

Influência da adubação nitrogenada no déficit hídrico de girassol

Influence of nitrogen fertilization on sunflower water deficit

Influencia de la fertilización nitrogenada sobre el déficit hídrico del girasol

Recebido: 12/12/2024 | Revisado: 15/12/2024 | Aceitado: 15/12/2024 | Publicado: 17/12/2024

Alisson Macendo Amaral

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3035-2763>
Instituto Federal do Norte de Minas Gerais, Brasil
E-mail: alisson.amaral@ifnmg.edu.br

Maria Ângela Cruz Macêdo dos Santos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1418-7438>
Instituto Mineiro de Agropecuária, Brasil
E-mail: maria.macedo@ima.mg.gov.br

Marconi Batista Teixeira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0152-256X>
Instituto Federal Goiano, Brasil
E-mail: marconi.teixeira@ifgoiano.edu.br

Frederico Antonio Loureiro Soares

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4152-5087>
Instituto Federal Goiano, Brasil
E-mail: frederico.soares@ifgoiano.edu.br

Ana Flávia Cordeiro de Brito

ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-0534-8433>
Instituto Federal do Norte de Minas Gerais, Brasil
E-mail: afcb@aluno.ifnmg.edu.br

Resumo

Os efeitos deletérios da redução na disponibilidade hídrica das culturas podem ser minimizados com a elevação da adubação nitrogenada. Esse estudo propõe averiguar os efeitos de condições variáveis de água no solo sobre o girassol cultivar Charrua e se a elevação da adubação nitrogenada pode mitigar esses efeitos. O delineamento utilizado foi o de blocos causalizados, analisados em esquema fatorial 4x2x3 com 3 repetições, sendo o fator A (RH - Reposições hídricas de 25, 50, 75 e 100% da capacidade de água disponível), fator B (DN - 100 e 200% da adubação nitrogenada recomendada) e fator C (EP - Época de avaliação - 20, 30, 50 e 70 dias após semeadura) para análise de crescimento e 90 dias para matéria seca e produção. O crescimento foi avaliado pela altura de planta (AP), diâmetro de caule (DC), número de folhas (NF) e área foliar (AF). Na produção, quantificou-se a massa seca de capítulo (MSCAP), massa seca de folha (MSF), massa seca de caule (MSC), massa de 100 grãos (M100G), massa de grãos total (MGTtotal), o número de grãos total (NGTotal) e o número de grãos viáveis (NGV). As produções de massas secas; massa e número total de aquênios, bem como o número de aquênios viáveis responderam linearmente apenas com RH. São necessários mais estudos visando elucidar os decréscimos ocorridos no DC e na AF ocorridos pela elevação da DN.

Palavras-chave: *Helianthus annuus* L.; Estresse hídrico; Nitrogênio; Mitigação.

Abstract

The deleterious effects of reducing the water availability of crops can be minimized by increasing nitrogen fertilization. This study proposes to investigate the effects of variable water conditions on the soil on the sunflower cultivar Charrua and whether the increase in nitrogen fertilization can mitigate these effects. The design used was that of randomized blocks, analyzed in a 4x2x3 factorial scheme with 3 repetitions, with factor A (RH - water replacements of 25, 50, 75 and 100% of available water capacity), factor B (DN - 100 and 200% of the recommended nitrogen fertilization) and factor C (EP - Period of evaluation - 20, 30, 50 and 70 days after sowing) for growth analysis and 90 days for dry matter and production. Growth was evaluated by plant height (AP), stem diameter (DC), number of leaves (NF) and leaf area (AF). In production, we analyzed chapter dry weight (MSCAP), leaf dry weight (MSF), stem dry weight (MSC), 100 grain weight (M100G), total grain weight (MGTtotal), the total number of grains (NGTotal) and the number of viable grains (NGV). The production of dry pasta; mass and total number of achenes, as well as the number of viable achenes responded linearly only with RH. Further studies are needed in order to elucidate the decreases that occurred in CD and PA that occurred due to the increase in DN.

Keywords: *Helianthus annuus* L.; Hydrical stress; Nitrogen; Mitigation.

Resumen

Los efectos nocivos de la reducción de la disponibilidad de agua de los cultivos pueden minimizarse aumentando la fertilización con nitrógeno. Este estudio propone investigar los efectos de las condiciones variables del agua en el suelo en el cultivar de girasol Charrua y si el aumento de la fertilización con nitrógeno puede mitigar estos efectos. El diseño utilizado fue un diseño de bloques al azar, analizado en un esquema factorial 4x2x3 con 3 repeticiones, con factor A (RH - reposiciones de agua de 25, 50, 75 y 100% de la capacidad de agua disponible), factor B (DN - 100 y 200 % de la fertilización nitrogenada recomendada) y factor C (EP - Período de evaluación – 20, 30, 50 y 70 días después de la siembra) para análisis de crecimiento y 90 días para materia seca y producción. El crecimiento se evaluó mediante altura de la planta (AP), diámetro del tallo (DC), número de hojas (NF) y área foliar (AF). En producción, la masa seca de cabeza (MSCAP), masa seca de hoja (MSF), masa seca de tallo (MSC), masa de 100 granos (M100G), masa total de granos (MGTtotal), número de granos totales (NGTotal) y el número de granos viables (GNV).. Producción de pasta seca; la masa y el número total de achenios, así como el número de achenios viables respondieron linealmente sólo con RH. Se necesitan más estudios para dilucidar las disminuciones de CO y FA provocadas por el aumento de DN.

Palabras clave: *Helianthus annuus* L.; Estrés hídrico; Nitrógeno; Mitigación.

1. Introdução

A agricultura com vocação energética por meio do cultivo de oleaginosas teve expressivo avanço com o aumento na demanda por agro biocombustíveis e a adoção do Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB) em 2004 no Brasil (Borsuk, 2008). A partir de 2010, regularizou-se a adição de 5,0 % de biodiesel ao diesel comercializado no país e, nesse sentido, o girassol (*Helianthus annuus* L.) ganhou destaque no cenário agrícola atual por possuir características agrônomicas capazes de suprir parte da demanda bioenergética nacional (Santos Júnior et al., 2011).

O girassol destaca-se mundialmente como a quinta maior oleaginosa em produção de grãos, perfazendo cerca de 45 a 65% de óleo na composição da semente (Souza et al., 2021).

De acordo com o levantamento agrícola da safra de grãos de 2020 da Companhia Nacional de Abastecimento (Conab), a estimativa de área plantada da cultura do girassol no Brasil reduziu de 62.800,0 para 51.400,0 hectares (ha), com consequente redução de 105.900 para 81.200 toneladas (t) produzidas entre as safras 2018/19 a 2019/20, portanto reduções respectivas de 18,15% e 23,32%. Apesar desse cenário, é esperado um aumento de área plantada no estado de Goiás de 5.665,0 ha para 5.777,8 ha e, consequentemente, um aumento de produção de 24.638,2 ha para 25.747,8 ha (Conab, 2020). Estes valores são tímidos se comparados a evolução da área plantada ocorrida entre as safras 2008/09 (4.450,0 ha) para a de 2009/2010 (16.479,0 ha) (Embrapa, 2014); entretanto, demonstra um elevado potencial de exploração dessa cultura no estado.

Para o sucesso de qualquer cultura em uma região, é necessário o conhecimento de suas necessidades hídricas e nutricionais, entre outros fatores, bem como seu comportamento com a variação desses fatores ou interação entre eles (Amaral et al., 2020).

O nitrogênio é fundamental no crescimento e desenvolvimento das plantas cultivadas, cumprindo papel importante na estrutura e no metabolismo vegetal, uma vez que, a incorporação desse elemento está intimamente ligada ao metabolismo do carbono e a produção de novos tecidos. A expansão agrícola contínua resulta, cada vez mais, na aplicação de grandes doses de N e/ou aplicação única no início do ciclo, visando reduzir custos operacionais e causando excesso desse elemento no solo (Lopes & Souza, 2015). Apesar desse excesso estar correlacionado com o aumento da salinidade do solo, estudos anteriores conduzidos por Zhang et al. (2012) e Dong et al. (2012) relatam a possibilidade de doses elevadas de N reduzirem os efeitos deletérios do déficit hídrico nas culturas por elevar a capacidade de ajustamento osmótico das plantas, aumentando assim a resistência ao estresse hídrico. Para Iqbal et al. (2020), altas concentrações de N aliviam os danos oxidativos e a limitação estomática, aumentando as atividades enzimáticas antioxidantes, o conteúdo relativo de água nas folhas e a fotossíntese. Para estes autores, estas melhorias advêm do aumento das enzimas de metabolização de N e a um aumento nas quantidades de osmoprotetores como aminoácidos livres e proteína solúvel total.

Diversos efeitos são relatados por resposta ao déficit hídrico, como reduções no potencial hídrico foliar (Pinto et al.,

2014), no conteúdo relativo de água (Melo, 2012), na transpiração foliar (Trentin et al., 2011), na condutância estomática (Neves et al., 2014) e taxa fotossintética (Carneiro et al., 2011); na diminuição da turgescência associada à seca e consequente redução de crescimento devido a limitação do metabolismo de proteínas e de aminoácidos (Larcher, 2000) tendo como resultado a redução do crescimento e produção. Além disso, o déficit hídrico ocasiona redução na disponibilidade de CO₂ e estimula assim a produção de peróxido no peroxissomos e formação de espécies reativas de oxigênio, as chamadas EROs (Souza et al., 2021).

As respostas de uma planta a diferentes estresses dependem da espécie, do genótipo, do estágio fenológico e do período de exposição às condições estressantes, sendo assim, as respostas fisiológicas do cultivo do girassol sobre deficiência hídrica ainda são incipientes e pouco conclusivas em diversas regiões com potencial produtivo (Santos & Brito, 2016), portanto, carente de mais estudos.

Esse estudo propõe averiguar os efeitos de condições variáveis de água no solo sobre o girassol cultivar Charrua e se a elevação da adubação nitrogenada pode mitigar esses efeitos.

2. Metodologia

Realizou-se uma pesquisa experimental de natureza quantitativa (Pereira et al., 2018) e com uso de estatística descritiva (Shitsuka et al., 2014) e de análise estatística (Vieira, 2021), conforme escrito nas linhas seguintes.

O estudo foi conduzido em ambiente protegido, não climatizado e localizado em área experimental do Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde (17° 48' 3,52" S e 50° 54' 27,33" O) e altitude média de 720 m. O ambiente de cultivo possuía dimensões de 17,6 m de comprimento, 7,0 m de largura e 6,0 m de altura com revestimento lateral em tela com fator de sombreamento igual a 11,5% e do teto com lona plástica transparente de 150 micras.

O delineamento utilizado foi o de blocos ao acaso (DBC) arranjado em esquema fatorial 4 x 2 x 4, cujos tratamentos foram: 4 níveis de reposição hídrica (RH) iguais a 25, 50, 75 e 100% da capacidade de água disponível, 2 níveis de adubação nitrogenada (DN), correspondentes a 100 e 200% da dose recomendada pela análise de solo e 4 épocas de avaliação (EP), que foram 20, 30, 50 e 70 dias após a emergência - DAS, com 3 repetições.

As unidades experimentais constaram de vasos com volume de 60 L. Cada vaso possuía uma camada de drenagem composta por 1,0 cm de brita nº 1; 1,0 cm de areia lavada e manta do tipo bidin e sobre esta foi acomodado um Latossolo Vermelho Distroférrico de textura média, cujas propriedades físico hídricas são informadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Propriedades físico hídricas do solo usado no experimento.

Profundidade (cm)	Ds (g cm ⁻³)	Dp	PT	Macro (%)	Micro	CC	PMP (m ³ m ⁻³)
0-20	1,02	2,68	0,62	0,12	0,50	51,83	30,50
20-40	0,97	2,80	0,65	0,10	0,55	55,00	31,33
Profundidade (cm)	Textura (g Kg ⁻¹)			Velocidade de infiltração básica (mm h ⁻¹)			
	Areia	Silte	Argila				
0-20	458,3	150,2	391,5	26,84			
20-40	374,9	158,3	466,8				

Ds – Densidade global; Dp – Densidade de partículas; PT – Porosidade total; Macro – Macroporosidade; Micro – Microporosidade; CC – Capacidade de campo e PMP – Ponto de murcha permanente. Fonte: Autores (2024).

Os tratamentos com RH foram manejados por meio de lisímetros de pesagem eletrônica por células de carga, estes representativos das unidades experimentais, cujas variações de massa correspondiam as entradas (irrigações) e saídas

(evapotranspiração + drenagem) de água no solo. O sistema de irrigação usado foi o de gotejamento superficial dotado de emissores autocompensantes com vazão $2,0 \text{ L h}^{-1}$, inseridos em mangueira de polietileno de baixa densidade (PEBD) e pressurizado por conjunto motor-bomba. A distribuição das mangueiras e emissores no experimento foram adequados à casualização dos tratamentos.

Antes da sementeira foram realizadas a correção e adubação do solo e as recomendações foram calculadas mediante os resultados da análise química do solo (Tabela 2) e aquelas sugeridas por Novais (1991) para experimento em vasos. Para DN utilizou-se 100 e 200% da dose recomendada usando como fonte a ureia (45% de N).

No dia anterior à sementeira, o solo dos lisímetros e vasos tiveram suas umidades elevadas até a capacidade de campo e após foi realizado o plantio de 10 sementes da cv. Charrua da Atlântica Sementes LTDA, por unidade experimental. Os tratamentos foram impostos aos 12 dias após a sementeira (DAS), momento em que se contabilizou 80% de emergência. Na mesma data houve desbaste manual e com permanência de uma planta por vaso para as avaliações de crescimento (alométricas), massas secas e produção.

As análises alométricas ocorreram aos 20, 30, 50 e 70 DAS e aos 90 DAS foram mensuradas as massas secas e produção. As características alométricas avaliadas constituíram de altura de planta (AP), diâmetro de caule (DC), número de folhas (NF) e área foliar (AF). Na AP mediu-se o comprimento do coleto ao ápice caulinar com auxílio de uma trena graduada, para DC utilizou-se um paquímetro analógico posicionado a 1,0 cm do coleto. O NF foi determinado por contagem visual e a AF foi estimada mediante a Equação (1) sugerida por Maldaner et al. (2009), após mensurar o comprimento e a largura de todas as folhas plenamente desenvolvidas.

$$AF = 0,733x(CxL) \quad (1)$$

em que:

AF - Área foliar, em cm^2 ; C - Comprimento da folha totalmente expandida, em cm; L - Largura da folha totalmente expandida, em cm.

No momento da colheita (90 DAS) foram mensuradas a massa seca de capítulo (MSCAP), massa seca de folha (MSF), massa seca de caule (MSC), a massa de 100 grãos (M100G), a massa de grãos total (MGTotal), o número de grãos total (NGTotal) e o número de grãos viáveis (NGV).

As matérias secas e produção foram determinadas após o desbaste das plantas. Estas foram divididas em capítulo, folha + pecíolo; e caule e foram acondicionadas em sacos de papel previamente identificados, levadas a estufa de ventilação forçada de ar a $65-70 \text{ }^\circ\text{C}$ por um período de 72 horas e após, pesados em balança analítica de precisão com resolução de 0,001 g. A M100G e MGTotal foram determinadas por contagem manual e sucessiva pesagem para a primeira e apenas pesagem para a última. Os NGTotal e NGV foram quantificados por contagem manual, entretanto, no caso de NGV, a contagem ocorreu após a determinação da quantidade de grãos viáveis separados dos grãos não viáveis por flutuação em um recipiente com água.

Os resultados foram tabulados e submetidos à análise de variância e, quando houve influência significativa dos tratamentos, procedeu-se com comparação de médias pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) para DN e regressão para RH e EP. Todas as análises estatísticas foram feitas com o auxílio do software estatístico SISVAR (Ferreira, 2014).

3. Resultados e Discussão

Pelos resultados mostrados na Tabela 2, verifica-se que houveram influência significativa apenas de fatores isolados nas variáveis alométricas, portanto sem efeito de interação. Os níveis de RH influenciaram na AP, DC e AF enquanto que a EP foi significativa em todas as variáveis. Já as DN influenciaram apenas no DC e na AF e pelas médias, observou-se que a maior

dose (200%) promoveu decréscimo de 11,1% no DC e 15,96% na AF, indicando possível aumento da salinidade do solo ou volatilização/lixiviação da amônia da fonte de N. Utilizada independente de DN, as médias para AP e NF foram de 99,85 cm e 23,26 cm respectivamente.

Tabela 2 - Resumo da análise de variância e comparação das médias para as variáveis alométricas de girassol sobre diferentes níveis de reposição hídrica e doses de nitrogênio.

Variável	Grau de liberdade	Quadrados médios			
		AP (cm)	DC (mm)	NF	AF (cm ²)
Bloco	2,75	601,06*	99,37**	36,58**	53265074,14**
RH	3,00	2849,82**	181,31**	6,70 ^{ns}	96210820,68**
DN	1,00	578,60 ^{ns}	170,57**	0,53 ^{ns}	55887031,62*
ÉPOCA (EP)	3,00	143738,06 ^{ns}	3267,00**	2787,82**	1444687074,55*
RH x DN	3,00	307,83 ^{ns}	30,84 ^{ns}	4,23 ^{ns}	8900524,91 ^{ns}
RH x EP	9,00	394,03 ^{ns}	28,05 ^{ns}	5,74 ^{ns}	22222441,85 ^{ns}
DN x EP	3,00	212,79 ^{ns}	27,99 ^{ns}	2,22 ^{ns}	12437510,21 ^{ns}
RH x DN x EP	9,00	64,70 ^{ns}	4,01 ^{ns}	5,53 ^{ns}	4442913,50 ^{ns}
Resíduo	86,00	200,24	20,20	6,04	11227146,73
CV (%)		1,73	9,88	12,89	0,02
Dose de N		Média			
100		102,05	21,43a	23,33	8551,61a
200		97,65	19,05b	23,20	7186,73b

** - Significativo à 1% de probabilidade, * - Significativo à 5% de probabilidade, ^{ns} - Não significativo, RH - Reposição hídrica, DN - Dose de nitrogênio, CV% - Coeficiente de variação, AP - Altura de planta, DC - Diâmetro de caule, NF - Número de folha, AF - Área foliar. Fonte: Autores (2024).

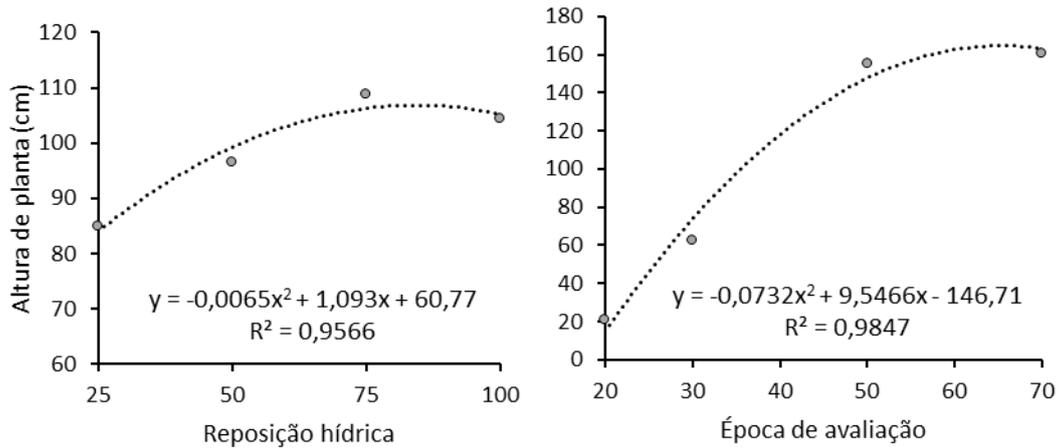
A salinidade causa estresses distintos a depender da fase, no estágio inicial, causa estresse osmótico com decréscimo no potencial hídrico na rizosfera e redução da disponibilidade hídrica da planta. Com o passar do tempo, ocasiona desbalanço iônico e diminuição na absorção de nutrientes e no crescimento, interferindo em atividades metabólicas essenciais incluindo a fotossíntese (Lopes & Lima, 2015). Em estudos anteriores, Gomes et al. (2011) verificaram que a área foliar foi a característica de crescimento em milho mais sensível em relação a elevação da salinidade na solução do solo e reitera que a redução no crescimento foliar representa um mecanismo de defesa sob condições de estresse salino, visando reduzir a perda de água para atmosfera. Já Schwerz et al. (2016) reitera que a aplicação de altas doses de ureia não resultou em acréscimo de área foliar na cultura de girassol e isso pode ser atribuído ao fato do N aplicado permanecer menor tempo disponível para as plantas por apresentar alta solubilidade e potencializar processos de transformação e de perdas no solo, como os de imobilização, desnitrificação, lixiviação e volatilização. De qualquer forma, são necessários estudos mais específicos para elucidar a redução do DC e AF na cultivar Charrua com o aumento de DN.

Quando analisados os fatores quantitativos (RH e EP) observa-se que os modelos quadráticos são os que melhor explicam sua influência nas variáveis alométricas ora citadas. Pelas curvas ajustadas para AP (Figura 1), verifica-se crescimento até os valores máximos de 106,72 cm para 84,08% de RH e 165,26 cm alcançados aos 65 DAS. Esses resultados indicam que não é necessário 100% da RH durante o ciclo para se obter máxima AP e o decréscimo observado ao longo do ciclo (EP) provavelmente pode ter sido causado pela inflexão na haste devido à massa dos capítulos, influenciando nas medições.

Esse resultado diverge de Maia Júnior et al. (2016) que encontraram relação linear entre RH's de 40, 60, 80 e 100%

da umidade da capacidade de campo e a AP das variedades BRS Gira 26, Agrobela 962 e Embrapa 122, cuja altura máxima encontrada foi de 123,3 cm na maior RH. De acordo com a equação de ajuste encontrada por esses autores, essas cultivares alcançariam AP próximas ao presente estudo com uma RH de aproximadamente 72%, portanto, mais eficientes no uso de água do que a Charrua. Já Viana et al. (2018) verificaram AP máxima de 105,1 cm na cultivar BRS 323 usando 100% da água disponível no solo, também segundo um modelo linear e inferior a Charrua que obteve AP próxima a este (106,72 cm), mas com RH de 84,08%.

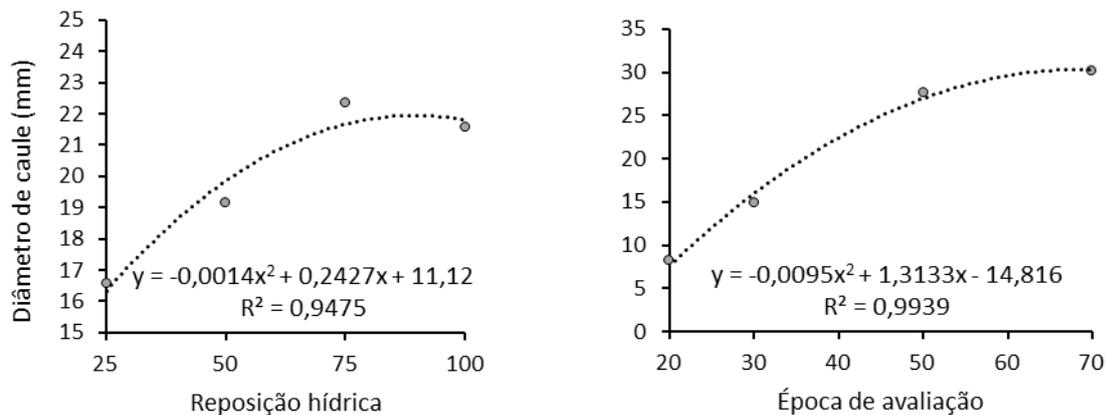
Figura 1 - Altura de planta de girassol em função da reposição hídrica e da época de avaliação.



Fonte: Autores (2024).

Considerando o DC, nota-se comportamento semelhante ao crescimento ocorrido na AP, seguindo um modelo de segunda ordem (Figura 2). Nesse caso, para que a Charrua obtenha um DC máximo o nível de RH adequado é de 86,68%, muito próximo ao da AP (84,08%), entretanto, com ocorrência aos 69 DAS. O DC é uma das características morfológicas mais importantes para o girassol devido a sua função de sustentação, principalmente na fase reprodutiva, a qual a formação e enchimento de aquênios torna o capítulo mais pesado. Para Santos et al. (2015) é desejável que plantas de girassol possuam maior diâmetro caulinar, pois isto dificulta a susceptibilidade ao acamamento e favorece a execução de práticas de manejo e tratos culturais.

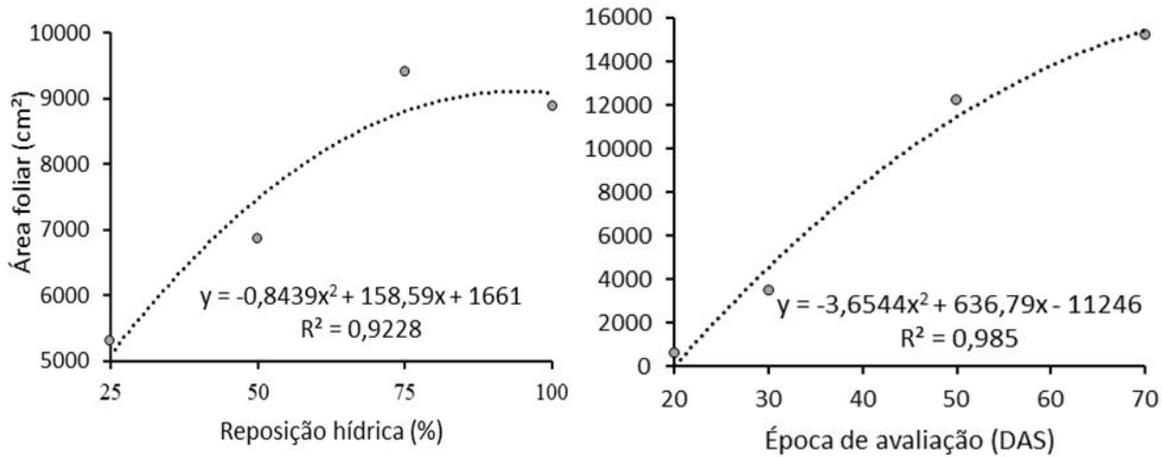
Figura 2 - Diâmetro de caule de girassol em função de reposição hídrica e época de avaliação.



Fonte: Autores (2024).

A área foliar, que representa a seção do aparato fotossintético, mostra um máximo de 9.111,76 cm² para uma RH de aproximadamente 94%, considerando a curva ajustada (Figura 3). Como a AF depende, também da turgescência foliar, é esperado que maiores níveis de umidade no solo reportem AF maiores. Já em relação à EP, o valor máximo é alcançado fora do intervalo avaliado, mas dentro do ciclo da cultura (87 DAS) antes da colheita (90 DAS) e corresponde à 16.494,63 cm².

Figura 3 - Área foliar de girassol em função da reposição hídrica e épocas de avaliação.

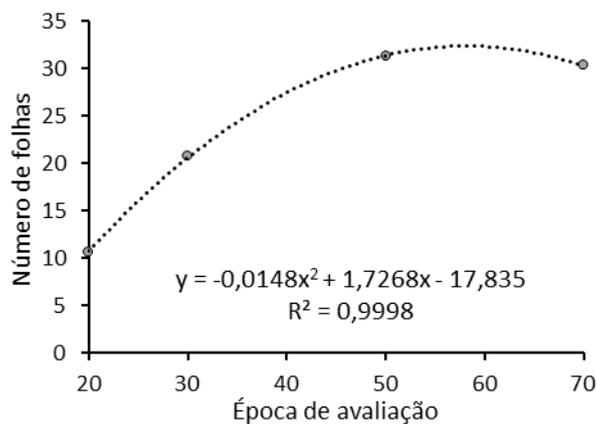


Fonte: Autores (2024).

Considerando que o NF máximo de 32 ocorreu aos 58 DAS (Figura 4), conclui-se que a área foliar permaneceu a crescer até próximo à colheita para produzir fotoassimilados destinados à funções diversas na planta, uma vez que, para enchimento de capítulos, ocorre translocação de fotoassimilados armazenados em órgãos como o caule.

Normalmente, o acúmulo de matéria seca depende das mudanças no dreno metabólico preferencial a depender de condições internas (biótica) e externas (abióticas). Após algum nível de desenvolvimento, as folhas deixam de ser drenos preferenciais mudando o depósito metabólico para o caule e, após este atingir taxa máxima de acúmulo de matéria seca, ocorre mudança acentuada e definitiva para formação de sementes e acumulação de matéria seca com menores taxas para outros órgãos (Lopes & Lima, 2015) o que explica o crescimento na AF com posterior decréscimo. Além disso, o girassol atinge AF máxima na antese, com influência direta na produção final de aquênios, sendo esta reduzida se, por exemplo, na fase da iniciação floral ocorrer redução do número de folhas produzidas, diminuindo assim o potencial produtivo da cultura (Schwerz et al., 2016).

Figura 4 - Número de folhas de girassol em função da época de avaliação.



Fonte: Autores (2024).

Pelo resumo da análise de variância mostrado na Tabela 3, verifica-se que o aumento da DN também promoveu diferenças na massa seca e a produção de girassol, cujos valores médios são: 75,75g (MSCAP); 108,21g (MSF); 175,19 (MSC); 7,10 (M100G); 121,78 (MGTtotal); 1795,45 (NGTtotal) e 1503,2 (NGVviáveis). Entretanto, a RH influenciou de forma significativa e linear em todas estas variáveis, com exceção da massa de 100 grãos (M100G).

Tabela 3 - Resumo da análise de variância e comparação das médias para as matérias secas e produção de girassol sobre diferentes níveis de reposição hídrica e doses de nitrogênio.

Variável	Grau de Liberdade	Quadrados médios						
		MSCAP ¹	MSF ¹	MSC ¹	M100G ¹	MGTtotal ¹	NGTtotal ¹	NGV ¹
(g)								
Bloco	2	0,72*	0,95 ^{ns}	0,54 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,19 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,03 ^{ns}
RH	3	1,37**	1,67*	2,30**	0,02 ^{ns}	0,71**	0,41**	0,4**
DN	1	0,09 ^{ns}	0,68 ^{ns}	0,75 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,01 ^{ns}
RH x DN	3	0,28 ^{ns}	0,10 ^{ns}	0,11 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,07 ^{ns}
Resíduo	14	0,17	0,35	0,42	0,01	0,07	0,05	0,06
CV (%)		10,18	13,57	13,34	7,10	5,76	3,22	3,42
Dose de N		Média						
100		76,96a	131,99a	207,51a	6,77a	118,29a	1804,58a	1522,91a
200		69,93a	84,43a	142,87a	7,44a	125,28a	1766,33a	1483,50a

** - Significativo à 1% de probabilidade, * - Significativo à 5% de probabilidade, ^{ns} - Não significativo, ¹ - Dados transformados pela expressão $Y - \ln(Y)$, RH - Reposição hídrica, DN - Dose de nitrogênio, MSCAP - Massa seca de capítulo, MSF - Massa seca de folha, MSC - Massa seca de caule, M100G - Massa de 100 grãos, MGTtotal - Massa de grãos total, NGTtotal - Número de grãos total, NGV - Número de grãos viáveis. Letras iguais, na coluna, não diferem significativamente a $p < 0,05$. Fonte: Autores (2024).

A relação linear entre RH e as MSC, MGTtotal, MSF e MSCAP é vista na Figura 5 e para NGTtotal e NGV é mostrada na Figura 6. Já as equações de ajuste, bem como os respectivos coeficientes de determinação e incrementos totais para 100% de RH são mostradas na Tabela 4. Os incrementos totais das variáveis na Tabela 4 correspondem a um aumento significativos de 68,61 % (MSC), 53,26% (MGTtotal), 57,79% (MSF), 55,10 % (MSCAP), 41,28 % (NGTtotal) e 43,28% (NGV) em relação aos incrementos obtidos na menor RH (25%) evidenciando que, para essas variáveis e na condição do experimento a maior RH favorece os maiores ganhos em acúmulo de fotoassimilados e produção.

Figura 5 - Massas secas de caule (verde), de folha (vermelho), de capítulo (preto) e a massa de grãos total (azul) de girassol em função da reposição hídrica.

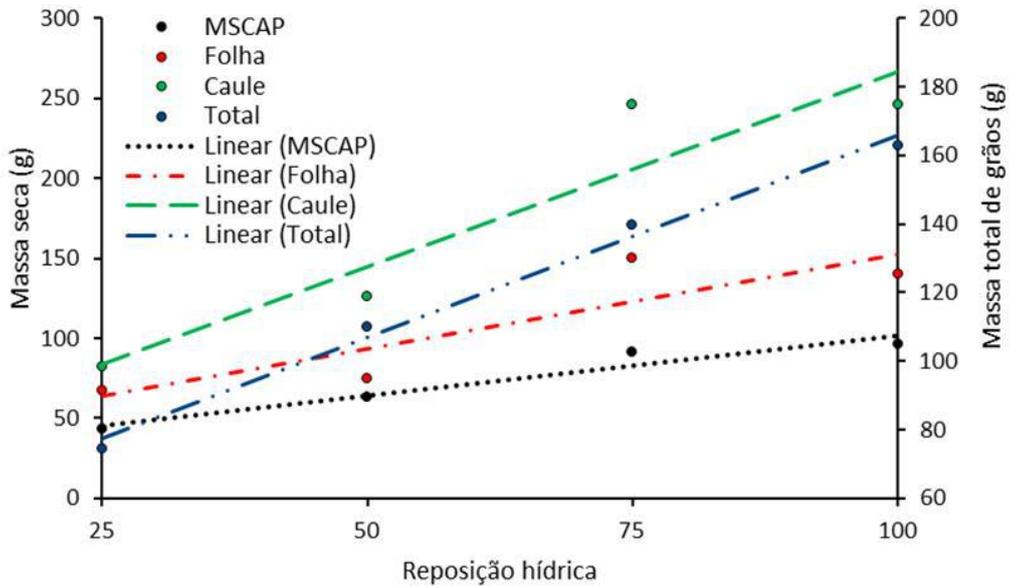


Figura 6 - Número de grãos total e viáveis de girassol em função da reposição hídrica.

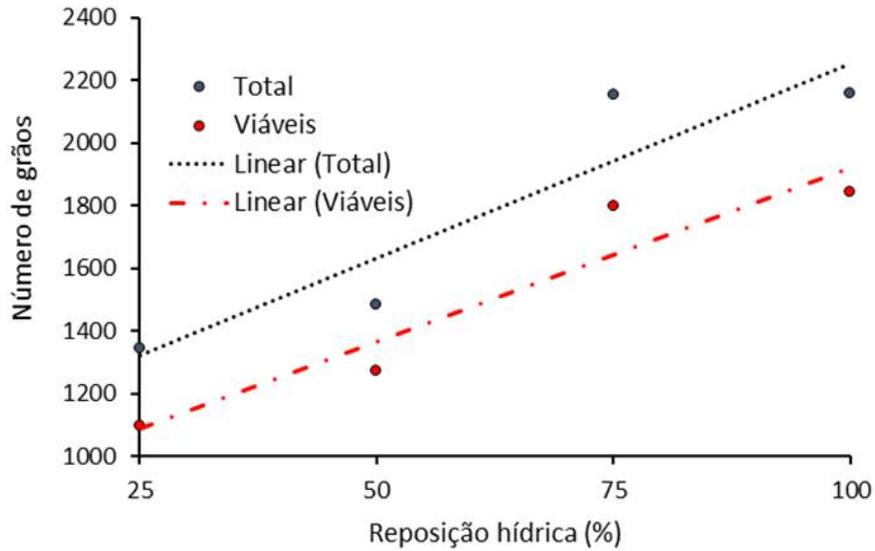


Tabela 4 - Equações de ajuste, coeficiente de determinação (R^2) e incrementos totais na massa seca de caule, massa de grãos total, massa seca de folha, massa seca de capítulo, número de grãos total e número de grãos viáveis de girassol em função da reposição hídrica.

Variável	Equação	R^2	Incrementos totais
MSC	$Y = 2,439 * x + 22,72$	0,887	266,62 g
MGTtotal	$Y = 1,179 * x + 48,11$	0,991	166,01 g
MSF	$Y = 1,173 * x + 34,92$	0,772	152,22 g
MSCAP	$Y = 0,745 * x + 26,89$	0,941	101,39 g
NGTtotal	$Y = 12,383 * x + 1011,50$	0,864	2249,8
NGV	$Y = 11,07 * x + 811,16$	0,908	1918,16

MSCAP – Massa seca de capítulo, MSF – Massa seca de folha, MSC – Massa seca de caule, MGTtotal – Massa de grãos total, NGTtotal – Número de grãos total, NGV – Número de grãos viáveis. Fonte: Autores (2024).

Esses resultados corroboram com Viana et al. (2018) que não encontraram diferenças significativas nas variáveis fitomassa seca de caule, de folhas, de capítulo e do número de aquênios viáveis do cultivar BRS-323 submetido à diferentes doses de adubação com ureia, mas obtiveram relação linear dessas variáveis com o aumento da água disponível no solo, evidenciando que os ganhos líquidos de carbono e produção são correlacionados com o teor de água no solo. Nenhum efeito significativo foi observado nas taxas de crescimento absoluto e relativo, nem tampouco no número total de aquênios da cultivar 122/V-2000 estudada por Ribeiro et al. (2016), quando submetida a diferentes doses de adubação nitrogenada.

Já Nobre et al. (2010) verificaram que o aumento da RH também influenciou linearmente na fitomassa seca da parte aérea, na fitomassa e número de aquênios da cultivar Embrapa 122/V-2000. Soares et al. (2015) também observaram relação linear entre a massa total de sementes e a massa de 100 sementes da cultivar Hélio 251 com diferentes RH e atribuem a redução dessas variáveis nas menores RH's ao fechamento estomático em condições de deficiência hídrica, com consequente reduções na absorção de CO_2 , nas taxas fotossintéticas, na acumulação de fotoassimilados e, por conseguinte, na produção de sementes nesta cultura.

4. Considerações Finais

O crescimento da cultivar Charrua respondeu de forma quadrática aos níveis de reposição hídrica impostas e também ao longo do ciclo, com exceção do número de folhas que variou apenas com o tempo, evidenciando que, o crescimento máximo pode ser obtido com menor disponibilidade de água no solo.

A produção de massas secas; massa e número total de aquênios, bem como o número de aquênios viáveis responderam linearmente aos níveis de reposição hídrica.

São necessários mais estudos visando elucidar os decréscimos ocorridos no diâmetro de caule e na área foliar da cultivar em estudo, possivelmente ocasionados por efeito salino ou perdas de N.

Referências

- Amaral, A. M., Teixeira, M. B., Soares, F. A. L. S., Santos, M. A. C. M., Bastos, F. J. C., & Farias, A. M. (2020). Influência de diferentes níveis de reposição hídrica, salinidade e adubação nitrogenada no girassol. *Meio Ambiente (Brasil)*, 2(4), 18-31.
- Carneiro, M. M. L. (2011). Trocas gasosas e Metabolismo Antioxidativo em plantas de girassol em resposta ao déficit hídrico. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós Graduação em Fisiologia Vegetal, Instituto de Biologia, Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, Brasil.
- CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento (2020). Observatório agrícola: Acompanhamento da safra brasileira de grãos, v. 7 - Safra 2019/20 - Sétimo levantamento, Brasília, p. 1-25.
- Dong, H. (2012). Technology and field management for controlling soil salinity effects on cotton. *Australian Journal of Crop Science*, 6(2), 333-341.

- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (2014). Reunião Nacional de Pesquisa de Girassol. Londrina, Embrapa Soja, 110 p.
- Ferreira, D. F. (2014). Sisvar: a guide for its bootstrap procedures in multiple comparisons. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, 38(2), 109-112. 10.1590/S1413-70542014000200001
- Gomes, K. R., Amorim, A. V., Ferreira, F. J., Filho, F. L. A., Lacerda, C. F. & Gomes-filho, E. (2011). Respostas de crescimento e fisiologia do milho submetido a estresse salino com diferentes espaçamentos de cultivo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 15(4), 365-370. 10.1590/S1415-43662011000400006
- Iqbal, A., Dong, Q., Wang, X., Gui, H., Zhang, H., Zhang, X., & Song, M. (2020). High nitrogen enhance drought tolerance in cotton through antioxidant enzymatic activities, nitrogen metabolism and osmotic adjustment. *Plants*, 9(178), 1-22. 10.3390/plants9020178
- Larcher, W. (2000). *Ecofisiologia Vegetal*. São Carlos, SP: RiMa.
- Lopes, N. F. & Lima, M. G. (2015). *Fisiologia da produção*. Viçosa, MG: UFV.
- Maia JR., S. O., Guerra, H. O. C., Andrade, J. R., Chaves, L. H. G. & Suassuna, J. F. (2016). Crescimento, desenvolvimento e produção de três cultivares de girassol sob diferentes regimes hídricos. *Revista de Ciências Agrárias*, 59(2), 124-131. 10.4322/rca.2156
- Maldaner, I. C., Heldwein, A. B., Loose, L. H., Lucas, D. D. P., Guse, F. I. & Bertoluzzi, M. P. (2009). Modelos de determinação não-destrutiva da área foliar em girassol. *Ciência Rural*, 39(5), 1356-1361. 10.1590/S0103-84782009000500008
- Nobre, R. G., Gheyi, H. R., Correia, K. G., Soares, F. A. L. & Andrade, L. O. (2010). Crescimento e floração do girassol sob estresse salino e adubação nitrogenada. *Revista Ciência Agronômica*, 41(3), 358-367. 10.1590/S1806-66902010000300006
- Novais, R. F., Neves, J. E. L. & Barros, N. F. (1991). Teores de nutrientes a serem adicionados ou tingidos em ensaios de vaso. In: Oliveira, A. J., Garrido, W. E., Araújo, J. D. & Lourenço, S. (Eds.) *Métodos de pesquisa em fertilidade do solo* (p.195-195). Brasília - DF: EMBRAPA-SEA.
- Pereira A. S. et al. (2018). *Metodologia da pesquisa científica*. [free e-book]. Santa Maria/RS. Ed. UAB/NTE/UFSM.
- Pinto, C. M., Távora, F. J. A. & Pinto, O. R. O. (2014). Relações hídricas, trocas gasosas em amendoim, gergelim e mamona submetidos a ciclos de deficiência hídrica. *Agropecuária Técnica*, 35(1), 31-40. 10.25066/agrotec.v35i1.9867
- Ribeiro, P. H. P., Gheyi, H. R., Yueda, C. A., Teixeira, M. B., Soares, F. A. L. & Dias, N. S. (2016). Taxa de crescimento e produção de girassol irrigado com água salina sob doses de nitrogênio. *Irriga, Botucatu, Edição Especial - Grandes Culturas*, 1(1), 233-247. 10.15809/irriga.2016v1n1p233-247
- Santos Júnior, Gheyi, H. R., Guedes Filho, D. H., Dias, N. S. & Soares, F. A. L. (2011). Cultivo de girassol em sistema hidropônico sob diferentes níveis de salinidade. *Revista Ciência Agronômica*, 42(4), 842-849. 10.1590/S1806-66902011000400004
- Santos, J. B., Gheyi, H. R., Lima, G. S., Xavier, D. A., Cavalcante, L. F. & Centeno, C. R. M. (2016). Morfofisiologia e produção do algodoeiro herbáceo irrigado com águas salinas e adubado com nitrogênio. *Comunicata Scientiae*, 7(1), 86-96. 10.14295/CS.v7i1.1158
- Schwerz, F., Caron, B. O., Elli, E. F., Oliveira, D. M., Monteiro, G. C. & Souza, V. Q. (2016). Avaliação do efeito de doses e fontes de nitrogênio sobre variáveis morfológicas, interceptação de radiação e produtividade do girassol. *Revista Ceres*, Viçosa, 63(3), 380-386. 10.1590/0034-737X201663030015
- Shitsuka, R. et al. (2014). *Matemática fundamental para tecnologia*. (2ed.). Editora Erica.
- Soares, L. A. A., Lima, G. S., Chaves, L. H. G., Xavier, D. A., Fernandes, P. D. & Gheyi, H. R. (2015). Fitomassa e produção do girassol cultivado sob diferentes níveis de reposição hídrica e adubação potássica. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 19(4), 336-342. 10.1590/1807-1929/agriambi.v19n4p336-342
- Souza, J. N., Brito, P. O. B., Ferreira, G. S., Arruda, J. F., Matias, L. Q., Gondim, F. A. (2021). Suplementação com *Salvinia auriculata* reduz os efeitos deletérios do estresse hídrico em plântulas de girassol. *Revista Verde*, 16(2), 145-152. 10.18378/rvads.v16i2.8340
- Trentin, R., Zolnier, S., Ribeiro, A. & Steidle Neto, A. J. (2011). Transpiração e temperatura foliar da cana-de-açúcar sob diferentes valores de potencial matricial. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, 31(6), 1085-1095. 10.1590/S0100-69162011000600006
- Viana, E. P. T., Guerra, H. O. C., Chaves, L. H. G. & Souza, J. A. (2018). Ontogênese e produção de girassol submetido a diferentes regimes de irrigação e adubação nitrogenada. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, 12(1), 2305 - 2314. 10.7127/rbai.v12n100688
- Vieira, S. (2021). *Introdução à bioestatística*. Ed. GEN/Guanabara Koogan.
- Zhang, W. L. D., Xin, C., Tang, W. Eneji, A. E. & Dong, H. (2012). Lint yield and nitrogen use efficiency of field-grown cotton vary with soil salinity and nitrogen application rate. *Field Crops Research*, 138, 63-70. 10.1016/j.fcr.2012.09.013