



ARTIGO ORIGINAL

Sebastião de Oliveira Maia Júnior^{1*}
Hugo Orlando Carvalho Guerra²
Jailma Ribeiro de Andrade¹
Danila Lima de Araújo³
Lúcia Helena Garófalo Chaves²
Janivan Fernandes Suassuna⁴

Crescimento, desenvolvimento e produção de três cultivares de girassol sob diferentes regimes hídricos

Growth, development and production of three cultivars in sunflower under different water regimes

¹ Universidade Federal de Alagoas – UFAL, BR 104, s/n, Km 85, 57100-000, Rio Largo, AL, Brasil

² Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, Rua Aprígio Veloso, 882, Bodocongó, 58429-900, Campina Grande, PB, Brasil

³ Universidade Federal da Paraíba – UFPB, Rodovia PB-079, 58397-000, Areia, PB, Brasil

⁴ Universidade Federal do Amapá – UFAP, Avenida Intendente Alfredo Pinto, s/n, União Mazagão, 68940-000, Mazagão, AP, Brasil

*Autor Correspondente:

E-mail: juniormaiagrari@hotmail.com

PALAVRAS-CHAVE

Helianthus annuus L.
Potencial genético
Irrigação

KEYWORDS

Helianthus annuus L.
Genetic potential
Irrigation

RESUMO: O girassol é uma espécie vegetal com inúmeras aplicações, apresentando grande potencial para a produção de energia renovável. Apesar de existir informações na literatura, as necessidades hídricas e o comportamento de cultivares de girassol ainda não estão perfeitamente definidos, principalmente no Nordeste do Brasil. Objetivou-se, assim, com este trabalho avaliar características do crescimento, desenvolvimento e produção de cultivares de girassol submetidas a diferentes regimes hídricos. O trabalho foi realizado em delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 3 x 4, sendo três cultivares (BRS Gira 26, Agrobrel 962 e Embrapa 122 V-2000) e quatro níveis de irrigação (40, 60, 80 e 100% do conteúdo de água na capacidade de campo), com quatro repetições. Foram avaliadas as características: altura de plantas, diâmetro do caule, área foliar, início do florescimento, maturação fisiológica, fitomassa da parte aérea, número de aquênios e peso de aquênios. A reposição hídrica com 100% da água disponível apresentou maior altura de planta, diâmetro do caule, área foliar, fitomassa e, número e peso de aquênios, destacando-se a Agrobrel 962 para a maioria das características. Lâminas de irrigação de 635,5; 603,7 e 546,2 mm, equivalentes a 100% da capacidade de campo, proporcionam melhores respostas de crescimento, desenvolvimento e produção das cultivares BRS Gira 26, Agrobrel 962 e Embrapa 122 V-2000, respectivamente.

ABSTRACT: The sunflower is a species with numerous applications, presenting great potential for production in energy replaceable. Although there exist bibliographic citations on the hydric needs and cultivars behavior of sunflower, still information, mainly for the North East of Brazil, is scarce. The objective of this study was to evaluate the growth characteristics, development and production of sunflower cultivars under different water regimes. The experiment was conducted in a completely randomized design in a factorial 3 x 4, comprising three cultivars (BRS Gira 26, Agrobrel 962 and Embrapa 122 V-2000) and four irrigation levels (40, 60, 80 and 100% of the field capacity soil water content) with four repetitions. They were evaluated the characteristics: plant height, stem diameter, leaf area, early flowering, physiological maturity, shoot biomass, number achenes and weight of achenes. The replacement of water with 100% of the available water presented more plant height, stem diameter, leaf area, biomass and number and weight of achenes, standing out the Agrobrel 962 for most of characteristics. Irrigation depth of 635,5; 603,7 and 546,2 mm, equivalent at 100% the capacity field, provide best answers the growth, development and production cultivars of sunflower BRS Gira 26, Agrobrel 962 and Embrapa 122 V-2000, respectively.

1 Introdução

O girassol (*Helianthus annuus* L.) é uma das espécies vegetais de maior potencial para a produção de energia renovável no Brasil por constituir uma importante opção para o produtor agrícola em sistemas de rotação ou sucessão de culturas e, por ser utilizado como matéria-prima para a produção de biocombustível (Lopes et al., 2009). Além disso, apresenta características desejáveis do ponto de vista agrônomo, como ciclo curto, alta qualidade e quantidade de óleo produzido e, tolerância à limitação hídrica, antevendo-se uma boa e nova opção de renda aos produtores (Silva et al., 2007; Viana et al., 2012).

O cultivo do girassol no Brasil vem crescendo nos últimos anos com destaque para o Estado de Mato Grosso, maior produtor nacional. No entanto, a área plantada com a cultura tem sofrido fortes reduções com estimativa para a safra 2014/2015 de 36,4% menor em relação a safra anterior, bem como, a produtividade com queda de 2,4% (Conab, 2015). Isso se deve, principalmente, às poucas informações disponíveis sobre cultivares adaptadas, uma vez que a escolha do material genético e, formas de manejo apropriadas como a disponibilidade de água no solo são fatores ideais e decisivos para assegurar a rentabilidade da cultura (Porto et al., 2009; Capone et al., 2012).

O estudo de cultivares em função da disponibilidade hídrica do solo, permite avaliar como elas se comportam, qual o manejo adequado para se fazer irrigação ou até mesmo encontrar estratégias para cultivos de sequeiro. A utilização de cultivares adaptadas, além de incrementar a produtividade, constitui um fator de baixo custo no sistema de produção e, consequentemente, de fácil adoção pelos produtores (Silva et al., 2007; Oliveira et al., 2010).

Geralmente, o déficit hídrico caracterizado pela redução do conteúdo de água no solo é o maior problema enfrentado pela agricultura e a habilidade de tolerância à seca é de grande importância (Viana et al. 2012). O estresse por escassez de água desencadeia uma ampla variedade de respostas negativas no vegetal, como alterações na expressão genética e metabolismo celular, diminuições nas taxas de crescimento e produtividade (Carneiro, 2011).

As respostas das plantas às condições hídricas variam de acordo com a espécie, cultivar, tempo de exposição, entre outros (Silva et al., 2007; Nezami et al., 2008; Viana et al., 2012; Freitas et al., 2012). Nesse sentido, é de grande importância a obtenção de informações agrônomicas sobre as cultivares de girassol disponíveis por meio da pesquisa, tornando-se possível selecionar e recomendar aquelas mais adaptadas às regiões produtoras, o que consequentemente pode aumentar o sucesso do produtor com a cultura, com maiores produtividades e retornos econômicos competitivos com outras lavouras já estabelecidas (Silva et al., 2007; Porto et al., 2009).

Alguns estudos têm avaliado a questão da disponibilidade hídrica no girassol, como o de Silva et al. (2007), os quais encontraram que a irrigação proporcionou aumento na produtividade de grãos e na altura das plantas, e os de Nezami et al. (2008) e Nobre et al. (2010) que verificaram o favorecimento da reposição hídrica sobre altura de planta, fitomassa seca da parte aérea, diâmetro de capítulo e número de aquênios por capítulo. Contudo, faz-se necessário o estudo com diferentes

cultivares para melhor compreensão do comportamento destas frente a variações da disponibilidade hídrica, visto que a escolha adequada de cultivares é um dos pontos-chave para o sucesso da cultura.

Nesse contexto, objetivou-se com este trabalho avaliar o crescimento, desenvolvimento e produção de cultivares de girassol submetidas a diferentes regimes hídricos, visando identificar cultivares com bom desempenho a diferentes condições hídricas no solo.

2 Material e Métodos

O trabalho foi realizado em casa de vegetação, nas instalações do Departamento de Engenharia Agrícola (DEAg) do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande, no período compreendido entre julho e novembro de 2012. O local fica situado a 7°12'88" de latitude Sul, 35°54'40" de longitude Oeste e altitude de 532 m; o clima da região, conforme a classificação climática de Köppen, é do tipo Csa, que representa clima mesotérmico, subúmido, com período de estiagem quente e seco (4 a 5 meses) e período chuvoso de outono a inverno.

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial 3 x 4, composto pelas três cultivares e quatro níveis de irrigação originando doze tratamentos com quatro repetições, resultando em 48 parcelas representadas por uma planta cada. O experimento foi conduzido com três cultivares de girassol, sendo: BRS Gira 26, Agrobol 962 e Embrapa 122 V-2000, representando dois híbridos e uma variedade, respectivamente; submetidas a quatro lâminas de irrigação, sendo elas: 40, 60, 80 e 100% do conteúdo de água do solo na capacidade de campo.

As parcelas consistiram de um vaso plástico perfurado, com capacidade volumétrica aproximada de 120 L, e arrançados em espaçamento de 0,2 e 1,5 m entre plantas e fileiras, respectivamente. Os vasos foram preenchidos com 110 kg de solo após o peneiramento deste em malha de 2 mm de diâmetro. O solo utilizado foi um Neossolo Regolítico (Embrapa, 2006) proveniente de uma área pertencente a Empresa de Pesquisa Agropecuária da Paraíba (EMEPA) localizada no município de Lagoa Seca, PB. Foram coletadas amostras entre 0,20 e 0,60 m de profundidade, analisadas posteriormente, apresentando as características químicas: pH (H₂O) = 4,8; P_{resina} = 5,4 mg dm⁻³; H+Al = 0,96 cmol_c dm⁻³; Al = 0,40 cmol_c dm⁻³; K = 0,18 cmol_c dm⁻³; Ca = 0,51 cmol_c dm⁻³; Mg = 0,20 cmol_c dm⁻³; Na = 0,05 cmol_c dm⁻³; SB = 0,89 cmol_c dm⁻³ e CTC = 1,90 cmol_c dm⁻³; e físicas: argila = 110,1 g kg⁻¹; areia = 777,0 g kg⁻¹; silte = 112,9 g kg⁻¹; capacidade de campo = 0,132 m³ m⁻³ e ponto de murcha = 0,037 m³ m⁻³. A capacidade de campo e o ponto de murcha foram determinados pelo método da câmara de pressão de Richards.

A acidez do solo foi corrigida 60 dias antes da semeadura, com CaCO₃ de PRNT (Poder Relativo de Neutralização Total) de 95%, visando elevar o índice de saturação por bases de 48% para 70% e, a adubação realizada com a aplicação de 40, 80 e 80 Kg ha⁻¹ de Nitrogênio, Fósforo e Potássio, utilizando-se ureia, superfosfato triplo e cloreto de potássio, respectivamente. As adubações foram aplicadas em fundação, exceto o N que teve 30% aplicado em fundação e 70% aplicado

30 dias após sementeira (DAS). A adubação bórica foi fornecida 20 DAS utilizando-se como fonte o ácido bórico em proporções equivalentes a 2 Kg ha⁻¹.

O solo foi irrigado até a capacidade de campo (CC) antes da sementeira, que ocorreu em julho de 2012, com o intuito de garantir um conteúdo de água no solo adequado para boa germinação das sementes e emergência das plântulas. As sementes de melhor aparência foram selecionadas e colocadas cinco em cada vaso. A partir de então o solo foi mantido próximo da capacidade de campo até a estabilização da emergência. Após 15 dias da sementeira se realizou o desbaste deixando-se uma planta por vaso, momento em que foram implantados os tratamentos de água. O conteúdo de água do solo, em cada vaso, foi monitorado diariamente em camadas de 0,10 até a profundidade de 0,60 m por meio de sonda de capacitância modelo DIVINER 2000®. Com base nas leituras da sonda foi feito o balanço de água que contabilizou o consumo da mesma pelo referido tratamento e permitiu calcular o volume de reposição em cada irrigação. A irrigação foi conduzida manualmente com uma proveta graduada em mililitros. Durante a condução do experimento, sempre que necessário, realizaram-se tratamentos culturais e controle fitossanitário, seguindo recomendações de Leite et al. (2005).

Para avaliar o crescimento, desenvolvimento e produção do girassol foram mensuradas as características: altura da planta (AP), diâmetro do caule (DC), área foliar (AF), início do florescimento (IF), maturação fisiológica (MF), fitomassa da parte aérea (FPA), número de aquênios por capítulo (NA) e peso de aquênios por capítulo (PA). As características de crescimento foram realizadas aos 80 DAS. AAP foi determinada da base do solo à inserção do capítulo, obtida por meio de uma trena de resolução igual a 0,1 cm. O DC foi medido entre o segundo e o terceiro par de folhas, utilizando-se paquímetro digital de resolução igual a 0,01 mm. A AF foi calculada por meio da avaliação de dimensão da maior largura de todas as folhas fotossinteticamente ativas por planta de acordo com Maldaner (2009), conforme a equação: $AF = 1,7582 L^{1,7067}$. Em que: AF - área foliar, cm² e L - largura máxima da folha, cm. O IF foi considerado quando se percebeu a apresentação das primeiras flores liguladas que, frequentemente são de cor amarela, ou estágio R4; para tanto, foram contabilizados os dias da germinação à abertura do botão floral. A MF foi obtida contando-se os dias compreendidos da germinação à colheita. A FPA foi obtida após a secagem dos caules e folhas em estufa com circulação de ar a 65°C até estabelecimento do peso, em balança analítica de resolução 0,01 g. O NA foi obtido a partir da contagem daqueles de aparência e tamanho normais por capítulo, posteriormente obteve-se o PA em balança digital (0,01 g).

Os volumes de reposição hídrica aplicados durante o período experimental são apresentados na Tabela 1. Nos tratamentos com lâminas de irrigação equivalentes a 40, 60, 80 e 100% CC foram diferentes para as cultivares, devido aos seus respectivos ciclos.

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo Teste F, ao nível de 5% de probabilidade. Ocorrendo significância entre os tratamentos, os tratamentos qualitativos foram avaliadas através do teste de Tukey e os quantitativos por meio de regressão, utilizando-se o software SISVAR.

Tabela 1. Lâmina total aplicada, em mm, nos diversos tratamentos durante o período de realização do experimento para as cultivares utilizadas, Campina Grande, PB, 2012.

Table 1. Total depth applied, in mm, in the various treatments during the period realization of experiment for cultivars used. Campina Grande, PB, 2012.

Cultivares	40% CC	60% CC	80% CC	100% CC
	(mm)			
BRS Gira 26	254,20	381,35	508,44	635,56
Agrobel 962	241,50	362,25	483,00	603,75
Embrapa 122	218,50	327,72	436,95	546,20

3 Resultados e Discussão

Ocorreu efeito significativo ($p < 0,05$) da interação entre cultivares e regimes hídricos para diâmetro do caule, fitomassa da parte aérea e maturação fisiológica, dos regimes hídricos para altura de plantas, diâmetro do caule, maturação fisiológica, fitomassa da parte aérea, número e peso de aquênios e, das cultivares para altura de plantas, diâmetro do caule, início do florescimento, maturação fisiológica, fitomassa da parte aérea, número de aquênios e peso de aquênios.

A altura máxima de plantas foi observada na cultivar BRS Gira 26, superior aproximadamente 17,7% da Embrapa 122 V-2000 que apresentou menor altura (Tabela 2). Em girassol, características morfológicas como a altura de plantas é considerado um importante parâmetro na análise de quantificação da diversidade genética da cultura (Amorim et al., 2007).

Em relação aos regimes hídricos verificou-se que os resultados da altura de plantas se ajustaram ao modelo linear, cujas equações de regressão, estimou valores de 88,3 e 123,3 cm, respectivamente, para o menor e maior regime hídrico, representado assim incremento da ordem de 28,3% (Figura 1A). Esses resultados condizem com os relatados por Viana et al. (2012) que constataram o aumento da altura das plantas de girassol conforme se aumentou a disponibilidade de água no solo. Resultados semelhantes foram obtidos por Silva et al. (2007) e Nobre et al. (2010) que encontraram incrementos na altura de plantas de 18,75% e 33,2%, respectivamente, no intervalo compreendido entre o mínimo e máximo de água reposta.

A cultivar Agrobel 962 teve o maior diâmetro do caule, não diferindo da BRS Gira 26, entretanto, significativamente superior 9% que da cultivar Embrapa 122 V-2000, que teve o menor diâmetro (Tabela 2). Quanto ao efeito dos regimes hídricos, os dados se ajustaram a um modelo linear obtendo incrementos do diâmetro do caule na ordem de 25,9% quando aumentou do menor ao maior regime hídrico (Figura 1B).

Com relação à interação, o diâmetro do caule ajustou-se a modelos lineares para as cultivares BRS Gira 26 e Agrobel 962, enquanto que para a Embrapa 122 V-2000 o melhor ajuste foi o modelo quadrático (Figura 2A). Assim, observou-se que as cultivares BRS Gira 26 e Agrobel 962 responderam de forma semelhante com incremento do diâmetro do caule de 39,6 e 24,6% em função dos crescentes níveis de regimes hídricos, inferindo-se que os crescentes níveis de umidade favoreceram o aumento do diâmetro do caule para ambas as cultivares. Tais resultados corroboram com os de Freitas et al.

Tabela 2. Médias da altura de planta (cm), diâmetro do caule (cm), área foliar (cm²), início do florescimento (dias), maturação fisiológica (dias), fitomassa da parte aérea (g/planta), número de aquênios (unidade/planta) e peso de aquênios (g/planta) de cultivares de girassol sob diferentes regimes hídricos, Campina Grande, PB, 2012.

Table 2. Mean plant height (cm), stem diameter (cm), leaf area (cm²), start flowering (days), maturation physiological (days), shoot dry mass (g planta⁻¹), number of achenes (unit planta⁻¹) and weight of achenes (g planta⁻¹) of cultivars in sunflower under different water regimes. Campina Grande, PB, 2012.

Cultivares	AP	DC	AF	IF	MF	FPA	NA	PA
BRS Gira 26	113,2 a	10,2ab	2027,4 a	60,9 a	104,0a	38,4b	356,1 b	33,7 b
Agrobel 962	110,9 a	11,1a	1738,2 a	53,1 b	98,3b	44,8a	475,8 a	49,1 a
Embrapa 122	93,1b	10,1b	646,1 b	48,4 c	90,3c	30,0c	299,2 c	28,0 c

Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade ($p < 0,05$).

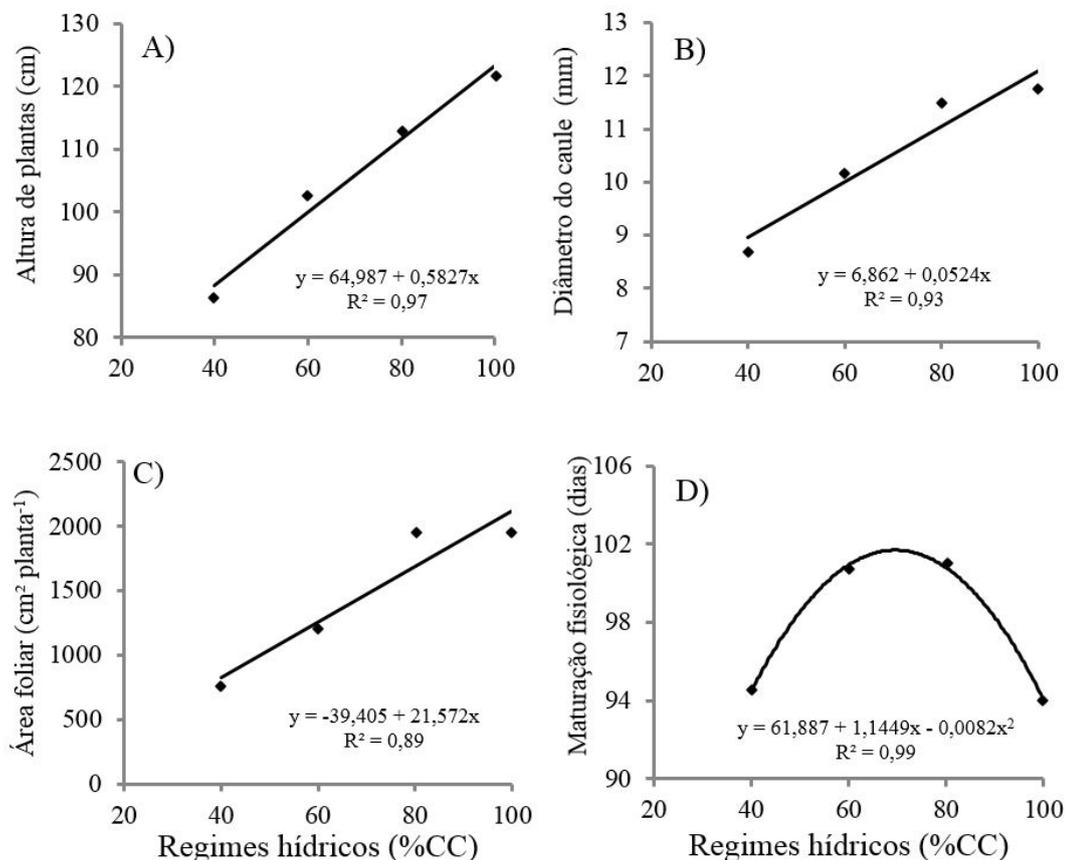


Figura 1. Altura de plantas (A); diâmetro do caule (B); área foliar (C) e maturação fisiológica (D), de cultivares de girassol sob diferentes regimes hídricos. Campina Grande, PB, 2012.

Figure 1. Plant height (A); stem diameter (B); leaf area (C) and maturation physiological (D), of cultivars in sunflower under different water regimes. Campina Grande, PB, 2012.

(2012) que também encontraram resultados lineares com diâmetro máximo no maior nível de irrigação com água de poço e, de Viana et al. (2012) que também verificaram crescimento linear ao efeito significativo de lâminas de irrigação.

Já a cultivar Embrapa 122 V-2000 que se ajustou a uma regressão quadrática, teve o máximo diâmetro do caule estimado de 11,17 mm a 77,2% CC, indicando que tanto a limitação como o excesso de água não favoreceram no aumento desta característica. Gomes et al. (2010) avaliando o desenvolvimento do girassol sob lâminas de irrigação, verificaram que a limitação de água provoca a redução do diâmetro do caule antes do final do ciclo, constatado também nesse estudo.

Quanto ao fato de menor diâmetro com irrigação adequada pode ser explicado pelo período de avaliação já próximo da maturação da cultivar, período em que ocorre atenuação de crescimento das plantas tendo o processo de redistribuição de assimilados da fitomassa (fonte) transferido para a produção de aquênios (dreno), conforme Gomes et al. (2010). Adicionalmente, a redução no diâmetro pode ser apontada como um fator negativo no sistema de produção, pois o diâmetro do caule é uma característica morfológica relacionada com a resistência ao acamamento, fator importante para o manejo da cultura (Biscaro et al., 2008).

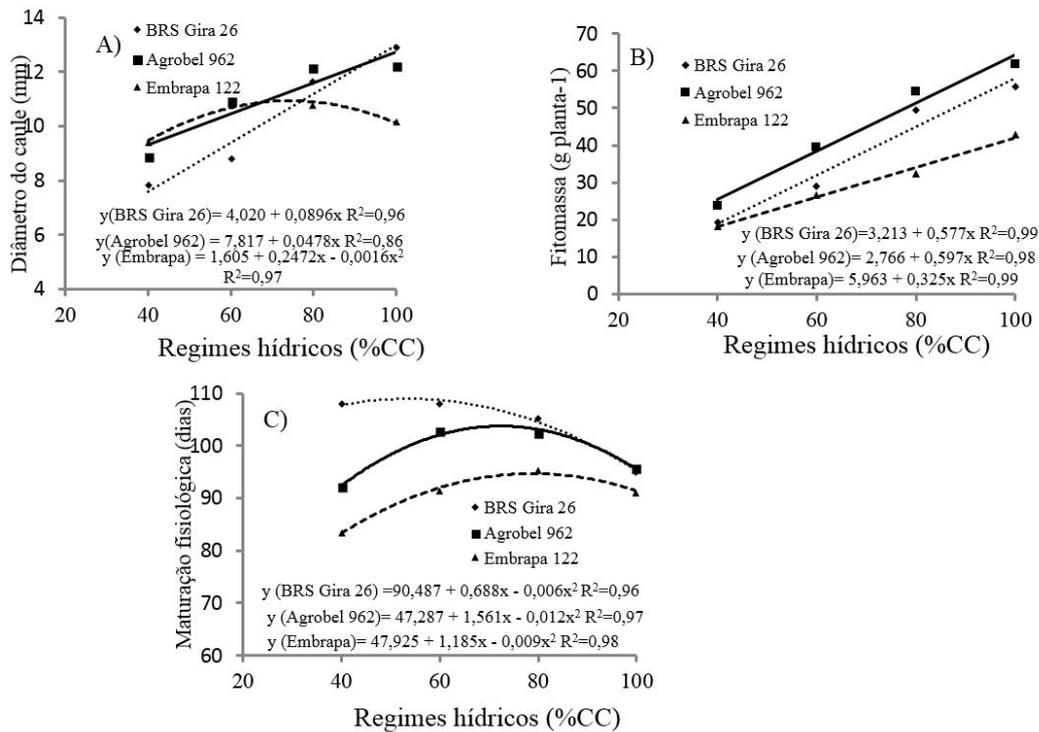


Figura 2. Interação do diâmetro do caule (A); fitomassa da parte aérea (B) e maturação fisiológica (C) de cultivares de girassol sob diferentes regimes hídricos. Campina Grande, PB, 2012.

Figure 2. Interaction of stem diameter (A); biomass of the part aerial (B) and maturation physiological (C) of cultivars in sunflower under different water regimes. Campina Grande, PB, 2012.

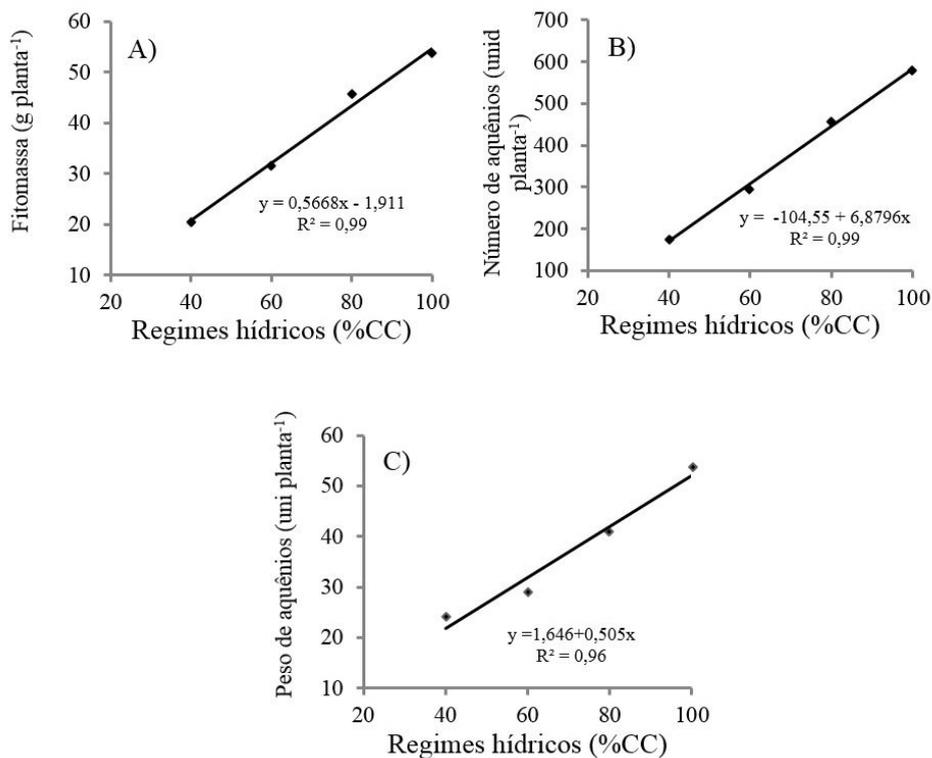


Figura 3. Fitomassa da parte aérea (A); número de aquênios (B) e peso de aquênios (C) de cultivares de girassol sob diferentes regimes hídricos. UFCG, Campina Grande-PB, 2012.

Figure 3. Biomass of the part aerial (A); number of achenes (B) and weight of achenes (C) of cultivars in sunflower under different water regimes. Campina Grande, PB, 2012.

A cultivar BRS Gira 26 apresentou a maior área foliar, superior aproximadamente 68,1% a Embrapa 122 V-2000, que teve a menor área (Tabela 2). A área foliar de uma planta depende da cultivar, do número e do tamanho das folhas, bem como do seu tempo de permanência na planta que, geralmente, aumenta até um máximo decrescendo subsequentemente em função da senescência natural (Carvalho et al., 2012).

Quanto aos regimes hídricos observou-se que a área foliar cresceu linearmente em função do aumento de água no solo, obtendo incremento de 61,1% do menor para o maior nível da reposição hídrica (Figura 1C), corroborando com Dutra et al. (2012) que observaram o aumento da área foliar de plantas de girassol conforme o aumento do conteúdo de água. A diminuição do conteúdo de água no solo afeta acentuadamente a morfologia da planta, sendo a área foliar uma das primeiras características morfológicas a serem afetadas (Santos & Carlesso, 1998).

A restrição de água no solo também provoca redução em sua absorção pelas plantas e com isso, as células destas tem menor pressão de turgor, levando a menor expansão da área foliar (Taiz & Zeiger, 2009). Assim, presume-se que a área foliar é uma das principais características a ser favorecida pelo adequado suprimento hídrico (Carvalho et al., 2012) como observado com a reposição de 100% CC.

Entre as cultivares, constatou-se que o início do florescimento ocorreu sequencialmente na Embrapa 122 V-2000, Agrobrel 962 e BRS Gira 26, respectivamente (Tabela 2). A diversidade entre as cultivares condizem com os resultados encontrados por Capone et al. (2012) avaliando a interação de cultivares em diferentes épocas encontraram variabilidade entre cultivares. A precocidade do florescimento verificada na cultivar Embrapa 122 V-2000 pode ser atribuída à característica particular da variedade, fato constatado também por Amorim et al. (2007) e Nobre et al. (2010) que observaram o início do florescimento ocorrido por volta de 50 dias.

Nesse sentido, infere-se que as constituições genéticas das cultivares são divergentes para essa característica, tendo-se como um aspecto importante no momento da escolha de cultivares específicas para cada condição de cultivo. Vale destacar, que os programas de melhoramento genético tendem a selecionar cultivares precoces, visando aproveitar a entressafra das grandes culturas (Oliveira et al., 2005).

Observou-se que a maturação fisiológica ocorreu sequencialmente para as cultivares Embrapa 122 V-2000, Agrobrel 962 e BRS Gira 26, respectivamente (Tabela 2). Gomes et al. (2007) avaliando as características agrônômicas de genótipos de girassol em condições de campo, encontraram para a cultivar Agrobrel 962 maturação fisiológica média aos 79 dias, enquanto, Nobre et al. (2010) reportam ciclo fenológico de 100 dias para a cultivar Embrapa 122 V-2000, apresentando-se mais precoce e tardio, respectivamente, que os desse estudo.

O efeito dos regimes hídricos para a maturação fisiológica ajustou-se ao modelo polinomial quadrático, indicando que a maturação teórica das cultivares aumentou até 70% CC, reduzindo com o acréscimo do conteúdo de água no solo. Desse modo, observa-se que os regimes hídricos de 40 e mais acentuado de 100% CC, reduziram o tempo para as plantas concluírem o ciclo (Figura 1D).

Analisando-se a interação entre cultivares e regimes hídricos para a maturação fisiológica, observa-se que houve interação dos

regimes hídricos para todas as cultivares, as quais ajustaram-se ao modelo polinomial quadrático. Isto significa que houve encurtamento do ciclo para as mesmas quando irrigadas a 40% CC, prolongando-se até valores médios estimados de 54, 72 e 75% CC, respectivamente, para as cultivares BRS Gira 26, Agrobrel 962 e Embrapa 122 V-2000, decaindo quando superiores.

Nesse sentido, verificou-se que a restrição hídrica (40% CC) e o suprimento normal (100% CC) reduziram o ciclo fenológico de todas as cultivares (Figura 2C). O modelo quadrático ajustado à maturação fisiológica em relação aos regimes hídricos sugere que o crescimento e desenvolvimento das plantas apresentaram comportamentos distintos resultando na redução do ciclo.

Por um lado, a restrição na disponibilidade hídrica pode levar a redução na expansão celular, redução na área foliar, aumento na abscisão foliar, fechamento de estômatos e redução na fotossíntese (Taiz & Zeiger, 2009) o que possivelmente pode ter ocorrido nas plantas de girassol cultivadas a 40% CC, ocasionando a senescência prematura ou estratégia de antecipação do ciclo em virtude das condições desfavoráveis, pois plantas submetidas ao déficit hídrico gradual ou a deficiência de água no início do seu ciclo, criam mecanismos de adaptação (Santos & Carlesso, 1998).

De outra forma, sob condições adequadas de umidade ocorre a manutenção da turgescência nas células permitindo a continuidade dos processos de crescimento vegetal, expansão e divisão celular (Taiz & Zeiger, 2009). Assim, presume-se que as plantas cultivadas com 100% CC completaram o ciclo natural, tendo a distribuição de fotoassimilados ocorrido normalmente no interior da planta contribuindo para o seu adequado desenvolvimento; sugerindo-se que as plantas nos regimes hídricos intermediários (60 e 80%), por haver uma certa limitação de água, poderão ter modificado seu metabolismo ocasionando o tardiamiento do ciclo.

Entre as cultivares a maior fitomassa da parte aérea foi observada na Agrobrel 962, superior aproximadamente 33% a Embrapa 122 V-2000, que apresentou menor fitomassa (Tabela 2); quanto aos regimes hídricos a fitomassa da parte aérea ajustou-se a um modelo linear; de acordo com a equação de regressão ajustada obteve-se incremento da ordem de 62,1% da menor para a maior reposição hídrica (Figura 3A). É esperado que maiores reposições hídricas favoreçam no ganho de biomassa, pois nessas condições não há limitações na fotossíntese, o que proporciona maior produção e distribuição de fotoassimilados. Resultados semelhantes são reportados por Nobre et al. (2010), onde verificaram que a fitomassa da parte aérea cresceu linearmente com o aumento da reposição hídrica.

Analisando-se o efeito da interação cultivares versus regimes hídricos, constatou-se diferença significativa das três cultivares dentro dos regimes hídricos correspondentes a 60, 80 e 100% CC; apenas no regime de 40% CC a fitomassa não diferiu entre as cultivares, inferindo-se que estas tiveram o mesmo comportamento para a produção de massa seca quando submetidas a condições de limitação hídrica.

As regressões da interação ajustaram-se a modelos lineares, sendo encontrados incrementos no ganho de fitomassa entre 60 e 100% CC da ordem de 38,3; 37,9 e 33,8% para as cultivares Agrobrel 962, BRS Gira 26 e Embrapa 122 V-2000, respectivamente (Figura 2B). Tal fato indica que as cultivares

tiveram a produção de massa seca favorecida com os maiores níveis de regimes hídricos aplicados. Castro et al. (2006) constataram que o estresse hídrico contribui para a redução da fitomassa, onde citam que plantas de girassol com e sem estresse hídrico tiveram valores médios de 29 e 77 g, respectivamente.

A cultivar Agrobrel 962 teve maior número de aquênios por capítulo, superior aproximadamente 25 e 37% que a BRS Gira 26 e Embrapa 122 V-2000, respectivamente (Tabela 2). A variabilidade do rendimento de aquênios está relacionada à variabilidade no número de aquênios por capítulo, sendo considerado um parâmetro bastante apropriado para avaliar o rendimento do girassol (Ribeiro et al., 2011). Por ser um bom parâmetro na seleção de cultivares produtivas, destaca-se a Agrobrel 962 como promissora em relação ao rendimento de grãos.

Analisando-se os efeitos dos regimes hídricos sobre o número de aquênios por capítulo, observou-se que o modelo que mais ajustou-se aos dados foi o linear, com valores estimados de 170,6 e 583,4, respectivamente, para 40 e 100% CC promovendo um incremento de 70,7% entre o intervalo (Figura 3B). Corroborando com esse estudo, Nobre et al. (2010) utilizando a cultivar Embrapa 122 V-2000 observaram crescimento linear com valores estimados de 292,6 e 501,7 aquênios por capítulo usando as reposições de 40 e 100% da necessidade hídrica, respectivamente. O baixo número de aquênios, possivelmente, se deve a ausência de aquênios no centro do capítulo ocasionado pela limitação hídrica, comprometendo diretamente o número de aquênios (Castro et al., 2006). De outra forma, o adequado suprimento hídrico à cultura, especificamente durante a pós-floração, possibilita a demanda hídrica necessária para o enchimento dos aquênios (Viana et al., 2012).

Entre as cultivares avaliadas, a Agrobrel 962 teve o peso de aquênios superior 31,3 e 43% em relação a BRS Gira 26 e Embrapa 122 V-2000, respectivamente (Tabela 2); quanto ao peso de aquênios por capítulo em função dos regimes hídricos, ajustou-se ao modelo polinomial linear, indicando que estes aumentaram simultaneamente com o acréscimo da reposição hídrica (Figura 3C). Desse modo, verificou-se que entre os regimes hídricos de 40 e 100% CC, houve eficiência técnica para o ganho de massa de aquênios de 22 para 52 g, respectivamente. Nobre et al. (2010) também encontraram resultados significativos da reposição hídrica para o peso de aquênios, com crescimento linear em função do aumento da reposição de água.

Ressalte-se, que a restrição hídrica provoca falha no enchimento do capítulo, atribuído à maior demanda de fotoassimilados pelos aquênios oriundos das primeiras flores polinizadas (Castro & Farias 2005; Castro et al., 2006). Assim, as reduções ocorridas nos menores fornecimentos de água à cultura, possivelmente estejam relacionadas a esses fatores, uma vez que, após a redução de crescimento das plantas os fotoassimilados produzidos são transferidos para a produção dos aquênios (Gomes et al., 2010).

As menores reposições hídricas condicionam um esgotamento de água no solo e, nessas condições, as plantas utilizam certos mecanismos fisiológicos como o fechamento estomático no intuito de restringir a perda de água através da transpiração, reduzindo a absorção de CO₂ e, conseqüentemente, as taxas fotossintéticas, fatos que reduzem a acumulação de fotoassimilados (Taiz &

Zeiger 2009). Atribui-se, por conseguinte, que a ocorrência desses mecanismos tenha afetado o crescimento dos diferentes órgãos das plantas, o enchimento dos capítulos e o peso de aquênios, configurando menor rendimento produtivo da cultura no menor regime hídrico.

4 Conclusões

As cultivares de girassol estudadas diferem quanto aos parâmetros de crescimento, desenvolvimento e produção. A cultivar Agrobrel 962 se sobressai quanto a fitomassa da parte aérea, o número de aquênios e, o peso de aquênios por capítulo. A Embrapa 122 V-2000 apresenta ciclo precoce, independente da reposição hídrica. As condições hídricas do solo influenciam na maturação fisiológica das cultivares de girassol. Lâminas de irrigação de 635,5; 603,7 e 546,2 mm proporcionam melhores respostas de crescimento, desenvolvimento e produção das cultivares de girassol BRS Gira 26, Agrobrel 962 e Embrapa 122, respectivamente.

Referências

- AMORIM, E. P.; RAMOS, N. P.; UNGARO, M. R. G.; KIIHL, T. A. M. Divergência genética em genótipos de girassol. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 31, n. 6, p.1637-1644, 2007.
- BISCARO, G. A.; MACHADO, J. R.; TOSTA, M. S.; MENDONÇA, V.; SORATTO, R. P.; CARVALHO L. A. Adubação nitrogenada em cobertura no girassol irrigado nas condições de Cassilândia – MS. *Ciência e Agrotecnologia*, v.32, p.1366-1373, 2008.
- CAPONE, A.; SANTOS, E. R.; FERRAZ, E. C.; SANTOS, A. F.; OLIVEIRA, J. L.; BARROS, H. B. Desempenho agrônomo de cultivares de girassol no sul do Estado Tocantins. *Journal of Biotechnology and Biodiversity*, v.3, n.3, p.13-23, 2012.
- CARNEIRO, M. M. L. C. *Trocas gasosas e metabolismo antioxidativo em plantas de girassol em resposta ao déficit hídrico*. Pelotas: UFPel, 2011. 42p. Dissertação de Mestrado.
- CARVALHO, D. R.; NASCIMENTO, P. G. M. L.; SILVA, M. G. O.; MESQUITA, H. C.; CUNHA, J. L. X. L. Comparação de métodos para estimativa da área foliar do *Myrciaria tenella* O. Berg. *Revista ACSA – Agropecuária Científica no Semi-Árido*, v.8, n.4, p.01-06, 2012.
- CASTRO, C. de; MOREIRA, A.; OLIVEIRA, R. F. de; DECHEN, A. R. Boro e estresse hídrico na produção do girassol. *Ciência e Agrotecnologia*, v.30, n.2, p.214-220, 2006.
- CASTRO, C.; FARIAS, J. R. B. *Ecofisiologia do girassol*. In: Leite, R. M. V. B. C. et al. Girassol no Brasil. Londrina: Embrapa, 2005. p.163-218.
- CONAB – *Companhia Nacional de Abastecimento*. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_07_14_14_15_03_girassoljunho2015.pdf>. Acesso em: Out de 2015.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Centro Nacional de Pesquisa de Solos. *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 412p
- FREITAS, C. A. S.; SILVA, A. R. A.; BEZERRA, F. M. L.; ANDRADE, R. R.; MOTA, F. S. B.; AQUINO, B. F. Crescimento da cultura do girassol irrigado com diferentes tipos de água e adubação nitrogenada.

- Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.16, n.10, p.1031–1039, 2012.
- GOMES, D. P.; BRINGEL, J. M. M.; MORAES, M. F. H.; TORRES, S. B. Características agrônômicas de genótipos de girassol cultivados em São Luís – MA. *Revista Caatinga*, v.20, n.3, p.213-216, 2007.
- GOMES, E. P.; ÁVILA, M. R.; RICKLI, M. E.; PETRI, F.; FEDRI, G. Desenvolvimento e produtividade do girassol sob lâminas de irrigação em semeadura direta na região do arenito Caiuá, estado do Paraná. *Irriga*, v.15, n.4, p.373-385, 2010.
- LOPES, P. V. L.; MARTINS, M. C.; TAMAI, M. A.; OLIVEIRA, A. C. B. de; CARVALHO, C. G. P. de. *Produtividade de genótipos de girassol em diferentes épocas de semeadura no oeste da Bahia*. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2009.
- MALDANER, I. C. Modelos de determinação não-destrutiva da área foliar em girassol. *Ciência Rural*, v.39, n.5, p.1356-1361, 2009.
- NEZAMI, A.; KHAZAEI, H. R.; BOROUHAND REZAZADEH, Z.; HOSSEINI, A. Effects of drought stress and defoliation on sunflower (*Helianthus annuus*) in controlled conditions. *Desert*, v. 1, p. 99-104, 2008.
- NOBRE, R. G.; GHEYI, H. R.; SOARES, F. A. L.; ANDRADE, L. O.; NASCIMENTO, E. C. S. Produção do girassol sob diferentes lâminas com efluentes domésticos e adubação orgânica. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.14, n.7, p.747–754, 2010.
- OLIVEIRA, F. A.; OLIVEIRA, F. R. A.; CAMPOS, M. S.; 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, n.4, p.479-484, 2010.
- OLIVEIRA, M. F.; CASTIGLIONI, V. B. R.; CARVALHO, C. G. P. Melhoria do girassol. In: LEITE, R. M. V. B.; BRIGHENTI, A.M.; Castro, C. *Girassol no Brasil*. V. 1. Embrapa Soja, Londrina, Paraná, 2005.
- PORTO, W. S.; CARVALHO, C. G. P.; PINTO, R. J. B.; OLIVEIRA, M. F.; OLIVEIRA, A. C. B. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de girassol para a região subtropical do Brasil. *Ciência Rural*, v. 39, n. 9, p.2452-2459, 2009.
- RIBEIRO, M. F. S.; DAROS, E.; CAIRES, E. F.; VASCONCELLOS, M. E. C. Desempenho agrônômico da cultura do girassol em diferentes condições edafoclimáticas do Sudeste paranaense. *Bragantia*, v. 70, n. 3, p.550-560, 2011.
- SANTOS, R. F.; CARLESSO, R. Déficit hídrico e os processos morfológico e fisiológico das plantas. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.2, n.3, p.287-294, 1998.
- SILVA, A. G.; PIRES, R. MORÃES, E. B.; OLIVEIRA, A. C. B.; CARVALHO, C. G. P. Desempenho de híbridos de girassol em espaçamentos reduzidos. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 30, n. 1, p.31-38, 2009.
- SILVA, M. L. O.; FARIA, M. A.; MORAIS, A. R.; ANDRADE, G. P.; LIMA, E. M. Crescimento e produtividade do girassol cultivado na entressafra com diferentes lâminas de água. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.11, n.5, p.482–488, 2007.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia vegetal. 4.ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 819p.
- VIANA, T. V. A.; LIMA, A. D.; MARINHO, A. B.; DUARTE, J. M. L.; AZEVEDO, B. M.; COSTA, S. C. Lâminas de irrigação e coberturas do solo na cultura do girassol, sob condições semiáridas. *Irriga*, v. 17, n. 2, p.126-136, 2012.

Contribuição dos autores: Sebastião de Oliveira Maia Júnior: montagem, condução e avaliação do experimento e, redação científica; Hugo Orlando Carvallo Guerra: orientou e supervisionou todo o processo, da montagem do experimento à redação científica; Jailma Ribeiro de Andrade: montagem, condução e avaliação do experimento; Danila Lima de Araújo: montagem, condução e avaliação do experimento; Lúcia Helena Garófalo Chaves: revisão bibliográfica e redação científica; Janivan Fernandes Suassuna: contribuiu com as avaliações do experimento e análises estatísticas dos dados.

Fonte de financiamento: Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, pela concessão de bolsas de estudo.

Conflito de interesse: Os autores declaram não haver conflito de interesse.