



LORENN CAROLINA FERNANDES XAVIER

**CRESCIMENTO INICIAL DE CULTIVARES DE GIRASSOL
SUBMETIDAS À DEFICIÊNCIA HÍDRICA**

LAVRAS - MG

2019

LORENNNA CAROLINA FERNANDES XAVIER

**CRESCIMENTO INICIAL DE CULTIVARES DE GIRASSOL SUBMETIDAS À
DEFICIÊNCIA HÍDRICA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Fisiologia Vegetal, para a obtenção do título de Mestre.

Orientadora

Dra. Fernanda Carlota Nery

Coorientadora:

Dra. Débora Domiciano

LAVRAS - MG

2019

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

Xavier, Lorena Fernandes.

Crescimento Inicial de cultivares de girassol submetidas à
deficiência hídrica / Lorena Fernandes Xavier. - 2018.

36 p. : il.

Orientador(a): Fernanda Carlota Nery.

Coorientador(a): Débora Domiciano .

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de
Lavras, 2018.

Bibliografia.

1. Déficit hídrico. 2. Girassol. 3. Oleaginosas. I. Nery,
Fernanda Carlota. II. , Débora Domiciano. III. Título.

LORENN CAROLINA FERNANDES XAVIER

**CRESCIMENTO INICIAL DE CULTIVARES DE GIRASSOL SUBMETIDAS À
DEFICIÊNCIA HÍDRICA**

**INITIAL GROWTH OF SUNFLOWER CULTIVARS SUBMITTED TO WATER
DEFICIENCY**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Fisiologia Vegetal, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 26 de fevereiro de 2018.

Dra. Fernanda Carlota Nery	UFSJ
Dra. Débora de Oliveira Prudente	UFLA
Dra. Franciane Tavares Braga	UNEB

Orientadora

Dra. Fernanda Carlota Nery UFSJ

LAVRAS – MG

2019

À Deus, aos meus pais, Helena e Jarcy, ao meu namorado Bruno, a minha sogra Leila, a
minha irmã Elizangela, aos meus sobrinhos, Victor Eduardo e Ana Clara, e a Julie.
Dedico

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por ter me sustentado e me dado forças para concluir esta etapa. Aos meus pais, Helena e Jarcy, por terem acreditado no meu sonho e me apoiado desde o início. Ao meu namorado Bruno por ter me incentivado a transpor barreiras.

À Universidade Federal de Lavras, especialmente ao Departamento de Biologia, Setor de Fisiologia Vegetal, por ter me concedido a oportunidade de realizar este trabalho e pela infraestrutura oferecida para a execução do experimento. Ao Departamento de Ciências dos Solos que me ofereceu recursos para a realização deste trabalho.

À CAPES pela concessão da bolsa de mestrado.

À minha orientadora, Fernanda Carlota Nery, por ter aceitado me orientar, e pela confiança depositada ao me proporcionar a oportunidade de conduzir este trabalho.

Ao Prof. Luiz Roberto Guimarães Guilherme por ter disponibilizado recursos financeiros e espaço físico para que o experimento pudesse ser conduzido.

Aos professores do Setor de Fisiologia Vegetal por terem passado seus conhecimentos e contribuído para a minha formação.

A todos os integrantes do Laboratório de Cultura de Tecidos de Plantas, por terem me proporcionado troca de conhecimentos.

À Débora Domiciano, pela paciência em me conduzir nos momentos de tomada de decisões e pelos ensinamentos oferecidos.

Ao Diogo Pedrosa por ter disponibilizado tempo para me auxiliar.

Ao Lucas Castelari, pela paciência em me ensinar e ajudar no período de implantação do projeto, além de ter sanado dúvidas sobre o trato da cultura. Ao Mário por ter disponibilizado tempo em me auxiliar na avaliação do experimento, pelos ensinamentos e troca de experiências.

Aos membros da banca, pela disponibilidade e pelas contribuições.

E a todos que, de algum modo, direta ou indiretamente, contribuíram para a conclusão deste trabalho, deixo meus sinceros agradecimentos.

Muito obrigada!

“EBENÉZER! - Até aqui nos ajudou o Senhor!”

I Samuel 7.12

RESUMO

A demanda mundial por combustíveis fósseis acarretada pela crescente demanda por energia, aliado ao iminente risco de esgotamento de fontes não renováveis de combustíveis tem levado pesquisadores a considerar novas alternativas, que sejam viáveis ambientalmente e economicamente para atender a esta demanda. Uma alternativa para contornar a crise consiste em utilizar combustível de origem vegetal, produzido a partir de sementes de oleaginosas. Neste cenário, o girassol é uma das cinco principais espécies produtoras de óleo no mundo, uma vez que a cultura apresenta características vantajosas do ponto de vista agrícola e econômico. No entanto, o sucesso desta cultura depende de diversos fatores bióticos e abióticos. Dentre os fatores bióticos, o déficit hídrico caracteriza-se como um dos fatores mais limitantes na agricultura. Sendo assim, objetivou-se avaliar o desempenho de crescimento de duas cultivares de girassol, Hélio 250 e Hélio 251, submetidas à diferentes níveis de disponibilidade hídrica no solo. O experimento foi desenvolvido em casa de vegetação e os tratamentos constituíram pelo controle com 100% da capacidade de retenção de água do solo (CRA), e dois níveis de menor disponibilidade hídrica representando 75% e 50% da CRA. Em relação a CRA, o tratamento mais limitante foi o de 50%. Observou-se menores valores para as variáveis MS_C , MS_R , AF, AL, teor de clorofila, A , g_s , Ψ e TRA na cultivar H250 no tratamento de menor disponibilidade hídrica (CRA de 50%). Já para a cultivar H251, além das variáveis citadas acima, a CRA de 50% afetou também MS_F , DC e E . As cultivares H250 e H251 apresentaram padrões de resposta similares entre si em todas as variáveis analisadas nos tratamentos de restrição hídrica (CRA de 75% e 50%), exceto para o Ψ ao meio dia. Embora seja considerada uma espécie de ampla adaptabilidade edafoclimática, com potencial para ser cultivada em áreas mais secas, as cultivares de girassol avaliadas mostraram-se susceptíveis à seca não sendo indicado o cultivo sob CRA de 50%.

Palavras-chave: Déficit hídrico. Girassol. Oleaginosas. Biocombustíveis.

ABSTRACT

The global demand for fossil fuels resulted from the increased demand for energy coupled with the imminent risk of the depletion of non-renewable fuel sources has led researchers to consider environmentally and economically viable alternatives. An option to overcome this crisis consists on using plant-derived fuels produced from oilseeds. In this scenario, the sunflower is one of the five main oil-producing species in the world given its advantageous characteristics from the agricultural and economic perspective. However, the success of this crop depends on several biotic and abiotic factors. Among the biotic factors, water deficit is one of the most limiting factors in agriculture. Therefore, the objective of this study was to evaluate the growth performance of two sunflower cultivars, Hélio 250 and Hélio 251, submitted to different levels of soil water availability. The experiment was conducted in a greenhouse with treatments consisting of 100% soil water retention capacity (WRC) and two levels of lower water availability, representing 75% and 50% of WRC. The most limiting treatment was that of 50% WRC. We observed lower values for the variables MS_C , MS_R , AF, AL, chlorophyll content, A , g_s , Ψ , and TRA in the H250 cultivar in the treatment with lower water availability (WRC of 50%). For cultivar H251, in addition to the variables abovementioned, the WRC of 50% also affected the MS_F , DC, and E . Cultivars H250 and H251 showed similar response patterns among all variables analyzed in the water restriction treatments (WRC of 75% and 50%), apart from Ψ at noon. Although it is considered a species of broad edaphoclimatic adaptability with potential for cultivation in drier areas, the sunflower cultivars evaluated were susceptible to drought and are not indicated for cultivation under a WRC of 50%.

Keywords: Water déficit. Sunflower. Oilseed. Biofuels.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 REFERENCIAL TEÓRICO	12
2.1 A cultura do girassol	12
2.2 Deficiência hídrica em plantas	13
2.3 Deficiência hídrica na cultura do girassol	15
3 MATERIAL E MÉTODOS	16
3.1 Local de cultivo e Material vegetal	16
3.2 Preparo do solo	16
3.3 Condições de cultivo	16
3.4 Análises biométricas	17
3.5 Área foliar	17
3.6 Trocas gasosas e teor de clorofila	17
3.7 Pontecial hídrico e teor relativo de água	18
3.8 Delineamento Experimental	18
4 RESULTADOS	19
5 DISCUSSÃO	26
7 CONCLUSÃO	29
REFERÊNCIAS	30

1 INTRODUÇÃO

A crise do petróleo nos anos 70, acarretada pela crescente demanda mundial por combustíveis fósseis, aliado a preocupação com o esgotamento dos recursos energéticos, tem despertado o interesse dos países em desenvolvimento a considerar novas alternativas que sejam viáveis economicamente e ambientalmente para atender a essa demanda (NASCIMENTO et al., 2006).

Neste contexto, a procura por novas fontes de energia renováveis e ecologicamente corretas tem se intensificado (TRZECIAK et al.2008). No Brasil a lei 11.097/2005 determina a mistura de 5% de biodiesel ao óleo diesel (THOMAZ et al., 2012), acarretando, conseqüentemente no aumento da demanda de produção de óleo proveniente de vegetais. O girassol se destaca como uma excelente opção para esse fim devido ao alto teor de óleo de suas sementes e a possibilidade de utilização dos coprodutos que resultam da fabricação do óleo na alimentação de animais ruminantes (RODRIGUES; RONDINA, 2013). Outro fato relevante é a possibilidade de introdução da cultura na cadeia produtiva, uma vez que utiliza a mesma estrutura disponível para a soja e milho, além de ocupar parte ociosa dos fatores de produção dessas culturas em função da época de semeadura (OLIVEIRA et al., 2004). A produção de grãos em 2018 foi de aproximadamente 103 mil toneladas, o que representou um crescimento de 28%, em relação ao ano anterior (IBGE, 2018).

No entanto, o sucesso desta cultura depende de diversos fatores bióticos e abióticos. Os fatores bióticos podem ser controlados através do manejo e tratos culturais. Entretanto, fatores abióticos, especialmente os relacionados a condições edafoclimáticas, são muito imprevisíveis, podendo acarretar em elevadas perdas aos produtores (LARCHER, 2006). Devido ao destaque do cultivo de girassol no mercado brasileiro, busca-se o entendimento dos diversos fatores que podem refletir no desenvolvimento desta cultura, com o propósito de diminuir a susceptibilidade econômica do setor agrícola (REICHARD; TIM, 2004). Dentre estes fatores, o déficit hídrico caracteriza-se como um dos mais limitantes na agricultura, podendo, desta forma, afetar negativamente a germinação, o estande de plantas, o crescimento e desenvolvimento vegetativo das culturas, a produtividade e, em casos mais severos, a morte das plântulas (REICHARD; TIM, 2004).

Neste cenário, no qual o girassol vem ganhando destaque devido sua importância no mercado nacional (ALVES et al., 2013), a cultura vem sendo cultivada em diferentes regiões do território brasileiro, inclusive naquelas onde a disponibilidade de água no solo é reduzida (CONAB, 2016). Por ser considerada uma espécie que apresenta ampla adaptabilidade

edafoclimática (SOUZA et al., 2015), o girassol pode tornar-se uma alternativa importante para o Semiárido brasileiro. Uma vez que nesta região a maioria da população obtém o seu sustento por meio da agricultura familiar, não dispondo de uma boa infraestrutura agrícola, o plantio de oleaginosas pode contribuir para a permanência da população nas áreas rurais visto que irá incrementar a renda familiar (SANTOS, 2017). Desta forma, objetivou-se avaliar o efeito da deficiência hídrica no crescimento inicial de duas cultivares de girassol e verificar se apresentam comportamento contrastantes entre si.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A cultura do girassol

O girassol (*Helianthus annuus* L.) é uma oleaginosa pertencente à família das Asteraceae (SANTOS et al., 2014). Sua importância econômica no mercado brasileiro se dá à alta qualidade e quantidade de óleo que se extrai de suas sementes (SANTOS et al., 2014). O óleo de girassol é o quarto mais produzido e consumido no mundo, com produção de 137.969 mil toneladas na safra de 2018 (IBGE, 2018). O aumento na produção de girassol se deve a necessidade de produção de biocombustíveis, uma alternativa às energias não renováveis (ZOBIOLE et al., 2010). Além disso, o seu cultivo propicia uma maior produção de óleo por hectare em comparação com a soja (ZOBIOLE et al., 2010).

O girassol vem sendo cultivado nos cinco continentes, e, por isso, possui importância relevante na economia mundial (FAOSTAT, 2018). A Rússia, Ucrânia, Argentina, Índia e China são os principais produtores (*Food and Agriculture Organization of The United Nations* – FAO, 2018).

O cultivo de girassol no Brasil teve início no final do século XIX, durante o período de colonização do sul do país (DALL'AGNOL et al., 2005). Os primeiros cultivos comerciais surgiram no final da década de quarenta, no estado do Rio Grande do Sul (DALL'AGNOL et al., 2005). Entretanto, seu cultivo em larga escala comercial foi abandonado em decorrência da baixa produtividade e da suscetibilidade dos genótipos cultivados a doenças (DALL'AGNOL et al., 2005). Somente no final da década de setenta surgiu o incentivo à pesquisa com oleaginosas no Brasil em função do estímulo, por parte do governo, para produção de biocombustíveis (DALL'AGNOL et al., 2005).

Desta forma, o fomento às pesquisas com girassol e o crescente interesse dos produtores se deu em decorrência da iminente crise energética acarretada pela escassez de fontes não renováveis de combustíveis, principalmente os derivados do petróleo (NOBRE et al., 2010). Uma alternativa para contornar a crise consiste em utilizar combustível de origem vegetal, como o biodiesel, que é produzido a partir de sementes de oleaginosas (BARBOSA et al., 2008). Neste cenário, o girassol desponta entre uma das cinco principais espécies produtoras de óleo no mundo (NOBRE et al., 2010). Tal fato se deve às vantajosas características apresentadas por esta cultura, do ponto de vista agrícola e econômico (SILVA et al., 2013), dentre elas ciclo vegetativo curto, variando entre 90 a 130 dias a depender da cultivar, da época de semeadura e das condições ambientais de cada região e ano, baixa incidência de doenças e ampla adaptabilidade às diferentes condições de semeadura,

constituindo-se uma importante alternativa para sistemas de rotação de culturas (SANTOS et al., 2014). Segundo Freitas et al. (2012), a cultura do girassol está entre espécies vegetais de maior potencial para a produção de energia renovável no Brasil, como importante fornecedora de matéria-prima para a produção de bicompostíveis. De todo o óleo vegetal produzido no mundo o girassol responde por cerca de 13% (NOBRE et al., 2014). Embora tenha ocorrido um significativo incremento de áreas destinadas à sua exploração, o Brasil ainda ocupa uma posição pouco expressiva no que diz respeito à produção de girassol (BACKES et al., 2008).

Com relação aos interesses que a cultura reflete no mercado tem-se a alta qualidade de seu óleo, sendo este, rico em ácidos graxos poli-insaturados, presentes em altos teores nas suas sementes (LIRA et al. 2009). A tonelada de sementes rende cerca de 400 kg de óleo, que é considerado como o de melhores características nutricionais e organolépticas em relação aos demais óleos vegetais comestíveis (LIRA et al. 2009). A maioria das variedades de girassol chega a quantidades superiores a 50%, poucas são as variedades de girassol que apresentam teor de óleo inferior a 30% (LIRA et al. 2009). É bastante utilizada na alimentação humana e animal. Também pode ser utilizado para silagem, como opção forrageira de excelente qualidade, tanto na forma de ensilagem, como diretamente no cocho. Além disso, a planta inteira pode servir como adubo verde (CASTIGLIONI; OLIVEIRA, 2005).

O óleo de girassol possui qualidade nutricional superior ao da soja e, desta forma, poderá substituir parte do óleo de soja a ser redirecionado à matriz energética, além do fato da cultura ser uma excelente opção nos sistemas de rotação e sucessão de culturas produtoras de grãos (LEITE et al., 2005). Na floricultura e paisagismo o girassol também apresenta boa aptidão ornamental e para a nutrição humana possui importantes propriedades medicinais (SILVA et al., 2012).

2.2 Deficiência hídrica em plantas

Frequentemente, as plantas estão sujeitas a condições ambientais contrastantes que afetam desde o crescimento, o metabolismo até o rendimento das culturas (MANIVANNAN et al., 2008). O déficit hídrico, caracterizado pela redução do conteúdo de água na planta, é um dos maiores problemas enfrentados pela agricultura, e, portanto, a habilidade de tolerar à seca é de grande importância, principalmente no que se refere à produtividade de culturas (SHAO et al., 2008).

Uma ampla variedade de respostas é desencadeada quando plantas estão submetidas ao estresse por falta d'água, como alterações na expressão genética e metabolismo celular,

redução nas taxas de crescimento e produtividade devido à redução do potencial hídrico das folhas, fechamento estomático e conseqüente diminuição das trocas gasosas, o que faz com que vários processos bioquímicos e fisiológicos sejam afetados, como a fotossíntese, respiração, absorção de íons, metabolismo dos nutrientes, entre outros (SHAO et al., 2008). Em geral, tais respostas variam com a severidade e duração do estresse. Estresses mais severos podem resultar na suspensão da fotossíntese, distúrbios do metabolismo e, até mesmo, a morte do vegetal (SHAO et al., 2008).

O fechamento estomático e a limitação das trocas gasosas estão dentre as principais respostas fisiológicas das plantas ao estresse hídrico (SHAO et al., 2008). Nestas condições, ocorre redução da concentração intercelular de CO₂, em razão do controle da abertura dos estômatos (DAMATTA, 2003). Uma vez que ocorre o fechamento estomático, para reduzir a perda de água, simultaneamente, há restrição da difusão do CO₂ atmosférico e, por conseguinte, queda na taxa fotossintética (DAMATTA, 2003). Além disso, também ocorre redução na condutância estomática, um componente de fundamental importância na manutenção da turgescência, em resposta a decréscimos no conteúdo de água das plantas (DAMATTA, 2003).

Seguido da diminuição do conteúdo de água no solo, ocorre a redução da pressão de turgor das células vegetais e a taxa de expansão celular diminui, o que reflete em menor área foliar (KRAMER; BOYER, 1995). Uma vez que o crescimento e o desenvolvimento da cultura dependem da conversão da energia luminosa em energia química proporcional à quantidade de energia luminosa captada, com a redução da área foliar, eventualmente, os demais processos básicos para a manutenção da sobrevivência da planta serão afetados (KRAMER; BOYER, 1995). Essas respostas podem variar ainda em virtude da duração da deficiência hídrica, da velocidade da imposição do estresse e do estágio de desenvolvimento da planta (KRAMER; BOYER, 1995). Além disso, a deficiência hídrica ainda compromete a absorção e a assimilação de nutrientes, afetando, conseqüentemente, a fotossíntese (REICHARDT; TIMM, 2004).

As plantas apresentam maior uso dos nutrientes disponíveis e passíveis de absorção quando é mantida a umidade do solo (REICHARDT; TIMM, 2004). Nessas condições, as plantas possuem uma transpiração potencial e adequada, os nutrientes são arrastados por fluxo de massa à superfície radicular e, posteriormente, arrastados por fluxo de massa pela raiz até as demais partes da planta (REICHARDT; TIMM, 2004). Sendo assim, o transporte dos nutrientes até a planta está diretamente relacionado ao fluxo de água no solo que, por sua vez, é extremamente afetado quando ocorre redução da quantidade de água disponível no solo

(REICHARDT; TIMM, 2004). Por consequência, os processos fisiológicos da planta são afetados pela deficiência de nutrientes. A deficiência de N diminui a síntese de proteínas e desta forma, a enzima chave da assimilação do CO₂, a Rubisco, também terá sua síntese comprometida (SCHRADER, 1985). A interrupção desses processos fisiológicos culmina na redução da biomassa e menor produção vegetal (SHAO et al., 2008).

2.3 Deficiência hídrica na cultura do girassol

No Brasil, o cultivo de girassol está concentrado na região do cerrado durante a entressafra das culturas de soja e milho (CONAB, 2016). E devido ao fato do cultivo ocorrer em segunda época ou safrinha, está sujeito a condições climáticas mais desfavoráveis à sua semeadura e emergência (DICKMANN, 2015). Portanto, a cultura pode ser afetada pelas flutuações nas condições edafoclimáticas, principalmente no que se refere à disponibilidade hídrica no solo (BACKES et al., 2008). Mesmo que o girassol seja descrito como uma espécie medianamente sensível à seca (RAUF, 2008), sua produção é afetada negativamente em condições de escassez de água. A exemplo disso, Bosnjak (2004) após estudar o comportamento de plantas de girassol sujeitas a disponibilidade de água no solo por um período de 39, afirmou que a escassez de água pode acarretar em perdas de até 50% em sua produção, e previu a ocorrência de secas severas no futuro decorrentes das mudanças climáticas globais. Segundo levantamentos do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA), houve uma redução em torno de 26% na produção nacional de girassol na safra de 2009/10 em relação à anterior, em virtude da escassez de chuva em todas as regiões produtoras do Brasil (CONAB, 2010). Cechin et al. (2010) verificaram que o estresse hídrico reduziu a fotossíntese, a condutância estomática e a transpiração, em plantas de girassol, independentemente da idade da folha.

Uma única variável fisiológica de forma isolada não deve ser considerada quando se analisa a capacidade de tolerância à seca (NASCIMENTO et al., 2011). Sendo assim, deve-se avaliar concomitantemente um conjunto de parâmetros fisiológicos, tais, como potencial hídrico, teor relativo de água, condutância estomática, fotossíntese e a transpiração foliar, que são indicativos do desempenho dos vegetais mediante estresse hídrico (NOGUEIRA, 2001). Portanto, o conhecimento das possíveis alterações fisiológicas no comportamento de cultivares de girassol, em função de diferentes condições hídricas, é essencial para o entendimento dos mecanismos de tolerância da espécie, sendo importante para o manejo sustentável da cultura

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local de cultivo e Material vegetal

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, localizada no Departamento de Ciências dos Solo da Universidade Federal de Lavras (UFLA), na cidade de Lavras, Minas Gerais. As cultivares de Girassol, Hélio 250 (H250) e Hélio 251 (H251) foram disponibilizadas pelo Laboratório de Análise de Sementes, Setor de Sementes da UFLA.

3.2 Preparo do solo

O solo foi coletado na Universidade Federal de Lavras (UFLA). Após a coleta, o solo foi devidamente peneirado e seco. No Departamento de Ciências dos Solos (DCS) foi feita a análise do solo, sendo o solo classificado como Latossolo Vermelho Distrófico. Para a correção da acidez, o solo foi incubado por 30 dias com Calcário Cálcio (CaCO_3) e magnésio (MgCO_3), para posterior plantio.

3.3 Condições de cultivo

Antes do plantio, o solo foi devidamente adubado com nitrogênio, fósforo, potássio e boro, utilizando, respectivamente, Ureia ($\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$), Super triplo (P_2O_5 e Ca), Cloreto de Potássio (KCl), numa proporção de 60, 80 e 80kg/ha, respectivamente, e solução nutritiva de Hoagland e Arnon (1950).

A capacidade de retenção de água (CRA) foi determinada conforme a metodologia descrita por Prado et al., (2006), que consiste em colocar o volume de 100mL de solo em um funil de vidro e adicionar 100mL de água, deixando a água percolar pelo solo, coletando-a com auxílio de uma proveta. A CRA foi calculada através da seguinte equação:

$$Cc (\%) = \frac{\text{Água retirada no solo (mL)} \times 100\%}{\text{Volume do solo (mL)}}$$

As sementes das cultivares H250 e H251 foram semeadas no solo, em vasos com capacidade de 6 dm³ (6 litros). Após a emergência, realizou-se o desbaste, restando 4 plantas por vaso. No 7º dia após a emergência, iniciou-se os tratamentos de 50%, 75% e 100% da CRA do solo. Cada tratamento foi composto por cinco repetições. O tratamento foi mantido

até o final do período vegetativo da cultura (56 dias). A rega foi realizada diariamente, pesando-se os vasos e completando com água até que o peso se igualasse ao peso estipulado para cada um dos tratamentos.

3.4 Análises biométricas

As avaliações biométricas ocorreram semanalmente ao decorrer do ciclo da cultura. Apenas as variáveis matéria seca de raiz e matéria seca da parte aérea foram realizadas numa única data, ao final do período experimental. As avaliações se iniciaram pelas variáveis não destrutivas e seguida pelas destrutivas.

Com o auxílio de um paquímetro digital INSIZE modelo IP54 foram realizadas medidas de altura (AL) e diâmetro do caule (DC).

Ao final do período experimental, foi verificado a massa fresca das folhas, caules e raízes levando-os para estufa de circulação forçada a 70°C até atingir massa constante. A partir daí, avaliou-se a matéria seca das folhas (MS_F), do caule (MS_C), da raiz (MS_R).

3.5 Área foliar

Foram realizadas medições do comprimento e diâmetro do limbo foliar na porção mediana da primeira folha completamente expandida, com auxílio de uma fita métrica e régua, respectivamente. A área foliar foi calculada segundo metodologia descrita por Peixoto; Peixoto (2009).

$$AF = C \times L \times F \text{ (cm}^2\text{)}$$

em que C é o comprimento da primeira folha completamente expandida, L é a largura da mesma folha, F é o fator de correção (0,67) para área foliar da cultura (CAIRO et al., 2008).

3.6 Trocas gasosas e teor de clorofila

As medições das trocas gasosas foram realizadas no final da fase vegetativa no terço médio da primeira folha completamente expandida, entre 9 e 10 horas. A fotossíntese, condutância estomática e a taxa transpiratória foram obtidas utilizando um analisador portátil de trocas gasosas, IRGA modelo LI-6400XT, LI-COR, Lincoln, NE, EUA. O teor de clorofila foi determinado nas mesmas folhas usadas para medições de trocas gasosas, utilizando-se o clorofilômetro portátil FT GREEN LLC modelo atLEAF+.

3.7 Potencial hídrico e teor relativo de água

O potencial hídrico foliar (Ψ_w) foi realizado ao final do período vegetativo da cultura no terço médio da primeira folha completamente expandida, de acordo com a metodologia descrita por Scholander et al., (1964). As folhas foram coletadas e imediatamente determinado seu potencial hídrico. A determinação do Ψ_w foi feita com o auxílio da câmara de pressão do tipo Scholander, modelo 1000 (PMS Instrument Company - Albany, OR, USA), os valores obtidos em Bar pelo equipamento foram convertidos para MPa.

Da mesma forma que o Ψ_w , o teor relativo de água (TRA) foi determinado ao final do período vegetativo. A determinação do TRA foi feita seguindo a metodologia descrita por Silveira et al., (2009), utilizando-se 6 fragmentos de 1 cm² cada, que foram pesados imediatamente em balança analítica para a obtenção do Peso da Massa Fresca (PMF). Em seguida, os fragmentos foliares foram colocados em placa de Petri contendo papel de filtro saturado com 10 mL de água deionizada e mantidos em refrigeração durante 48 horas. Após esse período os discos foram colocados em papel toalha para a retirada do excesso de água e pesados, obtendo-se assim o Peso da Massa Túrgida (PMT). Por fim, os discos foram colocados em sacos de papel e levados a estufa de circulação forçada de ar a 65°C durante três dias, obtendo-se o Peso da Massa Seca (PMS). De posse destes dados, o TRA foi calculado, através da seguinte equação:

$$\text{TRA (\%)} = (\text{PMF} - \text{PMS}) / (\text{PMT} - \text{PMS}) \times 100$$

3.8 Delineamento Experimental

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado e em esquema fatorial 2 (cultivares) x 3 (tratamentos), com 5 repetições por tratamento, sendo estes compostos pelo controle (100% CRA), e dois ciclos de deficiência (50% e 75% da CRA). Cada parcela experimental (vaso) foi composta por quatro plantas, totalizando 120 plantas. Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e comparados através de teste de média.

4 RESULTADOS

A maioria das variáveis analisadas foi influenciada pelos tratamentos de restrição hídrica nas cultivares H250 e H251. Ao analisar a variável matéria seca de folha (MS_F), as cultivares em condições ideais de suprimento de água (CRA de 100%; tratamento controle) não se distinguem, assim como nos tratamentos de restrição hídrica (75% e 50% da CRA).

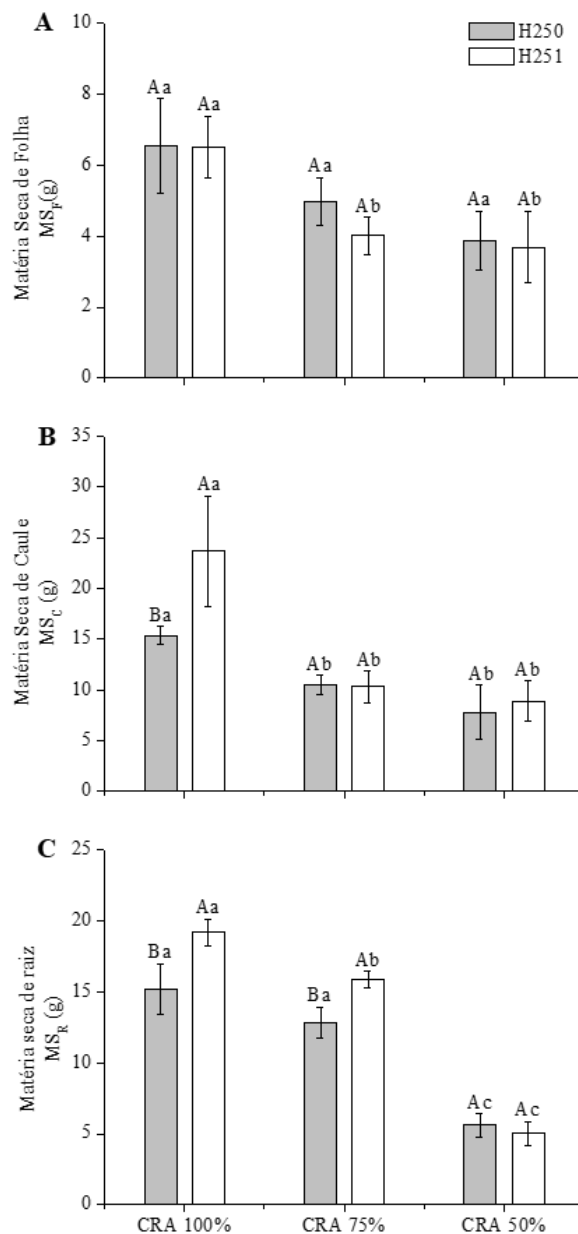


Figura 1. Efeito da capacidade de retenção de água no solo (CRA) sobre o desempenho das cultivares de girassol Hélio 250 (H250) e Hélio 251 (H251) no acúmulo de matéria seca de folha (MS_F ; A), caule (MS_C ; B) e raiz (MS_R ; C). As letras maiúsculas comparam as cultivares H250 e H251 em cada CRA e letras minúsculas comparam a CRA para cada cultivar. Letras diferentes indicam diferenças significativas ($p \leq 0.05$) pelo teste Scott-Knott.

A cultivar H250 não apresentou alteração significativa na MS_F para as CRA de 75% e 50% em comparação ao controle. Por outro lado, a cultivar H251 apresentou uma redução de aproximadamente 38% sob CRA de 75% e de 43% sob CRA de 50% para o acúmulo MS_F quando comparada ao controle (figura 1A).

O acúmulo de matéria seca no caule (MS_C), no tratamento controle (CRA de 100%) da cultivar H250 foi 35% menor em comparação a H251. Mas quando submetidas a CRA de 75% e 50%, ambas foram afetadas de maneira semelhante pela condição imposta, sendo observada redução da MS_C em ambas cultivares em comparação ao controle (figura 1B). Sob CRA de 75%, a redução foi de aproximadamente 31% e 56% para as cultivares H250 e H251, respectivamente, em comparação ao controle. Já para CRA de 50% houve redução de 49% para cultivar H250 e de 62% para a H251 (figura 1B).

Em relação ao acúmulo de matéria seca na raiz (MS_R), a cultivar H251 apresentou os maiores valores sob CRA de 100% e 75%, quando comparada a H250. No entanto, apenas o tratamento com CRA de 50% diferiu do controle na cultivar H250, apresentando 63,1% de redução em relação ao controle. Ao passo que para a cultivar H251 a MS_R diminuiu quanto menor o CRA, sendo de 17,3% sob CRA de 75% e de 26,1% para o CRA de 50%, em comparação ao controle. Quando se compara as cultivares sob CRA de 50%, ambas tiveram a MS_R igualmente afetadas (figura 1C).

A cultivar H251 apresentou uma maior razão R/PA quando comparada a H250 nos tratamentos controle e CRA de 75%. Já no quando submetidas a CRA de 50% elas não diferiram entre si. Os maiores valores de R/PA para cultivar H250 foi constatada para CRA de 75%. Já para a cultivar H251 observou-se uma menor razão R/PA em ambos tratamentos de restrição hídrica (CRA de 75% e 50%), quando comparados ao controle (figura 2).

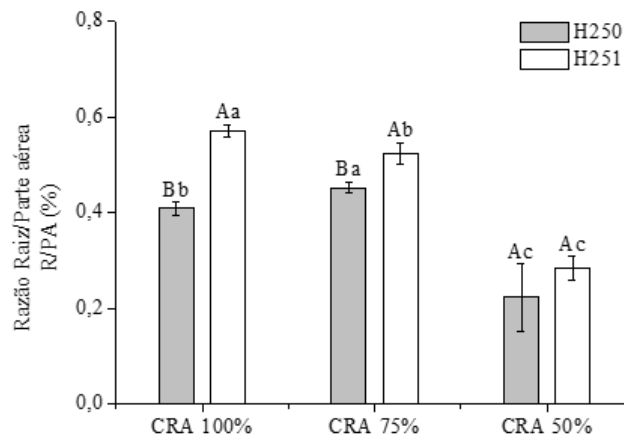


Figura 2. Efeito da capacidade de retenção de água no solo (CRA) sobre o desempenho das cultivares de girassol Hélio 250 (H250) e Hélio 251 (H251) no particionamento de biomassa entre raiz e parte aérea (R/PA). As letras maiúsculas comparam as cultivares H250 e H251 em cada CRA e letras minúsculas comparam a CRA para cada cultivar. Letras diferentes indicam diferenças significativas ($p \leq 0.05$) pelo teste Scott-Knott.

Em relação a área foliar (AF) as cultivares apresentaram comportamentos semelhantes em todas as CRA analisadas. No entanto, tanto a cultivar H250, quanto a H251 apresentam redução gradativa da AF, conforme se reduz a CRA (figura 3).

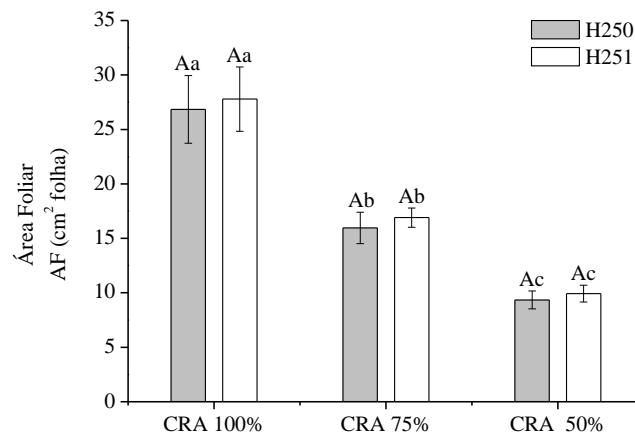


Figura 3. Efeito da capacidade de retenção de água no solo (CRA) na área foliar (AF) das cultivares de girassol Hélio 250 (H250) e Hélio 251 (H251). As letras maiúsculas comparam as cultivares H250 e H251 em cada CRA e letras minúsculas comparam a CRA para cada cultivar. Letras diferentes indicam diferenças significativas ($p \leq 0.05$) pelo teste Scott-Knott.

A figura 4 representa a altura da planta (AL) e diâmetro do caule (DC) para as cultivares H250 e H251 avaliados semanalmente. Para AL observou-se redução apenas a partir da sétima semana de avaliação para a cultivar H250 (Figura 4A). Já para a cultivar H251 a redução da AL inicia na quinta semana (Figura 4B). Além disso, a H250 não apresentou diferenças significativas na oitava semana para as CRA de 100% e 75%, ao passo que para a H251 a redução na CRA influenciou negativamente a AL. A altura das plantas da cultivar H250, ao final do período experimental foi de 61,9 cm, 54,3 cm e 42,1 cm, e, respectivamente sob CRA de 100%, 75% e 50%. Já para a H251 a AL foi de 74,7 cm, 59,2 cm e de 46,1 cm, respectivamente. Por outro lado, o DC não foi afetado em condições de restrição hídrica para cultivar H250, enquanto para a H251 o controle se destaca dos demais tratamentos a partir da sexta semana (figura 4 C e D).

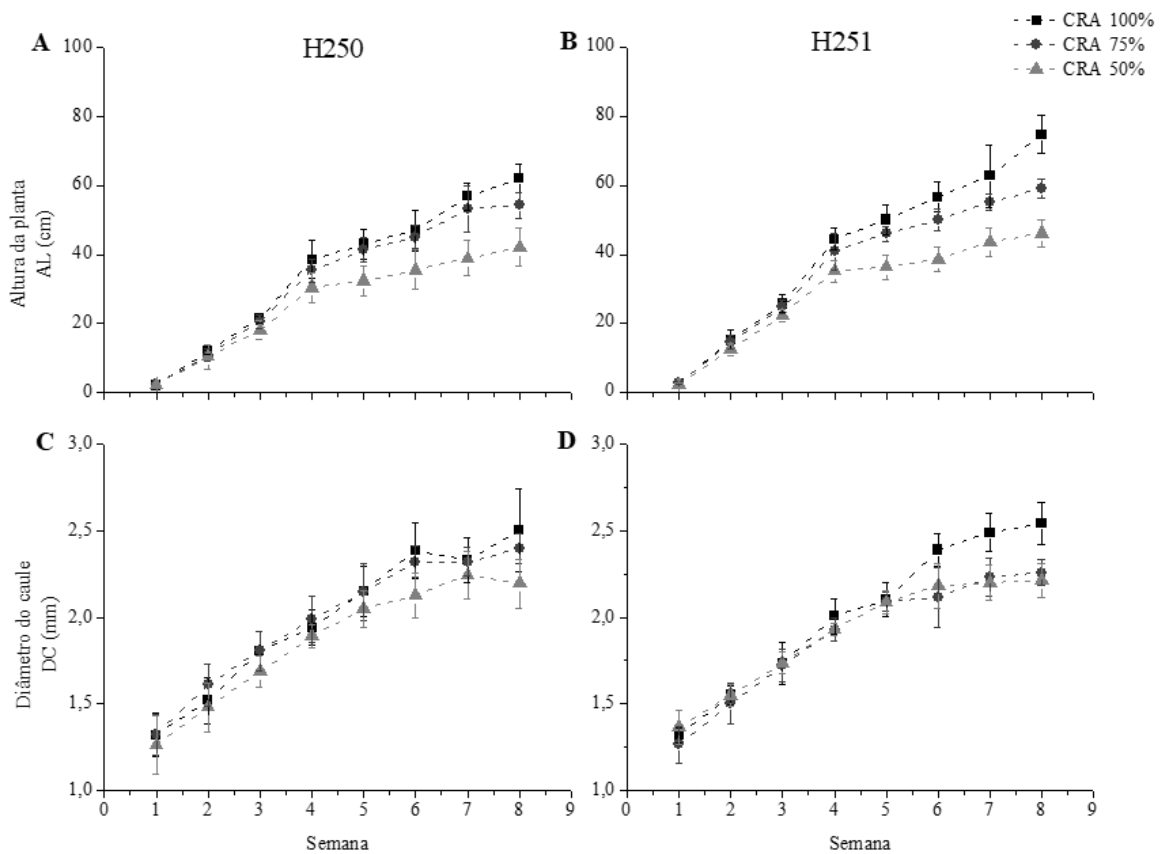


Figura 4. Efeito da capacidade de retenção de água no solo (CRA) sobre a altura (AL) e diâmetro do caule (DC) da cultivar de girassol Hélio 250 (H250) e Hélio 251 (H251). A: AL e B: DC da cultivar H250 e C: AL e D: DC da cultivar H251. Cada ponto indica a média ($n=5$) \pm desvio padrão.

As cultivares não apresentam diferenças significativas entre si quanto ao teor de clorofila, quando se analisa cada CRA. Entretanto, com a redução da disponibilidade de água, ambas cultivares apresentaram diminuição do teor de clorofila em comparação ao controle (figura 5).

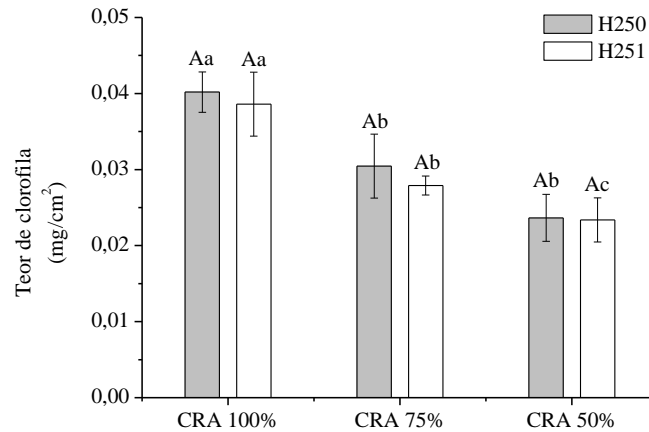


Figura 5. Efeito da capacidade de retenção de água no solo (CRA) no teor de clorofila das cultivares de girassol Hélio 250 (H250) e Hélio 251 (H251). As letras maiúsculas comparam as cultivares H250 e H251 em cada CRA e letras minúsculas comparam a CRA para cada cultivar. Letras diferentes indicam diferenças significativas ($p \leq 0,05$) pelo teste Scott-Knott.

Padrões de respostas similares aos dos teores de clorofila foram encontrados para fotossíntese (A), condutância estomática (g_s) e taxa transpiratória (E) em ambas cultivares nos três níveis de CRA. Em ambas cultivares, os tratamentos de restrição hídrica influenciaram significativamente a A e a g_s em comparação ao controle. A fotossíntese decaiu de $16,3 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, para $13,2 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ e $7,0 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, sob CRA de 100%, 75% e 50%, respectivamente. Na cultivar H250, para a cultivar H251 a queda foi de $17,8 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ para $13,4 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ e $6,8 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, seguindo a mesma tendência observada para a H250. Embora a CRA tenha influenciado a A para ambas cultivares, não foram observados. A g_s apresentou comportamento similar a A , com redução gradativa a medida que a CRA diminuiu. Com relação à E , apenas o tratamento com CRA de 50% apresentou redução em relação ao controle para a cultivar H251. Já para a H250 a E não diferiu entre os CRA.

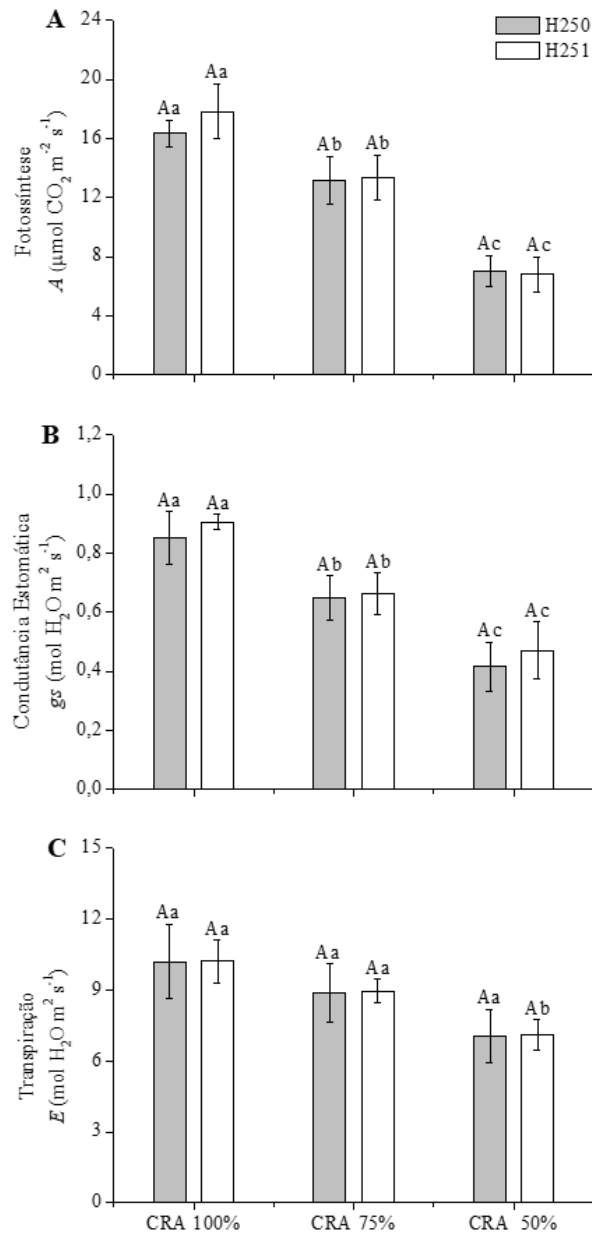


Figura 6. Efeito da capacidade de retenção de água no solo (CRA) sobre a fotossíntese (A; A), condutância estomática (gs; B) e taxa transpiratória (E; C) das cultivares de girassol Hélio 250 (H250) e Hélio 251 (H251). As letras maiúsculas comparam as cultivares H250 e H251 em cada CRA e letras minúsculas comparam a CRA para cada cultivar. Letras diferentes indicam diferenças significativas ($p \leq 0.05$) pelo teste Scott-Knott.

Para o potencial hídrico (Ψ), as cultivares avaliadas apresentaram comportamento semelhante para todos os CRA na medição realizada às 4:00 h. No entanto, para as medições realizadas ao 12:00 h, a cultivar H251 apresentou maior Ψ que a H250 independente da CRA. Nos dois horários registrados, o potencial hídrico das duas cultivares foi reduzido

significativamente em relação ao controle, conforme a diminuição da disponibilidade de água no solo.

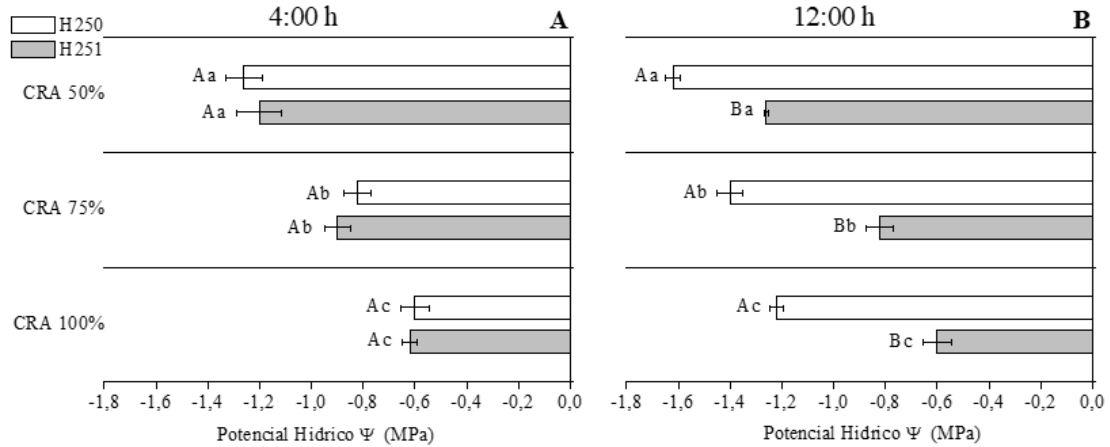


Figura 7. Efeito da capacidade de retenção de água no solo (CRA) sobre o potencial hídrico medido as 4:00 h (A) e as 12:00 h (B) das cultivares de girassol Hélio 250 (H250) e Hélio 251 (H251). As letras maiúsculas comparam as cultivares H250 e H251 em cada CRA e letras minúsculas comparam a CRA para cada cultivar. Letras diferentes indicam diferenças significativas ($p \leq 0,05$) pelo teste Scott-Knott.

O teor relativo de H_2O (TRA) não diferiu entre as cultivares H250 e H251 para os CRA analisados. Porém, observou-se que, assim como para o teor de clorofila, A, *gs*, AF e Ψ antemanhã (4:00 h), o TRA reduziu conforme a diminuição da disponibilidade de água.

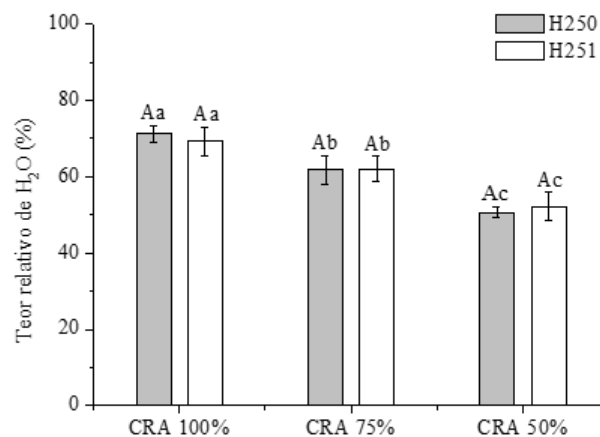


Figura 8. Efeito da capacidade de retenção de água no solo (CRA) sobre o teor relativo de água das cultivares de girassol Hélio 250 (H250) e Hélio 251 (H251). As letras maiúsculas comparam as cultivares H250 e H251 em cada CRA e letras minúsculas comparam a CRA para cada cultivar. Letras diferentes indicam diferenças significativas ($p \leq 0,05$) pelo teste Scott-Knott.

5 DISCUSSÃO

Em condições de restrição hídrica, uma das primeiras estratégias adotadas por plantas é a redução na condutância estomática, em razão do controle da abertura dos estômatos, de modo a reduzir as perdas d'água para o ambiente (DAMATTA, 2003). O fechamento estomático se dá em resposta ao declínio do turgor, ao potencial hídrico da folha (LODLOW, 1989), ou através da sinalização a longa distância e transporte do ABA das raízes para as folhas (DODD, 2005), levando a restrição da difusão do CO₂ atmosférico e, por conseguinte, queda na taxa fotossintética, visto que a fixação de CO₂ torna-se limitada, diminuindo a fixação do carbono pelo ciclo de Calvin (DAMATTA, 2003). De fato, tanto a taxa fotossintética (*A*; Figura 6A) quanto a condutância estomática (*g_s*; Figura 6B) foram reduzidas, nos tratamentos com menores capacidades de retenção de água no solo (CRA), sendo as cultivres Hélio 250 (H250) e Hélio 251 (H251) igualmente afetadas. Embora a redução de *A* e *g_s* sejam consideradas estratégia importante para evitar a perda excessiva de água pela diminuição da transpiração (*E*; Figura 6C), uma menor *E* leva a redução da translocação de nutrientes dependentes do fluxo de massa, dentre eles o N que atua como parte constituinte da clorofila (FLOSS, 2006). Sendo assim, a ausência de N pode acarretar na redução da clorofila em plantas estressadas (LENHARD et al., 2010). Assim, a redução dos teores de clorofila verificados neste trabalho (Figura 5), também podem estar relacionada a diminuição de *A*, visto que as clorofilas desempenham importante papel na fotossíntese, sendo responsáveis pela captação de energia luminosa para as reações fotoquímicas (LENHARD et al., 2010). Como consequência, a restrição hídrica (CRA de 75% e 50%) afetou o crescimento e desenvolvimento das plantas de girassol, devido, provavelmente, à uma menor produção e translocação de fotoassimilados para novas áreas de crescimento (NOGUEIRA et al., 2005; LARCHER, 2006), levando a consequente redução da área foliar (Figura 3) e menor acúmulo de biomassa principalmente de folhas (Figura 1A) e caules (Figura 1B). Deste modo, a restrição hídrica gera consequências de proporções cíclicas, uma vez que o crescimento e o desenvolvimento da cultura dependem da conversão da energia luminosa em energia química proporcional à quantidade de energia luminosa captada, com a redução da área foliar (Figura 3), eventualmente, os demais processos básicos para a manutenção da sobrevivência da planta, em especial a fotossíntese serão afetados (KRAMER; BOYER, 1995).

O efeito da CRA afetou o desempenho de crescimento de plantas de girassol das cultivares H250 e H251, uma vez que o desenvolvimento vegetal está estritamente relacionado ao status hídrico da planta (NOGUEIRA et al., 2005). Condições de baixo

suprimento hídrico resultam em menor disponibilidade de água para expansão celular (NOGUEIRA et al., 2005). Em situações de deficiência hídrica, o processo de crescimento, principalmente em expansão, dependente da turgescência celular é o primeiro a ser afetado (NOGUEIRA et al., 2005). O crescimento em expansão das células vegetais se dá por meio da captação de água, a qual, na maioria das vezes é destinada ao vacúolo, gerando uma pressão sob as paredes celulares e promovendo a sua expansão (CAIRO, 2008). Por isso, às variáveis relacionadas ao crescimento vegetal, que dependem de turgidez para expansão celular foram significativamente afetadas, principalmente sob CRA de 50%, onde a restrição hídrica foi mais severa. Por outro lado, variáveis de crescimento, como matéria seca da raiz (MS_R ; Figura 1C), altura da planta (AL), diâmetro do caule (DC), e E não foram afetadas sob CRA de 75% para a cultivar H250 em comparação ao controle, evidenciando que o crescimento desta cultivar não é limitado nessas condições.

Em resposta ao déficit hídrico, plantas estressadas apresentam uma menor taxa de divisão celular, o que acarreta no retardo do desenvolvimento e/ou crescimento das plantas sob estresse hídrico intenso (NASCIMENTO et al., 2011). As cultivares analisadas apresentam redução gradativa da AF, a medida que a disponibilidade de água foi reduzida (CRA de 100%, 75% e 50%). A redução no tamanho das folhas, e conseqüentemente da área foliar (Figura 3) são estratégias de tolerância à deficiência hídrica, em função da redução da superfície transpirante. A redução do tamanho das folhas é expressivamente indispensável para retardar a desidratação (SANTANA et al., 2011), o que permite a planta suportar o estresse imposto e aclimatar-se a nova condição (MATOS et al., 2014). Tais respostas podem ser consideradas estratégias de sobrevivência, de modo a minimizar as perdas de água por transpiração (MEIRA et al., 2013). Desta forma, uma menor área foliar (Figura 3) aliada à redução da g_s (Figura 6B) afetou a A (Figura 6A) nas plantas do tratamento de restrição hídrica (CRA de 75% e 50%), resultou em menor taxa cumulativa de carbono, tendo reflexo no acúmulo de biomassa e menor crescimento da planta (Figura 1). Por outro lado, sob condições ideais de suprimento de água (CRA de 100%), a turgescência da planta é mantida, o que permite com que haja uma continuidade dos processos de expansão e divisão celular (MATOS et al., 2014).

Houve um menor acúmulo de clorofila (Figura 5) nos tratamentos de restrição hídrica (75% e 50% da CRA) quando comparados ao controle (100% da CRA). Em geral, plantas que recebem menor suprimento de água apresentam uma redução dos pigmentos relacionados à fotossíntese (DIN et al., 2011; ASHARAF; HARRIS, 2013). Esta resposta está vinculada à deficiência na síntese da clorofila ou degradação desta (ASHARAF; HARRIS, 2013). A

translocação de nutrientes pela planta é comprometida em situações de deficiência hídrica, o que leva a redução na absorção de nutrientes (REICHARDT; TIMM, 2004). Sendo assim, plantas que estão em condições de déficit hídrico, possivelmente, possuem quantidade de clorofila reduzida em função da deficiência de nitrogênio, que é parte constituinte desta molécula (REICHARDT; TIMM, 2004). A redução da clorofila em plantas sob deficiência hídrica, além de poder estar relacionada à menor absorção de N, possivelmente se deve também ao aumento na proporção do elemento remobilizado para tecidos jovens (WESTGATE, 1994).

As plantas de girassol que receberam menor suprimento hídrico (75% e 50% da CRA), tiveram parâmetros de fotossíntese e condutância estomática reduzidos em comparação ao controle (100% da CRA). Além de afetar o crescimento vegetal por meio da turgescência celular, a restrição hídrica é responsável por induzir redução da capacidade fotossintética (FLEXAS et al., 2002), através da alteração de componentes estomáticos e não estomáticos, como por exemplo, clorofila, sistema de transporte de elétrons e vias de fixação do CO₂ (ARAUS et al., 2002; RAHANAMA et al., 2010). O fechamento estomático leva a redução da condutância estomática, limitando a assimilação de CO₂ (SAIBO et al., 2009, ASHARAF et al., 2013). Assim, há uma redução na taxa fotossintética e, com isso, menor crescimento da planta. Além disso, em condições severas de estresse hídrico, a desidratação das células do mesófilo acarreta na inibição metabólica do processo fotossintético (DAMAYANTHI et al., 2010; ANJUN et al., 2011). Com o fechamento dos estômatos, a fixação de CO₂ torna-se limitada, diminuindo a redução do carbono pelo ciclo de Calvin e, conseqüentemente, o NADP⁺ oxidado, que serve como aceptor de elétrons da fotossíntese (BEN AHMED, 2009; PANDA; KHA, 2009). Durante a transferência de elétrons, quando a ferredoxina se encontra super reduzida, elétrons podem ser transferidos do fotossistema I (PS I) para o oxigênio, o que acarreta na formação do radical superóxido (O₂•-), por um processo conhecido como reação de Mehler (BEN AHMED, 2009; PANDA; KHA, 2009). Esse processo provoca mais reações na cadeia, gerando mais espécies reativas de oxigênio (EROs), o que leva ao chamado estresse oxidativo (BEN AHMED, 2009; PANDA; KHA, 2009).

O potencial hídrico foliar é considerado como um indicador de estresse hídrico, uma vez que em condições de déficit de água no solo, o potencial hídrico foliar começa a decrescer, ficando mais negativo, o que evidencia o estado de estresse da planta (SOUZA et al., 2013). A redução do potencial hídrico é um mecanismo de proteção desenvolvido pelas plantas, de modo a evitar a perda de água, o que permite com que haja a reparação os danos sofridos por essa condição (SOUZA et al., 2013). A redução do potencial hídrico em plantas

estressadas ocorre através do ajustamento osmótico, que se dá pela síntese e translocação de sacarose nas estruturas da planta (SOUZA et al., 2013). O Ψ dos tratamentos de restrição hídrica (CRA de 75% e 50%) medidos ao meio-dia evidenciam que a planta estava sob condição de estresse, uma vez que o Ψ reduziu conforme a diminuição da disponibilidade de água no solo, ocorrendo nas horas mais quentes do dia, quando a planta transpira mais água do que absorve.

As cultivares analisadas não apresentaram distinção entre si quanto ao conteúdo de água nas células (TRA). Ambas apresentaram uma relação diretamente proporcional entre TRA e CRA. Ou seja, a medida que a restrição hídrica se tornou mais severa o TRA apresentou uma tendência de redução. Tal fato pode estar relacionado às resistências implicadas no fluxo de água do solo para as raízes (BERNARDO et al., 2006). Um solo com baixo conteúdo de água disponível terá sua resistência elevada (BERNARDO et al., 2006). Em solos secos, o contato entre este e a raiz decresce, dificultando a reposição de água pela planta. Ou seja, quando o armazenamento de água no solo é escasso, o solo passa a reter mais fortemente a água, diminuindo a água disponível às plantas (BERNARDO et al., 2006). Desta forma o conteúdo de água na célula vegetal diminui. Além disso, a razão entre raiz/parte aérea aumenta em solos secos, na tentativa de aumentar a área apta a captação de água (OSAKABE et al., 2014), como constatado neste trabalho (Figura 2).

Embora seja considerada uma espécie de ampla adaptabilidade edafoclimática (SOUZA et al., 2015) com potencial para ser cultivada em áreas mais secas, as cultivares de girassol avaliadas mostraram-se susceptíveis à seca, especialmente no que se refere as condições de CRA de 50%, onde houve limitação para todas as variáveis analisadas.

7 CONCLUSÃO

Em relação a CRA, o tratamento mais limitante é o de 50%, uma vez que afeta as variáveis de MS_C , MS_R , AF, AL, teor de clorofila, A, g_s , Ψ e TRA na cultivar H250. Já para a cultivar H251, além das variáveis citadas acima, a CRA de 50% afeta também MS_F , DC e E. As cultivares H250 e H251 apresentam padrões de resposta similares entre si em todas as variáveis analisadas nos tratamentos de restrição hídrica (CRA de 75% e 50%), exceto para o Ψ ao meio-dia.

O crescimento satisfatório das cultivares de girassol H250 e H251 se dá em condições de maior suprimento de água (CRA de 100%), não sendo indicado cultivos sob CRA de 50%, uma vez que afetam o desempenho de crescimento da cultura.

REFERÊNCIAS

- ALVES, G.S. et al. Períodos de interferência das plantas daninhas na cultura do girassol em Rondônia. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, Campina Grande, v.17, n. 3, p. 275–282, 2013.
- ANJUN, S.A. et al. Morphological, physiological and biochemical responses of plants to drought stress. **African Journal os Agricultural Research**, v. 6, p., n.2, p. 2026-2032, 2011.
- ARAUS, J.L. et al. Plant breeding and water relations in C3 cereals: what sholud we breed for? **Annals of Botany**, v. 89, n.1, p. 925-940, 2002.
- ASHARAF, M.; HARRIS, P. J. C. Photosynthesis under stressful environments: An overview. **Photosynthetica**, v.51, n.2, p. 163-190, 2013.
- BACKES, R. L. et al. Desempenho de cultivares de girassol em duas épocas de plantio de safrinha no planalto norte catarinense. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 9, n. 1, p. 41-48, 2008.
- BARBOSA, R. L. et al. Desempenho comparativo de um motor de ciclo diesel utilizando diesel e misturas de biodiesel. **Revista Ciência Agrotecnologia**, Lavras, v.32, n.5, p.1588-1593, 2008.
- BEN AHMED, C. H. et al. Changes in gas exchange, proline accumulation and antioxidative enzyme activities in three olive cultivars under contrasting water availability regimes. **Environmental and Experimental Botany**, v.67, p. 345–352. 2009.
- BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. Viçosa: Editora UFV, 2006. 625p.
- BOSNJAK, D. Drought and its relation to field crops production in Vojvodina province. **Zbornik radova Instituta za ratarstvo i povrtarstvo**. Vojvodina province, n. 40, p. 45-55, 2004.
- CAIRO, P. A. R.; OLIVEIRA, L. E. M.; MESQUITA, A. C. **Análise de crescimento de plantas**. Bahia: UESB, 2008. 72p.
- CASTIGLIONI, V. B. R.; OLIVEIRA, M. F. Melhoramento do girassol. In: BORÉM, A. **Melhoramento de espécies cultivadas**. Viçosa: UFV, 2005. p. 393-427.

CECHIN, I. et al. Differential responses between mature and Young leaves of sunflower plants to oxidative stress caused by water deficit. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 6, p. 1290-1294, 2010.

CONAB - **Acompanhamento da safra brasileira de grãos 2009/2010** Disponível em: www.conab.gov.br. Acesso em 02 fev. 2017.

CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos 2016/2017**. Brasília, 2017 Disponível em: <www.conab.gov.br>. Acesso em: 4 mai. 2018.

CONAB. **Conjuntura mensal: girassol**. Brasília, 2016. Disponível em: <www.conab.gov.br>. Acesso em 02 fev. 2017.

DALL'AGNOL, A.; VIEIRA, O. V.; LEITE, R. M. V. B. C. Origem e histórico do girassol. In: LEITE, R. M. V. B. C.; BRIGHENTI, A. M.; CASTRO, C. de. **Girassol no Brasil**. Londrina: Embrapa Soja, 2005. p. 1-14.

DAMATTA, F.M. et al. Drought tolerance of two field-grown clones of *Coffea canephora*. **Plant Science**, v.164, n.1, p.111-117, 2003.

DAMAYANTHI, M. M. N.; MOHOTTI, A. J.; NISSANKA, S. P. Comparison of tolerant ability of mature Field grown tea (*Camellia sinensis* L.) cultivars exposed to drought stress in Passara area. **Trop Agricultural Reserch**, v. 22, p. 66-75, 2010.

DICKMANN, L. et al. Comportamento de sementes de girassol (*Helianthus annuus* L.) submetidas ao estresse salino. **Revista de Ciências Agro-Ambientais**, Cuiabá, v. 03, n. 1, p. 64-75, 2015.

DIN, J. et al. Physiological and agronomic response of canola varieties to drought stress. **Journal Animal Plant Science**. v. 21. p. 78- 82, 2011.

DODD, I. C. Root-to-shoot signalling: assessing the roles of 'up' in the up and down world of long-distance signalling in planta. **Plant and soil**, v. 274, n. 1-2, p. 251-270, 2005.

FAOSTAT. **Statistical databases**. Disponível em: <<http://faostat.fao.org>> . Acesso em: 05 mai. 2018.

FLEXAS, J. et al. Effects of drought on photosynthesis in grapevines under field conditions: an evaluation of stomatal and mesophyll limitations. **Functional Plant Biology**, v. 29, n. 4, p. 461-471, 2002.

FLOSS, E. L. **Fisiologia das plantas cultivadas: o estudo do que está atrás do que se vê**. Passo Fundo: Universidade de Passo Fundo, 2006. 751 p.

FOOD AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Agriculture**. Disponível em : <<http://faostat.fao.org>>. Acesso em 18 abr. 2018.

FREITAS, C. A. S. et al. Crescimento da cultura do girassol irrigado com diferentes tipos de água e adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 10, p.1031-1039, 2012.

HOAGLAND, D. R. et al. The water-culture method for growing plants without soil. Circular. **California Agricultural Experiment Station**, v. 347, n. 2, 1950.

IBGE. **Levantamento sistemático da produção agrícola 2018/2019**. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br>> Acesso em: 09 jan. 2019.

KRAMER, P. J.; BOYER, JOHN S. **Water relations of plants and soils**. Academic press: Forgotten Books, 1995. 93p.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima, 2006. 531 p.

LEITE, R. M.V.B.C.; BRIGHENTI, A.M.; CASTRO, C. Girassol no Brasil. Londrina: Embrapa Soja, 2005. 124p.

LENHARD, N. R.; SCALON, S. P.; NOVELINO, J. O. Crescimento inicial de mudas de pau ferro (*Caesalpinia ferrea* MART. ex Tul. var. *leiostachya* Benth.) sob diferentes regimes hídricos. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 4, p. 870-877, 2010.

LIRA, M.A. et al. **Recomendações Técnicas para o Cultivo do Girassol**. Natal: EMPARN, 2009.

LODLOW, N.M. Strategies of responses to water stress. In: Structural and functional responses to environmental stresses. **SBP Academic**, The Hague, p. 269-281, 1989.

MANIVANNAN, P. et al. Osmoregulation and antioxidant metabolism in drought-stressed *Helianthus annuus* under triadimefon drenching. **Comptes Rendus Biologies**, v. 331, n. 6, p. 418-425, 2008.

MATOS, F.S. et al. Estratégia morfofisiológica de tolerância ao déficit hídrico de mudas de pinhão manso. **Magistra**, Cruz das Almas, v.26, n.1, p.19-27, 2014.

MEIRA, M. R. et al. Crescimento vegetativo, produção de fitomassa e de óleo essencial de *Melissa officinalis* L. sob diferentes lâminas de irrigação. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 43, n. 5, p. 779-785, 2013.

NASCIMENTO, S. P. do et al. Tolerância ao déficit hídrico em genótipos de feijão-caupi. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 08, p. 853-860, 2011.

NASCIMENTO, U.M. et al. Montagem e implantação de usina piloto de baixo custo para produção de biodiesel. In: CONGRESSO DA REDE BRASILEIRA DE TECNOLOGIA DE BIODIESEL, 1.,2006, Brasília. **Anais...** Brasília: Embrapa, 2006. p. 147-150.

NOBRE, R. G. et al. Produção do girassol sob diferentes lâminas com efluentes domésticos e adubação orgânica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande v.14, n.7, p.747-754, 2010.

NOBRE, R.G. et al. Produção de girassol sob estresse salino e adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 35, n. 3, p.929-937, 2014.

NOGUEIRA, R. J. M. C. et al. Alterações na resistência à difusão de vapor das folhas e relações hídricas em aceroleiras submetidas a déficit de água. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Campinas, v. 13, n. 01, p. 75-87, 2001.

NOGUEIRA, R. J. M. C.; ALBUQUERQUE, M. B.; SILVA, E. C. Aspectos ecofisiológicos da tolerância à seca em plantas da caatinga. In: NOGUEIRA, R. J. M. C.; ARAÚJO, E. L.; WILLADINO, L. G.; CAVALCANTE, U. M. T. **Estresses ambientais: danos e benefícios em plantas**. Recife: UFRPE, 2005. p. 22-31.

OLIVEIRA, M. F.; VIEIRA, O. V.; LEITE, R. M. V. B. C. **Extração de óleo de girassol utilizando miniprensa**. Embrapa: Londrina, 2004. 24p.

OSAKABE, Y. et al. Response of plants to water stress. **Frontiers in plant science**, v. 5, p. 86, 2014.

PANDA, S. K.; KHAN, M. H. Growth, oxidative damage and antioxidant responses in greengram (*Vigna radiata* L.) under short-term salinity stress and its recovery. **Journal of Agronomy and Crop Science**, v.195, p. 442–454, 2009.

PEIXOTO, C. P.; PEIXOTO, M. F. S. P. Dinâmica do crescimento vegetal: princípios básicos. In: **Tópicos em Ciências Agrárias**. Bahia: Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2009. 148p.

PRADO, C.H.B.A.; CASALI, C.A. **Fisiologia Vegetal**: práticas em relações hídricas, fotossíntese e nutrição mineral. São Paulo: Editora Manole, 2006. 448p.

RAHANAMA, A. et. al. Stomatal conductance as a screen for osmotic stress tolerance in durum wheat growing in saline soil. **Functional Plant Biology**, v. 37, p. 255-263, 2010.

RAUF, S. Breeding sunflower (*Helianthus annuus* L.) for drought tolerance. **Communications in Biometry and Crop Science**, Bareilly, v.3, p.29-44, 2008.

REICHARDT, K.; TIMM, L. C. **Solo, planta e atmosfera**: conceitos, processos e aplicações. São Paulo: Manole, 2004. 478p.

RODRIGUES, F. V.; RONDINA, D. Alternativas de uso de subprodutos da cadeia do biodiesel na alimentação de ruminantes: glicerina bruta. **Acta Veterinaria Brasilica**, v. 7, n. 2, p. 91-99, 2013.

SAIBO, N. J. M.; LOURENÇO, T.; OLIVEIRA, M. M. Transcription factors and regulation of photosynthetic and related metabolism under environmental stresses. **Annals of Botany**, v. 103, p. 609-623, 2009.

SANTANA, M.J. et al. Efeito da irrigação com água salina em um solo cultivado com o feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.27, n.2, p.443-450, 2011.

SANTOS A. R., et al. Número de plantas e rendimentos de genótipos de girassol. In: XXII REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE GIRASSOL - X SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE A CULTURA DO GIRASSOL, 22., 2017, Lavras. **Anais eletrônicos...** Londrina: Embrapa Soja, 2017. p. 46-53. Disponível em: <
<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/165103/1/XXIIRNPG-2017-Anais.pdf>
>. Acesso em: 04 abr. 2018.

SANTOS, L. G.; MELO, F. V. S. T. de; SOUZA, U. O.; PRIMO, D. C.; SANTOS, A. R. dos. Fósforo e boro na produção de grãos e óleo no girassol. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 6, n. 11, p. 1-8, 2014.

SCHOLANDER, Per F. et al. Hydrostatic pressure and osmotic potential in leaves of mangroves and some other plants. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 52, n. 1, p. 119-125, 1964.

SCHRADER, L. E. Metabolic balance in maize. In: Harper JE, Schrader LE, Howell RW. Exploitation of physiological and genetic variability to enhance crop productivity. **Amer. Soc.Plant Phys**, USA, p. 79-89, 1985.

SHAO, H. B. et al. Water-deficit stress-induced anatomical changes in higher plants. **Comptes Rendus Biologies**, v. 331, n. 3, p 215– 225, 2008.

SILVA, A. R. A. et al. Trocas gasosas em plantas de girassol submetidas à deficiência hídrica em diferentes estádios fenológicos. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 44, n. 1, p. 86-93, 2013.

SILVA, J.I.C. et al. Determinação dos períodos de interferência de plantas daninhas na cultura do girassol. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 30, n. 1, p. 27-36, 2012.

SILVEIRA, J.A.G. et al. Roots and leaves display contrasting osmotic adjustment mechanisms in response to NaCl-salinity in *Atriplex nummularia*. **Environmental and Experimental Botany**, v. 66, n. 1, p. 1–8, 2009.

SOUZA, F. R. de et al. Características agronômicas do cultivo de girassol consorciado com *Brachiaria ruziziensis*. **Revista Ciência Agronômica**, v. 46, n. 1, p. 110-116, 2015.

SOUZA, G. M. et al. Soybean Under Water Deficit: Physiological and Yield Responses. In: **A Comprehensive Survey of International Soybean Research - Genetics, Physiology, Agronomy and Nitrogen Relationships**. In Tech, 2013. 143p.

THOMAZ, G. L. et al. Produção do girassol e teor de óleo nas sementes em diferentes épocas de semeadura no Centro-Sul do Paraná. **Ciência Rural**, Paraná, v. 42, n. 2, p. 203-208, 2012.

TRZECIAK, M. B. et al. **Utilização de sementes de espécies oleaginosas para produção de Biodiesel**. Londrina: ABRATES, v.18, nº.1,2,3, p.030-038, 2008.

WESTGATE, M.E. Water status and development of the maize endosperm and embryo during drought. **Crop Science**, v.34, n.1, p.76-83, 1994.

WILSON, J. R. et al. Adaptation to water stress of the leaf water relations of four tropical forage species. **Functional Plant Biology**, v. 7, n. 2, p. 207-220, 1980.

ZOBIOLE, L. H. S. et al. Marcha de absorção de macronutrientes na cultura do girassol. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 2, p. 425-433, 2010.