

Substratos e diferentes concentrações da solução nutritiva preparada em água residuária no crescimento do girassol¹

Substrates and different concentrations of nutrient solution prepared in wastewater on growth in the sunflower

José Amilton Santos Júnior^{2*}, Hans Raj Gheyi³, Nildo da Silva Dias⁴, Danila Lima Araujo⁵ e Doroteu Honório Guedes Filho⁵

RESUMO - A utilização da água residuária no preparo da solução nutritiva em cultivos semi-hidropônicos, tanto incrementa a oferta de água em regiões de escassez quanto recicla os nutrientes nela contidos disponibilizando-os às plantas. Considerando estes aspectos, buscou-se com o presente trabalho, analisar o crescimento e desenvolvimento de plantas de girassol para fins ornamentais, cultivadas em sistema semi-hidropônico, utilizando água residuária no preparo de soluções nutritivas com concentrações nutricionais crescentes (55; 70; 85 e 100%) à base de NPK, e diferentes substratos de cultivo (fibra de coco, areia lavada 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 mesmo com a redução da concentração de NPK da solução nutritiva para 55%, o crescimento de plantas de girassol para fins ornamentais permanece dentro do padrão comercial, desde que seja utilizado água residuária no preparo da solução nutritiva e fibra de coco ou areia lavada como substrato de cultivo.

Palavras-chave: *Helianthus annuus* L. Qualidade de água. Nutrição de Plantas.

ABSTRACT - The use of wastewater in the preparation of the nutrient solution in semi-hydroponic cultivation both increases the supply of water in regions where it is scarce and recycles the nutrients it contains, making them available to plants. Taking these aspects into consideration, the aim of this study was to analyse the growth and development of sunflower plants for ornamental purposes, when grown under a semi-hydroponic system, using wastewater in the preparation of nutrient solutions based on NPK at increasing nutrient concentrations (55, 70, 85 and 100%), and in different growth substrates (coconut fibre, washed sand and sugarcane bagasse). The treatments were arranged in a completely randomised design and analysed in a 4 x 3 factorial scheme with three replications, giving a total of 36 experimental units. It was found that even with the concentration of NPK in the nutrient solution reduced to 55%, the growth of sunflower plants for ornamental purposes remains within commercial standards, provided that wastewater is used in the preparation of the nutrient solution, and coconut fibre or washed sand as the growth substrate.

Key words: *Helianthus annuus* L. Water quality. Plant nutrition.

*Autor para correspondência

¹Recebido para publicação em 14/08/2013; aprovado em 07/07/2014

Artigo extraído da Tese de Doutorado do primeiro autor apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande, Campus de Campina Grande-PB

²Instituto Nacional do Semiárido/INSA/MCTI, Av. Francisco Lopes de Almeida, S/N, Caixa Postal 10067, Serrotão, Campina Grande-PB, Brasil, 58.429-970, eng.amiltonjr@hotmail.com

³Universidade Federal do Recôncavo da Bahia/NEAS/UFRB, hans@pq.cnpq.br

⁴Universidade Federal Rural do Semiárido/UFERSA, nildo@ufersa.edu.br

⁵Universidade Federal de Campina Grande/DEAg/UFCG, danilalimaaraujo@hotmail.com, doroteufilho@hotmail.com

INTRODUÇÃO

O aproveitamento da água residuária na irrigação das culturas vem sendo utilizado 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 (2013), observou-se que durante o período chuvoso, a diluição proveniente das águas pluviais, reduz a concentração nutricional da água residuária armazenada em mananciais abertos reduzindo assim o seu potencial nutricional passível de ser aproveitado no preparo da solução nutritiva. Este fato torna imprescindível o desenvolvimento de pesquisas que indiquem formas simples de reposição nutricional que viabilizem o aproveitamento destas águas 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; STRASSBURGER; ANTUNES, 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 tem 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, beleza e resistência à seca.

A análise do crescimento das plantas de girassol, para fins ornamentais, em função da variação da concentração nutricional da solução nutritiva preparada com água residuária é de suma importância, já que os maiores índices de crescimento observados em plantas de girassol irrigadas com água residuária estão atrelados à elevada disponibilidade de nutrientes da água residuária, em especial o nitrogênio, elemento que proporciona redução de até 60% na produtividade em decorrência de sua deficiência (AWAD; GHRIB, 2009; KHALIL; IBRAHIM; NAWAR, 2008).

Então, buscou-se com a realização do presente trabalho, analisar o crescimento e desenvolvimento de plantas de girassol, para fins de flor de corte, cultivadas em sistema semi-hidropônico em diferentes substratos e utilizando água residuária coletada no período chuvoso no preparo da solução nutritiva.

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 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. Os fatores testados foram: (i) quatro soluções nutritivas com diferentes concentrações de NPK (S₁ - 55% de NPK; S₂ - 70% de NPK; S₃ - 85% de NPK e S₄ - 100% de NPK) baseadas no quantitativo proposto por Furlani *et al.* (1999) (Tabela 1) e preparadas em água residuária (AR) coletada em córrego receptor de um esgoto doméstico bruto, durante o período chuvoso, e (ii) três substratos de cultivo (fibra de coco, areia lavada e bagaço de cana de açúcar).

Tabela 1 - Composição de NPK da solução nutritiva padrão utilizada

Sal ou fertilizante	g 1000 L ⁻¹
Nitrato de cálcio hydro especial	750,0
Nitrato de potássio	500,0
Fosfato monoamônico (MAP)	150,0

Fonte: (FURLANI *et al.* 1999)

As plantas foram cultivadas em vasos de 6 L, com quatro furos na base, nos quais 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 2). Em seguida, colocaram-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 na garrafa PET (Figura 1).

Estudou-se a cultivar 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.

No manejo da irrigação foi aplicado um volume inicial de 2,0 L de solução nutritiva por vaso com reaplicação diária do volume drenado às 8, 12 e 16 horas, ou seja, às 16 horas mensurava-se o volume da solução drenada e coletada, e em seguida, aplicava-se

aos vasos; às 8 e às 12 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 3,0 L, visando uniformizar a disponibilidade de água para as plantas dos diferentes tratamentos.

A água residuária utilizada foi coletada 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 pluviométrica 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, a água residuária foi coletada apenas uma vez, no final do período chuvoso, que em 2011 aconteceu no mês de setembro; então, com auxílio

Tabela 2 - Caracterização físico-química dos substratos de cultivo

Substrato	N	P	K	MEa	MEr	Y
	g kg ⁻¹	g kg ⁻¹	g kg ⁻¹	g cm ⁻³	g cm ⁻³	(%)
Fibra de coco	0,45	3,67	14,88	0,56	0,14	75
Areia lavada	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; MEa: massa específica aparente; MEr: massa específica real; Y: porosidade; nd: não determinado

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



de pano de algodão e tela foi filtrado e armazenado em quantidade suficiente para toda pesquisa, cerca de 2.000 L. As características físico-químicas da água residuária foram determinadas segundo metodologia recomendada pela America Public Health Association (APHA) e estão descritas na Tabela 3.

No estágio de crescimento rápido (21 DAS), pré-floração (28 e 35 DAS) e floração (42 e 49 DAS) foram mensurados os valores biométricos das plantas, a saber: comprimento do caule - CC; diâmetro do caule - DC; número de folhas - NF e área foliar - AF. O CC foi mensurado do colmo da planta, rente ao substrato, até a bifurcação da última folha, entre a haste e o capítulo; o DC foi mensurado sempre no mesmo local, à altura de 0,05 m do CC em relação ao substrato; no NF foram contabilizadas aquelas cujo tamanho da nervura central era superior a 0,03 m, sendo também saudáveis e fotossinteticamente ativas. A AF foi calculada

utilizando o método proposto por Maldaner *et al.* (2009), conforme a equação 1:

$$AF = 0,1328 C^{2,5569} (R^2 = 0,87) \quad (1)$$

em que: C é o comprimento da nervura central das folhas.

Os resultados do experimento foram analisados utilizando-se um software estatístico (FERREIRA, 2008). Quando se observou significância da interação entre as concentrações nutricionais e os substratos de cultivo realizou-se desdobramento estatístico. Nas situações em que a interação não foi significativa aplicou-se análise de regressão ao fator concentração da solução nutritiva (fator quantitativo) e utilizou-se teste de médias (Tukey) para comparar os resultados obtidos em função dos diferentes substratos (fator qualitativo). O nível de 0,05 de probabilidade de significância foi utilizado em todos os testes estatísticos.

Tabela 3 - Caracterização físico-química da água residuária utilizada

Parâmetros	Resultados
CE a 25 °C (dS m ⁻¹)	1,17
pH	7,10
Turbidez (uT)	3,50
Cor, Unidade de Hazen (mgPt-Co L ⁻¹)	50,00
Dureza em Ca ⁺⁺ (mg L ⁻¹)	49,00
Dureza em Mg ⁺⁺ (mg L ⁻¹)	28,10
Dureza total (CaCO ₃) (mg L ⁻¹)	239,50
Na ⁺ (mg L ⁻¹)	131,40
K ⁺ (mg L ⁻¹)	11,00
Al ³⁺ (mg L ⁻¹)	0,00
Ferro total (mg L ⁻¹)	0,18
Alcalinidade em hidróxidos (CaCO ₃) (mg L ⁻¹),	0,00
Alcalinidade em carbonatos (CaCO ₃) (mg L ⁻¹),	0,00
Alcalinidade em bicarbonatos (CaCO ₃) (mg L ⁻¹),	248,80
SO ₄ (mg L ⁻¹)	18,00
Fósforo total (mg L ⁻¹)	4,00
Cl (mg L ⁻¹)	198,80
N-NO ₃ ⁻ (mg L ⁻¹)	0,04
N-NO ₂ ⁻ (mg L ⁻¹)	0,00
N-NH ₃ (mg L ⁻¹)	6,58
SiO ₂ (mg L ⁻¹)	7,80
ILS (Índice de Saturação de Langelier)	-0,40
Total de sólidos dissolvidos secos a 180 °C (mg L ⁻¹)	754,40

Análises realizadas conforme metodologia da 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 2A), 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 a diferença observada entre a adição de 55 e 100% foi de 19,23% aos 21 DAS para 28,4% aos 42 DAS e o aumento médio do CC por incremento unitário da concentração nutricional (%) foi de 0,74% aos 21 DAS para 1,71% aos 42 DAS.

Andrade *et al.* (2012), estudando o crescimento de girassóis ornamentais cultivados em solo e irrigado com água residuária tratada (coletada em período seco) observaram para a cultivar 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 às verificadas no presente trabalho nas plantas sob 100% da concentração nutricional. O efeito positivo do uso da água residuária na agricultura sobre o comprimento do caule também foi observado em outras espécies, tais como *E. citriodora* (FREIRE; MALAVASI; MALAVASI, 2006), em plantas de milho (COSTA *et al.* 2009).

Quanto ao efeito dos substratos estudados observou-se (Figura 2B) que o CC das plantas cultivadas em fibra de coco e areia lavada não diferiram significativamente ($p > 0,05$) entre si em nenhuma época de avaliação, no entanto, ambas diferiram em relação às plantas cultivadas 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 lavada aos 49 DAS.

Carrijo, Liz; Makishima (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 (uma) tonelada a mais de frutos comerciais na mesma área que o pó de serra ou serragem nos 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 disponibilização 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 2C), 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 lavada, sendo estas, cerca de 60% maiores do que as plantas cultivadas em bagaço de cana de açúcar.

Aos 49 DAS (Figura 2D) 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 lavada e bagaço de cana de açúcar, respectivamente; nesta mesma data, em plantas sob 100% da concentração nutricional verificaram-se valores médios de 140,3; 114 e 38 cm quando cultivadas na fibra de coco, areia lavada 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 lavada.

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 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 água residuária no preparo da solução nutritiva e diferentes substratos

Causa de variação	GL	Quadrado Médio ¹				
		Comprimento do caule (cm)				
		21 DAS	28 DAS	35 DAS	42 DAS	49 DAS
Concentração (C)	3	0,248**	0,821 ^{ns}	0,791**	4,602**	0,880 ^{ns}
Reg. Linear	1	0,418**	1,034 ^{ns}	1,612**	12,550**	2,374 ^{ns}
Substrato (S)	2	1,683**	8,965**	19,417**	36,591**	76,558**
Interação C x S	6	0,174 ^{ns}	0,185 ^{ns}	0,606 ^{ns}	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 ^{ns} não significativo, pelo teste F. GL: Grau de liberdade e CV: coeficiente de variação.

¹Valores transformados pela equação $(X + 0,5)^{0,5}$

Figura 2 - 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 água residuária coletada durante o período chuvoso no preparo da solução nutritiva, em diferentes substratos

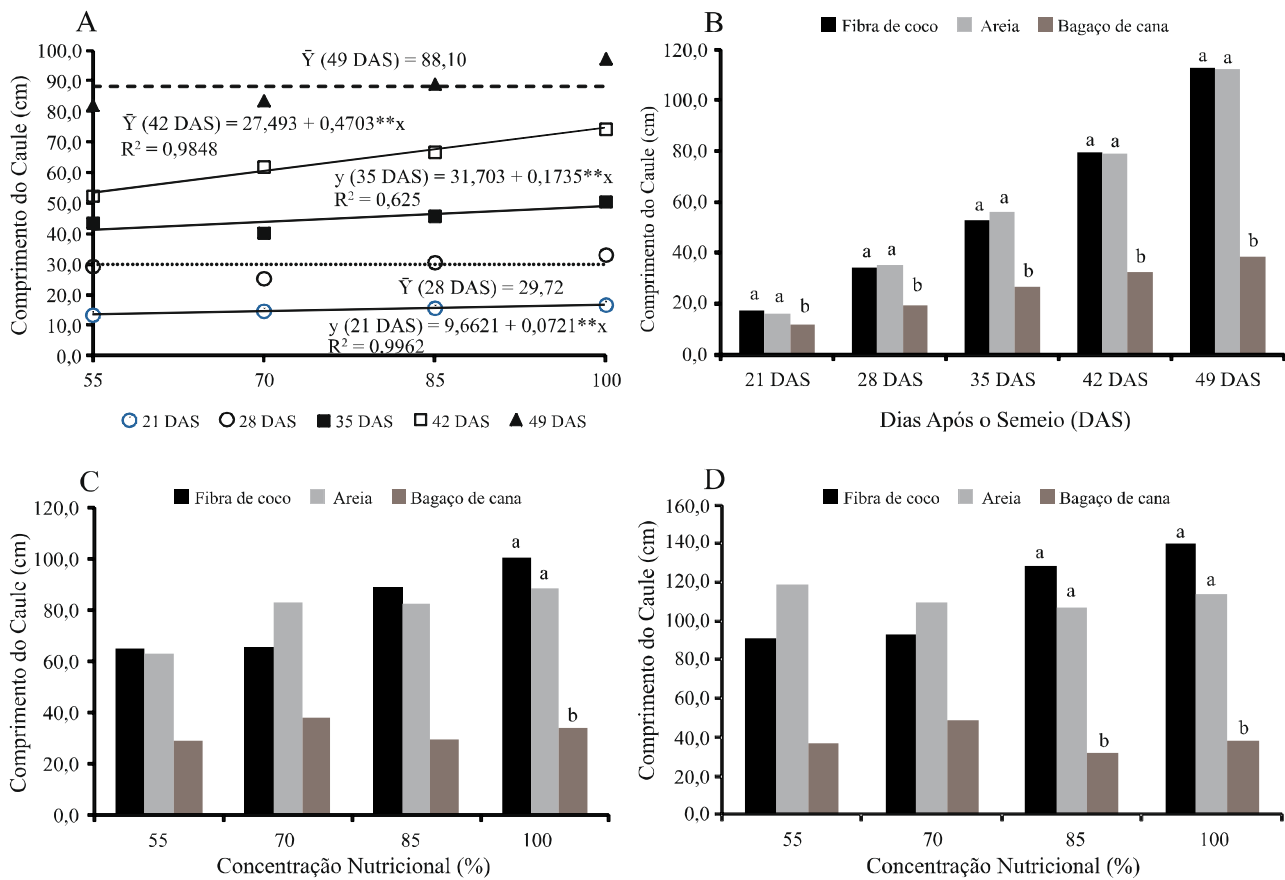


Tabela 5 - Resumo da ANOVA para o diâmetro do caule de plantas de girassol (cv. EMBRAPA 122-V2000), em diferentes datas, cultivadas em sistema semi-hidropônico utilizando água residuária no preparo da solução nutritiva e diferentes substratos

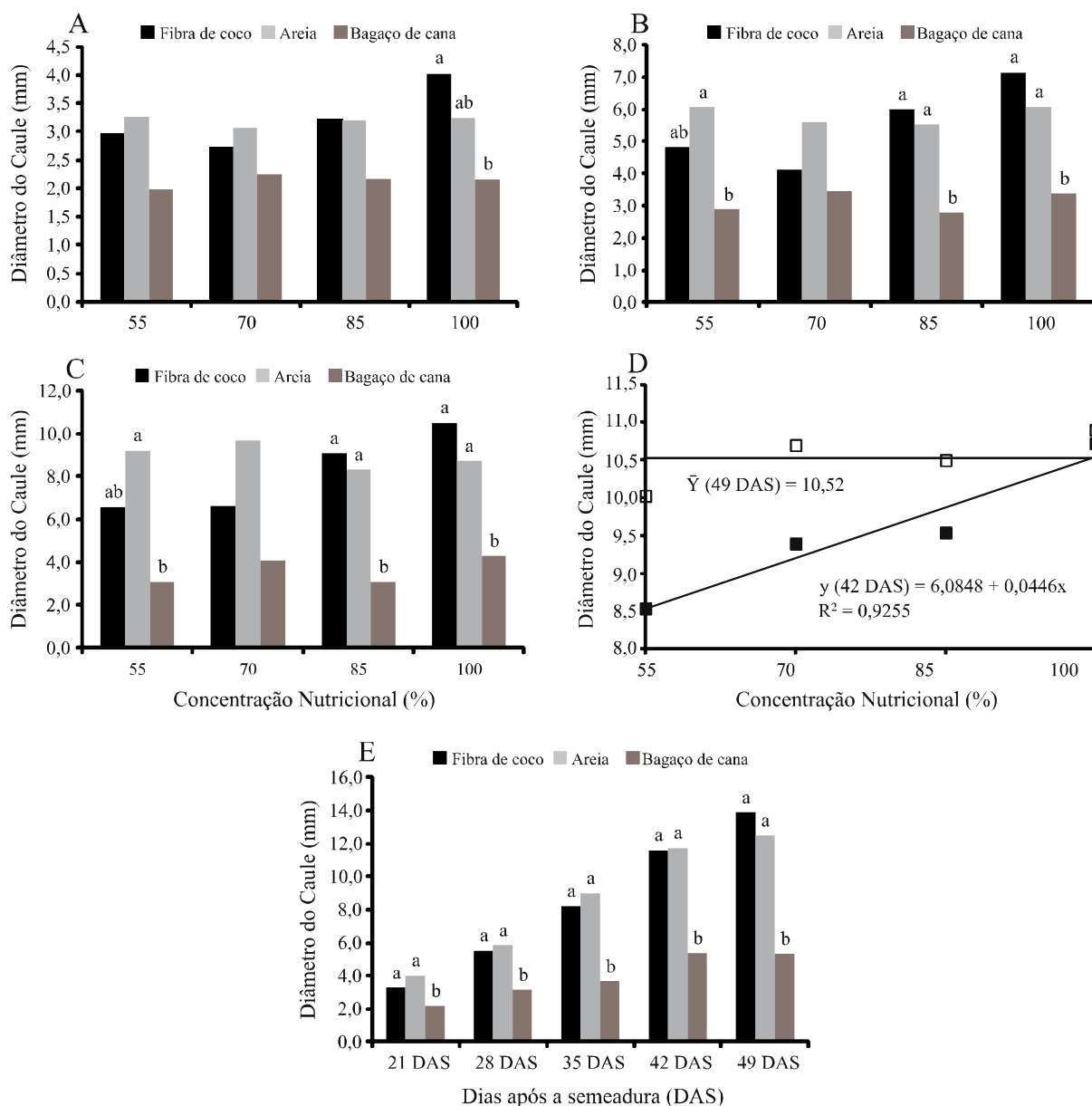
Causa de variação	GL	Quadrado Médio ¹				
		Diâmetro do Caule (mm)				
		21 DAS	28 DAS	35 DAS	42 DAS	49 DAS
Concentração (C)	3	0,024**	0,098**	0,134**	0,2214**	0,038 ^{ns}
Reg. Linear	1	0,056**	0,205*	0,333**	0,609**	0,069 ^{ns}
Substrato (S)	2	0,359**	1,357**	3,910**	4,742**	6,766**
Interação C x S	6	0,021**	0,078**	0,143**	0,155 ^{ns}	0,094 ^{ns}
Resíduo	24	0,004	0,024	0,038	0,061	0,059
CV (%)		3,71	6,89	7,37	7,96	7,52

*,** significativo a 0,05 e 0,01, respectivamente, e ^{ns} não significativo, pelo teste F. GL: Grau de liberdade e CV: coeficiente de variação. ¹Valores 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 do caule das plantas cultivadas em fibra de coco e areia lavada, no entanto, a haste das plantas cultivadas em fibra de coco chega a ser duas vezes mais espessas em relação ao observado em bagaço de cana de açúcar (Figura 3A).

Aos 28 DAS, no desdobramento da interação entre os fatores, notou-se uma diferença média entre o diâmetro do caule 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 lavada, as quais chegam a ser 2,15 vezes mais espessas que a haste

Figura 3 - Diâmetro médio do caule de plantas de girassol (cv. EMBRAPA 122-V2000) cultivadas em sistema semi-hidropônico utilizando água residuária coletada durante o período chuvoso no preparo da solução nutritiva, 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



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 lavada (média de 6,5 mm) (Figura 3B), porém, ambos apresentaram diferença significativa 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 lavada, com resultados médios de 5,8 e 6,5 mm, respectivamente, cuja variação em relação aos resultados obtidos em bagaço de cana de açúcar é duas vezes maior (Figura 3C).

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 0,73% por incremento unitário da concentração (Figura 3D). 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 e 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 lavada, 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 3E).

O NF das plantas de girassol foi influenciado significativamente ($p<0,01$) pela variação nutricional aos 21, 28, 35 e 42 DAS (Tabela 6).

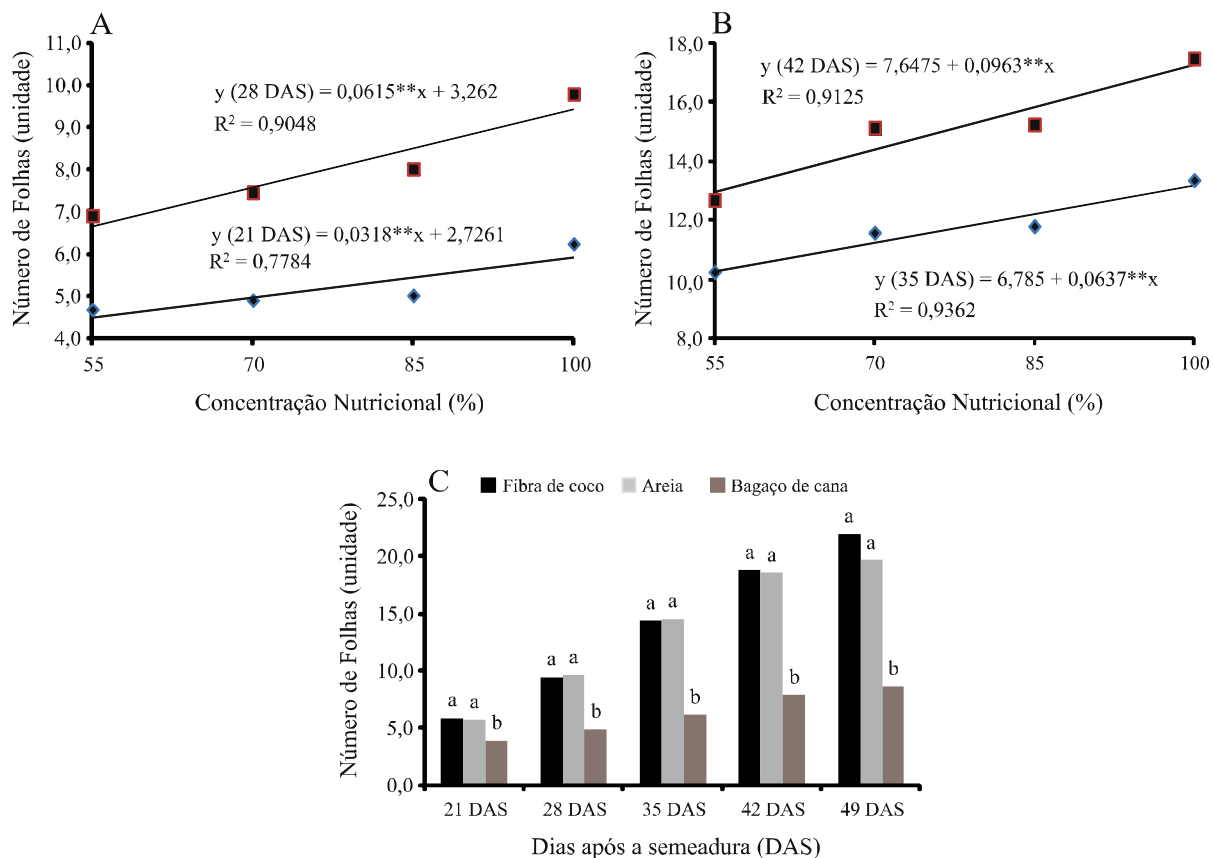
Na Figura 4A e 4B observa-se que o comportamento do crescimento do número de folhas é descrito por uma equação de regressão linear e que a diferença entre o NF produzido pelas plantas sob 55 e 100% da concentração nutricional foi da ordem de 24; 30; 21 e 25% aos 21, 28, 35 e 42 DAS, respectivamente, verificando-se também um aumento no NF por incremento unitário da concentração nutricional (%) da

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 água residuária no preparo da solução nutritiva e diferentes substratos

Causa de variação	GL	Quadrado Médio ¹				
		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 ^{ns}
Reg. Linear	1	0,398**	0,982**	0,661**	1,333**	0,233 ^{ns}
Substrato (S)	2	0,650**	2,855**	6,624**	8,860**	10,571**
Interação C x S	6	0,056 ^{ns}	0,089 ^{ns}	0,183 ^{ns}	0,148 ^{ns}	0,135 ^{ns}
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 ^{ns} não significativo, pelo teste F. GL: Grau de liberdade e CV: coeficiente de variação. ¹Valores transformados pela equação $(X + 0,5)^{0,5}$

Figura 4 - 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 água residuária coletada durante o período chuvoso no preparo da solução nutritiva e diferentes substratos



ordem de 1,16; 1,88; 0,93 e 1,26% 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 ornamental (Embrapa BRS Oásis) observaram efeitos significativos para o número médio de folhas aos 14 e 28 DAS, com médias superiores às observadas no presente trabalho para a cv. EMBRAPA 122/V2000, aos 28 DAS nas plantas irrigadas com adição de 100% da concentração nutricional.

Os resultados verificados na Figura 4C indicam que não houve diferença significativa ($p > 0,05$) no NF das plantas cultivadas em fibra de coco e areia lavada, em todas as épocas de avaliação; resultados estes

significativamente superiores às médias observadas em plantas cultivadas no bagaço de cana de açúcar, em que se verificou média de 8,7 folhas, aos 49 DAS.

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 função da variação da concentração nutricional dentro dos substratos areia lavada e bagaço de cana de açúcar; no entanto observou-se variação significativa ($p < 0,01$) e um crescimento linear à taxa de 2,44% por incremento unitário da concentração nutricional dentro do substrato fibra de coco (Figura 5A). Ainda nesta época no ciclo,

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 água residuária no preparo da solução nutritiva e diferentes substratos

Causa de variação	GL	Quadrado Médio ¹				
		Área Foliar (cm ²)				
		21 DAS	28 DAS	35 DAS	42 DAS	49 DAS
Concentração (C)	3	17,951**	53,697**	57,810 ^{ns}	167,09**	204,151**
Reg. Linear	1	25,93**	78,11**	57,45 ^{ns}	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 ^{ns} não significativo, pelo teste F. GL: Grau de liberdade e CV: coeficiente de variação. ¹Valores transformados pela equação $(X + 0,5)^{0,5}$

houve efeito significativo do fator substrato dentro das concentrações nutricionais testadas; na Figura 5B 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 cm²) e areia lavada (234,8 cm²), resultado médio 100 vezes superior ao observado no bagaço de cana de açúcar (Figura 5B).

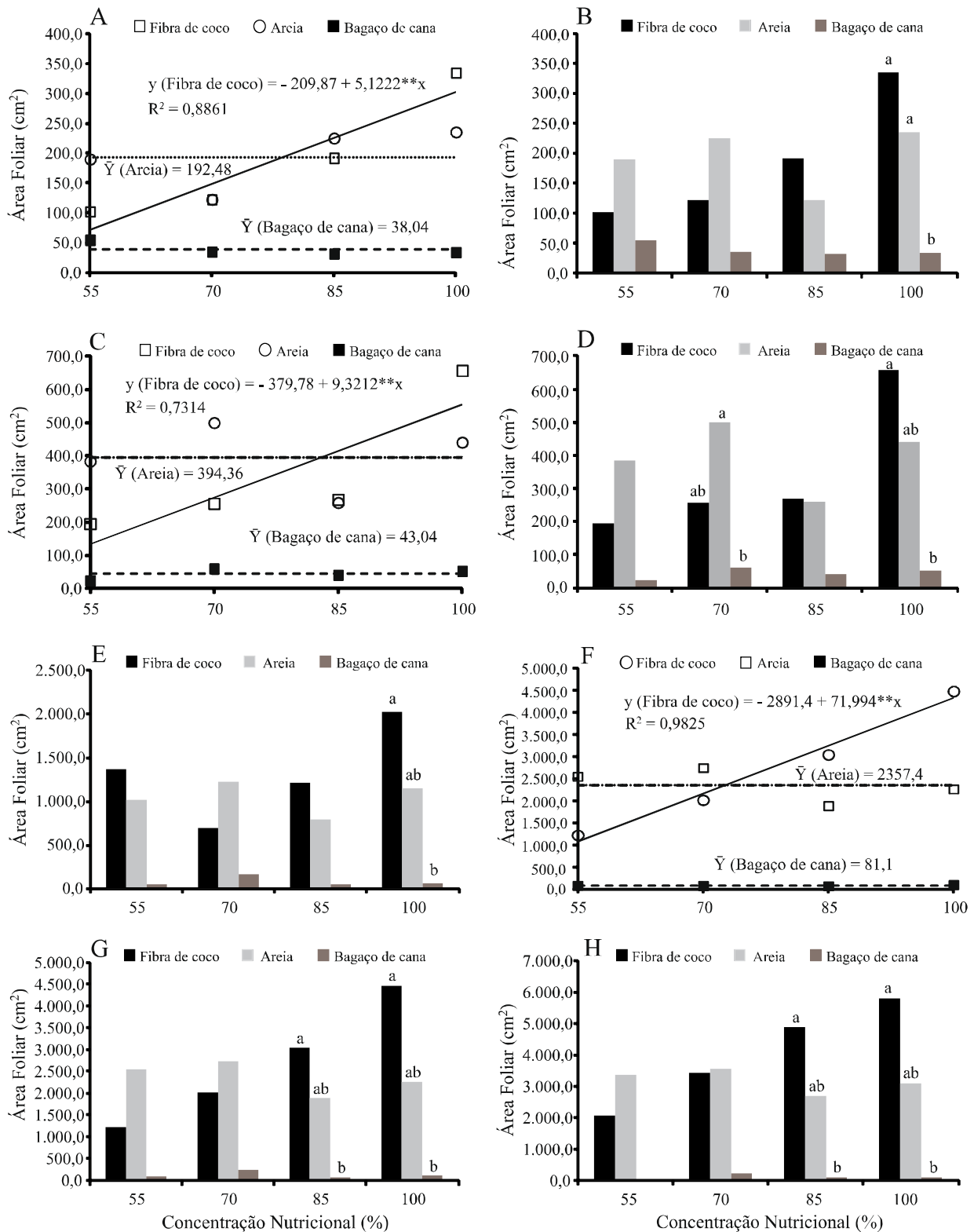
No desdobramento da interação entre os fatores na análise da AF aos 28 DAS, notou-se variações significativa ($p < 0,01$) do fator concentração nutricional dentro do fator substrato de cultivo; nesta época do ciclo o fator concentração nutricional não causou efeito significativo na AF das plantas cultivadas em areia lavada e bagaço de cana de açúcar, no entanto, as plantas cultivadas em fibra de coco apresentaram comportamento linear e crescente à taxa de 2,45% por incremento unitário da concentração nutricional (Figura 5C). 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 cm² nas plantas cultivadas em fibra de coco, 498 cm² nas plantas cultivadas em areia lavada e 58 cm² nas plantas cultivadas em bagaço de cana de açúcar. Sob 100%

da concentração observaram-se médias de 655; 439 e 51 cm² nas plantas cultivadas em fibra de coco, areia lavada e bagaço de cana de açúcar, respectivamente (Figura 5D).

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 (5.801,25 cm²) e areia lavada (3.091,24 cm²) não diferem entre si, apresentando resultados superiores aos observados em bagaço de cana de açúcar (Figura 5E).

Aos 42 DAS o fator concentração nutricional não causou variações significativas na AF das plantas cultivadas em areia lavada e bagaço de cana de açúcar (Figura 5F), entretanto a AF das plantas cultivadas em fibra de coco cresceu linearmente à taxa de 2,48% 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 lavada, cujas médias são duas vezes maiores que os resultados observados em bagaço de cana de açúcar (Figuras 5G e 5H).

Figura 5 - Área foliar de plantas de girassol (cv. EMBRAPA 122-V2000) cultivadas em sistema semi-hidropônico utilizando água residuária coletada durante o período chuvoso no preparo da solução nutritiva, em diferentes substratos. (A e B) Desdobramento da interação entre os tratamentos aos 21 DAS. (C e D) Desdobramento da interação entre os tratamentos aos 28 DAS. (E) Desdobramento da interação entre os tratamentos aos 35 DAS. (F e G) Desdobramento da interação entre os tratamentos aos 42 DAS. (H) Desdobramento da interação entre os tratamentos aos 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 lavada, sendo inviável o uso de bagaço de cana de açúcar como substrato de cultivo;
3. Mesmo com a redução da concentração de NPK da solução nutritiva para 55%, o crescimento de plantas de girassol para fins ornamentais permanece dentro do padrão comercial, desde que seja utilizada água residuária no preparo da solução nutritiva e fibra de coco ou areia lavada como substrato de cultivo.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, L. O. *et al.* Qualidade de flores de girassóis ornamentais irrigados com águas residuária e de abastecimento. **IDESIA**, v. 30, n. 2, p. 19-27, 2012.
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION - APHA, American Water Works Association (AWWA), Water Pollution Control Federation (WPCF). **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 13. ed. Washington, 1991. p. 62-65.
- 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. *et al.* 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. *et al.* 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. *et al.* 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.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. 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. *et al.* **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, n. 1, p. 1579-1592, 2010.
- IVANOFF, M. E. A. *et al.* 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. *et al.* 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, n. 2, p. 4827-4831, 2008.
- MELO, D. M. *et al.* 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. *et al.* Crescimento do girassol irrigado com água residuária e adubação orgânica. **Revista DAE**, v. 3, n. 4, p. 50-60, 2009.
- NOBRE, R. G. *et al.* Crescimento e floração do girassol sob estresse salino e adubação nitrogenada. **Revista Ciência Agronômica**, v. 41, n. 3, p. 358-365, 2010.
- PAULA, L. *et al.* 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. *et al.* 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. 256 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2013.
- SANTOS JÚNIOR, J. A. *et al.* 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. *et al.* Utilização de água residuária e de adubação orgânica no cultivo do girassol. **Revista Caatinga**, v. 23, n. 2, p. 125-133, 2010.