas cultivadas em bagaço de cana de açúcar.

Aos 35 DAS observou-se um decréscimo de 5,65% por incremento unitário do tempo de renovação/substituição do ED no DH das plantas, com disparidade de 16,93% entre a espessura da haste das plantas irrigadas sob renovação diária do ED em relação as plantas sob renovação a cada 4 dias (Figura 3B). Os diferentes substratos de cultivo ocasionaram, nesta época de cultivo, diferenças significativas ( $p > 0,05$ ) entre bagaço de cana de açúcar em relação a fibra de coco e areia; observaram-se hastes com espessura média de 14 mm nas plantas cultivadas na fibra de coco, 11 mm nas cultivadas em areia e 2,7 mm nas cultivadas em bagaço de cana de açúcar.

Ainda em relação ao DH, notou-se um decréscimo de 8,33% por incremento unitário do tempo de renovação/substituição do ED aos 42 DAS; nesta época de avaliação as plantas irrigadas com ED renovado diariamente produziram hastes 1,33 vezes mais espessas que as sob renovação a cada 4 dias (Figura 3B). O valor médio do DH para as plantas sob manejo de renovação/substituição do ED a cada quatro dias foi da ordem de 9,5 mm, valores estes inferiores aos observadas por Biscaro et al. (2008) e por Maciel et al. (2012) nesta fase do crescimento da planta. No entanto, os valores obtidos no presente experimento, independente do tratamento, estão dentro do intervalo dos limites de 5 a 15 mm, indicados como padrão de qualidade por Grieve & Poss (2010).

A espessura da haste das plantas cultivadas nos diferentes substratos testados diferiram significativamente ( $p > 0,05$ ) entre si aos 42 DAS; quando cultivadas em fibra de coco, média de 15 mm, as hastes foram 16,47% mais espessas que a das plantas cultivadas na areia e 4,8 vezes mais espessas que o das plantas cultivadas no bagaço de cana (Figura 3C).



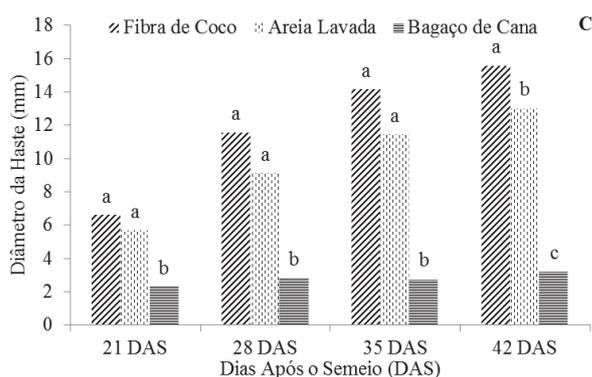


Figura 3. Diâmetro da haste de girassol (cv. EMBRAPA 122-V2000) aos (A) 21, 28, (B) 35 e 42 DAS quando irrigado com diferentes tempos de renovação/substituição da solução percolada e (C) substratos de cultivo.

O manejo do ED e os diferentes substratos influenciaram significativamente o NF das plantas em todas as épocas de avaliação (Tabela 5). Aos 21 DAS observou-se que as plantas sob renovação/substituição diária do ED produziram 20,3% mais folhas que as plantas sob renovação do ED a cada 4 dias, sendo notado um decréscimo de 6,7% no NF por incremento unitário do tempo de renovação (Figura 4A); quando cultivadas em fibra de coco as plantas produziram, em média, 2 folhas a mais que em areia e 6 folhas a mais que em bagaço de cana de açúcar.

Aos 28 DAS o decréscimo no crescimento do NF por incremento unitário do tempo de renovação/substituição do ED foi de 5,23%; observou-se também, que as plantas irrigadas sob renovação diária do ED obtiveram 1,18 vezes mais folhas que as plantas sob renovação/substituição do ED a cada 4 dias (Figura 4B) e que quando cultivadas em fibra de coco produziram um NF significativamente maior que o observado nas plantas cultivadas nos demais substratos testados.

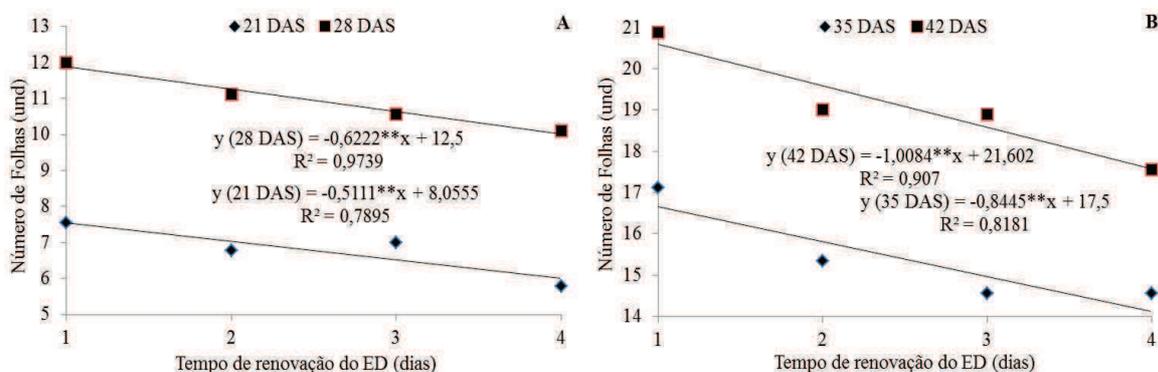
Tabela 5. Resumo da ANOVA para o número de folhas do girassol (cv. EMBRAPA 122-V2000) aos 21, 28, 35 e 42 DAS, cultivado em diferentes substratos de cultivo e irrigado com efluente doméstico com variação no intervalo de tempo de renovação/substituição da solução percolada.

Causa de variação	GL	Quadrado Médio <sup>1</sup>			
		21 DAS	28 DAS	35 DAS	42 DAS
Tempo de renovação do ED (T)	3	4,9629**	5,9629*	13,0740*	12,5462*
Reg. Linear	1	11,7555**	17,4222**	21,3555*	34,6722*
Substrato (S)	2	132,027**	440,4444**	1005,861**	1342,361**
Interação T x S	6	2,1018 <sup>ns</sup>	0,8518 <sup>ns</sup>	2,1574 <sup>ns</sup>	5,3240 <sup>ns</sup>
Resíduo	24	1,2777	1,0833	3,3611	4,5277
CV	(%)	8,99	4,44	5,90	6,17

\*, \*\* significativo a 0,05 e 0,01 de probabilidade, respectivamente, e <sup>ns</sup> não significativo, pelo teste F. GL: Grau de liberdade e CV: coeficiente de variação. <sup>1</sup>Valores transformados pela equação  $(X + 0,5)^{0,5}$ .

A redução no NF por incremento unitário do tempo de renovação do ED aos 35 DAS foi de 5%; em relação aos diferentes substratos o efeito foi significativo ( $p > 0,05$ ) e a variação média foi de 5 e 17 folhas a mais para as plantas cultivadas em fibra de coco em relação a areia e o bagaço de cana de açúcar, respectivamente (Figura 4C).

Aos 42 DAS observou-se um decréscimo de 4,91% por incremento unitário do tempo de renovação do ED no NF. Em relação aos diferentes substratos verificou-se efeito significativo ( $p > 0,05$ ) e uma diferença média de 9 e 20 folhas a mais nas plantas cultivadas em fibra de coco quando comparado com o NF das plantas cultivadas em areia e bagaço de cana de açúcar, respectivamente. De acordo com Maciel et al. (2012), o principal objetivo do cultivo do girassol ornamental é a venda de sua haste floral como flor de corte, de modo que os principais arranjos e buquês descartam as folhas por ocasião da colheita da flor.



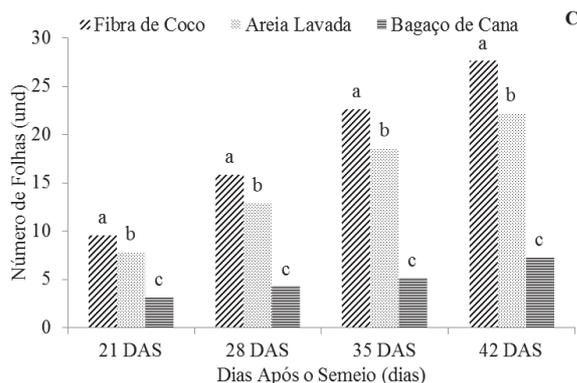


Figura 4. Número de folhas aos (A) 21, 28, (B) 35 e 42 DAS do girassol (cv. EMBRAPA 122-V2000) irrigado com efluente doméstico sob diferentes tempos de renovação/substituição da solução percolada e (C) substratos de cultivo.

Todos os tratamentos testados ocasionaram efeito significativo na AF das plantas de girassol em todas as épocas de avaliação (Tabela 6).

Tabela 6. Resumo da ANOVA para o área foliar do girassol (cv. EMBRAPA 122-V2000) aos 21, 28, 35 e 42 DAS, cultivado em diferentes substratos de cultivo e irrigado com efluente doméstico com variação no intervalo de tempo de renovação/substituição da solução percolada.

Causa de variação	GL	Quadrado Médio <sup>1</sup>			
		21 DAS	28 DAS	35 DAS	42 DAS
Tempo de renovação do ED (T)	3	26940,56**	161586,95**	1860070,9**	8487865,5**
Reg. Linear	1	53043,97**	415662,29**	4577949,9**	23401505,01**
Substrato (S)	2	545040,21**	4966361,68**	23725865,9**	62978406,7**
Interação T x S	6	19290,21**	45193,955 <sup>ns</sup>	516208,130**	2289627,8**
Resíduo	24	4958,83	18384,441	64472,265	224396,106
CV	(%)	19,07	9,01	8,36	9,09

\*, \*\* significativo a 0,05 e 0,01 de probabilidade, respectivamente, e <sup>ns</sup> não significativo, pelo teste F. GL: Grau de liberdade e CV: coeficiente de variação. <sup>1</sup>Valores transformados pela equação  $(X + 0,5)^{0,5}$ .

Aos 21 DAS observou-se que o manejo do ED provocou decréscimo linear de 11,52% por incremento unitário do tempo de renovação/substituição do ED na AF; as plantas cultivadas em fibra de coco apresentaram uma AF média cerca de 1,61 vezes maior que a das plantas cultivadas na areia e 22 vezes maior que a das plantas cultivadas em bagaço de cana de açúcar. A interação entre os fatores estudados também influenciou significativamente o comportamento da AF nesta época de cultivo; no desdobramento da interação observou-se significância ( $p > 0,05$ ) do fator substrato

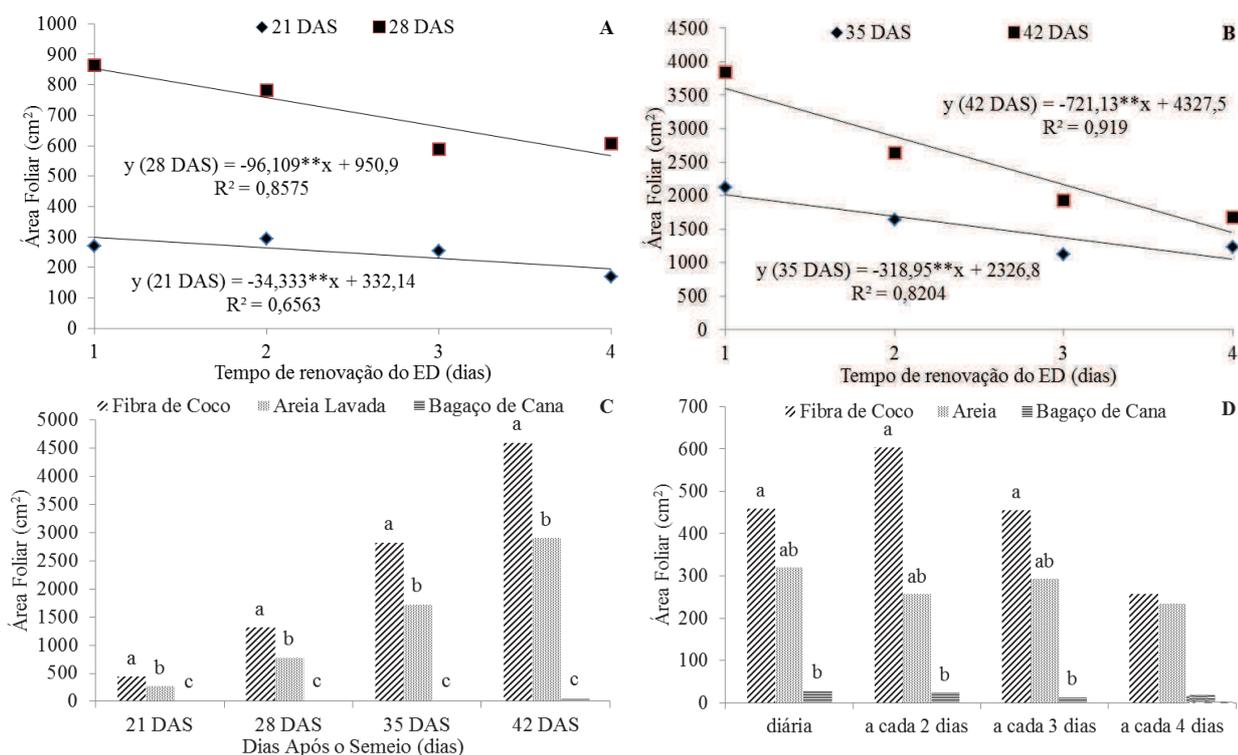
dentro do fator renovação/substituição do ED. As plantas cultivadas em fibra de coco, irrigadas com ED renovado a cada 2 dias apresentaram área foliar média de 603,3 cm<sup>2</sup>, ou seja, um acréscimo de 24% em relação a AF das plantas irrigadas com renovação do ED diária e a cada 3 dias, no mesmo substrato; as plantas cultivadas em areia apresentaram AF média de 300 cm<sup>2</sup>, e as cultivadas em bagaço de cana de açúcar, média de 21 cm<sup>2</sup>, para o manejo da irrigação com renovação diária, a cada 2 e 3 dias do ED, respectivamente (Figura 5A, 5C e 5D).

Aos 28 DAS notou-se decréscimo linear da AF por incremento unitário do tempo de renovação/substituição do ED na ordem de 11,24%; observou-se também que quando a renovação do ED é diária, a AF das plantas é até 33,7% maior em relação às plantas irrigadas com ED renovado a cada 4 dias. A AF das plantas cultivadas nos diferentes substratos testados diferiu significativamente ( $p < 0,05$ ) entre si; já quando cultivada em fibra de coco produziram uma AF média de 1.317 cm<sup>2</sup>, valor 40% maior que observado nas plantas cultivadas em areia e 36,68 vezes maior que a AF das plantas cultivadas em bagaço de cana de açúcar (Figura 5A e 5C).

Aos 35 DAS observou-se um incremento de até 60% quando se compara a AF das plantas irrigadas com renovação diária do ED e a cada 4 dias; verificou-se também que com o incremento unitário do tempo de renovação/substituição do ED, a AF das plantas decresceu linearmente na ordem de 15% (Figura 5B). Os diferentes substratos proporcionaram a ocorrência de diferenças significativas na AF das plantas; as plantas cultivadas em fibra de coco apresentaram AF média de 2.826 cm<sup>2</sup>; as plantas cultivadas em areia de 1.726 cm<sup>2</sup> e em bagaço de cana de açúcar de 35 cm<sup>2</sup>, ou seja, uma diferença de até 38,9% quando se compara com os resultados observados em fibra de coco em relação a areia e 98% em relação às plantas cultivadas em bagaço de cana de açúcar (Figura 5C). A interação entre os fatores também ocasionou efeito significativo na AF das plantas; no desdobramento da interação, verificou-se significância para o fator substrato dentro do fator renovação do ED, sendo factível ressaltar que as plantas sob renovação diária do ED quando cultivadas em fibra de coco produzem cerca de 98% mais AF que as cultivadas em bagaço de cana de açúcar e, quando irrigadas com ED sob renovação a cada 2 dias, as plantas cultivadas em fibra de coco produzem uma AF cerca de 99% maior que as plantas cultivadas em bagaço de cana de açúcar (Figura 5B, 5C e 5E).

Aos 42 DAS observou-se um decaimento de 20% na AF das plantas por incremento unitário do tempo de renovação/substituição do ED, com média de 3.848 cm<sup>2</sup> observada nas plantas sob renovação diária do ED. Nobre et al. (2011) estudando o crescimento do girassol (cv. EMBRAPA 122-V2000) sob estresse salino e adubação nitrogenada, verificaram aos 50 DAS, para as plantas irrigadas com água de 0,5 dS m<sup>-1</sup>, índices de AF da ordem de 2600 cm<sup>2</sup>, ou seja, valores inferiores aos encontrados no presente trabalho para as plantas sob renovação/substituição diária do ED, entretanto 34,6% superior aos das plantas irrigadas com renovação do ED a cada quatro dias (1700 cm<sup>2</sup>), nesta mesma época de avaliação. Em relação aos diferentes substratos, observou-se que as plantas cultivadas em fibra de coco obtiveram uma AF (média de 4.601 cm<sup>2</sup>) cerca de 36,86% maior em relação as plantas cultivadas em areia e 68,36 vezes maior quando se compara com as plantas cultivadas em bagaço de cana de açúcar (Figura 5B e 5C).

A interação entre os fatores também ocasionou efeito significativo na AF das plantas aos 42 DAS. No desdobramento do fator substrato dentro do fator renovação do ED, observou-se que as plantas cultivadas em fibra de coco e irrigadas com renovação diária do ED produziram uma AF média de 6.902 cm<sup>2</sup>; nesta mesma data, as plantas sob renovação a cada 2 dias e cultivadas em fibra de coco produziram uma AF média de 4.821 cm<sup>2</sup>. Em relação às plantas cultivadas na areia, a diferença foi de até 34,5% quando comparado com a AF das plantas cultivadas em fibra de coco e irrigadas sob renovação diária do ED (Figura 5F).



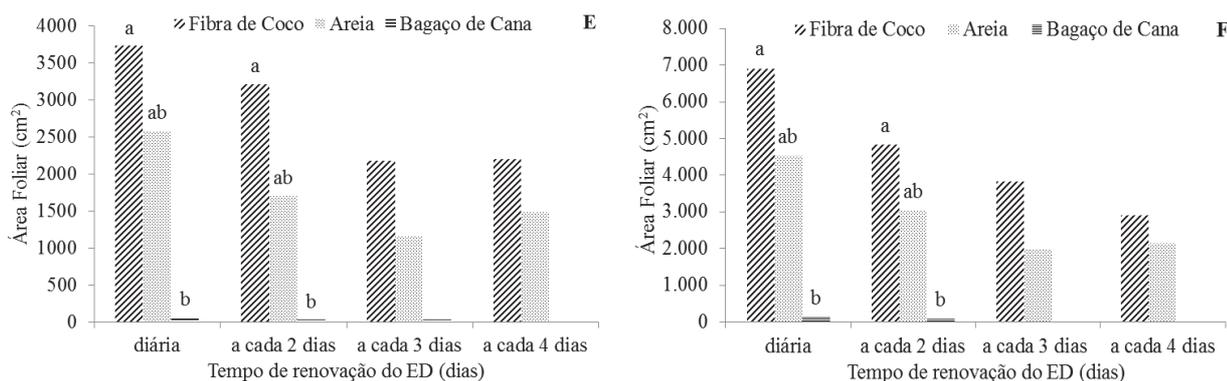


Figura 5. Área foliar aos (A) 21, 28, (B) 35 e aos 42 DAS do girassol (cv. EMBRAPA 122-V2000) cultivado em substratos e irrigado com efluente doméstico sob diferentes tempos de renovação/substituição da solução percolada e (C) substratos de cultivo. Desdobramento do fator substrato dentro do fator tempo de renovação/substituição da solução percolada aos (D) 21, (E) 35 e (F) 42 DAS.

Notou-se que as plantas irrigadas com efluente doméstico com renovação/substituição da solução percolada a cada dois dias apresentaram maiores valores de comprimento do caule, diâmetro do caule, número de folhas e área foliar até aos 28 dias após o semeio (DAS); a partir desta data os melhores resultados foram verificados nas plantas irrigadas com efluente doméstico com renovação/substituição diária da solução percolada e cultivada em fibra de coco.

### CONCLUSÕES

1. O tempo de renovação afetou negativamente o desempenho das variáveis monitoradas, contudo a qualidades das flores mantiveram-se dentro dos padrões comerciais;
2. A fibra de coco apresentou-se como a melhor opção de substrato, seguida da areia, não sendo recomendado o uso do bagaço de cana de açúcar.
3. Quando a opção for à produção de flores, a irrigação pode ser feita com efluente doméstico renovado a cada 4 dias, desde que seja utilizado fibra de coco ou areia como substrato.

**REFERÊNCIAS**

ALVES, W. W. A.; DANTAS NETO, J.; LIMA, V. L. A. de. Área foliar do algodoeiro irrigado com água residuária adubado com nitrogênio e fósforo. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v.4, n.1, p.41-46, 2009.

ANDRADE, L. O. DE; GHEYI, H. R.; NOBRE, R. G.; DIAS, N. DA S.; NASCIMENTO, E. C. S. Qualidade de flores de girassóis ornamentais irrigados com águas residuária e de abastecimento. *IDESIA*, v. 30, n. 2, p. 19-27, 2012.

BISCARO G. A.; MACHADO, J. R.; TOSTA, M. DA S.; MENDONÇA, V.; SORATTO, R. P.; CARVALHO, L. A. de. Adubação nitrogenada em cobertura no girassol irrigado nas condições de Cassilândia-MS, *Revista Ciência e Agrotecnologia*, v.32, n.5, p.1366-1373, 2008.

CURTI, G. L. Caracterização de cultivares de girassol ornamental semeados em diferentes épocas no Oeste Catarinense. Pato Branco: Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 2010. 76p. Dissertação Mestrado

FERREIRA, D.F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. *Revista Symposium*, v.6, n.1, p.36-41, 2008.

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

GRIEVE, C. M; POSS, J. A. Response of ornamental sunflower cultivars 'Sunbeam' and 'Moonbright' to irrigation with saline wastewaters. *Journal of Plant Nutrition*, v.33, p.1579-1592, 2010.

MACIEL, M. P.; SOARES, T. M.; GHEYI, H. R.; REZENDE, E. P. L.; OLIVEIRA, G. X. S. Produção de girassol ornamental com uso de águas salobras em sistema

hidropônico NFT. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.16, n. 2, p.165-172, 2012.

MALDANER, I. C.; HELDWEIN, A. B.; LOOSE, L.H.; LUCAS, D. D. P.; GUSE, F.I.; BORTOLUZZI, M.P. Métodos de determinação não-destrutiva da área foliar em girassol, *Ciência Rural*, v.39, n.5, p.1356-1361, 2009.

MEDEIROS, S. S.; CAVALCANTE, A. DE M.B.; PEREZ MARIN, A.M.; TINOCO, L. B. DE M.; SALCEDO, I. H.; PINTO, T. F. Sinopse do censo demográfico para o semiárido brasileiro. Campina Grande: INSA, 2012, 103p.

NEVES, M. B.; ANDRÉO, Y. DE S.; WATANABE, A. A.; FAZIO, J. L. DE; BOARO, C. S. F. Uso de daminozide na produção de girassol ornamental cultivados em vaso. *Revista Eletrônica de Agronomia*, v.16, n.2, p.31-37, 2009.

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

NOBRE, R. G.; GHEYI, H.R.; ANDRADE, L. O.; SOARES, F. A. L.; NASCIMENTO, E.C.S. Crescimento do girassol irrigado com água residuária e adubação orgânica. *Revista DAE, Campinas*, v.3, n.4, p.50-60, 2009.

NOBRE, R. G.; GHEYI, H. R.; SOARES, F. A. L.; CARDOSO, J. A. F. Produção de girassol sob estresse salino e adubação nitrogenada. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.35, n.1, p.929-937, 2011.

REBOUÇAS, J. R. L.; DIAS, N. S.; GONZAGA, M. I. S.; GHEYI, H.R.; SOUSA NETO, O. N. Crescimento do feijão-caupi irrigado com água residuária de esgoto doméstico tratado. *Revista Caatinga*, v. 23, n. 1, p. 97-102, 2010.

SANTOS JÚNIOR, J. A.; GHEYI, H. R.; DIAS, N. DA S.; SOARES, F. A. L.; NOBRE, R. G.; Doses de boro e água residuária na produção de girassol. *Revista Ciência Agronômica*, v.42, n.4, p.857-864, 2011.

UNESCO - United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, 2003.  
Facts and figures, water and health. International year of freshwater.

# Capitulo III

---

## *Subitem III.5*

**Substratos e frequências de irrigação com efluente doméstico na  
produção e pós-colheita de girassol ornamental**

*Substrates and frequencies of irrigation using domestic effluent in  
production of ornamental sunflowers*

**Substratos e frequências de irrigação com efluente doméstico na  
produção e pós-colheita de girassol ornamental**

**Resumo:** A produção de flores em sistema semi-hidropônico é uma alternativa rentável para geração de renda em comunidades de agricultores familiares do semiárido brasileiro, isto por que este sistema de cultivo equaciona aspectos ligados ao clima, à água e ao solo desta região, favorecendo a produção das culturas. Neste trabalho estudou-se a utilização do efluente doméstico como fonte de água e nutrientes renovado/substituído em quatro intervalos de tempo (diariamente, a cada dois, três e quatro dias) e três substratos de cultivo (fibra de coco, areia e bagaço de cana de açúcar) na produção e pós-colheita de flores de girassol; estes tratamentos foram distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado, analisado em esquema fatorial 4 x 3, com três repetições, totalizando 36 unidades experimentais. Verificou-se que as plantas sob renovação do efluente doméstico a cada quatro dias apresentaram características compatíveis com o padrão comercial para flores de girassol, desde que cultivadas em fibra de coco ou areia.

**Palavras-chave:** Águas residuárias. Hidroponia. Semiárido brasileiro. Produção de flores.

**Substrates and frequencies of irrigation using domestic effluent in  
production of ornamental sunflowers**

**Abstract:** The flower production in semi-hydroponic system is an alternative profitable for income generation in communities of family farmers in the Brazilian semiarid region, why this cultivation system equates aspects of climate, water and soil of this region, favoring the production of cultures. In this paper studied to the use of domestic effluent as source of water and nutrient renewed/replaced in four time intervals (daily, every two, three and four days) and three cultivation substrates (coconut fiber, sand and sugar cane bagasse) in the production and post-harvest of flowers of sunflowers; these treatments were distributed in a completely randomized design, analyzed in 4 x 3 factorial with three replications, totaling 36 experimental units. It was found that, under renewal of domestic effluent every four days, the flowers showed characteristics

compatible with standard commercial of flowers of sunflowers since grown on coconut fiber or sand.

**Keywords:** Wastewater. Hydroponics. Brazilian semiarid. Production of flowers.

## **INTRODUÇÃO**

O crescimento do mercado de flores indica que o setor vem ganhando destaque no cenário brasileiro nos últimos anos, de modo que a floricultura já se caracteriza como um dos mais promissores segmentos da horticultura intensiva no campo dos agronegócios nacionais (Machado Neto et al., 2013).

Entretanto, o principal entrave para a expansão da produção de flores no semiárido brasileiro é a reduzida disponibilidade hídrica para a irrigação das plantas devido a longos períodos de estiagem que ocasionam a desperenização dos rios e riachos endógenos. (Santos Júnior et al., 2013). Assim, o aproveitamento do efluente doméstico torna-se imprescindível, pois aumenta consideravelmente a disponibilidade hídrica para fins agrícolas, ampliando os horizontes de produção e, além disto, reduz os custos na aquisição de fertilizantes (Souza et al., 2010).

Em condições de semiaridez, o nível de eficiência no uso dos recursos naturais apresentado pelo sistema de cultivo adotado pode determinar o sucesso ou fracasso do empreendimento. A hidroponia é uma técnica de cultivo que além de utilizar pouco espaço e não depender da qualidade dos solos permite a utilização do efluente doméstico como solução nutritiva com elevado índice de eficiência do uso da água e nutrientes, além de reduzir os riscos de contaminação, já que não existe o contato direto do homem com o efluente (Santos Júnior et al., 2013). A associação desta tecnologia de cultivo à floricultura é uma alternativa de negócio rentável para regiões semiáridas uma vez que equaciona todos os aspectos técnicos necessários para uma atividade agrícola sustentável e lucrativa na região.

O girassol especialmente, além dos atributos naturais de beleza e rusticidade, que lhe colocam entre as flores tropicais mais valorizadas do mercado, tem seu comportamento pouco influenciado por questões edafoclimática, apresentando tolerância moderada à seca e à salinidade (Nobre et al., 2010).

Deste modo, estudou-se a viabilidade do aproveitamento do efluente doméstico como solução nutritiva, sua frequência adequada de renovação/substituição, e os seus efeitos sobre os parâmetros de produção de pós-colheita de flores de girassol cultivadas em diferentes substratos de cultivo.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O trabalho foi conduzido entre 10 de dezembro de 2011 e 28 de janeiro de 2012, em casa de vegetação, situada no Campus I da UFCG, Campina Grande-PB (7°12'52" de latitude Sul, 35°54'24" de longitude Oeste com altitude media de 550 m).

Testou-se a utilização do efluente doméstico como solução nutritiva em quatro intervalos de tempo de renovação/substituição (diariamente, a cada dois, três e quatro dias) e três substratos de cultivo (fibra de coco, areia e bagaço de cana de açúcar) e os seus efeitos sobre a produção e pós-colheita de flores de girassol. Estes tratamentos foram distribuídos em um delineamento experimental inteiramente casualizado, analisado em esquema fatorial 4 x 3 com três repetições, totalizando 36 unidades experimentais.

Cada parcela experimental foi composta por um vaso com capacidade volumétrica equivalente a 6 L, preenchidos com 0,5 kg de brita na parte inferior, uma tela de nylon como envelope separando a brita e 1 kg de substrato. Os vasos foram preparados com quatro furos na base e colocados em uma bacia em que se adaptou uma mangueira de drenagem ligada a uma garrafa PET de 2 L para coleta da solução drenada; o escoamento da solução deu-se através dos espaços existentes na interface entre o vaso e a bacia, favorecendo a permanência de solução dentro do vaso por mais tempo e proporcionando um maior tempo de absorção para as plantas a cada evento de irrigação, até que toda solução drenasse. Isto evitava que, sob a ação da gravidade, a solução escoasse rapidamente, sem umedecer todo substrato, comprometendo a necessidade hídrica e nutricional das plantas.

Semearam-se nove sementes por vaso da cultivar de girassol EMBRAPA 122-V2000, as quais foram distribuídas em formato octogonal e mais uma no centro, de modo que permitisse uma maior uniformidade na distância entre plântulas. Aos 20 dias após a semeadura (DAS) realizou-se o desbaste deixando-se apenas uma planta por vaso.

No manejo da irrigação, adicionou-se um volume inicial de 2 litros de efluente doméstico em cada vaso. Às 8 h o volume percolado e coletado na garrafa PET era mensurado e reaplicado; as 12 e 16 h o percolado era apenas reaplicado nos vasos. Com o aumento do consumo hídrico, após os 36 DAS, o volume inicial utilizado foi de 3 litros, de modo que não houve diferença na disponibilidade de água entre as plantas dos diferentes tratamentos.

O ponto de coleta do efluente doméstico utilizado na pesquisa localiza-se em um riacho dentro da área experimental da UFCG; suas águas são receptoras do esgoto doméstico do Bairro Monte Santo, imediatamente a montante da área. Visando evitar a sazonalidade da concentração de nutrientes, o efluente doméstico foi coletado apenas uma vez, antes do período das chuvas no ano hidrológico de 2011; então, com auxílio de pano de algodão foi filtrado e armazenado em quantidade suficiente para toda pesquisa, cerca de 2000 L. As características físico-químicas do efluente doméstico foram determinadas segundo metodologia recomendada pela America Public Health Association (APHA, 1991) e estão descritas na Tabela 1.

Tabela 1. Caracterização físico-química* do efluente doméstico filtrado utilizado	
Parâmetros	Resultados
CE a 25 °C (dS m <sup>-1</sup> )	1,44
pH	7,2
Turbidez (uT)	22,3
Cor, Unidade de Hazen (mgPt-Co L <sup>-1</sup> )	>250
Dureza em Ca <sup>++</sup> (mg L <sup>-1</sup> )	47,8
Dureza em Mg <sup>++</sup> (mg L <sup>-1</sup> )	28,3
Dureza total (CaCO <sub>3</sub> ) (mg L <sup>-1</sup> )	237,5
Na <sup>+</sup> (mg L <sup>-1</sup> )	186,0
K <sup>+</sup> (mg L <sup>-1</sup> )	31,1
Al <sup>3+</sup> (mg L <sup>-1</sup> )	0,0
Ferro total (mg L <sup>-1</sup> )	0,18
Alcalinidade em bicarbonatos (CaCO <sub>3</sub> ) (mg L <sup>-1</sup> ),	367,6
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> (mg L <sup>-1</sup> )	40,4
Fósforo total (mg L <sup>-1</sup> )	9,0
Cl <sup>-</sup> (mg L <sup>-1</sup> )	305,3
N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg L <sup>-1</sup> )	0,04
N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg L <sup>-1</sup> )	0,0
N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg L <sup>-1</sup> )	49,9
SiO <sub>2</sub> (mg L <sup>-1</sup> )	20,0
ILS (Índice de Saturação de Langelier)	-0,18
Total de sólidos dissolvidos secos a 180° C (mg L <sup>-1</sup> )	1.157,6

\*Metodologia utilizada APHA (1991)

As variáveis foram analisadas por ocasião da colheita, pós-colheita e descarte das flores, a saber: o início do florescimento (IF) - número de dias do semeio até as plantas atingirem o estágio fenológico R<sub>4</sub> (Connor *et al.* 1997), ou seja, começo da abertura da inflorescência.

Imediatamente após a colheita mensurou-se o comprimento da haste (CH) - do colo da planta a gema apical; o diâmetro da haste (DH) - a cinco centímetros acima do colo da planta; o número de folhas (NF) - superiores a três centímetros e foto sinteticamente ativas; a área foliar (AF) - calculada com auxílio da fórmula proposta por Maldaner *et al.* (2009), em que  $AF = \sum 0,1328 C^{2,5569}$ , em que C é o comprimento da nervura central das folhas; e a fitomassa fresca da flor - parte aérea sem folhas - (FFC).

O período de pós-colheita ocorreu em uma sala climatizada com temperatura fixa de  $\pm 20$  °C; após a pesagem da flor, todas as folhas foram retiradas e o caule com flor foi acondicionado em uma bancada em posição vertical sendo os 2 cm da porção inferior do caule imerso em uma solução de sacarose (2%).

Quando as flores atingiram o estágio R<sub>5</sub> (inflorescência completamente aberta) mensurou-se o diâmetro externo do capítulo (DCE) e o diâmetro interno do capítulo (DCi), através da média aritmética das medidas no sentido horizontal e vertical; também nesta data contou-se o número de pétalas (NP).

A fase do descarte teve início a medida que iniciou-se a queda das pétalas; mensurou-se então a fitomassa da flor no momento do descarte (FFD) e então, calculou-se a perda de água da flor da colheita ao descarte (PAF) - calculada através da equação  $(FFD \cdot 100) / FFC$ ; e a duração da pós-colheita (DPC) - número de dias da colheita até o início do caimento das pétalas.

Os resultados do experimento foram submetidos à análise de variância, comparando-se por meio de análise de regressão o tempo de renovação do efluente doméstico (fatores quantitativos) e por meio de comparação de médias (teste Tukey) os diferentes substratos (fatores qualitativos) ao nível de 0,05 de probabilidade (Ferreira, 2008).

**RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Com base nos resultados da análise de variância (Tabela 2), observa-se que as variáveis IF, DCe, DCi, CH e DH foram influenciadas significativamente ( $p < 0,01$ ) pelo tempo de renovação do efluente doméstico (ED) utilizado como solução nutritiva.

Segundo informações da EMBRAPA (2006) esta variedade é indicada para as regiões sul e central do Brasil, onde o início do florescimento ocorre aos 53 DAS; nas condições em que foi desenvolvida esta pesquisa, as flores sob renovação diária do ED atingiram o ponto médio de colheita aos 45 DAS, ou seja, cerca de 15% (8 dias) mais precoce em relação a citação da EMBRAPA (2006) e 10% (5 dias) mais precoce em relação aos valores observados por Andrade *et al.* (2012), que estudando a qualidade de flores de girassóis irrigados com águas residuária observaram um IF médio de 50,17 dias.

Tabela 2. Resumo da ANOVA para início do florescimento (IF), número de pétalas (NP), diâmetro externo do capítulo (DCe), diâmetro interno do capítulo (DCi), comprimento da haste (CH) e diâmetro da haste (DH) de plantas de girassol, cultivadas em sistema semi-hidropônico utilizando efluente doméstico como solução nutritiva renovado em diferentes frequências e substratos de cultivo

CAUSA DE VARIAÇÃO	GL	Quadrado Médio <sup>1</sup>					
		IF	NP	DCe	DCi	CH	DH
Tempo de renovação do ED (T)	3	155,296**	62,3333 <sup>ns</sup>	25,4994**	2,444**	2183,74**	27,444**
Reg. Linear	1	314,688**	-	-	-	6432,088**	80,000**
Reg. Quadrática	1	128,444**	-	15,3402**	1,4400**	-	-
Substrato (S)	2	289,000**	1521,861**	233,100**	45,639**	46331,19**	433,861**
Interação T x S	6	98,629**	17,3055 <sup>ns</sup>	3,2015 <sup>ns</sup>	0,1127 <sup>ns</sup>	581,268 <sup>ns</sup>	3,750 <sup>ns</sup>
Resíduo	24	2,055	22,3888	2,9690	0,3981	446,611	3,666
CV	(%)	1,44	9,02	7,11	6,95	11,51	10,09

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

No desdobramento da interação entre o fator tempo de renovação do ED dentro do fator substrato nota-se que o IF das plantas cultivadas em fibra de coco e areia não sofrem efeito significativo em função do intervalo de tempo de renovação/substituição do ED; as plantas cultivadas em bagaço de cana de açúcar apresentaram acréscimo de 13% por incremento unitário do tempo de renovação/substituição do ED com florescimento tardio em até 20 dias em relação aos outros substratos testados (Figura

1A). Na análise do desdobramento do fator substrato dentro do fator tempo de renovação do ED notou-se que o IF das plantas cultivadas em fibra de coco e areia quando sob ED renovado a cada 3 e 4 dias ocorre, em média, aos 50 DAS; as plantas cultivadas em bagaço de cana apresentaram ponto de corte aos 62 DAS, em média, para os referidos tempos de renovação do ED (Figura 1B).

O DCe das flores sob renovação do ED a cada 2, 3 e 4 dias, diminuiu 17,3; 24,2 e 20,6%, respectivamente, em relação as plantas sob renovação diária do ED (Figura 1C). Souza et al. (2010) estudando o cultivo de flores de girassol irrigado com efluente doméstico e com adubação orgânica obtiveram DCe médios de 12 cm, ou seja, semelhantes aos verificados nas plantas sob renovação diária do ED. O fator substrato também propiciou disparidade significativa entre o DCe das flores; observou-se que as flores cultivadas em fibra de coco e areia apresentaram médias de 13 cm, resultado médio 2,6 vezes maior que o observado nas flores cultivadas em bagaço de cana de açúcar (Figura 1D).

Notou-se uma redução de até 23,3% no DCi das plantas sob renovação do ED a cada 4 dias em relação às plantas sob renovação diária, que apresentaram um DCi médio de 4,36 cm (Figura 1E). Estes resultados são inferiores aos observados por Nobre et al. (2010) que estudando a produção do girassol sob diferentes lâminas com efluentes domésticos e adubação orgânica, verificaram valores médios de DCi entre 6 e 8,5 cm. Em relação ao fator substrato, nas flores obtidas em fibra de coco e areia observaram-se médias de 5 cm, enquanto que nas plantas cultivadas em bagaço de cana de açúcar a média do DCi foi de 1,8 cm (Figura 1F).

Embora não tenha havido influência da variação do tempo de renovação/substituição do ED, o fator substrato proporcionou a ocorrência de diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) no NP das flores; observou-se que as plantas cultivadas em fibra de coco e areia não diferiram entre si, média de 32 e 29 pétalas, respectivamente; entretanto quando cultivadas em bagaço de cana de açúcar produziram, em média, 18,5 pétalas a menos ( $p < 0,05$ ) que os demais substratos (Figura 1G).

As flores irrigadas com ED renovado diariamente apresentaram um CH médio de 134 cm, sendo estimado com base na equação de regressão (Figura 2A), um decréscimo de 9% por incremento unitário do tempo de renovação do ED. De acordo com Andrade et al. (2012) o maior crescimento em CH das plantas quando irrigadas com água residuária pode está associado, principalmente, ao efeito positivo do nitrogênio presente

na água, além da presença de fósforo e potássio, que contribuem para o bom desenvolvimento das plantas de girassol.

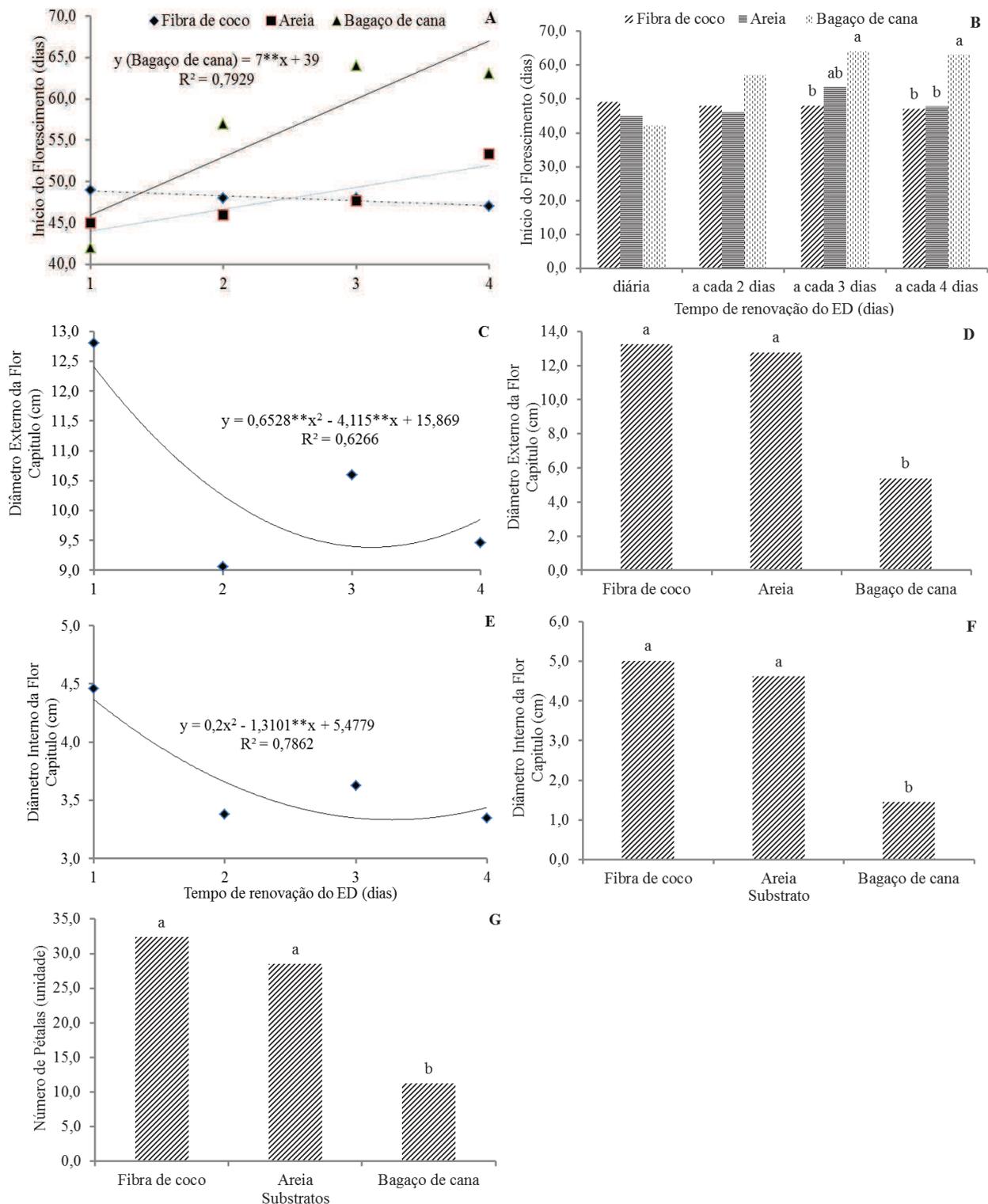


Figura 1. Resultados para plantas de girassol, cultivadas em sistema semi-hidropônico utilizando efluente doméstico como solução nutritiva renovado em diferentes frequências e substratos de cultivo. (A) Desdobramento do fator tempo de renovação do

efluente doméstico dentro do fator substrato e (B) do fator substrato dentro do fator tempo de renovação do efluente doméstico para o início do florescimento; diâmetro externo da flor (C) em função do tempo de renovação e (D) dos substratos; diâmetro interno da flor (E) em função do tempo de renovação e (F) dos substratos e (G) número de pétalas em função dos substratos de cultivo.

Na floricultura comercial, o comprimento comercializável como flor de corte da haste floral do girassol é de cerca de 50 cm (Grieve & Poss, 2010); baseado neste critério, mesmo para o tratamento com maior tempo de renovação do ED estudado, o CH das flores superaram os padrões médios comerciais. A obtenção de flores com maiores hastes amplia o espectro de possibilidades para uso da flor, uma vez que é possível o corte da haste no tamanho desejado para os mais diversos fins. Em relação aos substratos, não se observou diferença significativa entre o CH das flores cultivadas em fibra de coco e areia, média de 150 cm, resultado 3,5 vezes maior que o observado nas flores cultivadas no bagaço de cana de açúcar (Figura 2B).

O DH médio verificado nas flores sob ED renovado diariamente foi de 12,5 mm, enquanto que para as plantas sob ED renovado a cada 2, 3 e 4 dias, foi da ordem de 11; 10,2 e 8 mm, respectivamente, ou seja, um decréscimo de 10,76% por incremento unitário do tempo de renovação do ED (Figura 2C). Segundo Curti (2010) é desejável que o diâmetro da haste seja resistente para possibilitar a sustentação da inflorescência do girassol, que geralmente tem maior massa se considerar outras espécies de flor de corte, como a rosa, a gérbera, entre outras. As flores cultivadas em fibra de coco e areia apresentaram um DH de cerca de 14 mm e o das flores cultivadas em bagaço de cana de açúcar foi da ordem de 4 mm, ou seja hastes 10 mm ( $p < 0,05$ ) menos espessas (Figura 2D). Neves *et al.* (2005) estudando o desenvolvimento do girassol em diferentes substratos verificaram valores médios de DH de 12 mm aos 49 DAS para as flores cultivadas em brita e quartzo, ou seja, hastes cerca de 13,28% menos espessas que as observadas nas flores cultivadas em fibra de coco e areia no presente trabalho.

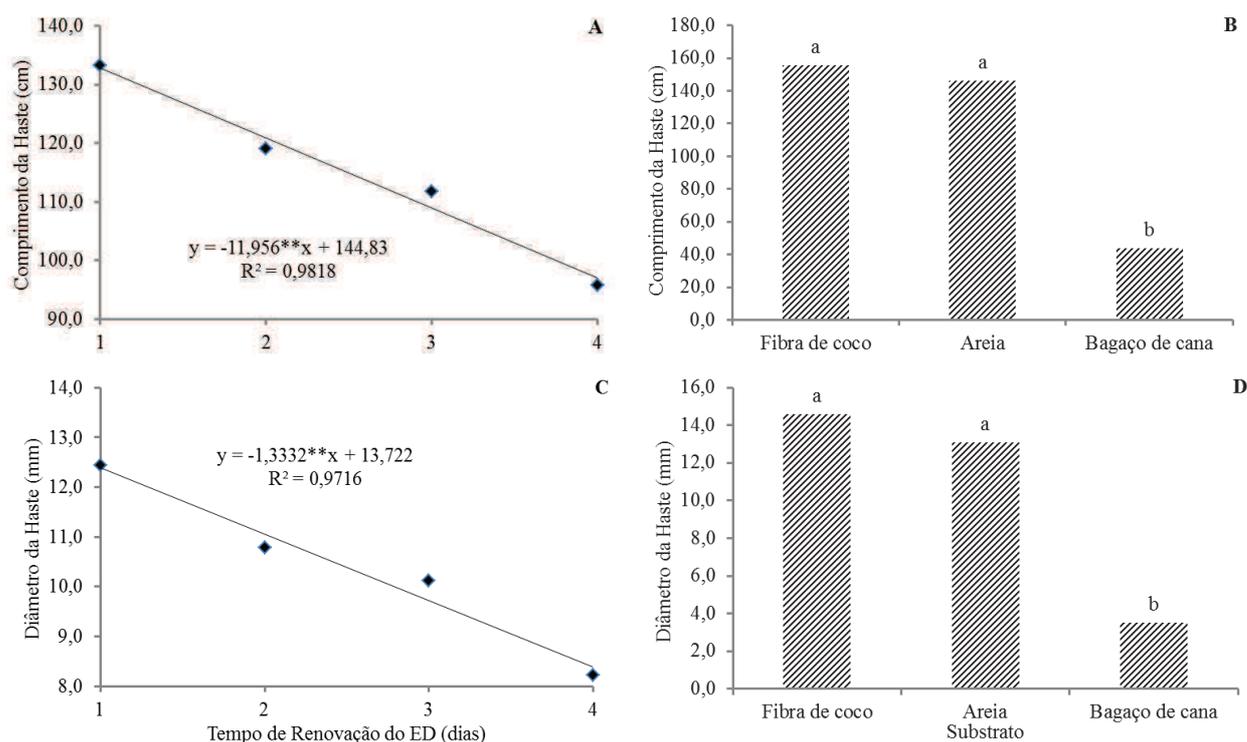


Figura 2. Resultados para plantas de girassol, cultivadas em sistema semi-hidropônico utilizando efluente doméstico como solução nutritiva renovado em diferentes frequências e substratos de cultivo. Comprimento da haste (A) em função do tempo de renovação do efluente doméstico e (B) substratos de cultivo; diâmetro da haste da flor de girassol (C) em função do tempo de renovação do efluente doméstico e (D) substratos de cultivo.

Os resultados apresentados na Tabela 3 indicam que a interação entre os tratamentos testados ocasionou efeito significativo nas variáveis DPC, FFC, FFD e AF e que o NF foi afetado de modo isolado pelos tratamentos estudados.

Na análise do desdobramento do fator tempo de renovação do ED dentro do fator substrato não se observou efeito significativo sobre a DPC da variação do tempo de renovação/substituição do ED nas plantas cultivadas em fibra de coco e areia (Figura 3A); a DPC das plantas cultivadas em bagaço de cana de açúcar apresentou comportamento quadrático ( $p < 0,05$ ), com pequenas variações quando sob renovação diária, a cada 2 e 3 dias do ED, média de 16 dias, no entanto, em relação às plantas sob ED renovado/substituído a cada 4 dias apresentam um acréscimo de 56,2% na DPC.

Ainda em relação ao desdobramento da interação entre os fatores para a DPC, observaram-se variações significativas ( $p < 0,05$ ) do fator substrato dentro do fator tempo

de renovação do ED. Quando a renovação é diária, a cada 2 e 4 dias a variação da DPC chega a 60% quando se compara as plantas cultivadas em fibra de coco e bagaço de cana de açúcar, no entanto, não há diferença significativa ( $p>0,05$ ) quando se compara fibra de coco e areia. No entanto, todos os intervalos de tempo de renovação/substituição do ED proporcionaram a ocorrência de uma DPC dentro das médias estabelecidas pelo comércio, em que as flores podem durar até 10 dias em recipiente com água, desde que cultivadas em fibra de coco e areia.

Tabela 3. Resumo da ANOVA para duração pós-colheita (DPC), fitomassa freca da flor na colheita (FFC); fitomassa da flor no descarte (FFD), número de folhas (NF) e área foliar (AF) de plantas de girassol, cultivadas em sistema semi-hidropônico utilizando efluente doméstico como solução nutritiva renovado em diferentes frequências e substratos de cultivo

CAUSA DE VARIAÇÃO	GL	Quadrado Médio <sup>1</sup>				
		DPC	FFC	FFD	NF	AF
Tempo de renovação do ED (T)	3	128,69 <sup>**</sup>	32123,50 <sup>**</sup>	7350,00 <sup>**</sup>	53,65 <sup>**</sup>	8348661,23 <sup>**</sup>
Reg. Linear	1	206,93 <sup>**</sup>	80095,60 <sup>**</sup>	18686,42 <sup>**</sup>	84,05 <sup>**</sup>	23733696,77 <sup>**</sup>
Substrato (S)	2	67,69 <sup>**</sup>	342748,02 <sup>**</sup>	48945,36 <sup>**</sup>	931,75 <sup>**</sup>	70570739,99 <sup>**</sup>
Interação T x S	6	89,69 <sup>**</sup>	11629,50 <sup>**</sup>	2345,91 <sup>**</sup>	17,49 <sup>ns</sup>	2647992,52 <sup>**</sup>
Resíduo	24	4,66	2958,25	551,61	8,05	450622,33
CV	(%)	7,61	14,49	19,75	6,45	12,21

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

Em relação à FFC notou-se, na análise do desdobramento do fator substrato dentro do fator tempo de renovação do ED, que apenas as plantas sob renovação diária do ED apresentaram variações significativas em função dos substratos testados, com médias de 525,6 g para as flores cultivadas na fibra de coco, as quais foram 45% mais pesadas que as cultivadas na areia, e 28,67 vezes mais pesadas que as flores cultivadas em bagaço de cana de açúcar (Figura 3C). Estes resultados discordam dos verificados por Nobre *et al.* (2008) que, estudando vigor de girassol irrigado com efluente doméstico não encontraram efeitos significativos para esta variável em relação a as plantas irrigadas com água de abastecimento.

Por ocasião do descarte das flores, observou-se que as flores sob renovação diária do ED perderam água a uma taxa de 8,1 g dia<sup>-1</sup>, considerando-se a DPC e a FFD; esta taxa foi na ordem de 9,08; 9,63; 7,5 g dia<sup>-1</sup> para as flores sob renovação a cada 2, 3 e 4

dias, respectivamente. Observaram-se ainda médias de 212,6 g para as flores cultivadas em fibra de coco, 123 g para as cultivadas em areia e 10 g para as flores cultivadas em bagaço de cana de açúcar, sob renovação diária do ED (Figura 3D).

As plantas irrigadas com ED renovado diariamente apresentaram em média 23,2 folhas, sendo calculado com base em equação de regressão (Figura 3E) um decréscimo de 7,6% por incremento unitário do tempo de renovação do ED; quando se compara as plantas sob renovação a cada 4 dias em relação as planta sob renovação diária do ED nota-se uma redução de 30% no NF médio. Estes resultados diferem dos observados por Medeiros et al. (2010) que estudando o cultivo de flores com o uso de água residuária e suplementação mineral, não verificaram incremento significativo no NF de gérbas irrigadas com água residuária.

As plantas cultivadas nos diferentes substratos produziram um NF com diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre si, sendo que quando cultivadas em fibra de coco contabilizou-se 28,17 folhas, em areia 22 folhas e em bagaço de cana de açúcar 11 folhas (Figura 3F). Neves *et al.* (2005) estudando a produção de flores de girassol em vaso verificaram que as flores cultivadas na brita e no quartzo apresentaram, em média, 18 folhas.

Observou-se também variação significativa na AF das plantas em função da interação entre os fatores testados. Na análise do desdobramento do fator substrato dentro do fator tempo de renovação do ED, não se verificou diferença significativa entre a AF das plantas cultivadas em fibra de coco e areia sob renovação/substituição do ED diariamente ou a cada 2 dias, no entanto, os resultados observados em bagaço de cana de açúcar chegaram a ser 40 vezes inferiores aos outros substratos testados (Figura 3G). Travassos *et al.* (2011) estudando o crescimento e a floração do girassol sob estresse salino verificou aos 40 DAS que as plantas produziram uma AF de cerca de  $3900 \text{ cm}^2$ , para as flores irrigadas com água de  $0,5 \text{ dS m}^{-1}$  de condutividade elétrica, ou seja, valores médios próximos aos verificados no presente trabalho nas plantas cultivadas em fibra de coco e areia.

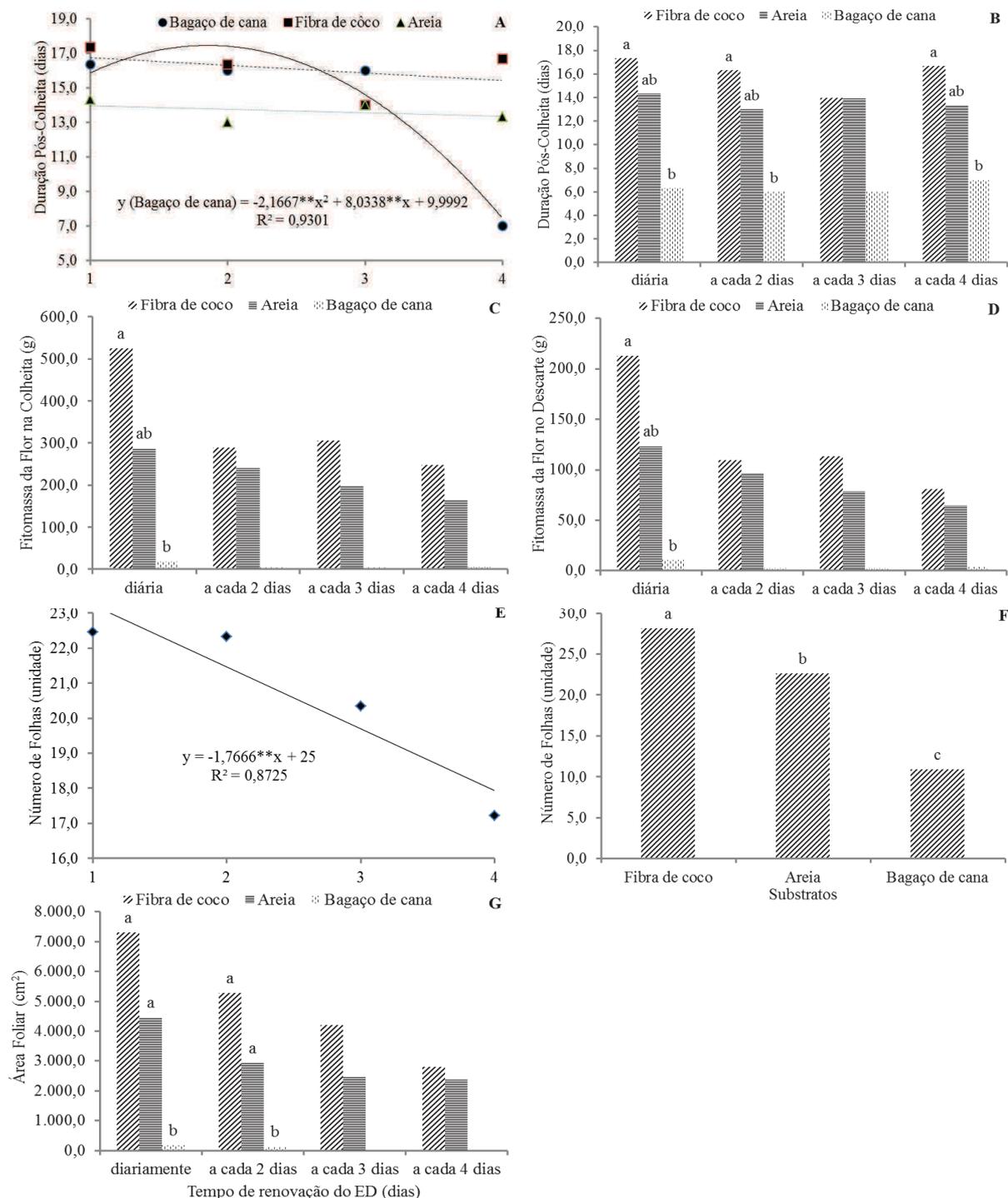


Figura 3. Resultados para plantas de girassol, cultivadas em sistema semi-hidropônico utilizando efluente doméstico como solução nutritiva renovado em diferentes frequências e substratos de cultivo. (A) Desdobramento do fator tempo de renovação do efluente doméstico dentro do fator substrato e (B) do fator substrato dentro do fator tempo de renovação do efluente doméstico para a duração pós-colheita; desdobramento

do fator substrato dentro do fator tempo de renovação do efluente doméstico (C) para a fitomassa da flor na colheita e (D) no descarte; número de folhas (E) em função do tempo de renovação/substituição do efluente doméstico e (F) dos substratos; (G) desdobramento do fator tempo de renovação do efluente doméstico para a área foliar.

## **CONCLUSÕES**

1. A interação entre o tempo de renovação do efluente doméstico e os substratos de cultivo ocasionaram variações no início do florescimento, na duração pós-colheita, na fitomassa fresca da flor na colheita e no descarte e na área foliar de plantas de girassol;
2. As plantas de girassol sob renovação do efluente doméstico a cada quatro dias apresentaram características compatíveis com o padrão comercial para flores de girassol, desde que cultivadas em fibra de coco e areia;
3. Não é viável o uso do bagaço de cana de açúcar como substrato em sistema semi-hidropônico para a produção de flores de girassol, recomenda-se o uso de fibra de coco seguida da areia.

## **REFERÊNCIAS**

APHA - AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION; AWWA - American Water Works Association; WPCF - Water Pollution Control Federation. Standard methods for the examination of water and wastewater. 13th. Ed., Washington, 1991, p. 62-65.

ANDRADE, L. O.; GHEYI, H. R.; NOBRE, R. G.; DIAS, N. da S.; NASCIMENTO, E. C. S. Crescimento de girassóis ornamental em sistema de produção orgânica e irrigada com água residuária tratada. Irriga, Edição Especial, p. 69-82, 2012.

ANDRADE, L. O. de; GHEYI, H. R.; NOBRE, R. G.; DIAS, N. da S.; NASCIMENTO, E. C. S. Qualidade de flores de girassóis ornamentais irrigados com águas residuária e de abastecimento. IDESIA, v. 30, n. 2, p. 19-27, 2012.

CURTI, G. L. Caracterização de cultivares de girassol ornamental semeados em diferentes épocas no Oeste Catarinense. 2010. 76 f. (Dissertação de Mestrado) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

CONNOR, J. D.; HALL, A. J. Sunflower physiology. *In*: SCHNEIDER, A. A. (Ed.). Sunflower technology and production. Madison: ASA/CSSA/SSSA, 1997. p. 113-181. (Series of monographs, 35).

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Girassol Embrapa 122-V2000. Londrina: Embrapa Soja, 2006. Folder n. 04/2006.

FERREIRA, D. F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. *Revista Symposium*, v. 6, p. 36-41, 2008.

GRIEVE, C. M.; POSS, J. A. Response of ornamental sunflower cultivars 'Sunbeam' and 'Moonbright' to irrigation with saline wastewaters. *Journal of Plant Nutrition*, v.33, p.1579-1592, 2010.

MACHADO NETO, A. da S.; JASMIM, J. M.; PONCIANO, N. J. Indicadores econômicos da produção de flores tropicais no estado do Rio de Janeiro. *Revista Ceres*, v.60, n.2, p. 173-184, 2013.

MALDANER, I. C.; HELDWEIN, A.B.; LOOSE, L.H.; LUCAS, D.D.P.; GUSE, F.I.; BORTOLUZZI, M.P. Métodos de determinação não-destrutiva da área foliar em girassol, *Ciência Rural*, v.39, n.5, p.1356-1361, 2009.

MEDEIROS, S.S.; GHEYI, H. R.; SOARES, F. A. L. Cultivo de flores com o uso de água residuária e suplementação mineral. *Revista Engenharia Agrícola*, v.30, n.6, p.1071-1080, 2010.

NEVES, M. B.; BUZETTI, S.; CASTILHO, R. M. M. de; BOARO, C. S. F. Desenvolvimento de plantas de girassol ornamental (*Helianthus annuus* L.) em vasos,

em dois substratos com solução nutritiva e em solo. *Científica*, v.33, n.2, p. 127-133, 2005.

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

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

SANTOS JÚNIOR, J. A.; BARROS JÚNIOR, G.; SANTOS, J.K.L.; BRITO, E.T.F.S. Uso racional da água: ações interdisciplinares em escola rural do semiárido brasileiro. *Ambi-Agua*, v. 8, n. 1, p. 263-271, 2013.

SANTOS JÚNIOR, J. A.; GHEYI, H. R.; DIAS, N. DA S.; GUEDES FILHO, D. H. Substratos e frequências de irrigação utilizando efluente doméstico na emergência e vigor do girassol. *Revista Irriga*, v. 2, n. 2, 2013.

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

TRAVASSOS, K. D.; SOARES, F. A. L.; GHEYI, H. R.; DIAS, N. da S. Crescimento de produção de flores de girassol irrigado com água salobra. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada* v.5, nº. 2, p.123–133, 2011.

# Capitulo III

---

## *Subitem III.6*

**Emergência e vigor do girassol irrigado com efluente doméstico  
em diferentes concentrações sob condições semi-hidroponicas**

*Emergence and vigor of sunflower irrigated with domestic effluent  
at different concentrations under semi-hydroponics conditions*

**Emergência e vigor do girassol irrigado com efluente doméstico em diferentes concentrações sob condições semi-hidroponicas**

**Resumo:** Apesar do conhecido potencial nutricional do efluente doméstico, durante os períodos chuvosos, ocorre naturalmente a diluição da sua concentração nutricional. Visando subsidiar estudos que abordem a produção de flores de girassol em condições semi-hidropônicas, buscou-se no presente trabalho analisar aspectos fisiológicos, de emergência e vigor de plantas de girassol utilizando efluente doméstico coletado no período chuvoso, no preparo da solução nutritiva. O delineamento estatístico utilizado foi o inteiramente casualizado, analisado em esquema fatorial 4x3, com três repetições, totalizando 36 unidades experimentais. Testou-se o efeito de quatro soluções nutritivas, preparadas em efluente doméstico diluído por águas pluviais, com 55, 70, 85 e 100% de NPK e o desempenho inicial das plantas quando cultivadas em três substratos: fibra de coco, areia e bagaço de cana de açúcar. Verificou-se que a adição de nutrientes no efluente doméstico coletado no período chuvoso e, portanto, diluído por águas pluviais, supri as necessidades hídricas e nutricionais do girassol (cv. EMBRAPA 122-V2000) na fase de crescimento inicial.

**Palavras-chave:** Água residuária. Balanço nutricional. Disponibilidade hídrica

**Initial growth of sunflower irrigated with domestic effluent in different concentrations under semi-hydroponic conditions**

**Abstract:** Despite the known nutritional potential of domestic effluent, during rainy periods, occurs naturally the dilution of their nutritional load. Aiming to support studies that approached the production of flowers of sunflowers under semi-hydroponic conditions, in these study physiological aspects, of emergency and vigor of sunflower plants were studied, using domestic effluent collected in the rainy season, in the preparation of the nutrient solution. The statistical design was completely randomized, analyzed in a factorial 4x3 scheme, with three replications, totaling 36 experimental units. Were tested the effect of four nutrient solutions prepared in domestic effluent, diluted by rainwater, with 55, 70, 85 and 100% NPK and the performance of three substrates: coconut fiber, sand and sugar cane bagasse. It was found that the addition of

nutrients in the domestic effluent collected in the rainy season and, therefore, diluted by rainwater, to answer the necessities of water and nutrients of plants of sunflower (cv. EMBRAPA 122-V2000) in the initial growth phase.

**Keywords:** Wastewater. Nutritional balance. Water availability

## INTRODUÇÃO

Em várias partes do mundo a utilização de efluentes domésticos na irrigação das plantas já é utilizada em larga escala. Na América Latina, por exemplo, mais de 500.000 ha são irrigados com águas residuárias, sem tratamento em sua maior parte, destacando-se a cidade do México, onde  $108 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  são aproveitados na irrigação de cultivos diversos. (Cavallini, 2002).

A utilização de efluentes domésticos nos cultivos agrícolas constitui-se em um modo simples de conciliar concomitantemente o aspecto hídrico e nutricional no que se refere à reciclagem. É evidente que no período chuvoso a concentração nutricional, normalmente observada nos efluentes acumulados nos mananciais abertos, é diluída pelo acúmulo de águas pluviais, fato que reduz a oferta nutricional às plantas por ocasião da irrigação utilizando tais efluentes, tornando imprescindível a reposição da concentração de certos nutrientes aos níveis exigidos pelas plantas.

Devido à inexistência do fator matriz do solo nos cultivos semi-hidropônicos, os níveis de energia exigidos durante o processo de absorção de água e nutrientes diferem do padrão energético dos cultivos em solo; sobre isto Ayers e Westcoot (1999) acrescentam que o potencial matricial ( $\Psi_m$ ) em um solo de textura média em capacidade de campo corresponde a 95% do potencial total da água no solo ( $\Delta\Psi_t$ ), ou seja, como em sistemas semi-hidropônicos o potencial matricial ( $\Psi_m$ ) tende a ser mínimo, variando em função do substrato utilizado, a energia demandada é reduzida e a absorção de água e nutrientes é otimizada (Santos Júnior *et al.*, 2011).

A análise do comportamento das plantas e a compreensão de suas exigências hídrico-nutricionais por estádios fenológicos possibilita uma avaliação detalhada da necessidade de água e nutrientes por etapa de crescimento e desenvolvimento, favorecendo a racionalização de insumos através da utilização de estratégias específicas de manejo para cada estágio fenológico específico. Vários estudos foram desenvolvidos

(Andrade *et al.*, 2007; Figueiredo *et al.*, 2008; Nobre *et al.*, 2008, Santos Júnior *et al.*, 2013) visando compreender o comportamento do crescimento inicial de plantas de girassol sob estresse hídrico, salino ou sob aproveitamento do efluente doméstico coletado no período seco do ano como solução nutritiva, no entanto, pouco se sabe sobre tal comportamento em condições semi-hidropônicas associada a utilização do efluente doméstico coletado em período chuvoso no preparo da solução nutritiva.

Sendo assim e visando subsidiar trabalhos que abordem a produção de flores de girassol, o presente trabalho se propõe a analisar a emergência e vigor de plantas de girassol (cv. EMBRAPA 122-V2000) em sistema semi-hidropônico, utilizando efluente doméstico coletado em período chuvoso no preparo da solução nutritiva e cultivadas em diferentes substratos.

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido em outubro de 2011, em casa de vegetação pertencente ao Campus I da Universidade Federal de Campina Grande, município de Campina Grande, PB, e situada nas coordenadas 7°12'52" de latitude Sul, 35°54'24" de longitude Oeste com altitude media de 550 m.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, analisado em esquema fatorial 4 x 3 com três repetições, totalizando 36 unidades experimentais. Avaliou-se a viabilidade da utilização do efluente doméstico, coletado durante o período chuvoso e, portanto, diluído por águas pluviais, no preparo de quatro soluções nutritivas enriquecidas com concentrações crescentes de NPK (55, 70, 85 e 100%) baseadas no quantitativo proposto por Furlani *et al.* (1999) (Tabela 1) e o seu efeito sobre parâmetros fisiológicos, de emergência e vigor de plantas de girassol cultivadas em fibra de coco, areia e bagaço de cana de açúcar (Tabela 2).

Tabela 1. Composição da solução nutritiva padrão utilizada (Furlani et al., 1999).

Sal ou fertilizante	g 1000L <sup>-1</sup>
Nitrato de cálcio hydro especial	750,0
Nitrato de potássio	500,0
Fosfato monoamônico (MAP)	150,0
Sulfato de magnésio	400,0
Sulfato de cobre	0,15
Sulfato de zinco	50,0
Sulfato de manganês	1,50
Ácido bórico	1,50
Molibdato de sódio (Na <sub>2</sub> MoO <sub>4</sub> 2H <sub>2</sub> O),	0,15
Molibdato de amônio	0,15
Tenso-Fe (FeEDDHMA-6% Fe,)	30,0

Tabela 2. Caracterização físico-química dos substratos de cultivo\*

Substrato	N	P	K	da	dr	Y
	g kg <sup>-1</sup>	g kg <sup>-1</sup>	g kg <sup>-1</sup>	g cm <sup>-3</sup>	g cm <sup>-3</sup>	(%)
Fibra de coco	0,45	3,67	14,88	0,56	0,14	75
Areia	nd	nd	nd	1,55	2,65	42
Bagaço de cana de açúcar	5,43	1,08	6,58	0,33	0,086	74

\*Método de análise: EMBRAPA (1997).

N: nitrogênio; P: fósforo; K: potássio; Da: densidade aparente; Dr: densidade real; Y: porosidade; nd: não determinado.

Cada parcela experimental foi composta por um vaso com capacidade volumétrica equivalente a 6 L, preenchidos com 0,5 kg de brita na parte inferior, uma tela de nylon como envelope separando a brita e 1 kg do substrato específico para cada tratamento. Os vasos tinham quatro furos na base e foram colocados em uma bacia em que se adaptou uma mangueira de drenagem ligada a uma garrafa PET de 2 L para coleta da solução drenada. Dado ao contato direto entre o vaso e a bacia, a percolação da solução deu-se através dos espaços existentes nesta interface, favorecendo a permanência de solução dentro do vaso por mais tempo, proporcionando um maior tempo de absorção para a planta a cada evento de irrigação, até que toda solução drenasse. Isto evitava que, sob a ação da gravidade, a solução percolasse rapidamente, sem umedecer todo substrato, comprometendo a necessidade hídrica e nutricional das plantas.

A cultivar de girassol utilizada foi a EMBRAPA 122-V2000, cujas sementes foram provenientes da EMBRAPA Soja. Semearam-se nove sementes, as quais foram distribuídas nos vasos em formato octogonal e mais uma no centro do octógono, de modo que houvesse uma distância mais homogênea entre plântulas.

No manejo da irrigação, trabalhou-se com a aplicação de um volume inicial de 2 litros de solução nutritiva por vaso e, a partir de então, foram realizadas reaplicações do volume percolado três vezes por dia às 8, 12 e 16 h, ou seja, às 8 horas mensurava-se o volume percolado e armazenado nos coletores (garrafas PET), anotava-se e em seguida, reaplicava-se aos vasos; as 12 e às 16 horas a solução drenada era apenas reaplicada. Quando o volume percolado atingia o limite de 500 mL, era descartado e uma nova solução nutritiva, específica de cada tratamento, era adicionada ao sistema.

O efluente doméstico (ED) utilizado foi coletado no Riacho Bodocongó dentro da área experimental da Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola da UFCG, cujas águas são receptoras do esgoto doméstico do Bairro Monte Santo, imediatamente a montante da área experimental. De acordo com informações da Agência Executiva de Gestão das Águas da Paraíba – AESA, a precipitação acumulada em Campina Grande, PB, durante o ano de 2011 foi de 1.494,4 mm, sendo este considerado um ano atípico, haja vista que a série histórica de precipitação nesta região registra uma média anual acumulada de 764,3 mm.

Visando evitar a sazonalidade da concentração de nutrientes, o efluente doméstico foi coletado apenas uma vez, no final do período chuvoso, que em 2011 aconteceu no mês de setembro; então, com auxílio de pano de algodão foi filtrado e armazenado em quantidade suficiente para toda pesquisa, cerca de 1000 L. As características físico-químicas do efluente doméstico foram determinadas utilizando a metodologia proposta pela APHA (1991) no Laboratório de Referência em Dessalinização da UFCG (Tabela 3).

Tabela 3. Caracterização físico-química do efluente doméstico utilizado\*

Parâmetros	Resultados
CE a 25 °C (dS m <sup>-1</sup> )	1,17
pH	7,1
Turbidez (uT)	3,5
Cor, Unidade de Hazen (mgPt-Co L <sup>-1</sup> )	50
Dureza em Ca <sup>++</sup> (mg L <sup>-1</sup> )	49
Dureza em Mg <sup>++</sup> (mg L <sup>-1</sup> )	28,10
Dureza total (CaCO <sub>3</sub> ) (mg L <sup>-1</sup> )	239,5
Na <sup>+</sup> (mg L <sup>-1</sup> )	131,4
K <sup>+</sup> (mg L <sup>-1</sup> )	11,00
Al <sup>3+</sup> (mg L <sup>-1</sup> )	0,00
Ferro total (mg L <sup>-1</sup> )	0,18
Alcalinidade em hidróxidos (CaCO <sub>3</sub> ) (mg L <sup>-1</sup> ),	0,00

Alcalinidade em carbonatos (CaCO <sub>3</sub> ) (mg L <sup>-1</sup> ),	0,00
Alcalinidade em bicarbonatos (CaCO <sub>3</sub> ) (mg L <sup>-1</sup> ),	248,8
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> (mg L <sup>-1</sup> )	18,0
Fósforo total (mg L <sup>-1</sup> )	4,0
Cl <sup>-</sup> (mg L <sup>-1</sup> )	198,8
N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg L <sup>-1</sup> )	0,04
N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg L <sup>-1</sup> )	0,00
N-NH <sub>3</sub> (mg L <sup>-1</sup> )	6,58
SiO <sub>2</sub> (mg L <sup>-1</sup> )	7,8
ILS (Índice de Saturação de Langelier)	-0,40
Total de sólidos dissolvidos secos a 180° C (mg L <sup>-1</sup> )	754,4

\*Metodologia de análise: APHA (1991)

Aos 15 dias após a semeadura (DAS), mensuraram-se as variáveis relacionadas à germinação e emergência: a porcentagem de germinação (%G) - calculada pela relação entre o número de sementes germinadas e o número de sementes colocadas para germinar; e o índice de velocidade de emergência (IVE), em sementes por dia, através equação proposta por Maguire (1962).

Aos 20 DAS, utilizando oito plantas úteis por repetição, analisou-se variáveis biométricas, de produção de fitomassa e fisiológicas. As variáveis biométricas foram: comprimento do caule (CC) – medido do colo da planta até a gema apical; o comprimento da raiz (CR) – do colo da planta até o ápice da raiz; diâmetro do caule (DC) – mensurado sempre a 3 cm do CH em relação ao nível do substrato; número de folhas (NF) – foram contadas apenas as folhas superiores totalmente expandidas e com coloração verde.

As variáveis de produção de fitomassa foram: fitomassa fresca e seca total (FFT e FST); da parte aérea (FFPA e FSPA) e da raiz (FFR e FSR). A fitomassa fresca das plantas foi mensurada com auxílio de balança de precisão imediatamente após a colheita das plantas, e a fitomassa seca foi mensurada após a secagem do material em estufa de circulação de ar forçado, a temperatura de 65 °C, após atingir peso constante.

Estudou-se ainda o teor de água na planta (TAP) – calculado pela relação entre a massa de água da planta e a fitomassa fresca total; o teor de água na parte aérea (TAPA) - calculado pela relação entre a massa de água da parte aérea e a fitomassa fresca da parte aérea; e o teor de água na raiz (TAR) - calculado pela relação entre a massa de água da raiz e a fitomassa fresca da raiz. Todos os resultados de teor de água foram obtidos em porcentagem.

Calculou-se também o índice de produção de biomassa da parte aérea (IPBPA) – relação entre a fitomassa seca da parte aérea e a fitomassa seca total; e a relação raiz-parte aérea (R/PA) – pela relação entre a fitomassa seca da raiz e a fitomassa seca da parte aérea. Os resultados do experimento foram submetidos à análise de variância, comparando-se, por meio de análise de regressão as concentrações de NPK (fator quantitativo) e, por meio de comparação de médias, pelo teste Tukey, os diferentes substratos (fator qualitativo) ao nível de 0,05 de probabilidade, utilizando-se software estatístico SISVAR versão 5.2 (Ferreira, 2008).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As crescentes concentrações testadas não influenciaram significativamente ( $p > 0,05$ ) a %G, o IVE e o CR, no entanto, essa variação nutricional influenciou ( $p < 0,01$ ) positivamente o CC, DC e NF das plantas de girassol aos 20 DAS. As variáveis IVE, CR, NF CC e DC apresentaram variações significativas ( $p < 0,01$ ) no seu comportamento em função do substrato utilizado e a interação entre os fatores concentração nutricional *versus* substrato de cultivo provocou significativas variações no comportamento do CC e DC (Tabela 4).

Tabela 4. Resumo da ANOVA para porcentagem média de germinação (%G), índice médio de velocidade de emergência (IVE), comprimento médio da raiz (CR), comprimento (CC) e diâmetro médio do caule (DC), e número médio de folhas (NF) de plantas de girassol, cv. EMBRAPA 122-V2000, aos 20 DAS, cultivadas em sistema semi-hidropônico utilizando diferentes substratos e efluente doméstico coletado no período chuvoso no preparo da solução nutritiva.

Causa de variação	GL	Quadrado Médio					
		%G	IVE	CR	NF	CC	DC
Concentração (C)	3	347,4385 <sup>ns</sup>	0,00724 <sup>ns</sup>	0,4624 <sup>ns</sup>	1,7139*	17,5918*	0,3316*
Reg. Linear	1	-	-	-	1,7641*	30,6033*	0,5791*
Reg. Quadrática	1	-	-	-	3,1802*	12,2033*	0,3906*
Substrato (S)	2	195,4341 <sup>ns</sup>	0,3018**	5,7050*	23,6980**	103,6408**	4,9077**
Interação C x S	6	90,2882 <sup>ns</sup>	0,0110 <sup>ns</sup>	1,8247 <sup>ns</sup>	0,6384 <sup>ns</sup>	12,8802*	0,3057*
Resíduo	24	174,8621	0,0114	1,0027	0,3359	4,1525	0,0834
CV <sup>1</sup>	(%)	14,88	7,34	13,69	16,01	13,36	10,03

\*,\*\* significativo a 0,05 e 0,01, respectivamente, e <sup>ns</sup> não significativo, pelo teste F. GL: Grau de liberdade e CV: coeficiente de variação. <sup>1</sup>Valores transformados pela equação  $(X + 0,5)^{0,5}$ .

O IVE médio das plantas cultivadas em areia e bagaço de cana de açúcar não diferiu significativamente ( $p>0,05$ ) entre si, sendo observadas médias de 1,47 e 1,30 sementes por dia, respectivamente, ao passo que as plantas cultivadas em fibra de coco, que diferiram significativamente ( $p<0,05$ ) das demais, apresentaram IVE médio de 2,2 sementes por dia (Figura 1A). Pereira *et al.* (2011) estudando a inibição do desenvolvimento inicial de plantas de girassol, milho e triticales por palhada de capim-colchão, em uma análise utilizando dez sementes, observaram um IVE médio entre 1,438 e 1,713 sementes por dia para o girassol, resultado próximo ao observado em areia e fibra de coco, respectivamente, utilizando nove sementes.

Nos valores de CR não se observou efeito significativo ( $p>0,05$ ) entre as plantas cultivadas em fibra de coco e areia, com médias de 8,2 e 7,2 cm, respectivamente; o CR das plantas cultivadas em bagaço de cana de açúcar apresentou média de 6,2 cm, resultado que não diferiu significativamente do CR das plantas cultivadas em areia (Figura 1B). Silva *et al.* 2011, estudando efeito da utilização de biossólido no desenvolvimento inicial de plantas de girassol verificaram, aos 17 DAS, CR médio de 5,9 e 4,9 cm para o girassol cultivado em esterco + biossólido e areia + biossólido, respectivamente, ou seja, resultados inferiores aos observados no presente trabalho.

As plantas sob 100% da concentração nutricional produziram uma média de 4,2 folhas e as sob 55% produziram uma média de 3,6 folhas (Figura 1C). Notou-se também efeito significativo ( $p<0,05$ ) nesta variável em função dos substratos testados: as plantas cultivadas em fibra de coco, areia e bagaço de cana de açúcar apresentaram uma média de 4,75; 4,2 e 2 folhas, respectivamente (Figura 1D). Os resultados observados no presente trabalho foram até 60% inferiores à média observada por Braz & Rosseto (2009) que, estudando o estabelecimento de plântulas e desempenho de plantas em resposta ao vigor dos aquênios de girassol, cv. EMBRAPA 122-V2000, verificaram valores médios de 8,3 folhas aos 20 DAS.

No desdobramento da interação entre os fatores para o CC (Figura 1E) observou-se significância para o fator substrato dentro do fator concentração nutricional; notou-se que quando utiliza-se 100% da concentração nutricional as plantas cultivadas em fibra de coco apresentam caule 10 cm maior que as plantas cultivadas em bagaço de cana de açúcar e que, quando submetidas aos outros níveis nutricionais testados não ocorre variação significativa no CC independente do substrato utilizado.

Na análise dos efeitos da interação concentração *versus* substrato sobre o DC notou-se resultados similares aos observados no CC; as plantas sob 100% da concentração nutricional quando cultivadas em fibra de coco apresentaram caule duas vezes mais espesso que as plantas cultivadas em bagaço de cana de açúcar, sendo observado resultado intermediário nas plantas cultivadas em areia. Não se observou variações significativas no comportamento desta variável em função das demais concentrações testadas, independente do substrato utilizado (Figura 1F). Silva *et al.* (2009) estudando o crescimento do girassol ornamental cultivado em ambiente protegido sob diferentes níveis de condutividade elétrica de fertirrigação verificaram, aos 14 DAS, um DC médio de 2 mm, nas plantas irrigadas com salinidade de 0,5 dS m<sup>-1</sup> da água de irrigação (CE<sub>sn</sub> mínima no presente trabalho foi de 1,17 dS m<sup>-1</sup> – Tabela 3), ou seja, resultados inferiores aos observados no presente trabalho.

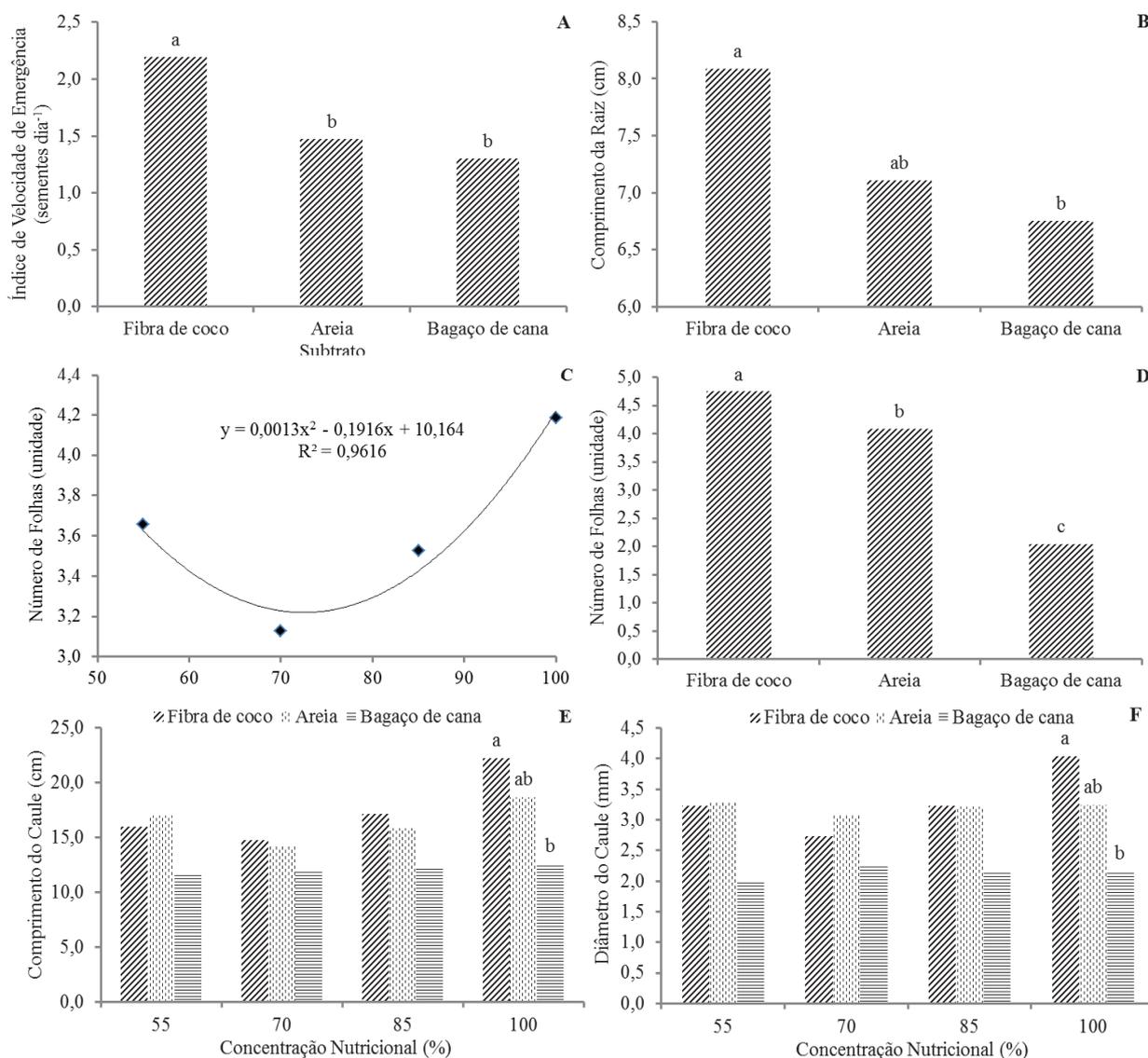


Figura 1. (A) Índice médio de velocidade de emergência e (B) comprimento médio da raiz em função dos substratos de cultivo; (C) número de folhas em função da concentração nutricional e (D) substratos de cultivo; (E) desdobramento da interação concentração x substrato para o comprimento e (F) diâmetro do caule de plantas girassol, cv. EMBRAPA 122-V2000, aos 20 DAS, cultivadas em sistema semi-hidropônico utilizando diferentes substratos e efluente doméstico coletado no período chuvoso no preparo da solução nutritiva.

Ao passo que não se verificou efeito significativo das concentrações nutricionais sobre as variáveis FFT e FFPA, este fator afetou positivamente da FFR, FST, FSPA e FSR. Os substratos de cultivo utilizados ocasionaram diferenças significativas em todas as variáveis elencadas na Tabela 5 e a interação concentração *versus* substratos de cultivo fez variar significativamente o comportamento das variáveis FFT, FFPA, FFR e FSR.

Tabela 5. Resumo da ANOVA para fitomassa fresca e seca média – total (FFT e FST); parte aérea (FFPA e FSPA); raiz (FFR e FSR) de plantas de girassol (cv. EMBRAPA 122-V2000), aos 20 DAS, cultivadas em sistema semi-hidropônico utilizando diferentes substratos e efluente doméstico coletado no período chuvoso no preparo da solução nutritiva.

Causa de variação	GL	Quadrado Médio <sup>1</sup>					
		FFT	FFPA	FFR	FST	FSPA	FSR
Concentração (C)	3	0,1136 <sup>ns</sup>	0,1013 <sup>ns</sup>	0,0095*	0,0231**	0,0194*	0,000742**
Reg. Linear	1	-	-	0,0257**	0,1608*	0,0329*	0,001184**
Reg. Quadrática	1	-	-	-	0,0658*	0,0158*	-
Substrato (S)	2	2,4721**	2,0166**	0,2096**	0,1566**	0,1078**	0,008921**
Interação C x S	6	0,3223*	0,2972*	0,0182**	0,0103 <sup>ns</sup>	0,0078 <sup>ns</sup>	0,000666**
Resíduo	24	0,0810	0,0805	0,0023	0,0035	0,0035	0,000069
CV	(%)	14,51	15,29	5,01	6,47	6,65	1,11

\*,\*\* significativo a 0,05 e 0,01, respectivamente, e <sup>ns</sup> não significativo, pelo teste F. GL: Grau de liberdade e CV: coeficiente de variação. <sup>1</sup>Valores transformados pela equação  $(X + 0,5)^{0,5}$ .

Em relação à FFT, observou-se significância no desdobramento do fator substrato dentro das concentrações nutricionais testadas (Figura 2A); notou-se que as plantas cultivadas em fibra de coco sob 100% da concentração nutricional apresentaram maiores índices de FFT, apresentando nestas condições, um crescimento de cerca de 2% por incremento unitário da concentração nutricional.

No desdobramento do fator substrato dentro das concentrações nutricionais (Figura 2B) verificou-se que as plantas cultivadas em fibra de coco incrementaram em cerca de 3% a FFPA por incremento unitário da concentração nutricional, sendo estimado uma FFPA de cerca de 7 g quando as plantas são cultivadas em fibra de coco e é utilizado solução nutritiva com 100% da concentração nutricional. Linhares *et al.* (2005) estudando misturas de substratos na emergência e no vigor de plântulas de girassol verificou, aos 13 DAS, uma FFPA média de 3,39 g quando cultivado em areia + esterco bovino e 5,19 g quando cultivado em areia + húmus de minhoca, ou seja, resultados inferiores quando se utiliza fibra de coco e 100% da concentração nutricional.

O comportamento da FFR também foi comprometido pela interação entre os fatores; na Figura 2C, verifica-se que as plantas cultivadas em fibra de coco apresentaram crescimento linear à taxa de 2,3% em função do acréscimo unitário da concentração nutricional, sendo que os melhores resultados, cerca de 1 g, foram observadas nas plantas sob solução nutritiva com 100% da concentração nutricional.

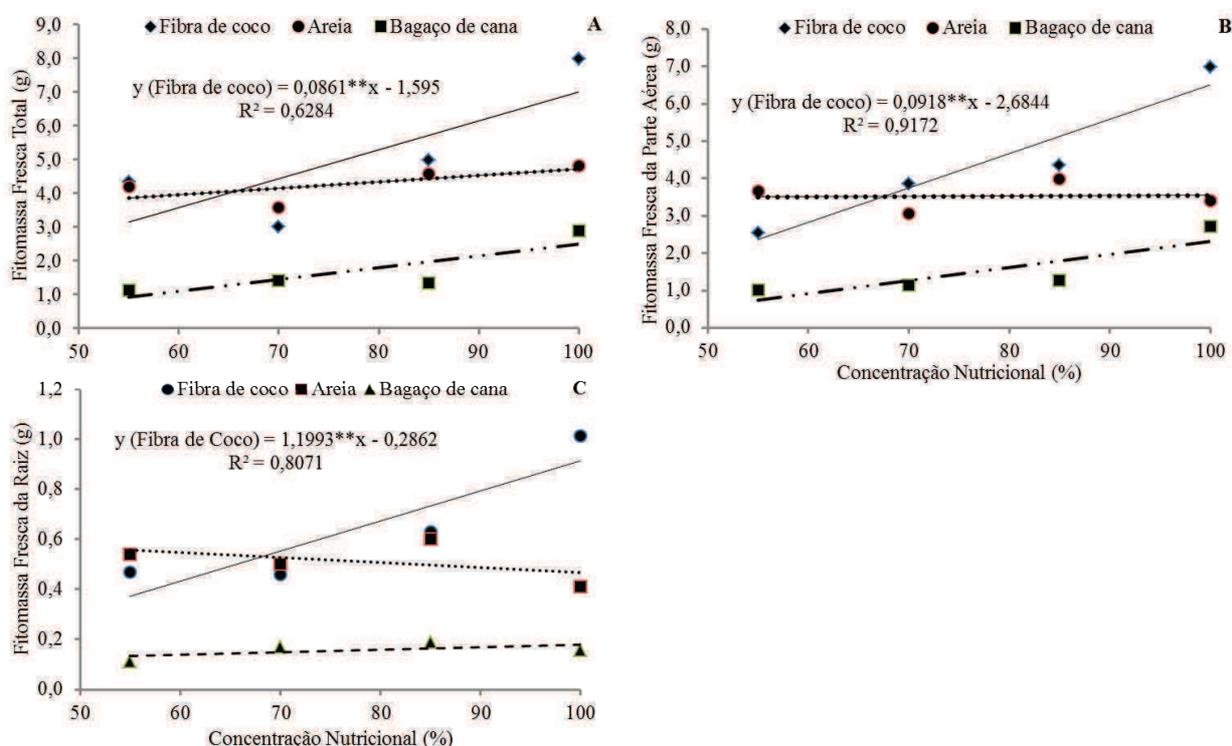


Figura 2. Desdobramento da interação entre os fatores concentração *versus* substratos para a (A) fitomassa fresca total, (B) fitomassa fresca da parte aérea e (C) da fitomassa fresca da raiz de plantas de girassol, cv. EMBRAPA 122-V2000, aos 20 DAS,

cultivadas em sistema semi-hidropônico utilizando diferentes substratos e efluente doméstico coletado no período chuvoso no preparo da solução nutritiva.

A concentração nutricional influenciou significativamente ( $p < 0,01$ ) o comportamento da FST. Com base na equação de regressão (Figura 3A), verificou-se que as plantas sob 100% da concentração nutricional produziram 1,69 vezes mais FST em relação às sob 55% da concentração nutricional. Quanto aos substratos testados observou-se que não houve diferença significativa ( $p > 0,05$ ) entre os resultados verificados nas plantas cultivadas em fibra de coco e areia, média de 0,5 g (Figura 3B). Silva *et al.* (2011) estudando efeito da utilização de bio sólido no desenvolvimento inicial de plantas de girassol verificaram, aos 17 DAS, FST média de 0,29 e 0,10 g para o girassol cultivado em esterco + bio sólido e areia + bio sólido, respectivamente, ou seja, resultado até cinco vezes menor que os observados em fibra de coco e areia.

A FSPA das plantas foi influenciada significativamente ( $p < 0,01$ ) pela concentração nutricional. O aumento da concentração nutricional proporcionou um comportamento quadrático na FSPA; estimou-se com base na equação de regressão (Figura 3C), um contraste de 92% na FSPA das plantas sob 100% da concentração nutricional em relação às sob 55%. Não se observou diferença significativa ( $p > 0,05$ ) na FSPA das plantas cultivadas em fibra de coco e areia, média de 0,41g; as plantas cultivadas em bagaço de cana obtiveram uma FSPA média de 0,12g (Figura 3D), resultado significativamente ( $p < 0,05$ ) inferior aos outros substratos testados. Ramos *et al.* (2008) estudando o crescimento inicial do girassol sobre resíduos da cana de açúcar verificou valores médios de FSPA, aos 30 DAS, na ordem de 1,3; 1,1 e 1,6 g para as cultivares IAC-iarama, Catissol e Hélio 358, respectivamente.

Na análise do desdobramento da interação entre os tratamentos para a variável FSR, observou-se resultados significativos ( $p < 0,05$ ) para o fator substrato dentro do fator 100% e 85% da concentração nutricional (Figura 3E), respectivamente. Nas plantas sob 85% da concentração nutricional observaram-se valores médios de FSR de 0,09; 0,12 e 0,03 g quando cultivadas em fibra de coco, areia e bagaço de cana de cana de açúcar, respectivamente. No desdobramento do fator substrato dentro de 100% da concentração nutricional, observaram-se valores médios de FSR da ordem de 0,13; 0,08 e 0,02 g nas plantas cultivadas em fibra de coco, areia e bagaço de cana de açúcar, respectivamente. Silva *et al.* (2009) estudando o crescimento do girassol ornamental

cultivado em ambiente protegido sob diferentes níveis de condutividade elétrica de fertirrigação verificaram, aos 14 DAS, um FSR média de 0,20 g, nas plantas irrigadas com salinidade de 0,5 dS m<sup>-1</sup> da água de irrigação.

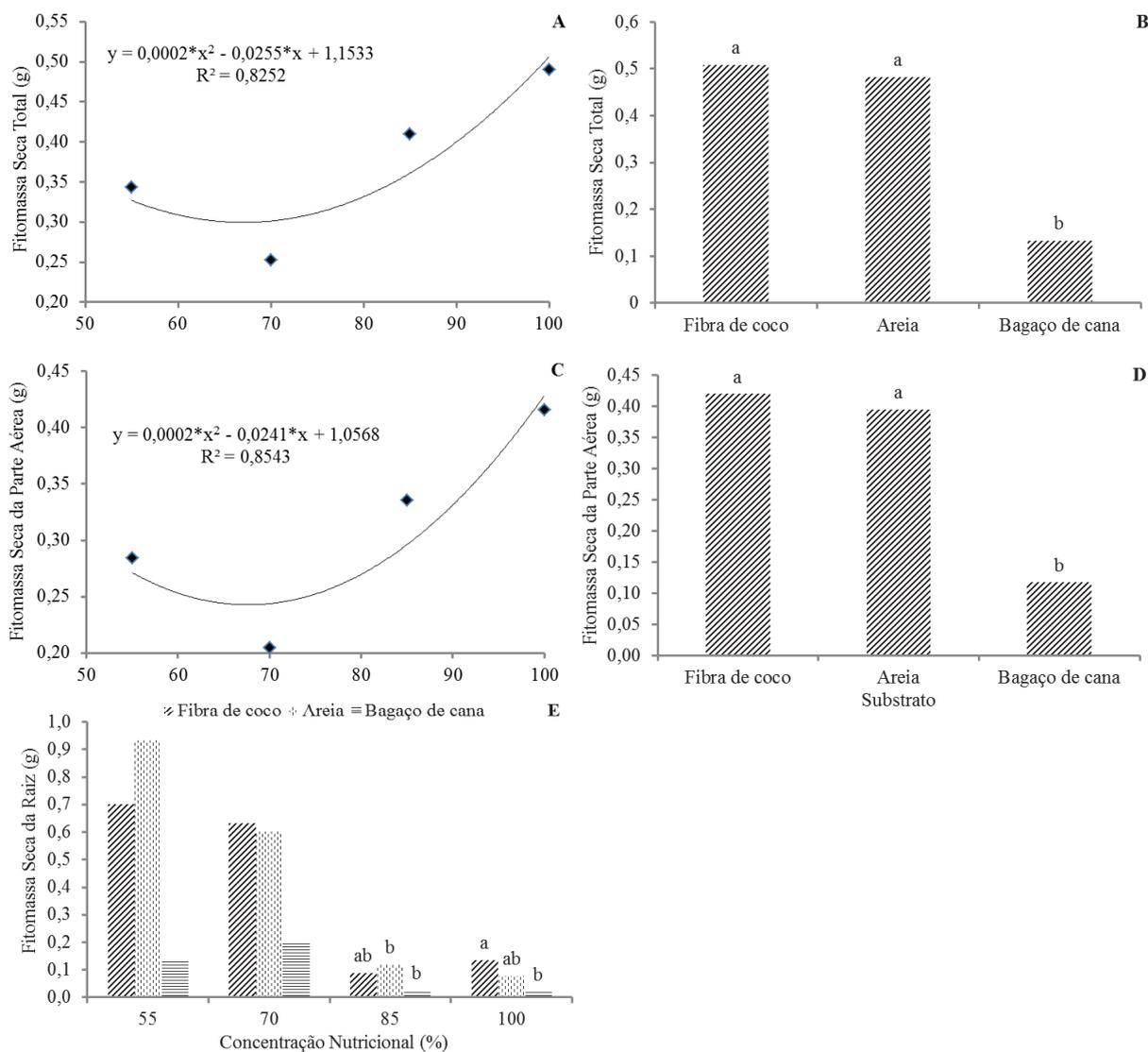


Figura 3. (A) Fitomassa seca total em função da concentração nutricional e (B) dos substratos de cultivo; (C) Fitomassa seca da parte aérea em função da concentração nutricional e (D) dos substratos de cultivo; (E) desdobramento do fator substrato dentro do fator concentração nutricional para a variável fitomassa seca da raiz de plantas de girassol (cv. EMBRAPA 122-V2000), aos 20 DAS, cultivadas em sistema semi-hidropônico utilizando diferentes substratos e efluente doméstico coletado no período chuvoso no preparo da solução nutritiva.

As variáveis TAP, TAPA, TAR, IPBPA e R/PA não foram influenciadas concentração nutricional do ED, no entanto, o fator substrato afetou o comportamento das variáveis TAP, TAR e IPBPA (Tabela 6).

Em relação ao TAP observaram-se nas plantas cultivadas em fibra de coco, areia e bagaço de cana, médias de 89,7%; 88,2% e 91%, respectivamente (Figura 4A); o TAR médio observado nas plantas cultivadas em fibra de coco e areia não diferiram significativamente ( $p>0,05$ ), média de 85%; já as plantas cultivadas em bagaço de cana obtiveram TAR médio de 90% (Figura 4B).

O IPBPA seguiu comportamento similar ao do TAP e TAR, não sendo verificadas diferenças significativas das plantas cultivadas em fibra de coco quando se compara as plantas cultivadas em areia, média de 0,80, no entanto, as médias observadas nas plantas cultivadas no bagaço de cana foram superiores ( $p<0,05$ ) em relação aos outros substratos, na ordem de 0,87. Esses resultados estão associados ao elevado grau de saturação do bagaço de cana, que induziu a partir de condições favoráveis de potencial hídrico, maior absorção hídrica (Figura 4C).

Tabela 6. Resumo da ANOVA para teor médio de água – na planta (TAP), na parte aérea (TAPA) e na raiz (TAR); índice médio de produção de biomassa da parte aérea (IPBPA) e relação raiz/parte aérea média (R/PA) de plantas de girassol (cv. EMBRAPA 122-V2000), aos 20 DAS, cultivadas em sistema semi-hidropônico utilizando diferentes substratos e efluente doméstico coletado no período chuvoso no preparo da solução nutritiva.

Causa de variação	GL	Quadrado Médio				
		TAP	TAPA	TAR	IPBPA	R/PA <sup>1</sup>
Concentração (C)	3	13,5968 <sup>ns</sup>	13,6319 <sup>ns</sup>	16,5993 <sup>ns</sup>	0,006 <sup>ns</sup>	0,0072 <sup>ns</sup>
Substrato (S)	2	22,5758*	14,4462 <sup>ns</sup>	123,517**	0,017**	0,0167 <sup>ns</sup>
Interação C x S	6	7,2022 <sup>ns</sup>	7,1279 <sup>ns</sup>	12,4135 <sup>ns</sup>	0,0040 <sup>ns</sup>	0,0054 <sup>ns</sup>
Resíduo	24	4,4756	5,0344	8,4678	0,0051	0,0065
CV <sup>1</sup>	(%)	2,36	2,49	3,37	8,73	9,59

\*,\*\* significativo a 0,05 e 0,01, respectivamente, e <sup>ns</sup> não significativo, pelo teste F. GL: Grau de liberdade e CV: coeficiente de variação. <sup>1</sup>Valores transformados pela equação  $(X + 0,5)^{0,5}$ .

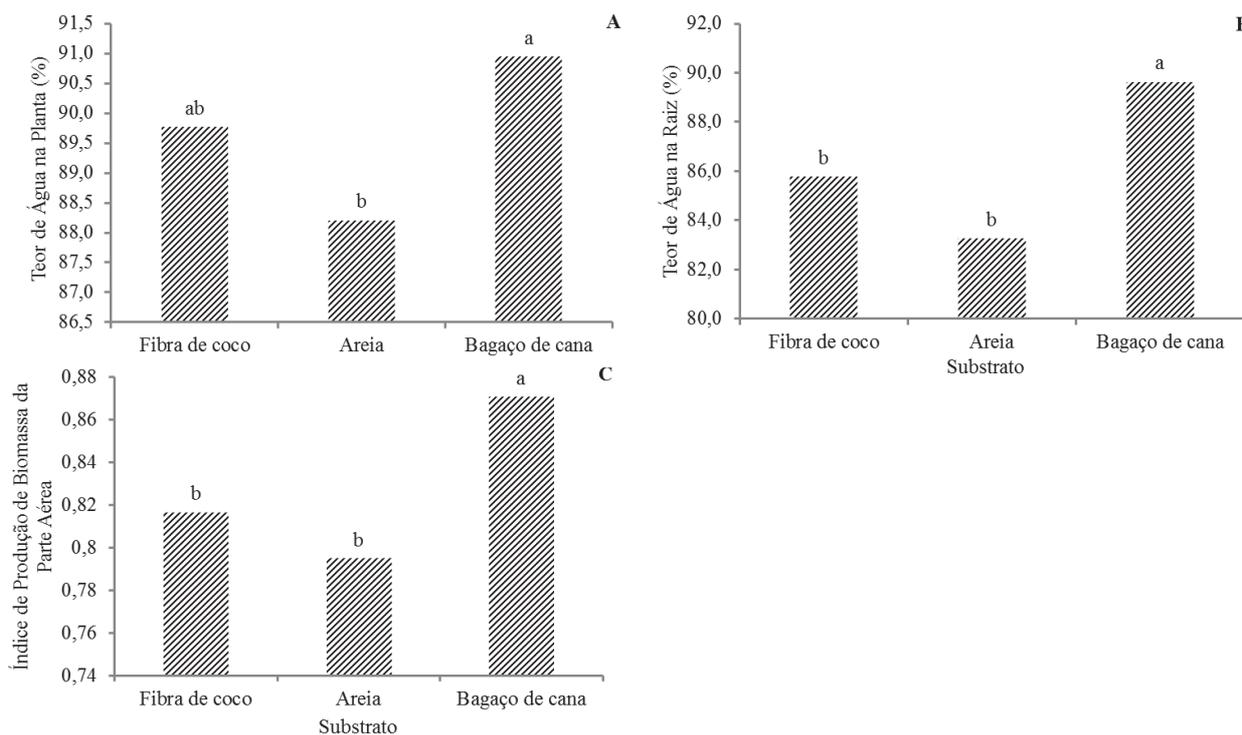


Figura 4. (A) Teor de água na planta, (B) teor de água na raiz e (C) índice de produção de biomassa da parte aérea de plantas de girassol, cv. EMBRAPA 122-V2000, aos 20 DAS, cultivadas em sistema semi-hidropônico utilizando diferentes substratos e efluente doméstico coletado no período chuvoso no preparo da solução nutritiva.

## CONCLUSÃO

1. A interação entre a variação da concentração nutricional e os substratos de cultivo influenciou o comportamento do comprimento e diâmetro do caule, a fitomassa fresca total, da parte aérea e raiz, além da fitomassa seca da raiz de plantas de girassol aos 20 dias após o semeio, sendo observados os melhores resultados quando se utiliza 100% da concentração nutricional e fibra de coco como substrato;
2. A adição de nutrientes no efluente doméstico coletado no período chuvoso e, portanto, diluído por águas pluviais, é viável para suprir as necessidades hídricas e nutricionais do girassol, cv. EMBRAPA 122-V2000, na fase de crescimento inicial;
3. A produção de fitomassa, os índices fisiológicos e aspectos de crescimento de plantas de girassol, cv. EMBRAPA 122-V2000, aos 20 dias após a semeadura,

apresentam melhores resultados quando cultivadas em fibra de coco, seguidas pelas plantas cultivadas em areia, não sendo recomendado o uso de bagaço de cana de açúcar como substrato.

## **REFERÊNCIAS**

APHA - American Public Health Association; AWWA - American Water Works Association; WPCF - Water Pollution Control Federation. Standard methods for the examination of water and wastewater. 13th. Ed., Washington, 1991, p. 62-65.

ANDRADE, L. O. DE; NOBRE, R. G.; SOARES, F. A. L.; GHEYI, H. R.; FIGUEIREDO, G. R. G. DE; SILVA, L. A. da. Germinação e crescimento inicial de plantas de girassol (*Helianthus annuus*L.) irrigadas com água residuária. Revista Educação Agrícola Superior, v.22, p.48-50, 2007.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. A qualidade de água na agricultura. 2. ed. Campina Grande: UFPB, 1999, 153p. (FAO. Estudos Irrigação e Drenagem, 29 revisado 1)

BRAZ, M.R.S.; ROSSETTO, C.A.V. Estabelecimento de plântulas e desempenho de plantas em resposta ao vigor dos aquênios de girassol. Ciência Rural, v.39, p.1997-2003, 2009.

CAVALLINI, J. M. Sistemas integrados de tratamiento y uso de aguas residuales em América Latina: Realidad y potencial. In: Congresso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, 28, 2002, Cancun. Anales... Cancun, 2002.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). Manual de métodos de análise de solo. 2. ed. rev. atual. Rio de Janeiro, 1997. 212 p.

FERREIRA, D.F. SISVAR: Um programa para análises e ensino de estatística. Revista Symposium, Lavras, v. 6, p. 36-41, 2008.

FIGUEIREDO, G. R. G. DE; ANDRADE, L. O. DE; BATISTA, D. S.; FARIAS, G. DE A.; NOBRE, R. G.; RÊGO, E.R. do. Produção de mudas de girassol ornamental (*Helianthus annuus* L. Cv. Dobrado sungold) em diferentes substratos. Revista Educação Agrícola Superior, v. 23, p. 105-107, 2008.

FURLANI, P.R.; BOLONHEZI, D.; SILVEIRA, L.C. & FAQUIN, V. Cultivo hidropônico de plantas. Campinas, Instituto Agrônômico, 1999. 52 p. (Boletim técnico, 180)

LABORIAL, L. G.; VALADARES, M. B. On the germination of seeds of *Calotropis procera*. Anais da Academia Brasileira de Ciências, v.48, p.174-186, 1976.

LINHARES, P.C.F.; ABREU, W.B. DE; MENEZES NETTO, A.C.; SANTOS, V.G. DOS; SOUZA, A.H. DE; MARACAJÁ, P.B. Substratos na emergência e no vigor de plântulas de girassol. Revista de Biologia e Ciências da Terra, v.5, online, 2005.

MAGUIRE, J.D. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seeding emergence and vigor. Crop Science, v.2, p.176-177, 1962.

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

PEREIRA, M.R.R.; TEIXEIRA, R.N.; SOUZA, G.S.F.; SILVA, J.I.C.; MARTINS, D. Inibição do desenvolvimento inicial de plantas de girassol, milho e triticale por palhada de capim-colchão. Planta Daninha, v. 29, p. 305-310, 2011.

RAMOS, N. P.; NOVO, M. DE C. DE S. S.; LAGO, A. A.; UNGARO, R. M. G. Girassol: emergência e crescimento inicial de plantas sob resíduos de cana-de-açúcar. Revista Ciencia Rural, v.39, online, 2008.

SANTOS JÚNIOR, J. A.; GHEYI, H. R.; DIAS, N. DA S.; GUEDES FILHO, D. H. Substratos e frequências de irrigação utilizando efluente doméstico na emergência e vigor do girassol. *Water Resources and Irrigation Management*, v. 2, n. 2, 2013.

SANTOS JÚNIOR, J. A.; GHEYI, H. R.; GUEDES FILHO, D. H.; DIAS, N. DA S.; SOARES, F. A. L. Cultivo de girassol em sistema hidropônico sob diferentes níveis de salinidade. *Revista Ciência Agronômica*, v.42, p.842-849, 2011.

SILVA, E. A. DA; TOSTA, M. DA S.; MENDONÇA, V.; OLIVEIRA, A. C. DE; MENEGAZZO, M. L. Efeito da utilização de biossólido no desenvolvimento inicial de plantas de girassol. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v. 6, p. 112-119, 2011.

SILVA, T. G. F. DA; ZOLNIER, S.; GROSSI, J. A. S.; BARBOSA, J. G.; MOURA, C. R. W.; MUNIZ, M. A. Crescimento do girassol ornamental cultivado em ambiente protegido sob diferentes níveis de condutividade elétrica de fertirrigação. *Revista Ceres*, v. 56, p. 602-610, 2009.

# Capitulo III

---

## *Subitem III.7*

**Crescimento do girassol irrigado com efluente doméstico em diferentes  
concentrações sob condições semi-hidroponicas**

*Growth of sunflower irrigated with domestic effluent in different concentrations  
under semi-hydroponic conditions*

**Crescimento do girassol irrigado com efluente doméstico em diferentes concentrações sob condições semi-hidroponicas**

**Resumo:** A utilização do efluente doméstico em cultivos semi-hidropônicos, tanto incrementa a oferta de água em regiões de escassez quanto recicla os nutrientes nela contidos disponibilizando-os às plantas. No período chuvoso, entretanto, essa concentração é reduzida, tornando necessária a sua complementação visando o aproveitamento agrícola. Considerando estes aspectos, buscou-se com o presente trabalho, analisar o crescimento e desenvolvimento de plantas de girassol cultivadas em sistema semi-hidropônico, utilizando efluente doméstico coletado no período chuvoso no preparo de soluções nutritivas com concentrações nutricionais crescentes (55; 70; 85 e 100%) à base de NPK, em diferentes substratos de cultivo (fibra de coco, areia e bagaço de cana de açúcar). Os tratamentos foram distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado, analisado em esquema fatorial 4x3, com três repetições, totalizando 36 unidades experimentais. Concluiu-se que o comprimento e diâmetro do caule, número de folhas e área foliar cresceu linearmente até aos 42 dias após a semeadura em função das concentrações nutricionais testadas, desde que cultivadas em fibra de coco ou areia.

**Palavras-chave:** Qualidade de água. Nutrição de Plantas. Hidroponia.

**Growth of sunflower irrigated with domestic effluent in different concentrations under semi-hydroponic conditions**

**Abstract:** The use of domestic effluent in semi-hydroponic cultivation, increases the supply of water in scarcity regions as well as recycles the nutrients contained therein making them available to plants. In the rainy season, however, the concentration of nutrients is reduced, making it necessary its complementation targeting the agricultural use. Considering these aspects, in the present work the growth and development of sunflower plants grown in semi-hydroponic system using domestic effluent collected in the rainy season in the preparation of nutrient solutions with nutrient concentrations increasing (55; 70; 85 e 100%) based on NPK and different substrates (coconut fiber, sand and sugar cane bagasse); these treatments were distributed in a completely

randomized design, analysed in a 4x3 factorial design with three replications, totaling 36 experimental units. It was found that the length and stem diameter, number of leaves and leaf area increased linearly up to 42 days after sowing in any nutrient concentrations tested since grown in coconut fiber or sand.

**Keywords:** Water quality. Plant Nutrition. Hydroponics.

## INTRODUÇÃO

A utilização do efluente doméstico na irrigação das culturas vem sendo utilizada como estratégia eficaz no convívio com a escassez de recursos hídricos em regiões áridas e semiáridas (Azevedo et al., 2013). O seu uso permite a reciclagem tanto de água como de nutrientes em um intercâmbio entre as regiões produtoras e consumidoras de produtos agrícolas, proporcionando aos sistemas de produção dessas regiões disponibilidade de água para expansão dos cultivos e redução dos custos com aquisição de fertilizantes.

No entanto, em trabalhos desenvolvidos por Santos Júnior et al. (2013), observou-se que durante o período chuvoso, dado a diluição proveniente das águas pluviais, ocorre a redução da concentração nutricional dos efluentes domésticos armazenados em mananciais abertos, reduzindo assim o seu potencial de aproveitamento no preparo da solução nutritiva. Este fato torna imprescindível o desenvolvimento de pesquisas que indiquem formas simples de reposição nutricional que viabilizem o aproveitamento destes efluentes o ano todo.

Os sistemas de cultivo semi-hidropônicos, notadamente conhecidos pela eficiência, também facilitam a absorção de água e nutrientes pelas plantas, haja vista que o seu potencial matricial tende a ser zero o que torna mínimo o gasto de energia pelas plantas na absorção (Santos Júnior et al., 2011). Outra vantagem é a redução do contato do homem e da parte aérea das plantas com a solução, minimizando assim, os riscos de contaminação.

Os substratos utilizados neste sistema de cultivo, mais do que exercer a função de suporte às plantas, proporcionam adequado suprimento de ar e água ao sistema radicular. Estes devem ser isentos de fitopatógenos, de fácil manejo, baixo custo, alta disponibilidade e ter longa durabilidade. Alguns autores têm estudado a utilização de

substratos alternativos a partir de materiais predominantes em suas regiões como a palha de arroz (Medeiros et al., 2008), bagaço de cana de açúcar (Paula et al., 2011), casca de amendoim (Melo et al., 2012), fibra de coco (Queiroz et al., 2013) e areia lavada.

No entanto, a sustentabilidade financeira de um sistema de produção utilizando o conceito da hidroponia, necessita estar dentro de um plano de negócios que utilize plantas de elevado valor comercial, a exemplo da olericultura e floricultura. A flor do girassol, por exemplo, apresenta ampla adaptabilidade às diferentes condições edafoclimáticas e o seu rendimento é pouco influenciado pela latitude, altitude e fotoperíodo; seu cultivo têm se expandido no semiárido brasileiro, já que trata-se de uma cultura da qual aproveita-se todas as suas partes com alto valor comercial (Nobre et al., 2009) devido às suas características peculiares de rusticidade, resistência à seca e beleza.

A análise do crescimento das plantas de girassol, para fins ornamentais, em função da variação da concentração nutricional da solução nutritiva preparada com efluente doméstico é de suma importância, já que os maiores índices de crescimento observados em plantas de girassol irrigadas com efluente doméstico estão atrelados à elevada disponibilidade de nutrientes do efluente, em especial o nitrogênio, elemento que proporciona redução de até 60% na produtividade em decorrência de sua deficiência (Khalil et al., 2008; Awad e Ghrib, 2009).

Então, buscou-se no presente trabalho analisar os parâmetros de crescimento e desenvolvimento de plantas de girassol, para fins de flor de corte, cultivadas em sistema semi-hidropônico utilizando efluente doméstico coletado durante o período chuvoso no preparo da solução nutritiva, e diferentes substratos.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

As atividades experimentais ocorreram em casa de vegetação entre novembro de 2011 e janeiro de 2012 na UFCG, Campina Grande, PB (7°12'52" de latitude Sul, 35°54'24" de longitude Oeste com altitude media de 550 m). As plantas foram cultivadas em vasos de 6 L com quatro furos na base; adicionou-se 0,5 kg de brita e, posteriormente, uma tela de nylon que separava a brita de 1 kg de substrato seco ao ar (Tabela 1). Em seguida depositaram-se estes vasos em bacias, adaptadas com um tubo de drenagem, ligando-as a um reservatório coletor (garrafa PET), de modo que em cada

evento de irrigação a solução preenchesse todo volume do substrato e drenasse lentamente até a bacia e, posteriormente, fosse coletado.

Tabela 1. Caracterização físico-química dos substratos de cultivo, EMBRAPA, 1997

Substrato	N	P	K	da	dr	Y
	g kg <sup>-1</sup>	g kg <sup>-1</sup>	g kg <sup>-1</sup>	g cm <sup>-3</sup>	g cm <sup>-3</sup>	(%)
Fibra de coco	0,45	3,67	14,88	0,56	0,14	75
Areia	nd	nd	nd	1,55	2,65	42
Bagaço de cana de açúcar	5,43	1,08	6,58	0,33	0,086	74

N: nitrogênio; P: fósforo; K: potássio; Da: densidade aparente; Dr: densidade real; Y: porosidade; nd: não determinado.

Estudou-se a variedade de girassol EMBRAPA 122-V2000, cujas sementes foram fornecidas pela EMBRAPA Soja. Nove sementes foram distribuídas no substrato em formato octogonal mais uma no centro, a uma profundidade de 2 cm, visando uma distância uniforme entre as plantas; aos 20 dias após a semeadura (DAS), realizou-se o desbaste, deixando-se apenas uma planta por unidade experimental.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, analisado em esquema fatorial 4 x 3 com três repetições, totalizando 36 unidades experimentais. Testou-se o efeito de quatro soluções nutritivas com diferentes concentrações de NPK (S<sub>1</sub> – 55% de NPK; S<sub>2</sub> – 70% de NPK; S<sub>3</sub> – 85% de NPK e S<sub>4</sub> - 100% de NPK) baseadas no quantitativo proposto por Furlani et al. (1999) (Tabela 2) e preparadas em efluente doméstico (ED) coletado durante o período chuvoso sobre o crescimento e desenvolvimento de plantas de girassol cultivadas em três substratos (fibra de coco, areia e bagaço de cana de açúcar).

Tabela 2. Composição da solução nutritiva padrão utilizada (Furlani et al. 1999).

Sal ou fertilizante	g 1000L <sup>-1</sup>
Nitrato de cálcio hydro especial	750,0
Nitrato de potássio	500,0
Fosfato monoamônico (MAP)	150,0
Sulfato de magnésio	400,0
Sulfato de cobre	0,15
Sulfato de zinco	50,0
Sulfato de manganês	1,50
Ácido bórico	1,50
Molibdato de sódio (Na <sub>2</sub> M <sub>0</sub> O <sub>4</sub> 2H <sub>2</sub> O),	0,15
Molibdato de amônio	0,15
Tenso-Fe (FeEDDHMA-6% Fe,)	30,0

No manejo da irrigação foi aplicado um volume inicial de 2 L de solução nutritiva por vaso com reaplicação diária do volume drenado às 8, 12 e 16 horas, ou seja, às 8 horas mensurava-se o volume da solução drenada e coletada, anotava-se, e em seguida, aplicava-se aos vasos; às 12 e às 16 horas a solução drenada era apenas reaplicada. Quando o volume percolado atingia o limite de 500 mL, era descartado e utilizava-se nova solução nutritiva conforme tratamento. Com o aumento do consumo hídrico médio das plantas, após os 36 DAS, o volume inicial utilizado foi de 3 L, visando uniformizar a disponibilidade de água para as plantas dos diferentes tratamentos.

Visando evitar a sazonalidade da concentração de nutrientes, o efluente doméstico foi coletado apenas uma vez, no final do período chuvoso, que em 2011 aconteceu no mês de setembro; então, com auxílio de pano de algodão foi filtrado e armazenado em quantidade suficiente para toda pesquisa, cerca de 2000 L. As características físico-químicas do efluente doméstico foram determinadas segundo metodologia recomendada pela America Public Health Association (APHA), no Laboratório de Referência em Dessalinização da UFCG e estão descritas na Tabela 3.

O efluente doméstico utilizado foi coletado no Riacho Bodocongó dentro da área da UFCG, cujas águas são receptoras do esgoto doméstico do Bairro Monte Santo, imediatamente a montante da área da pesquisa. De acordo com informações da Agência Executiva de Gestão das Águas da Paraíba – AESA, a precipitação acumulada em Campina Grande, PB, durante o ano de 2011 foi de 1.494,4 mm, sendo este considerado um ano atípico, haja vista que a série histórica de precipitação nesta região registra uma precipitação média anual acumulada de 764,3 mm.

Aos 21, 28, 35, 42 e 49 dias após a semeadura (DAS) foram mensurados os valores biométricos das plantas, a saber: comprimento da haste - CH; diâmetro da haste - DH; número de folhas - NF e área foliar - AF. O CH foi mensurado do colmo da planta, rente ao solo, até a bifurcação da última folha, entre a haste e o capítulo; o DH foi mensurado sempre no mesmo local, à altura de 0,05 m do CH em relação ao solo; no NF foram contabilizadas aquelas cujo tamanho da nervura central era superior a 0,03 m, sendo também sadias e fotossinteticamente ativas. A AF foi calculada utilizando o método proposto por Maldaner et al. (2009), a saber:  $AF = 0,1328 C^{2,5569}$  ( $R^2 = 0,87$ ), em que C é o comprimento da nervura central das folhas.

Os resultados do experimento foram submetidos à análise de variância, comparando-se por meio de análise de regressão as diferentes concentrações

nutricionais (fator quantitativo) e por meio de teste de médias (Tukey) os diferentes substratos (fator qualitativo) ao nível de 0,05 de probabilidade, utilizando-se software estatístico SISVAR versão 5.2 (Ferreira, 2008).

Tabela 3. Caracterização físico-química do efluente doméstico utilizado

Parâmetros	Resultados
CE a 25 °C (dS m <sup>-1</sup> )	1,17
pH	7,1
Turbidez (uT)	3,5
Cor, Unidade de Hazen (mgPt-Co L <sup>-1</sup> )	50
Dureza em Ca <sup>++</sup> (mg L <sup>-1</sup> )	49
Dureza em Mg <sup>++</sup> (mg L <sup>-1</sup> )	28,10
Dureza total (CaCO <sub>3</sub> ) (mg L <sup>-1</sup> )	239,5
Na <sup>+</sup> (mg L <sup>-1</sup> )	131,4
K <sup>+</sup> (mg L <sup>-1</sup> )	11,00
Al <sup>3+</sup> (mg L <sup>-1</sup> )	0,00
Ferro total (mg L <sup>-1</sup> )	0,18
Alcalinidade em hidróxidos (CaCO <sub>3</sub> ) (mg L <sup>-1</sup> ),	0,00
Alcalinidade em carbonatos (CaCO <sub>3</sub> ) (mg L <sup>-1</sup> ),	0,00
Alcalinidade em bicarbonatos (CaCO <sub>3</sub> ) (mg L <sup>-1</sup> ),	248,8
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> (mg L <sup>-1</sup> )	18,0
Fósforo total (mg L <sup>-1</sup> )	4,0
Cl <sup>-</sup> (mg L <sup>-1</sup> )	198,8
N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg L <sup>-1</sup> )	0,04
N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg L <sup>-1</sup> )	0,00
N-NH <sub>3</sub> (mg L <sup>-1</sup> )	6,58
SiO <sub>2</sub> (mg L <sup>-1</sup> )	7,8
ILS (Índice de Saturação de Langelier)	-0,40
Total de sólidos dissolvidos secos a 180° C (mg L <sup>-1</sup> )	754,4

Metodologia utilizada APHA (1991)

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O comprimento médio do caule (CC) das plantas de girassol foi influenciado positivamente pela concentração nutricional aos 21, 35 e 42 DAS, fato que não se observou aos 28 e 49 DAS (Tabela 4).

O comportamento do CC do girassol em função da variação nutricional pôde ser descrito por uma equação de regressão linear crescente (Figura 1A), na qual se observa que, com o avançar do estágio fenológico da planta, o efeito da adição de nutrientes é mais intenso, haja vista que o contraste entre a adição de 55 e 100% aumentou de 19,23% aos 21 DAS para 28,4% aos 42 DAS e o aumento médio do comprimento do

caule por incremento unitário da concentração nutricional (%) foi de 0,53% aos 21 DAS para 0,88% aos 42 DAS.

Tabela 4. Resumo da ANOVA para o comprimento médio do caule de plantas de girassol (cv. EMBRAPA 122-V2000), em diferentes datas, cultivadas em sistema semi-hidropônico utilizando efluente doméstico coletado durante o período chuvoso no preparo da solução nutritiva, e crescidas em diferentes substratos.

Causa de variação	GL	Quadrado Médio <sup>1</sup>				
		Comprimento do Caule (cm)				
		21 DAS	28 DAS	35 DAS	42 DAS	49 DAS
Concentração (C)	3	0,248**	0,821 <sup>ns</sup>	0,791**	4,602**	0,880 <sup>ns</sup>
Reg. Linear	1	0,418**	-	1,612**	12,550**	2,374 <sup>ns</sup>
Substrato (S)	2	1,683**	8,965**	19,417**	36,591**	76,558**
Interação C x S	6	0,174 <sup>ns</sup>	0,185 <sup>ns</sup>	0,606 <sup>ns</sup>	1,639**	2,159**
Resíduo	24	0,064	0,261	0,241	0,510	0,459
CV	(%)	6,44	9,41	7,39	8,99	7,41

\*,\*\* significativo a 0,05 e 0,01, respectivamente, e <sup>ns</sup> não significativo, pelo teste F. GL: Grau de liberdade e CV: coeficiente de variação. <sup>1</sup>Valores transformados pela equação  $(X + 0,5)^{0,5}$ .

Andrade et al. (2012) estudando o crescimento de girassóis ornamental cultivado em solo e irrigado com água residuária tratada (coletada em período seco) observou para a variedade EMBRAPA 122-V2000 resultados médios de CC de 26 cm aos 24 DAS e 81,4 cm aos 45 DAS, valores que apresentam tendências similares as verificadas no presente trabalho, para as plantas sob 100% da concentração nutricional. O efeito positivo do uso do efluente doméstico na agricultura sobre o comprimento do caule também foi observado em outras espécies, em plantas de *E. citriodora* (FREIRE et al. 2006), em plantas de milho (Costa et al. 2009).

Quanto ao efeito dos substratos estudados observou-se (Figura 1B) que o CC das plantas cultivadas em fibra de coco e areia não diferiram significativamente ( $p > 0,05$ ) entre si em nenhuma época de avaliação, no entanto, ambas diferiram em relação às plantas cultivada em bagaço de cana de açúcar em que se verificou valor médio 2,9 vezes menor que o observado nas plantas cultivadas em fibra de coco e areia aos 49 DAS. Carrijo *et al.* (2002) ao compararem a fibra de coco com outros sete tipos de substratos observaram uma leve superioridade da fibra de coco em termos absolutos na produção comercial de tomate, produzindo cerca de 1 tonelada a mais de frutos comerciais na mesma área que o pó de serra ou serragem no três anos de avaliação. O

efeito positivo do uso de substratos contendo fibra de coco na produção de mudas de tomate, possivelmente associado a uma maior capacidade de disponibilidade de nutrientes e água, também foi observado por Carrijo *et al.* (2004).

Na análise do desdobramento do fator substrato dentro da concentração nutricional, aos 42 DAS (Figura 1C), verificou-se resultados significativos apenas no CC das plantas sob 100% da concentração nutricional e, dentro desta dosagem, não houve diferença significativa entre o CC das plantas cultivadas em fibra de coco e areia, sendo estas, cerca de 60% maiores que o CC observado nas plantas cultivadas em bagaço de cana de açúcar.

Aos 49 DAS (Figura 1D) observou-se nas plantas sob 85% da concentração nutricional um CC de 128,6; 106,83 e 31,8 cm nas plantas cultivadas em fibra de coco, areia e bagaço de cana de açúcar, respectivamente; nesta mesma data, nas plantas sob 100% da concentração nutricional verificaram-se valores médios de 140,3; 114 e 38 cm nas plantas cultivadas na fibra de coco, areia e bagaço de cana de açúcar, respectivamente. Em ambas as concentrações não houve diferença significativa ( $p > 0,05$ ) entre os resultados observados em fibra de coco e areia.

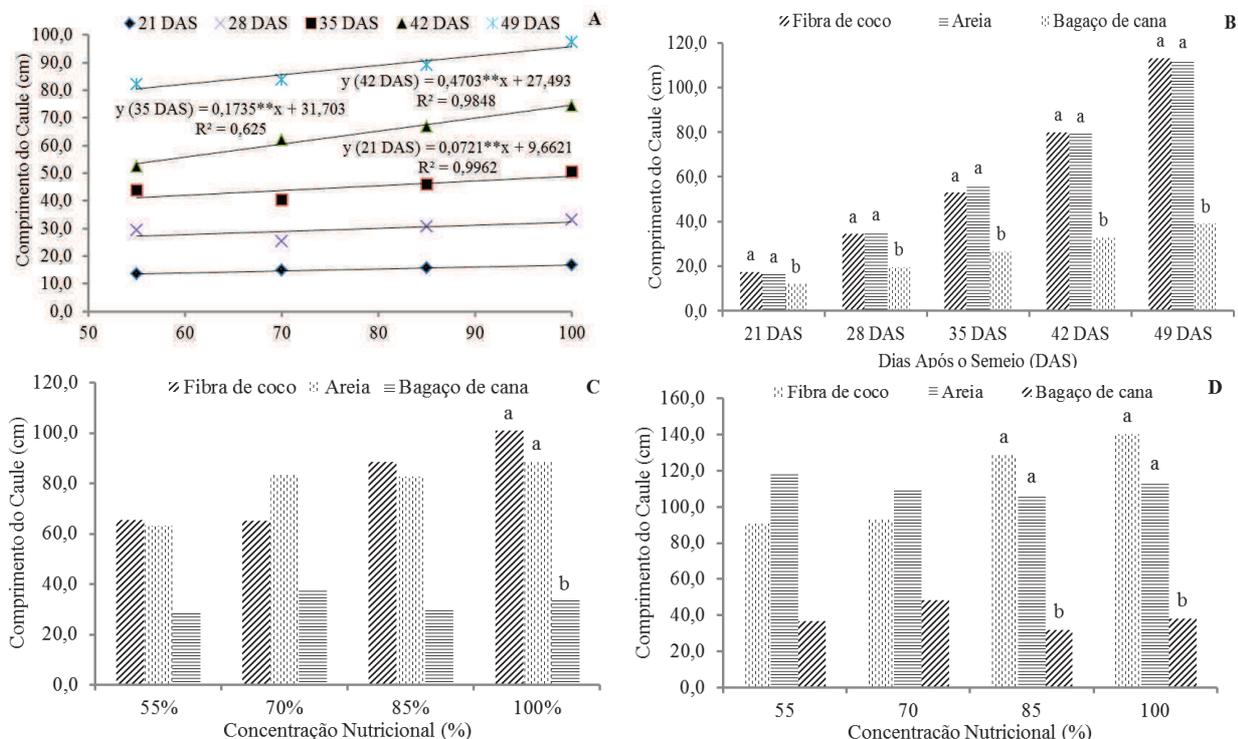


Figura 1. Comprimento do caule aos 21, 28, 35, 42 e 49 DAS (A) em função da concentração nutricional e (B) dos substratos; desdobramento do fator substrato dentro do fator concentração nutricional aos (C) 42 DAS e (D) aos 49 DAS para o

comprimento médio do caule de plantas de girassol (cv. EMBRAPA 122-V2000) cultivadas em sistema semi-hidropônico utilizando efluente doméstico coletado durante o período chuvoso no preparo da solução nutritiva, e crescidas em diferentes substratos.

O diâmetro médio do caule das plantas foi influenciado significativamente ( $p < 0,01$ ) e positivamente pelo fator concentração nutricional aos 21, 28, 35 e 42 DAS e pelo fator substrato de cultivo em todas as épocas avaliadas (Tabela 5). A interação entre os tratamentos influenciou o comportamento desta variável aos 21, 28 e 35 DAS.

Tabela 5. Resumo da ANOVA para o diâmetro do caule de plantas de girassol (cv. EMBRAPA 122-V2000), em diferentes datas, cultivadas em sistema semi-hidropônico utilizando efluente doméstico coletado durante o período chuvoso no preparo da solução nutritiva, e crescidas em diferentes substratos.

Causa de variação	GL	Quadrado Médio <sup>1</sup>				
		Diâmetro do Caule (mm)				
		21 DAS	28 DAS	35 DAS	42 DAS	49 DAS
Concentração (C)	3	0,024 <sup>**</sup>	0,098 <sup>**</sup>	0,134 <sup>**</sup>	0,2214 <sup>**</sup>	0,038 <sup>ns</sup>
Reg. Linear	1	0,056 <sup>**</sup>	0,205 <sup>*</sup>	0,333 <sup>**</sup>	0,609 <sup>**</sup>	-
Substrato (S)	2	0,359 <sup>**</sup>	1,357 <sup>**</sup>	3,910 <sup>**</sup>	4,742 <sup>**</sup>	6,766 <sup>**</sup>
Interação C x S	6	0,021 <sup>**</sup>	0,078 <sup>**</sup>	0,143 <sup>**</sup>	0,155 <sup>ns</sup>	0,094 <sup>ns</sup>
Resíduo	24	0,004	0,024	0,038	0,061	0,059
CV	(%)	3,71	6,89	7,37	7,96	7,52

<sup>\*</sup>, <sup>\*\*</sup> significativo a 0,05 e 0,01, respectivamente, e <sup>ns</sup> não significativo, pelo teste F. GL: Grau de liberdade e CV: coeficiente de variação. <sup>1</sup>Valores transformados pela equação  $(X + 0,5)^{0,5}$ .

Na análise do desdobramento da interação entre os fatores aos 21 DAS observa-se que sob 100% da concentração nutricional, não há diferença significativa ( $p > 0,05$ ) entre o diâmetro da haste das plantas cultivadas em fibra de coco e areia, no entanto, a variação média entre a espessura das hastes das plantas cultivadas em fibra de coco e bagaço de cana de açúcar chega a 100% (Figura 2A).

Aos 28 DAS, no desdobramento da interação entre os fatores, notou-se uma diferença média entre o diâmetro da haste das plantas cultivadas em fibra de coco e bagaço de cana de açúcar de até 40%, dentro de 55% da concentração nutricional; ainda nesta época de avaliação, porém sob 85% da concentração nutricional, não se verifica diferença significativa ( $p > 0,05$ ) entre o DC das plantas cultivadas em fibra de coco e areia, as quais chegam a ser 2,15 vezes mais espessas que a haste das plantas cultivadas em bagaço de cana de açúcar. Sob 100% da concentração nutricional, a variação no DC

das plantas cultivadas em fibra de coco e bagaço de cana de açúcar ultrapassa 100%, não havendo diferença significativa ( $p>0,05$ ) entre as plantas cultivadas em fibra de coco e areia (média de 6,5 mm) (Figura 2B), porém ambos foram significativos em relação ao bagaço de cana de açúcar.

No desdobramento da interação entre os fatores na análise da variável DC aos 35 DAS, notou-se significância para o fator substrato dentro do fator concentração nutricional. Observou-se que a haste das plantas cultivadas em fibra de coco são 1,68 vezes mais espessas que as hastes das plantas cultivadas em bagaço de cana de açúcar quando se utiliza 55% da concentração nutricional; quando a concentração nutricional é aumentada para 85 ou 100% não se observa diferença significativa entre fibra de coco e areia, com resultados médios de 5,8 e 6,5 mm, respectivamente, cuja variação em relação aos resultados obtidos em bagaço de cana de açúcar supera 100% (Figura 2C).

Aos 42 DAS verificou-se efeito crescente e significativo ( $p<0,01$ ) no diâmetro das hastes em função das concentrações nutricionais testadas, com variação de 19,04% entre a espessura média da haste das plantas sob 55 e 100% da concentração nutricional, em um intervalo linear e crescente à taxa de 0,62% por incremento unitário da concentração (Figura 2D). Resultados similares aos das plantas sob 100% de concentração nutricional foram encontrados por Ivanoff *et al.* (2010) que, utilizando formas de aplicação de nitrogênio em três cultivares de girassol na savana de Roraima, observaram valores médios de 12,2 mm. Ressalta-se que, como o objetivo do cultivo é ornamental, os resultados observados no presente experimento aos 49 DAS, ou seja, próximo da colheita das flores, independente da concentração nutricional testada, estão dentro do intervalo de 5 a 15 mm, indicados como padrão de qualidade aceitável por Grieve & Poss (2010).

Aos 42 e 49 DAS não se notou diferença significativa ( $p>0,05$ ) entre o comportamento do DC das plantas cultivadas em fibra de coco e areia, com resultados médios na ordem de 11 e 13 mm, respectivamente; as plantas cultivadas em bagaço de cana de açúcar apresentaram hastes com espessura média de 5 mm em ambas as épocas de avaliação mencionadas (Figura 2E).

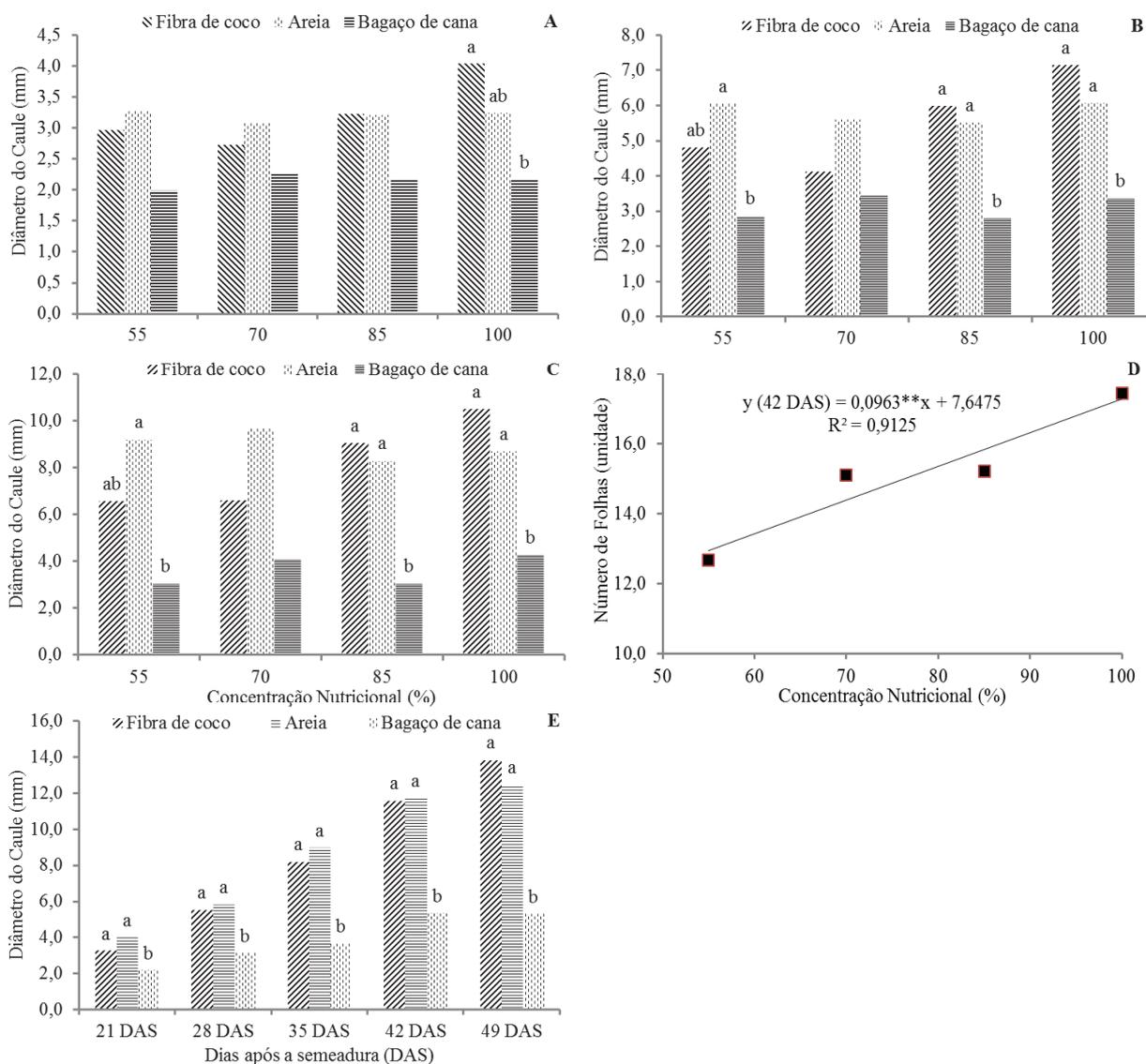


Figura 2. Resultados relacionados ao diâmetro médio do caule de plantas de girassol (cv. EMBRAPA 122-V2000) cultivadas em sistema semi-hidropônico utilizando efluente doméstico coletado durante o período chuvoso no preparo da solução nutritiva, e crescidas em diferentes substratos. Desdobramento do fator substrato dentro fator concentração nutricional aos (A) 21, (B) 28 e (C) aos 35 DAS. Diâmetro do caule aos (D) 42 DAS em função das concentrações nutricionais e (E) aos 49 DAS em função dos diferentes substratos de cultivo.

O NF das plantas de girassol foi influenciado significativamente ( $p < 0,01$ ) pela variação nutricional aos 21, 28, 35 e 42 DAS (Tabela 6).

Tabela 6. Resumo da ANOVA para o número de folhas do girassol (cv. EMBRAPA 122-V2000), em diferentes datas, cultivadas em sistema semi-hidropônico utilizando efluente doméstico coletado durante o período chuvoso no preparo da solução nutritiva, e crescidas em diferentes substratos.

Causa de variação	GL	Quadrado Médio <sup>1</sup>				
		Número de Folhas (unidade)				
		21 DAS	28 DAS	35 DAS	42 DAS	49 DAS
Concentração (C)	3	0,170**	0,358*	0,246**	0,516**	0,322 <sup>ns</sup>
Reg. Linear	1	0,398**	0,982**	0,661**	1,333**	-
Substrato (S)	2	0,650**	2,855**	6,624**	8,860**	10,571**
Interação C x S	6	0,056 <sup>ns</sup>	0,089 <sup>ns</sup>	0,183 <sup>ns</sup>	0,148 <sup>ns</sup>	0,135 <sup>ns</sup>
Resíduo	24	0,035	0,067	0,063	0,084	0,121
CV	(%)	7,91	9,05	7,35	7,52	8,58

\*,\*\* significativo a 0,05 e 0,01, respectivamente, e <sup>ns</sup> não significativo, pelo teste F. GL: Grau de liberdade e CV: coeficiente de variação. <sup>1</sup>Valores transformados pela equação  $(X + 0,5)^{0,5}$ .

Na Figura 3A e 3B observa-se que o comportamento do crescimento do número de folhas é descrito por uma equação de regressão linear e que o contraste entre o NF produzido pelas plantas sob 55 e 100% da concentração nutricional foi da ordem de 24; 30; 21 e 25% aos 21, 28, 35 e 42 DAS, respectivamente, verificando-se também um aumento no NF por incremento unitário da concentração nutricional (%) da ordem de 0,7; 0,91; 0,61 e 0,74% nas mesmas épocas do ciclo. Estes resultados diferem dos observados por Nobre *et al.* (2010), que estudando o crescimento e floração do girassol sob estresse salino e adubação nitrogenada, não verificaram, para a cv. EMBRAPA 122-V2000, efeito significativo das doses de N testadas sobre o número médio de folhas aos 26 e aos 50 DAS. No entanto, Souza *et al.* (2010) estudando a utilização de água residuária e de adubação orgânica no cultivo do girassol observaram efeitos significativos para o número médio de folhas aos 14 e 28 DAS, com médias superiores as observadas no presente trabalho aos 28 DAS nas plantas irrigadas com adição de 100% da concentração nutricional.

Os resultados verificados na Figura 3C indicam que não houve diferença significativa ( $p > 0,05$ ) no NF das plantas cultivadas em fibra de coco e areia, em todas as épocas de avaliação; resultados estes significativamente superiores às médias observadas nas plantas cultivadas no bagaço de cana de açúcar, em que se verificou média de 8,7 folhas, aos 49 DAS.

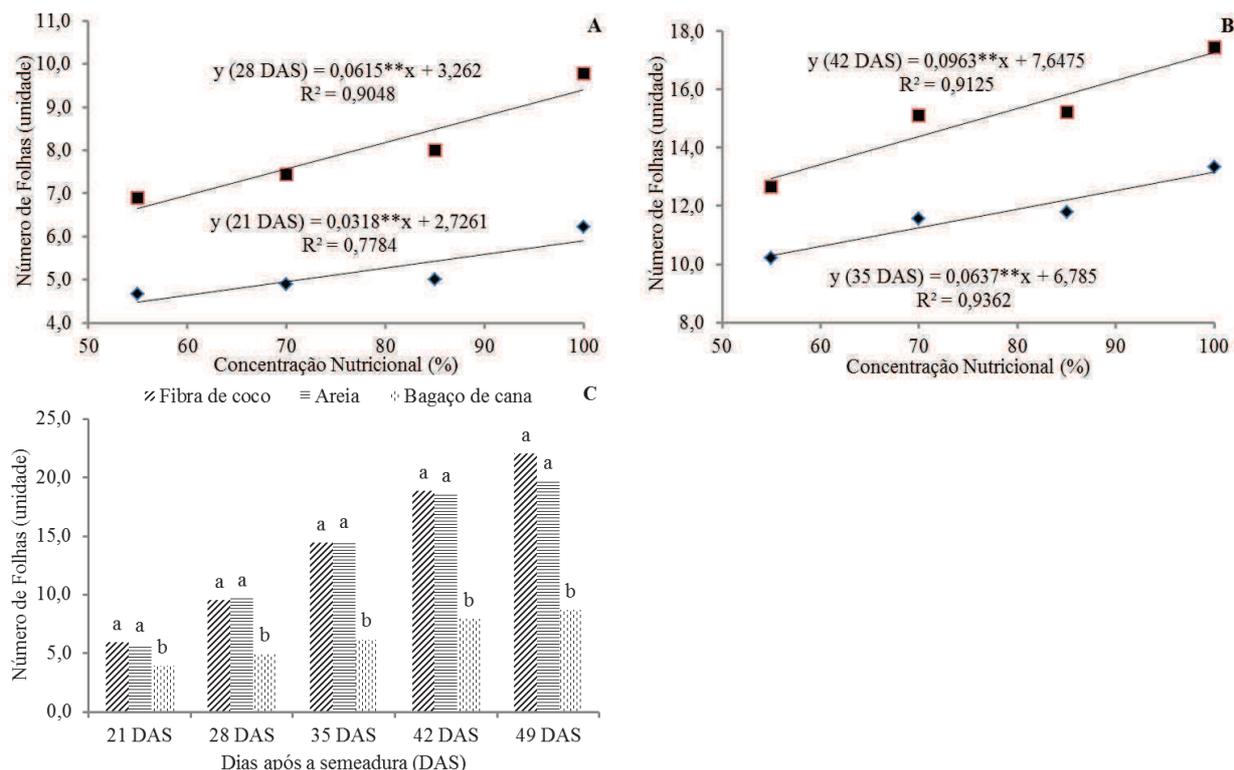


Figura 3. Número de folhas aos (A) 21, 28, (B) 35 e 42 DAS em função da concentração nutricional e (C) dos substratos de cultivo para plantas de girassol (cv. EMBRAPA 122-V2000) cultivadas em sistema semi-hidropônico utilizando efluente doméstico coletado durante o período chuvoso no preparo da solução nutritiva, e crescidas em diferentes substratos.

Conforme resumo da ANOVA (Tabela 7), a variação da concentração nutricional e os substratos de cultivo influenciaram o comportamento da AF das plantas de girassol em todas as épocas avaliadas, bem como a interação entre os fatores.

Aos 21 DAS, verificou-se, no desdobramento da interação entre os fatores, efeito significativo ( $p < 0,01$ ) do fator concentração nutricional dentro do fator substrato de cultivo; nesta análise não se percebeu diferenças significativas ( $p > 0,05$ ) na AF das plantas cultivadas em areia e bagaço de cana de açúcar em relação às diferentes concentrações; já a AF das plantas cultivadas em fibra de coco cresceu significativamente ( $p < 0,01$ ) e linearmente, à taxa de 5% por incremento unitário da concentração nutricional (Figura 4A). Ainda nesta época no ciclo, houve efeito significativo do fator substrato dentro das concentrações nutricionais testadas; na Figura 4B observa-se que só houve variações da AF em função dos substratos dentro de 100% da concentração nutricional, não sendo observada diferença significativa entre a AF das

plantas cultivadas em fibra de coco (334,2 cm<sup>2</sup>) e areia (234,8 cm<sup>2</sup>), resultado 100 vezes superior ao observado no bagaço de cana de açúcar (Figura 4B).

Tabela 7. Resumo da ANOVA para a área foliar de plantas de girassol (cv. EMBRAPA 122-V2000), em diferentes datas, cultivadas em sistema semi-hidropônico utilizando efluente doméstico coletado durante o período chuvoso no preparo da solução nutritiva, e crescidas em diferentes substratos.

Causa de variação	GL	Quadrado Médio <sup>1</sup>				
		Área Foliar (cm <sup>2</sup> )				
		21 DAS	28 DAS	35 DAS	42 DAS	49 DAS
Concentração (C)	3	17,951**	53,697**	57,810 <sup>ns</sup>	167,09**	204,151**
Reg. Linear	1	-	-	-	395,87**	490,383**
Substrato (S)	2	215,77**	618,74**	2610,85**	6028,7**	9825,112**
Interação C x S	6	17,872**	27,421**	84,333**	238,00**	218,393**
Resíduo	24	1,710	1,184	28,910	37,089	51,586
CV	(%)	11,84	7,40	21,4	16,82	16,90

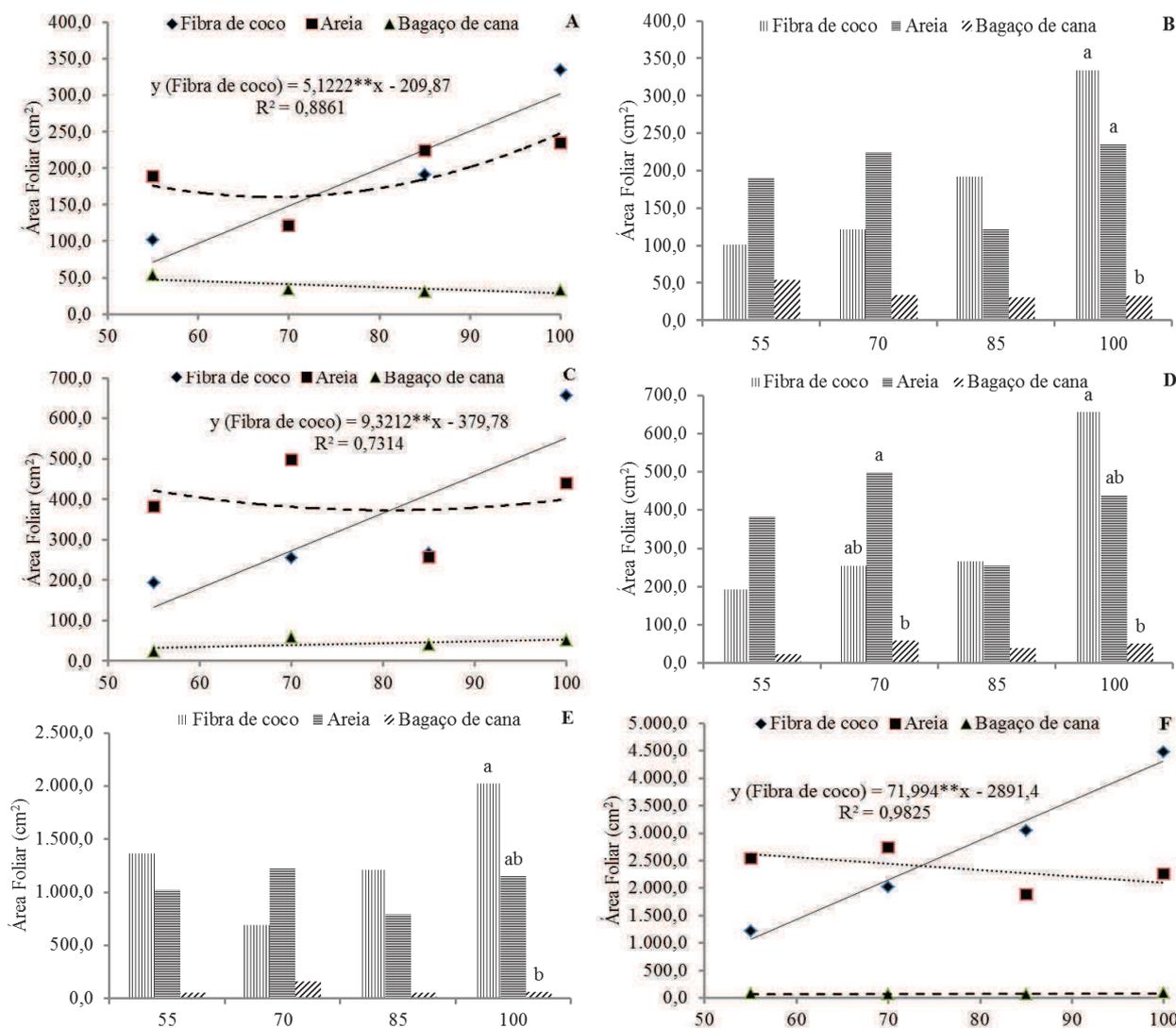
\*,\*\* significativo a 0,05 e 0,01, respectivamente, e <sup>ns</sup> não significativo, pelo teste F. GL: Grau de liberdade e CV: coeficiente de variação. <sup>1</sup>Valores transformados pela equação  $(X + 0,5)^{0,5}$ .

No desdobramento da interação entre os fatores na análise da AF aos 28 DAS, notou-se variações significativa ( $p < 0,01$ ) do fator concentração nutricional dentro do fator substrato de cultivo; nesta época do ciclo o fator concentração nutricional não causou efeito significativo na AF das plantas cultivadas em areia e bagaço de cana de açúcar, no entanto, as plantas cultivadas em fibra de coco apresentaram comportamento linear e crescente à taxa de 4,9% por incremento unitário da concentração nutricional (Figura 4C). Analisando-se o desdobramento do fator substrato dentro do fator concentração nutricional, notaram-se variações significativas ( $p < 0,05$ ) da AF em função dos substratos dentro de 70 e 100% da concentração nutricional; sob 70% da concentração nutricional observou-se AF média de 255 cm<sup>2</sup> nas plantas cultivadas em fibra de coco, 498 cm<sup>2</sup> nas plantas cultivadas em areia e 58 cm<sup>2</sup> nas plantas cultivadas em bagaço de cana de açúcar. Sob 100% da concentração observaram-se médias de 655 cm<sup>2</sup>, 439 cm<sup>2</sup> e 51 cm<sup>2</sup> nas plantas cultivadas em fibra de coco, areia e bagaço de cana de açúcar, respectivamente (Figura 4D).

Aos 35 DAS houve variações significativas ( $p < 0,05$ ) da AF em função dos substratos dentro de 100% da concentração nutricional; notou-se que nestas condições, a AF das plantas cultivadas em fibra de coco (5801,25 cm<sup>2</sup>) e areia (3091,24 cm<sup>2</sup>) não

diferem entre si, apresentando resultados superiores aos observados em bagaço de cana de açúcar (Figura 4E).

Aos 42 DAS o fator concentração nutricional não causou variações significativas na AF das plantas cultivadas em areia e bagaço de cana de açúcar (Figura 4F), entretanto a AF das plantas cultivadas em fibra de coco cresceu linearmente à taxa de 11% por incremento unitário da concentração nutricional. Observou-se comportamento similar em relação ao desdobramento do fator substrato dentro das concentrações nutricionais testadas, aos 42 e 49 DAS; observaram-se variações significativas ( $p < 0,05$ ) da AF em função dos substratos dentro de 85 e 100% da concentração nutricional; nestas condições não houve diferença significativa na AF das plantas cultivadas em fibra de coco e areia, cujas médias superam em mais de 100% os resultados observados em bagaço de cana (Figura 4G e 4H).



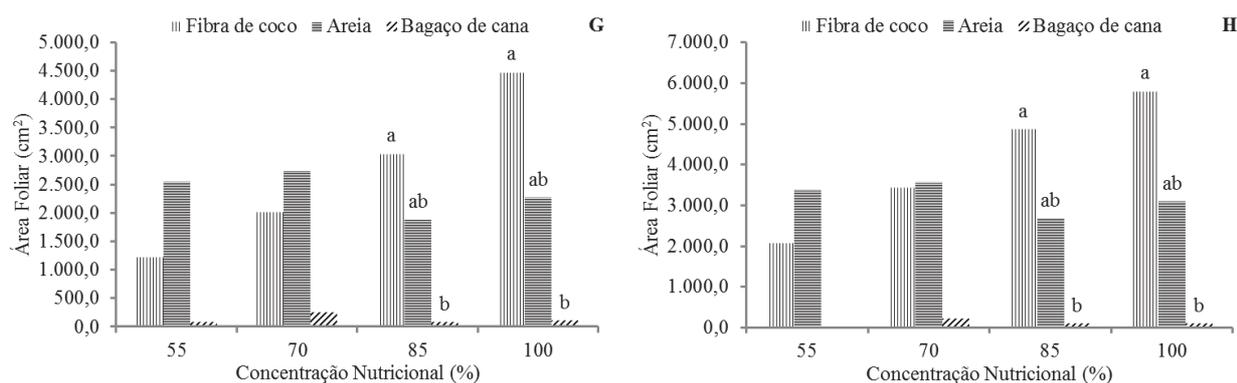


Figura 4. Resultados relacionados à área foliar de plantas de girassol (cv. EMBRAPA 122-V2000) cultivadas em sistema semi-hidropônico utilizando efluente doméstico coletado durante o período chuvoso no preparo da solução nutritiva, e crescidas em diferentes substratos. (A) Desdobramento do fator concentração nutricional dentro do fator substrato e (B) do fator substrato dentro do fator concentração nutricional aos 21 DAS. (C) Desdobramento do fator concentração nutricional dentro do fator substrato e (D) do fator substrato dentro do fator concentração nutricional aos 28 DAS. (E) Desdobramento do fator substrato dentro do fator concentração nutricional aos 35 DAS e (F) do fator concentração nutricional dentro do fator substrato aos 42 DAS. Desdobramento do fator substrato dentro do fator concentração nutricional aos (G) 42 e (H) 49 DAS.

## CONCLUSÕES

1. O comprimento e diâmetro do caule, número de folhas e área foliar cresceram linearmente até aos 42 dias após a semeadura em função das concentrações nutricionais testadas;
2. As plantas de girassol apresentam maiores índices de crescimento quando cultivadas em fibra de coco e areia, não sendo inviável o uso de bagaço de cana de açúcar como substrato de cultivo;
3. O aproveitamento do efluente doméstico coletado no período chuvoso no preparo da solução nutritiva é viável, desde que haja reposição nutricional em qualquer concentração testada, embora os melhores resultados tenham sido observados utilizando-se 100% da concentração nutricional.

**REFERÊNCIAS**

APHA - American Public Health Association; AWWA - American Water Works Association; WPCF - Water Pollution Control Federation. Standard methods for the examination of water and wastewater. 13th. Ed., Washington, 1991, p. 62-65.

ANDRADE, L. O. de; GHEYI, H. R.; NOBRE, R. G.; DIAS, N. da S.; NASCIMENTO, E. C. S. Qualidade de flores de girassóis ornamentais irrigados com águas residuária e de abastecimento. IDESIA, v. 30, n. 2, p. 19-27, 2012.

AWAD, M. M.; GHRIB, H. S. Productivity of some open pollinated sunflower populations under different nitrogen fertilizer rates in North Delta region. Journal of Agricultural Research, v. 35, n. 2, p. 503-521, 2009.

AZEVEDO, J. de; DUTRA, I.C.B.; COSTA, F.G.B.; BATISTA, R.O.; COSTA, L.R. da. Alterações químicas de cambissolo fertirrigado com água residuária doméstica tratada. Revista Agropecuária Científica no Semiárido, v. 9, n. 2, p. 66-76, 2013.

CARRIJO, O.A.; LIZ, R.S.; MAKISHIMA, N. Fibra da casca do coco verde como substrato agrícola. Horticultura Brasileira, v. 20, n. 4, p. 533-535, 2002.

CARRIJO, O. A.; VIDAL, M.C.; REIS, N.V.B. DOS; SOUZA, R.B. DE; MAKISHIMA, N. Produtividade do tomateiro em diferentes substratos e modelos de casas de vegetação. Horticultura Brasileira, v. 22, n. 1, p. 05-09, 2004.

COSTA, F.X.; Lima, V.L.A. de; Beltrão, N.E. de M. ; Azevedo, C.A.V. de; Soares F.A.L.; Alva, I.D.M. de. Efeitos residuais da aplicação de biossólidos e da irrigação com água residuária no crescimento do milho. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.13, n.6, p.687-693, 2009.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). Manual de métodos de análise de solo. 2. ed. rev. atual. Rio de Janeiro, 1997. 212 p.

FERREIRA, D.F. SISVAR: Um programa para análises e ensino de estatística. Revista Symposium, v. 6, n.1, p.36-41, 2008.

FREIRE, D.F.; MALAVASI, U.C.; MALAVASI, M.M. Efeitos da aplicação de biossólido no crescimento inicial de *Eucalyptus citriodora* hook. Revista de Ciências Agroveterinárias, v.5, n.2, p.102-107, 2006.

FURLANI, P.R.; BOLONHEZI, D.; SILVEIRA, L.C. & FAQUIN, V. Cultivo hidropônico de plantas. Campinas, Instituto Agrônomo, 1999. 52 p. (Boletim técnico, 180)

GRIEVE, C. M; POSS, J. A. Response of ornamental sunflower cultivars 'Sunbeam' and 'Moonbright' to irrigation with saline wastewaters. Journal of Plant Nutrition, v.33, p.1579-1592, 2010.

IVANOFF, M. E. A.; UCHÔA, S. C. P.; ALVES, J. M. A.; SMIDERLE, O. J.; SEDIYAMA, T. Formas de aplicação de nitrogênio em três cultivares de girassol na savana de Roraima. Revista Ciência Agronômica, v. 41, n. 3, p. 319-325, 2010.

KHALIL, H. E.; IBRAHIM H. M.; NAWAR, A. I. Defoliation time, plant density and N-level for sunflower as a forage and oil crop. Journal Advances of Agricultural Research, v. 13, n. 4, p. 748-763, 2008.

MALDANER, I. C.; HELDWEIN, A.B.; LOOSE, L.H.; LUCAS, D.D.P.; GUSE, F.I.; BORTOLUZZI, M.P. Métodos de determinação não-destrutiva da área foliar em girassol, Ciência Rural, v.39, n.5, p.1356-1361, 2009.

MEDEIROS, C. A. B.; STRASSBURGER, A. S.; ANTUNES, L. E. C. Avaliação de substratos constituídos de casca de arroz no cultivo sem solo do morangueiro. Horticultura Brasileira, v. 26, p. 4827-4831, 2008.

MELO, D. M.; CASTOLDI, R.; CHARLO, H. C. DE O.; GALATTI, F. DE S.; BRAZ, L. T. Produção e qualidade de melão rendilhado sob diferentes substratos em cultivo protegido. *Revista Caatinga*, v. 25, n. 1, p. 58-66, 2012.

NOBRE, R. G.; GHEYI, H.R.; ANDRADE, L. O.; SOARES, F. A. L.; NASCIMENTO, E.C.S. Crescimento do girassol irrigado com água residuária e adubação orgânica. *Revista DAE, Campinas*, v.3, n.4, p.50-60, 2009.

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

PAULA, L.; ROLIM, M. M.; BEZERRA NETO, E.; SOARES, T.M.; PEDROSA, E. M. R.; SILVA, E. F. de F. e. Crescimento e nutrição mineral de milho forrageiro em cultivo hidropônico com soro de leite bovino. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.15, n.9, p.931–939, 2011.

QUEIROZ, I. S. R.; LEITÃO, A.R.F.; FERREIRA, L.L.; DIAS, N. DA S.; COSME, C. R.; MOTA, A.F. Tolerância da berinjela à salinidade cultivada em substrato de fibra de coco. *Revista Agropecuária Científica no Semiárido*, v. 9, n. 2, p. 15-20, 2013.

SANTOS JÚNIOR, J. A. Manejo de águas salinas e residuárias na produção de flores de girassol em sistema hidropônico para regiões semiáridas. 2013, 256p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, PB, 2013.

SANTOS JÚNIOR, J. A.; GHEYI, H. R.; GUEDES FILHO, D. H.; DIAS, N. DA S.; SOARES, F. A. L. Cultivo de girassol em sistema hidropônico sob diferentes níveis de salinidade. *Revista Ciência Agronômica*, v.42, p.842-849, 2011.

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

# Capitulo III

---

## *Subitem III.8*

**Efluente doméstico em diferentes concentrações na produção de flores de girassol  
sob condições de semi-hidroponia**

*Domestic effluent on different concentrations in the production of flowers of sunflowers  
under semi-hydroponics conditions*

**Efluente doméstico em diferentes concentrações na produção de flores de girassol sob condições de semi-hidroponia**

**Resumo:** O aproveitamento do potencial nutricional do efluente doméstico para fins agrícolas é comprometido em períodos chuvosos pela a redução da concentração. Deste modo, buscou-se no presente trabalho analisar a produção e pós-colheita de flores de girassol cultivadas em sistema semi-hidropônico, utilizando efluente doméstico coletado no período chuvoso no preparo de quatro soluções nutritivas, com concentrações nutricionais crescentes (55; 70; 85 e 100%) à base de NPK e três substratos de cultivo (fibra de coco, areia e bagaço de cana de açúcar). O delineamento estatístico utilizado foi o inteiramente casualizado, analisado em esquema fatorial 4x3, com três repetições, totalizando 36 unidades experimentais. Verificou-se que embora os resultados mais expressivos tenham sido observados nas plantas sob 100% da concentração nutricional, obtêm-se flores de girassol com padrão comercial utilizando-se qualquer uma das concentrações testadas.

**Palavras-chave:** Reuso de água. Período chuvoso. Semiárido brasileiro.

**Domestic effluent on different concentrations in the production of flowers of sunflowers under semi-hydroponics conditions**

**Abstract:** The use of nutritional potential of domestic effluent for agricultural purposes is compromised during rainy periods by reducing of the concentration. Thus, we sought in this study to analyze the production and post-harvest of flowers of sunflowers grown in semi-hydroponic system using domestic effluent collected in the rainy season in the preparation four nutrient solutions with increasing nutrient concentrations (55, 70; 85 and 100%) based on NPK and three cultivation substrates (coir, sand and sugar cane bagasse). The experimental design was completely randomized, analyzed in 4x3 factorial design with three replications, totaling 36 experimental units. It was found that although the most significant results have been observed in plants under 100% of the concentration nutritional, obtains flowers with commercial standard using any concentrations tested.

**Keywords:** Reuse of water. Rainy season. Brazilian semiarid region.

## INTRODUÇÃO

O aproveitamento do potencial hídrico e nutricional do efluente doméstico para fins agrícolas tem sido objeto de diversas pesquisas envolvendo diferentes culturas (Santos Júnior *et al.*, 2011; Silva *et al.*, 2011; Sousa Neto *et al.*, 2012); entretanto, um dos questionamentos relevantes ao uso do efluente doméstico na agricultura está associado à concentração (Ribeiro *et al.* 2012), haja vista que esta depende de diversos fatores como proximidade de centros populacionais, densidade populacional, hábitos de consumo e da época do ano, já que na estação chuvosa ocorre redução na concentração nutricional em função da diluição por águas pluviais (Santos Júnior *et al.*, 2013).

Em face do elevado espectro de possibilidades de variação da concentração do efluente doméstico, faz-se necessário à realização de estudos que considerem os efeitos desta variação na produção das culturas e sugira formas de reposição nutricional para atenuá-la. Uma alternativa complementar que alia eficiência do uso da água a um melhor aproveitamento nutricional, é a utilização dos sistemas de cultivo semi-hidropônicos; uma vez que não utiliza a matriz do solo ( $\Psi_m$  tende a ser zero), ocorre à redução do gradiente de potencial total ( $\Delta\Psi_t$ ), favorecendo a absorção da água e nutrientes, contidos no efluente doméstico, pelas plantas.

Entretanto, a utilização destas tecnologias condiciona a viabilidade do empreendimento ao fato de estar dentro de um sistema de produção sistematizado e que utilize culturas com alto valor e liquidez de mercado, a exemplo do mercado de hortaliças e flores. De acordo com dados do Instituto Brasileiro de Floricultura, o setor movimentou em 2011 cerca de R\$ 4,3 bilhões, com estimativa de aumento de 12% em 2012. Atualmente, são nove mil os produtores registrados no País; estes são responsáveis pela geração de 194 mil empregos diretos, dos quais 96 mil (49,5%) relativos à produção, 6 mil (3,1%) relacionados à distribuição, 77 mil (39,7%) no varejo e 15 mil (7,7%) em outras funções, principalmente de apoio (IBRAFLOR, 2012).

Por apresentar boa adaptação ao clima e tolerância à seca (EMBRAPA, 2006) o girassol (*Helianthus annuus L.*) é uma alternativa para a floricultura especialmente de

regiões semiáridas, uma vez que atende a critérios técnicos e comerciais para o estabelecimento de uma cadeia produtiva estruturada.

Lastreado pelas informações acima mencionadas, o presente trabalho se propôs a analisar a viabilidade da utilização do efluente doméstico, coletado em período chuvoso, no preparo da solução nutritiva e seus efeitos sobre a produção e pós-colheita de flores de girassol cultivadas em sistema semi-hidropônico utilizando diferentes substratos.

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido entre novembro de 2011 e janeiro de 2012, em casa de vegetação da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) em Campina Grande, PB (7°12'52" de latitude Sul, 35°54'24" de longitude Oeste e altitude média de 550 m).

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, analisado em esquema fatorial 4 x 3 com três repetições, totalizando 36 unidades experimentais. Analisou-se os efeitos do uso do efluente doméstico, coletado na estação chuvosa, no preparo de quatro soluções nutritivas com concentrações crescentes de NPK (55; 70; 85 e 100%), baseadas no quantitativo proposto por Furlani et al. (1999) (Tabela 1), bem como o desempenho produtivo das plantas quando cultivadas em fibra de coco, areia e bagaço de cana de açúcar (Tabela 2).

Tabela 1. Composição da solução nutritiva padrão utilizada (Furlani *et al.* 1999).

Sal ou fertilizante	g 1000L <sup>-1</sup>
Nitrato de cálcio hydro especial	750,0
Nitrato de potássio	500,0
Fosfato monoamônico (MAP)	150,0
Sulfato de magnésio	400,0
Sulfato de cobre	0,15
Sulfato de zinco	50,0
Sulfato de manganês	1,50
Ácido bórico	1,50
Molibdato de sódio (Na <sub>2</sub> MoO <sub>4</sub> ·2H <sub>2</sub> O)	0,15
Molibdato de amônio	0,15
Tenso-Fe (FeEDDHMA-6% Fe)	30,0

Tabela 2. Caracterização físico-química dos substratos de cultivo

Substrato	N	P	K	da	dr	Y
	g kg <sup>-1</sup>	g kg <sup>-1</sup>	g kg <sup>-1</sup>	g cm <sup>-3</sup>	g cm <sup>-3</sup>	(%)
Fibra de coco	0,45	3,67	14,88	0,56	0,14	75
Areia	nd	nd	nd	1,55	2,65	42
Bagaço de cana de açúcar	5,43	1,08	6,58	0,33	0,086	74

Método de análise: EMBRAPA, 1997.

N: nitrogênio; P: fósforo; K: potássio; Da: densidade aparente; Dr: densidade real; Y: porosidade; nd: não determinado.

Cada parcela experimental foi composta por um vaso com capacidade volumétrica equivalente a 6 L, preenchido com 0,5 kg de brita e uma tela de nylon como envelope separando a brita de 1 kg de substrato de cada tratamento específico. Os vasos foram adquiridos com quatro furos na base e colocados em uma bacia na qual se adaptou uma mangueira de drenagem ligada a uma garrafa pet de 2 L para coleta da solução percolada; o escoamento da solução deu-se através dos espaços existentes na interface vaso-bacia, favorecendo a permanência de solução dentro do vaso por mais tempo e proporcionando um maior tempo de absorção para a planta a cada evento de irrigação, até que toda solução percolasse. Isto evitava que, sob a ação da gravidade, a solução percolasse rapidamente, sem umedecer todo substrato, comprometendo a satisfação hídrica e nutricional das plantas.

A cultivar de girassol estudada foi a EMBRAPA 122-V2000, cujas sementes foram fornecidas pela EMBRAPA Soja. Semearam-se nove sementes, as quais foram distribuídas nos vasos em formato octogonal e mais uma no centro do octógono, de modo que houvesse uma distância mais homogênea entre as plântulas. Aos 20 DAS realizou-se um desbaste deixando-se apenas uma planta por vaso.

No manejo da irrigação foi aplicado um volume inicial de 2 L de solução nutritiva por vaso com reaplicação diária do percolado às 8, 12 e 16 horas, ou seja, às 8 horas mensurava-se o volume drenado armazenado nos coletores, anotava-se e em seguida, aplicava-se aos vasos; às 12 e às 16 horas a solução percolada era apenas reaplicada. Quando o volume drenado atingia o limite de 500 mL, era descartado e preparava-se uma nova solução nutritiva conforme tratamento. Com o aumento do consumo hídrico médio das plantas, após os 36 DAS, o volume inicial utilizado passou

a ser de 3 L, visando uniformizar a disponibilidade de água entre as plantas dos diferentes tratamentos.

De acordo com informações da Agência Executiva de Gestão das Águas da Paraíba – AESA, a precipitação acumulada em Campina Grande, PB, durante o ano de 2011 foi de 1.494,4 mm, sendo este considerado um ano atípico, haja vista que a série histórica de precipitação nesta região registra uma precipitação média anual acumulada de 764,3 mm.

O efluente doméstico utilizado foi coletado no Riacho Bodocongó dentro da área da UFCG, cujas águas são receptoras do esgoto doméstico do Bairro Monte Santo, imediatamente a montante da área da pesquisa. Todo o volume necessário para a pesquisa foi coletado apenas uma vez, no final do período chuvoso, que em 2011 aconteceu no mês de setembro, com intuito de amenizar as variações naturais da concentração nutricional. As características físico-químicas do efluente doméstico foram determinadas segundo metodologia recomendada pela America Public Health Association (APHA), no Laboratório de Referência em Dessalinização da UFCG (Tabela 3).

Tabela 3. Caracterização físico-química do efluente doméstico utilizado

Parâmetros	Resultados
CE a 25 °C (dS m <sup>-1</sup> )	1,17
pH	7,1
Turbidez (uT)	3,5
Cor, Unidade de Hazen (mgPt-Co L <sup>-1</sup> )	50
Dureza em Ca <sup>++</sup> (mg L <sup>-1</sup> )	49
Dureza em Mg <sup>++</sup> (mg L <sup>-1</sup> )	28,10
Dureza total (CaCO <sub>3</sub> ) (mg L <sup>-1</sup> )	239,5
Na <sup>+</sup> (mg L <sup>-1</sup> )	131,4
K <sup>+</sup> (mg L <sup>-1</sup> )	11,00
Al <sup>3+</sup> (mg L <sup>-1</sup> )	0,00
Ferro total (mg L <sup>-1</sup> )	0,18
Alcalinidade em hidróxidos (CaCO <sub>3</sub> ) (mg L <sup>-1</sup> ),	0,00
Alcalinidade em carbonatos (CaCO <sub>3</sub> ) (mg L <sup>-1</sup> ),	0,00
Alcalinidade em bicarbonatos (CaCO <sub>3</sub> ) (mg L <sup>-1</sup> ),	248,8
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> (mg L <sup>-1</sup> )	18,0
Fósforo total (mg L <sup>-1</sup> )	4,0
Cl <sup>-</sup> (mg L <sup>-1</sup> )	198,8
N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg L <sup>-1</sup> )	0,04
N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg L <sup>-1</sup> )	0,00
N-NH <sub>3</sub> (mg L <sup>-1</sup> )	6,58
SiO <sub>2</sub> (mg L <sup>-1</sup> )	7,8

ILS (Índice de Saturação de Langelier)	-0,40
Total de sólidos dissolvidos secos a 180° C (mg L <sup>-1</sup> )	754,4

As variáveis foram analisadas por ocasião da colheita, pós-colheita e descarte das flores, a saber: o início do florescimento (IF) - o número de dias do semeio até as plantas atingirem o estágio fenológico R<sub>4</sub> (Connor *et al.*, 1997), ou seja, começo da abertura da inflorescência.

Imediatamente após a colheita mensurou-se o comprimento da haste (CH) - do colo da planta a gema apical; o diâmetro da haste (DH) - a cinco centímetros acima do colo da planta; o número de folhas (NF) - superiores a três centímetros e foto sinteticamente ativas; a área foliar (AF) - calculada com auxílio da fórmula proposta por Maldaner *et al.* (2009), em que  $AF = \sum 0,1328 C^{2,5569}$ , em que C é o comprimento da nervura central das folhas; e a fitomassa da flor - parte aérea sem folhas - (FFC).

O período de pós-colheita ocorreu em uma sala climatizada com temperatura fixa de ±20°C; após a pesagem da flor, todas as folhas foram retiradas e o caule com flor foi acondicionado em uma bancada em posição vertical sendo os 2 cm da porção inferior do caule imerso em uma solução de sacarose (2%).

Quando as flores atingiram o estágio R<sub>5</sub> (inflorescência completamente aberta) mensurou-se o diâmetro externo do capítulo (DCE) e o diâmetro interno do capítulo (DCi), através da média aritmética das medidas no sentido horizontal e vertical; também nesta data contou-se o número de pétalas (NP).

A fase do descarte teve início à medida que se iniciou a queda das pétalas; mensurou-se então a fitomassa da flor no momento do descarte (FFD) e então, calculou-se a perda de água da flor da colheita ao descarte (PAF) - diferença entre FFC e FFD; e a duração da pós-colheita (DPC) - número de dias da colheita até o início do caimento das pétalas.

Os resultados do experimento foram submetidos à análise de variância, comparando-se por meio de análise de regressão as concentrações nutricionais (fator quantitativo) e por meio de teste de médias (Tukey) os diferentes substratos (fator qualitativo) ao nível de 0,05 de probabilidade, utilizando-se software estatístico SISVAR versão 5.2 (Ferreira, 2008).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base nos resultados da análise de variância (Tabela 4), todas as variáveis da fase de produção (IF, NP, DCE, DCi, CH e DH) foram influenciadas significativamente pelas concentrações e substratos testados e as variáveis IF, NP, CH e DH foram influenciadas pela interação entre estes fatores.

O início do florescimento (IF) foi influenciado significativamente ( $p < 0,05$ ) pela interação concentração *versus* substrato. Na Figura 1A observa-se que sob 70% da concentração nutricional as plantas cultivadas em fibra de coco, areia e bagaço de cana de açúcar floresceram aos 56, 51 e 66 DAS, respectivamente. Quando sob 100% da concentração nutricional as plantas cultivadas em bagaço de cana de açúcar floresceram aos 62 DAS e as cultivadas em fibra de coco e areia aos 50 DAS, em média, ou seja, com o aumento da disponibilidade nutricional houve redução significativa do IF em todos os substratos, exceto areia, indicando que este substrato é mais eficiente em situações baixa disponibilidade nutricional em relação à fibra de coco e bagaço de cana de açúcar.

O florescimento tardio observado nas plantas cultivadas em bagaço de cana de açúcar associa-se a elevada capacidade de retenção de água deste substrato aliado à drenagem deficitária das unidades experimentais, fatores que saturavam o ambiente radicular ocasionando estresse por anoxia, situação que comprometeu o desenvolvimento fisiológico das plantas (Taiz e Zeiger, 2004).

Tabela 4. Resumo da ANOVA para início médio do florescimento (IF), número médio de pétalas (NP), diâmetro médio externo da flor - capítulo (DCE), diâmetro médio interno da flor - capítulo (DCi), comprimento médio da haste (CH), e diâmetro médio da haste (DH) de flores de girassol cv. EMBRAPA 122-V2000, cultivadas em sistema semi-hidropônico utilizando efluente doméstico enriquecido e diferentes substratos.

Causa de variação	GL	Quadrado Médio					
		IF	NP	CH	DH	DCE	DCi
Concentração (C)	3	38,694**	16,546**	2244,52**	32,690**	42,825**	21,349**
Reg. Linear	1	57,80**	44,005**	3176,88**	89,647**	127,42**	62,717**
Reg. Quadrática	1	31,25**	44,005**	3176,88**	89,647**	-	-
Substrato (S)	2	464,58**	826,583**	27596,9**	172,853**	115,94**	40,065**
Interação C x S	6	8,027**	38,212**	627,75**	8,444**	1,344 <sup>ns</sup>	0,736 <sup>ns</sup>
Resíduo	24	0,222	1,444	119,84	2,564	0,622	0,366
CV (%)		0,83	4,28	10,00	13,72	6,14	9,16

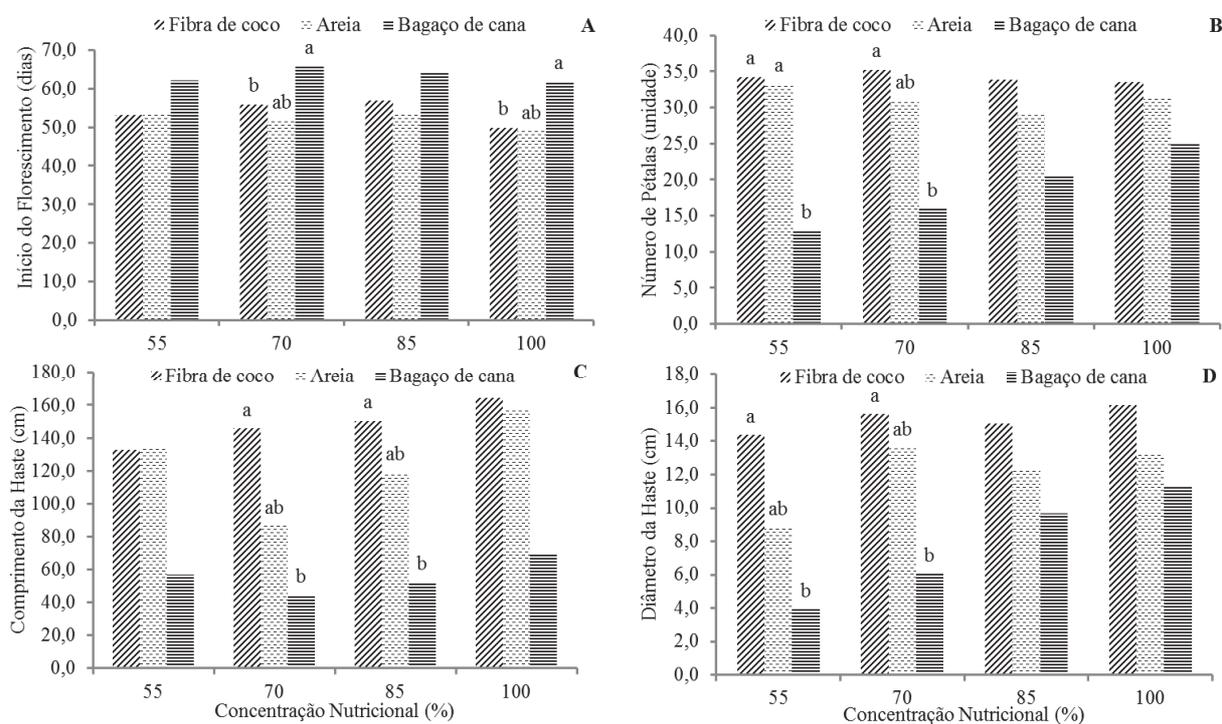
\*,\*\* significativo a 0,05 e 0,01 de probabilidade, respectivamente, e <sup>ns</sup> não significativo, pelo teste F. GL: Grau de liberdade e CV: coeficiente de variação.

No desdobramento da interação para o NP (Figura 1B), observou-se significância para o fator substrato dentro do fator 55 e 70% da concentração nutricional. Sob 55% da concentração nutricional não se verificou diferença significativa ( $p > 0,05$ ) entre as plantas cultivadas em fibra de coco e areia, com média de 33,5 pétalas, resultado 2,61 vezes maior que o observado em plantas cultivadas em bagaço de cana de açúcar; sob 70% da concentração nutricional observaram-se médias de 35, 31 e 16 pétalas nas plantas cultivadas em fibra de coco, areia e bagaço de cana de açúcar, respectivamente. Andrade *et al.* (2012) estudando a qualidade de flores de girassóis ornamentais irrigados com águas residuária e de abastecimento observaram para a cultivar EMBRAPA 122-V2000 uma média de 28,5 pétalas, resultado inferior ao observado no presente trabalho, nas plantas cultivadas em fibra de coco e areia.

A interação entre os fatores também influenciou significativamente o CH de modo que, após o desdobramento, observou-se significância para o fator substrato dentro do fator 70 e 85% da concentração nutricional. Notou-se que sob 70% da concentração nutricional a diferença entre o CH das plantas cultivadas em fibra de coco e bagaço de cana de açúcar, é superior a 100% e sob 85% da concentração nutricional as plantas apresentam diferença similar (Figura 1C). Ressalta-se, no entanto, que o CH das plantas cultivadas sob todas as concentrações nutricionais testadas foram superiores ao padrão proposto pela IBRAFLOR (2012), mínimo de 15 e máximo de 45 cm, possibilitando a realização de cortes em função do fim específico desejado, seja buquê ou flores para ornamentação.

O desdobramento da interação entre os fatores testados para o DH mostrou que o fator substrato dentro do fator 55 e 70% da concentração nutricional ocasionou diferenças significativas no DH (Figura 1D); observou-se um incremento no DH das plantas cultivadas em fibra de coco de 1,27 mm quando se compara as plantas sob 100% da concentração nutricional em relação às plantas sob 55%; este incremento foi de 4,75 mm nas plantas cultivadas em areia e 2,11 mm em bagaço de cana, fato que evidencia que a utilização da areia como substrato torna as plantas mais sensíveis às variações nutricionais, fato também observado no CH. Segundo Curti (2010) é desejável que o diâmetro da haste seja resistente para possibilitar a sustentação da inflorescência

do girassol, que geralmente tem maior massa em relação as outras espécies de flor de



corde, como a rosa, a gérbera, entre outras.

Figura 1. Desdobramento da interação concentração *versus* substrato para o (A) início do florescimento, (B) número de pétalas, (C) comprimento e (D) diâmetro da haste de flores de plantas de girassol cultivadas em sistema semi-hidropônico utilizando diferentes substratos e efluente doméstico coletado no período chuvoso no preparo da solução nutritiva.

As concentrações nutricionais influenciaram o DCE das flores; observou-se que houve um aumento linear na ordem de 1,075% por incremento unitário da concentração nutricional, sendo que sob 100% da concentração nutricional as plantas produziram um DCE cerca de 1,49 vezes maior em relação as plantas sob 55% da concentração nutricional (Figura 2A). Uchôa *et al.* (2011), analisando a produção de girassol sob o efeito de doses de adubação potássica, concluíram que a cultivar EMBRAPA 122-V2000 apresentou um DCE de 13 cm; valor aproximado ao observado nas plantas sob 85 e 100% da concentração nutricional, fato que demonstra a eficiência dos tratamentos na satisfação nutricional das plantas (Figura 2A).

O DCE das plantas cultivadas em fibra de coco e areia não diferiram significativamente ( $p > 0,05$ ) entre si, sendo observado médias de 14,42 e 14,85 cm; nas

plantas cultivadas em bagaço de cana de açúcar as médias foram de 9,27 cm (Figura 2B). Smiderle *et al.* (2005), estudaram o comportamento de 6 cultivares de girassol, incluindo a EMBRAPA 122-V2000, cujos valor médio do diâmetro externo de capítulo foi de 15,9 cm.

O DCi das flores foi incrementado em 1,6% por aumento unitário da concentração nutricional, o que resultou num ganho real de 3,46 cm quando se compara os resultados observados nas plantas cultivadas sob 100 e 55% da concentração nutricional testada (Figura 2C). Andrade *et al.* (2012) estudando a cultivar EMBRAPA 122-V2000 registrou um incremento de 1,78 cm no valor do diâmetro interno do capítulo quando se irrigou as plantas com efluente doméstico, em relação as irrigadas com água de abastecimento.

Os resultados de DCi observados nas plantas cultivadas em fibra de coco e areia não diferiram significativamente entre si ( $p > 0,05$ ), sendo notadas médias próximas a 7,6 cm, respectivamente. As plantas cultivadas em bagaço de cana de açúcar apresentaram um DCi médio de 4,5 mm (Figura 2D).

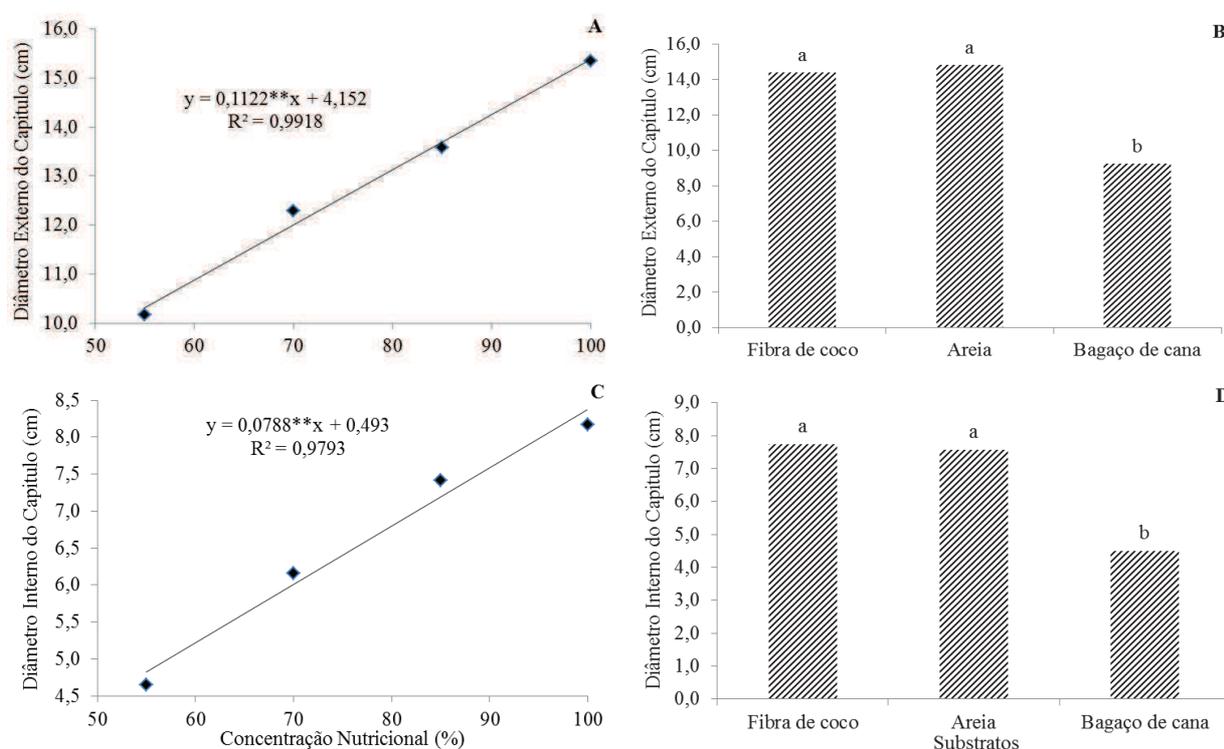


Figura 2. Resultados para flores de plantas de girassol cultivadas em sistema semi-hidropônico utilizando diferentes substratos e efluente doméstico coletado no período chuvoso no preparo da solução nutritiva. Diâmetro externo médio em função (A) da

variação da concentração e (B) dos substratos; diâmetro interno médio em função (C) da variação da concentração e (D) dos substratos.

De acordo com os resultados observados na análise de variância, as variáveis DPC, FFC, FFD, NF e AF foram influenciadas significativamente pelos fatores testados, quer pelas concentrações nutricionais, quer pelos diferentes substratos de cultivo (Tabela 5).

As concentrações nutricionais influenciaram significativamente ( $p < 0,01$ ) a DPC das flores; de acordo com a equação de regressão (Figura 3A), ocorreu um incremento de 1,21% na DPC por incremento unitário da concentração nutricional, sendo que as plantas sob 55% da concentração nutricional tiveram uma DPC de 10 dias e as sob 100% da concentração nutricional de 16 dias. Esses resultados foram maiores que os observados por Andrade *et al.* (2012) que, estudando a qualidade de flores de girassóis ornamentais, verificaram para a cv. EMBRAPA 122-V2000 irrigada com efluente doméstico, uma DPC média de 7,46 dias. Em relação ao fator substrato, notou-se diferença significativa ( $p < 0,05$ ) na DPC das plantas cultivadas nos diferentes substratos testados entre si, ou seja, médias de 16, 14 e 9 dias nas plantas cultivadas em fibra de coco, areia e bagaço de cana de açúcar, respectivamente (Figura 3B).

A FFC também foi influenciada significativamente ( $p < 0,01$ ) pelas concentrações nutricionais; o contraste observado nas plantas sob 100 e 55% da concentração nutricional foi de 45,83%, com aumento linear por incremento unitário da concentração nutricional de 1,84% (Figura 3C). Notou-se que a FFC é um fator determinante para a DPC; uma vez que a taxa de perda de água é bastante similar nas condições de pós-colheita utilizadas (média de  $12 \text{ g dia}^{-1}$ ), a massa de água da flor no momento da colheita influencia diretamente na DPC.

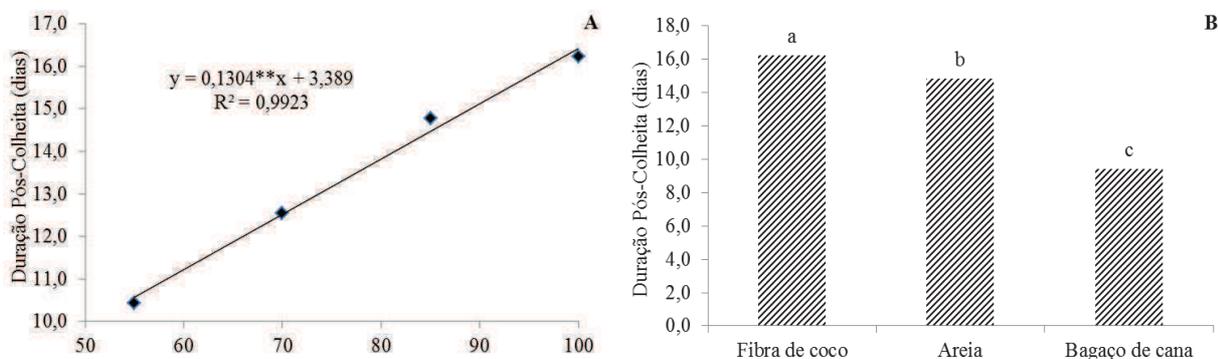
Tabela 5. Resumo da ANOVA para duração pós-colheita (DPC), fitomassa da flor na colheita (FFC); fitomassa da flor no descarte (FFD), perda de água da flor da colheita ao descarte (PAF), número de folhas (NF) e área foliar (AF) de flores de plantas de girassol cultivadas em sistema semi-hidropônico utilizando diferentes substratos e efluente doméstico coletado no período chuvoso no preparo da solução nutritiva.

Causa de variação	GL	Quadrado Médio					
		DPC	FFC <sup>1</sup>	FFD <sup>1</sup>	PAF <sup>1</sup>	NF	AF <sup>1</sup>
Concentração (C)	3	57,814**	69,366**	44,401**	10,304 <sup>ns</sup>	122,546**	1482,76**
Reg. Linear	1	-	147,766**	116,135**	-	-	3829,795**
Substrato (S)	2	156,08**	62,284*	24,719**	2,014 <sup>ns</sup>	392,444**	2756,81**
Interação C x S	6	0,898 <sup>ns</sup>	19,847 <sup>ns</sup>	7,985 <sup>ns</sup>	1,576 <sup>ns</sup>	3,518 <sup>ns</sup>	177,604 <sup>ns</sup>
Resíduo	24	0,333	18,081	5,558	1,244	2,586	35,852
CV	(%)	4,28	28,45	27,94	20,04	8,60	9,76

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

Os diferentes substratos tiveram influência na FFC, sendo observadas as maiores médias nas plantas cultivadas em fibra de coco, 330g, não havendo diferença significativa ( $p > 0,05$ ) entre os resultados observados nas plantas em areia e bagaço de cana de açúcar, média de 200g (Figura 4D).

Em relação à FFD observou-se um acréscimo de 3,38% por incremento unitário da concentração nutricional, sendo notado que as plantas sob 100% da concentração nutricional produziram cerca de 2,57 vezes mais FFD que as plantas sob 55% da concentração nutricional (Figura 4E); em relação ao fator substrato observou-se uma FFD de 100g nas plantas cultivadas em fibra de coco, 82g nas plantas cultivadas na areia e 58g nas plantas cultivadas em bagaço de cana de açúcar (Figura 4F).



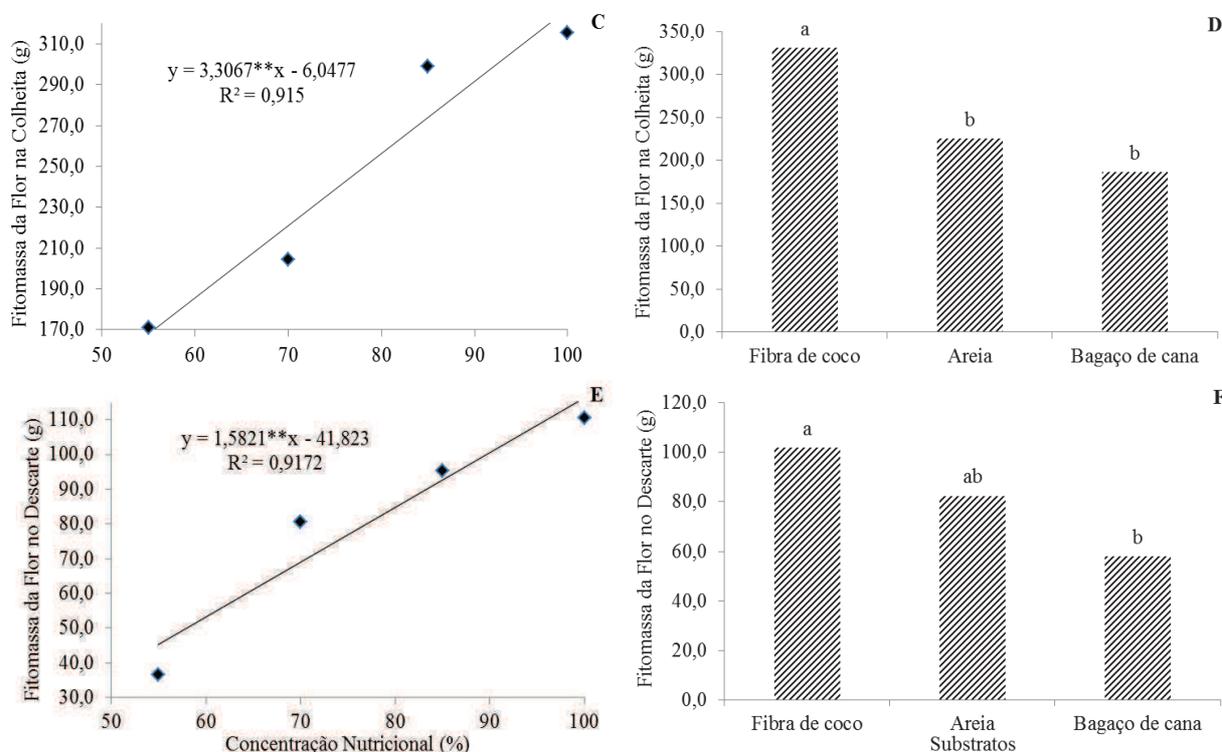


Figura 3. Resultados para flores de plantas de girassol cultivadas em sistema semi-hidropônico utilizando diferentes substratos e efluente doméstico coletado no período chuvoso no preparo da solução nutritiva. Duração pós-colheita média em função (A) da variação da concentração e (B) dos substratos; fitomassa média da flor na colheita em função (C) da variação da concentração e (D) dos substratos; fitomassa média de flores de girassol no descarte em função (E) da variação da concentração e (F) dos substratos.

O NF das plantas de girassol aumentou 1,3% por incremento unitário da concentração nutricional (Figura 4A). Ao contrário do encontrado no presente estudo, Rebouças *et al.* (2010) notaram, ao avaliar o crescimento do feijão caupi irrigado com esgoto doméstico tratado, que a variável número de folhas foi significativamente maior quando se utilizou água de abastecimento. Já Andrade *et al.* (2012) não observou diferença significativa no NF do girassol cv. EMBRAPA 122-V2000 quando irrigado com efluente doméstico em relação as plantas irrigadas com água de abastecimento. Observou-se que os diferentes substratos ocasionaram efeitos distintos no NF, sendo observado médias de 23,9; 19,58 e 12,58 folhas nas plantas cultivadas em fibra de coco, areia e bagaço de cana de açúcar, respectivamente (Figura 4B).

O comportamento da AF foi similar, linear crescente, a taxa de 2,3% por incremento unitário da concentração nutricional (Figura 4C); e o efeito dos substrato influenciou de modo distinto a AF das plantas, nas quais se observou médias de 5.705; 4.234 e 2.340 cm<sup>2</sup> nas plantas cultivadas em fibra de coco, areia e bagaço de cana de açúcar, respectivamente (Figura 4D).

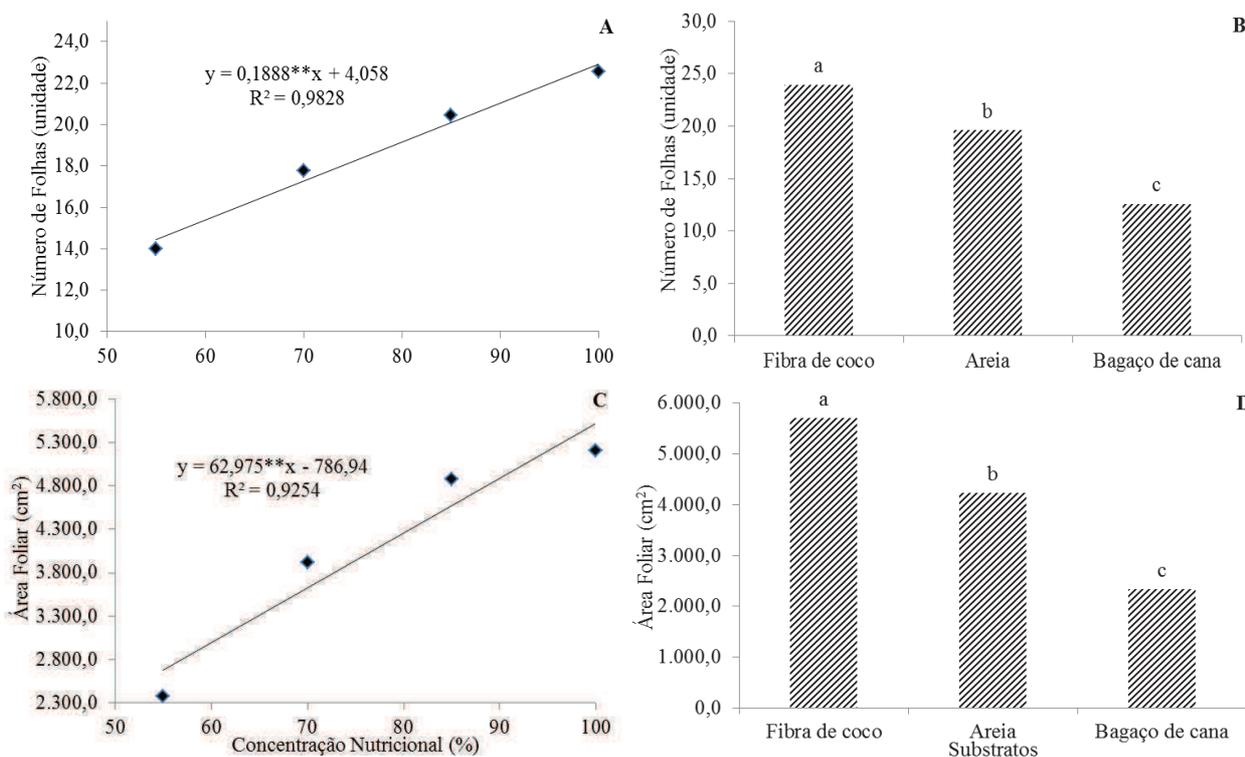


Figura 4. Número médio de folhas de plantas de girassol cultivadas em sistema semi-hidropônico, em função (A) da variação nutricional da solução e (B) dos substratos de cultivo. Área foliar média de plantas girassol cultivadas em sistema semi-hidropônico, em função (C) da variação nutricional da solução e (D) dos substratos de cultivo

## CONCLUSÕES

1. A interação concentração *versus* substrato influenciou o comportamento do início do florescimento, número de pétalas e o comprimento e diâmetro da haste das flores de plantas de girassol cv. EMBRAPA 122-V2000;
2. Embora os resultados mais expressivos tenham sido observados nas plantas sob 100% da concentração nutricional, obtêm-se flores de girassol com padrão comercial utilizando-se qualquer uma das concentrações testadas;

3. O aproveitamento da fibra de coco e o uso da areia como substrato no cultivo semi-hidropônico de flores comerciais de girassol é viável tecnicamente.

## **REFERÊNCIAS**

APHA - American Public Health Association; AWWA - American Water Works Association; WPCF - Water Pollution Control Federation. Standard methods for the examination of water and wastewater. 13th. Ed., Washington, 1991, p. 62-65.

ANDRADE, L.O. DE; GHEYI, H.R.; NOBRE, R.G.; DIAS, N. DA S.; NASCIMENTO, E.C.S. Qualidade de flores de girassóis ornamentais irrigados com águas residuária e de abastecimento. IDESIA, v.30, n.2, p.19-27, 2012.

CONNOR, J. D.; HALL, A. J. Sunflower physiology. *In*: SCHNEIDER, A. A. (Ed.). Sunflower technology and production. Madison: ASA/CSSA/SSSA, 1997. p. 113-181. (Series of monographs, 35).

CURTI, G. L. Caracterização de cultivares de girassol ornamental semeados em diferentes épocas no Oeste Catarinense. (Dissertação Mestrado), 2010. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 76p.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Girassol Embrapa 122-V2000. Londrina: Embrapa Soja, 2006. Folder n. 04/2006.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). Manual de métodos de análise de solo. 2. ed. rev. atual. Rio de Janeiro, 1997. 212 p.

FERREIRA, D.F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. Revista Symposium, v. 6, p. 36-41, 2008.

FURLANI, P.R.; BOLONHEZI, D.; SILVEIRA, L.C. & FAQUIN, V. Cultivo hidropônico de plantas. Campinas, Instituto Agrônômico, 1999. 52 p. (Boletim técnico, 180)

IBRAFLOR – Instituto Brasileiro de Floricultura. Números do setor, (2012). Acesso em dezembro de 2012 (<http://www.ibraflor.com/publicacoes/vw.php?cod=183>).

MALDANER, I. C.; HELDWEIN, A.B.; LOOSE, L.H.; LUCAS, D.D.P.; GUSE, F.I.; BORTOLUZZI, M.P. Métodos de determinação não-destrutiva da área foliar em girassol, *Ciência Rural*, v.39, n.5, p.1356-1361, 2009.

REBOUÇAS, J.R.L.; DIAS, N.S.; GONZAGA, M.I.S.; GHEYI, H.R.; SOUSA NETO, O.N. Crescimento do feijão-caupi irrigado com água residuária de esgoto doméstico tratado. *Revista Caatinga*, v. 23, n. 1, p. 97-102, 2010.

RIBEIRO, M. C. de F; ROCHA, F.A.; SANTOS, A.C. dos; SILVA, J.O. da; PEIXOTO, M. de F.S.P.; PAZ, V.P da S. Crescimento e produtividade da mamoneira irrigada com diferentes diluições de esgoto doméstico tratado. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.16, n.6, p.639–646, 2012.

SANTOS JÚNIOR, J. A. Manejo de águas salinas e residuárias na produção de flores de girassol em sistema hidropônico para regiões semiáridas. 2013, 256p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, PB, 2013.

SANTOS JÚNIOR, J. A.; GHEYI, H. R.; GUEDES FILHO, D. H.; DIAS, N. DA S.; SOARES, F. A. L. Doses de boro e água residuária na produção do girassol. *Revista Ciência Agrônômica*. *Revista Ciência Agrônômica*, v.42, p.857-864, 2011.

SILVA, M. B. R.; FERNANDES, P. D.; DANTAS NETO, J.; NERY, A. R.; RODRIGUES, L. N.; VIÉGAS, R. A. Crescimento e produção do pinhão-manso irrigado com água residuária sob condições de estresse hídrico. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.15, p.621-629, 2011.

SMIDERLE, O.J.; MOURÃO JÚNIOR, M.; GIANLUPPI, D. Avaliação de cultivares de girassol em savana de Roraima. *Acta Amazônica*, v. 35, n.3, p. 331-336, 2005.

SOUZA NETO, O. N.; ANDRADE FILHO, J.; DIAS, N. da S.; REBOUÇAS, J.R.L.; OLIVEIRA, F.R.A. de; DINIZ, A.A. Fertirrigação do algodoeiro utilizando efluente doméstico tratado. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.16, n.2, p.200-208, 2012.

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

UCHÔA, S.C.P.; IVANOFF, M.E.A.; ALVES, J.M.A; SEDIYAMA, T.; MARTINS, S.A. Adubação de potássio em cobertura nos componentes de produção em cultivares de girassol. *Revista Ciência Agronômica*, v. 41, n.1, p. 8-15, 2011.

# Capitulo IV

---

*Conclusão*

## **CONCLUSÃO**

Em termos gerais conclui-se que:

1. O protótipo hidropônico utilizado disponibilizou uniformemente água e nutrientes às plantas as quais produziram flores uniformes e com características similares de pós-colheita;
2. A interação entre a salinidade da solução nutritiva e as cultivares de girassol (Sol Noturno, Anão de Jardim e Bonito de Outono) afetou o início do florescimento, o comprimento da haste, o diâmetro externo do capítulo, o número de folhas e a duração pós-colheita;
3. A salinidade e as diferentes concentrações de NPK tiveram efeito interativo sobre o início do florescimento, diâmetro externo e interno do capítulo, número de folhas e duração pós-colheita do girassol, cv. EMBRAPA 122-V2000;
4. Sob efeito da salinidade da solução nutritiva até o nível de  $9 \text{ dS m}^{-1}$ , o número de pétalas e a duração pós-colheita se mantiveram dentro dos padrões comerciais para as variedades “Sol Noturno” e “Anão de Jardim”;
5. Os intervalos de tempo de renovação/substituição do efluente doméstico na irrigação não interferiram em variáveis relacionadas à biometria das plantas, à produção de fitomassa nem na variação do teor de água na planta e suas partes podendo, assim, ser renovado a cada quatro dias, sem que seja comprometido o desenvolvimento das plantas;
6. Na produção de flores de plantas de girassol, a irrigação poderá ser feita com efluente doméstico renovado a cada quatro dias desde que seja utilizado fibra de coco ou areia, como substrato;
7. A fibra de coco apresentou-se como a melhor opção de substrato, seguida da areia, não sendo recomendado o uso do bagaço de cana de açúcar;

8. As plantas de girassol sob renovação do efluente doméstico a cada quatro dias apresentaram características compatíveis com o padrão comercial para flores de girassol, desde que cultivadas em fibra de coco e areia;
9. A adição de nutrientes no efluente doméstico coletado no período chuvoso e, portanto, diluído por águas pluviais, é viável para suprir as necessidades hídricas e nutricionais do girassol, cv. EMBRAPA 122-V2000, na fase de emergência e vigor;
10. A interação concentração de NPK *versus* substrato influenciou o comportamento do início do florescimento, número de pétalas e o comprimento e diâmetro da haste das flores de plantas de girassol cv. EMBRAPA 122-V2000;
11. É possível se obter flores de girassol com padrão comercial utilizando-se qualquer uma das concentrações testadas, embora os resultados mais expressivos tenham sido observados nas plantas sob 100% da concentração de NPK.