

VICTOR JOSÉ SALOMÃO CESCO

**EFEITO DO ESTRESSE HÍDRICO PRÉVIO NA EFICÁCIA DOS HERBICIDAS
GLYPHOSATE, GLUFOSINATE, ATRAZINA E 2,4-D**

Botucatu

2022

VICTOR JOSÉ SALOMÃO CESCO

**EFEITO DO ESTRESSE HÍDRICO PRÉVIO NA EFICÁCIA DOS HERBICIDAS
GLYPHOSATE, GLUFOSINATE, ATRAZINA E 2,4-D**

Tese apresentada à Faculdade de
Ciências Agronômicas da Unesp Câmpus
de Botucatu, para obtenção do título de
Doutor em Agricultura.

Orientador Prof. Dr. Edivaldo Domingues
Velini

Botucatu

2022

C421e Cesco, Victor José Salomão
Efeito do estresse hídrico prévio na eficácia dos herbicidas glyphosate, glufosinate, atrazina e 2,4-D / Victor José Salomão Cesco. -- Botucatu, 2022
56 p.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu
Orientador: Edivaldo Domingues Velini

1. Estresse hídrico. 2. Herbicidas. 3. Corda-de-viola. 4. Mucuna. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

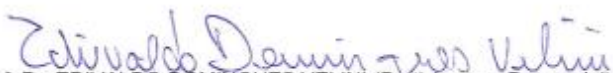
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: EFEITO DO ESTRESSE HÍDRICO PRÉVIO NA EFICÁCIA DOS HERBICIDAS
GLYPHOSATE, GLUFOSINATE, ATRAZINA E 2,4-D

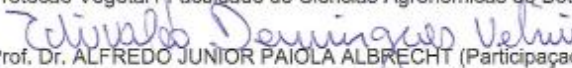
AUTOR: VICTOR JOSÉ SALOMÃO CESCO

ORIENTADOR: EDIVALDO DOMINGUES VELINI

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Doutor em AGRONOMIA
(AGRICULTURA), pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. EDIVALDO DOMINGUES VELINI (Participação Presencial)
Proteção Vegetal / Faculdade de Ciências Agrônomicas de Botucatu


Prof. Dr. CAIO ANTONIO CARBONARI (Participação Presencial)
Proteção Vegetal / Faculdade de Ciências Agrônomicas de Botucatu


P/ Prof. Dr. ALFREDO JUNIOR PAIOLA ALBRECHT (Participação Virtual)
Ciências Agrônomicas / Universidade Federal do Paraná


P/ Prof. Dr. LEANDRO TROPALDI (Participação Virtual)
Produção Vegetal / Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas de Dracena - UNESP


Prof. Dr. PLÍNIO SAULO SIMÕES (Participação Presencial)
Pós-Doutorando - Produção Vegetal / Faculdade de Ciências Agrônomicas - UNESP

Botucatu, 28 de novembro de 2022

*Aos meus amados,
Rosemari, Celso, Gabriela,
dedico*

AGRADECIMENTOS

Aos meus queridos pais pelo apoio incondicional.

Ao Prof. Dr. Edivaldo Domingues Velini, pela orientação, ensinamentos, paciência e exemplo de professor.

À todos os professores e funcionários da FCA.

Ao CNPQ – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, pela bolsa de estudos concedida.

Aos meus colegas de trabalho do NUPAM.

RESUMO

Efeitos abióticos, como o estresse hídrico, podem alterar a planta de forma fisiológica e morfológica. Com isso, a eficiência de certos herbicidas pode ser prejudicada pelas alterações acarretadas nas plantas, demonstrando a necessidade de melhor entender a dinâmica do herbicida sob diferentes situações de déficits hídricos. Assim, o objetivo desse trabalho foi de avaliar a eficiência de herbicidas em pós emergência em duas espécies de dicotiledôneas submetidas a quatro déficits hídricos no momento de aplicação. Foram utilizados para o estudo as espécies *Merremia aegyptia* e *Mucuna pruriens* sob quatro condições de déficit hídrico: 0, 3, 6 e 9 dias. Foram testados o efeito desses déficits hídricos nos herbicidas glyphosate, glufosinato de amônio e atrazina em ambas as espécies e mais o 2,4-D para a espécie *M. pruriens*. As plantas foram submetidas a análise da atividade fotossintética por meio do IRGA. Além disso, foram avaliados o controle aos 7, 14, 21 e 28 dias após aplicação (DAA) e efeito do herbicida no controle da massa seca aos 28 DAA. Observou-se que as plantas em condições de maior estresse (6 e 9 dias de déficit hídrico -DDH), apresentaram menores taxas de assimilação de CO₂, transpiração e condutância estomática. Com isso, houve efeito do déficit hídrico na eficácia dos produtos. De modo geral, a eficiência dos herbicidas testados nas espécies *Merremia aegyptia* foram as mais afetadas pelos diferentes déficits hídricos. O controle da espécie *M. aegyptia* pelos herbicidas glyphosate, glufosinato de amônio e atrazina foram mais eficientes quando as plantas não foram submetidas a nenhum estresse hídrico. Ademais, quanto o maior foi o período de déficit hídrico, mais lento e menos eficiente foi o controle. Por outro lado, a espécie *M. pruriens* apresentou efeitos menos discrepantes, apresentando pouca interferência dos herbicidas glyphosate, glufosinato de amônio, atrazina e 2,4-D pelos períodos de déficit hídrico no controle da planta daninha.

Palavras-chave: estresse hídrico; dinâmica de herbicida; efeito abiótico.

ABSTRACT

Abiotic effects, such as water stress, can alter the plant physiologically and morphologically. As a result, the efficiency of certain herbicides can be impaired by the changes caused in plants, highlighting the need to better understand the herbicide dynamics under different situations of water deficits. Thus, the objective of this work was to evaluate the efficiency of post-emergence herbicides in two dicotyledonous species subjected to four water deficits at the time of application. The species *Merremia aegyptia* and *Mucuna pruriens* were used for the study under four conditions of water deficit: 0, 3, 6 and 9 days. The effect of these water deficits on the herbicide glyphosate, ammonium glufosinate and atrazine in both species and 2,4-D for the species *M. pruriens* were tested. The plants were submitted to analysis of photosynthetic activity by means of IRGA. In addition, control at 7, 14, 21 and 28 days after application (DAA) and herbicide effect on dry matter control at 28 DAA were evaluated. It was observed that plants under conditions of greater stress (6 and 9 days of water deficit -DDH) showed lower rates of CO₂ assimilation, transpiration, and stomatal conductance. Thus, there was an effect of water deficit on the effectiveness of the products. In general, the efficiency of the herbicides tested on *Merremia aegyptia* species was the most affected by the different water deficits. The control of the species *M. aegyptia* by the herbicides glyphosate, ammonium glufosinate and atrazine were more efficient when the plants were not submitted to any water stress. Furthermore, the longer the period of water deficit, the slower and less efficient the control. On the other hand, the species *M. pruriens* showed less discrepant effects, showing little interference of the herbicides glyphosate, ammonium glufosinate, atrazine and 2,4-D by the periods of water deficit in the control of the weed.

Keywords: water stress; herbicide dynamics; abiotic stress.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	15
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	17
2.1	Ação do Glyphosate.....	17
2.2	Atrazina: Umidade do solo.....	18
2.3	2,4-D.....	19
2.4	Glufosinate: Umidade relativa.....	19
2.5	<i>Merremia aegyptia</i>	20
2.6	<i>Mucuna pruriens</i>	20
2.7	Plantas daninhas: Fisiologia e Estresse Hídrico.....	21
2.7.1	Efeitos do Estresse hídrico	22
2.7.2	Relação Planta Déficit Hídrico.....	24
2.8	Hipóteses.....	25
2.9	Objetivos.....	25
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	26
3.1	Variáveis analisadas.....	27
3.2	Análise estatística.....	28
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	29
4.1	Efeito do déficit hídrico em <i>Merremia aegyptia</i>	29
4.2	Efeito do déficit hídrico em <i>Mucuna pruriens</i>	40
5	CONCLUSÃO.....	52
	REFERÊNCIAS.....	53

1 INTRODUÇÃO

Estresses ambientais podem ser classificados como bióticos e abióticos. Os efeitos causados nas plantas devido à exposição dessas variáveis são inúmeros, o que torna irrefutável a necessidade de estudos voltados à estas condições. Consideram-se efeitos bióticos aqueles causados por organismos vivos, como predação, parasitismo, competição, aglomerações de plantas daninhas e doenças causadas por insetos. Os efeitos abióticos em contrapartida são: salinidade no solo, temperaturas extremas, fertilidade do solo e outros efeitos causados pelo ambiente como estresse hídrico, o qual é o tema da tese em questão, assumindo relevância em grandes estudos.

Os prejuízos gerados nas culturas devido a estresses relacionados ao ambiente acabam impactando uma grande perda na qualidade e produtividade. Entre os anos de 1980 e 2012 o estresse hídrico e térmico nos Estados Unidos causou uma perda estimada de 200 bilhões de dólares (SUZUKI et al., 2014).

A valorização de estudos sob o efeito do estresse hídrico, o qual é uma variável dentro dos efeitos abióticos, deve-se a previsões futuras alertarem o aumento de temperatura e amplitude térmica, como escassez de chuvas (MITTLER; BLUMWALD, 2010).

Desta maneira a eficiência de herbicidas em plantas daninhas sob o estresse hídrico torna-se prioridade para que haja compreensão de fatores já estabelecidos. Os diferentes manejos, usos dos herbicidas e estádios vegetativos em que as plantas daninhas se encontram são alguns dos fatores que podem se relacionar com a eficiência do herbicida quando associado ao estresse hídrico. Plantas de grande interesse agrônomo como *Merremia aegyptia* (L.) Urb. e a *Mucuna pruriens* (L.) D.C podem se comportar de diferentes maneiras em diferentes mecanismos de ação dos herbicidas, quando estão na presença ou ausência do estresse hídrico. Manejos como de catação na cana-de-açúcar são importantes para o controle do escape de plantas daninhas que se encontram em estádios vegetativos avançados e geralmente a aplicação de herbicidas vem associado no aumento de doses. Herbicidas como o glyphosate, 2,4-D, glufosinate e atrazina são exemplos de usos para um controle

eficiente em plantas daninhas com estádios mais avançados em reboleiras de escape na área agrícola.

De modo geral todos os herbicidas citados apresentam eficiência no controle de plantas daninhas quando estas não apresentam algum estresse que possa comprometer seus efeitos. A absorção e translocação destes herbicidas está ligada diretamente com a situação em que a planta se encontra ao receber a aplicação. Plantas estressadas pelo estresse hídrico, podem responder de diversas maneiras aos efeitos dos herbicidas, potencializando efeitos ou restringindo os mesmos.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Ação do Glyphosate em Diferentes Temperaturas e Estresse Hídrico

O glyphosate é responsável por bloquear a 5-enolpiruvilchiquimato-3-fosfato sintase (EPSPS) possuindo amplo espectro de controle. Este herbicida possui amplo conjunto de características favoráveis que o tornam seguro do ponto de vista toxicológico e ambiental, e eficaz no controle de plantas daninhas monocotiledôneas e dicotiledôneas.

Herbicidas como o glyphosate podem ser afetados tanto na sua absorção pela planta quanto na eficiência do produto quando exposto a fatores ambientais. Desta maneira, pesquisadores da Universidade da Flórida, investigaram se fatores ambientais afetavam positiva ou negativamente a molécula no controle da *Desmodium tortuosum*. Sharma e Singh (2001), utilizaram câmaras climáticas com controle constante de temperatura (16°, 22° ou 35°C) e umidade (45 ou 70%) para o experimento. Além disso, sabendo-se que o herbicida em questão tem uma alta translocação utilizou-se glyphosate marcado com carbono 14 (¹⁴C-glyphosate). Os autores observaram que nas temperaturas maiores (22 e 35°C) houve aumento significativo da translocação e consequente eficiência do glyphosate. Entretanto, a maior eficiência do herbicida foi encontrada na temperatura de 22°C com a máxima de umidade relativa (70%), sendo então a recomendada para o controle dessa planta daninha. Possivelmente a temperatura de 35°C ocasiona um estresse térmico na planta, gerando uma diminuição fotossintética.

Estudos já realizados mostram efeitos conhecidos na eficiência dos herbicidas em decorrência do estresse hídrico. Trabalhos mostram que o herbicida glyphosate apresenta menor eficiência quando aplicado em plantas daninhas sob déficit hídrico, com redução significativa no controle de *Ipomoeae* spp. (BARRETO et al., 2017) e de *Merremia aegyptia* (NEGRISOLI et al., 2020).

Outro fator importante estudado por Pires (1998) é estabelecer a relação do estresse hídrico com a lavagem do produto após a aplicação em decorrência da chuva. O autor constatou que plantas de *Brachiaria brizantha* submetidas ao estresse

hídrico apresentavam menor crescimento, decréscimo na taxa respiratória e fotossintética e na condutância estomática. O fator estudado também culminou em uma maior lavagem do produto quando simulada chuva, viabilizando também um maior número de rebrotas da planta daninha.

Experimentos realizados com déficit hídrico mostram a real eficácia dos produtos nas plantas consideradas alvo. Barreto et al. (2017) constatou que a eficácia do glyphosate para capim-braquiária e corda-de-viola com 5 dias de déficit hídrico era reduzida.

2.2 Atrazina: Umidade do Solo

A atrazina é um herbicida pertencente ao grupo químico das triazinas e atua como inibidores do fotossistema II. Os herbicidas pertencentes a este mecanismo de ação também são conhecidos como inibidores da síntese de Hill inibindo a evolução do oxigênio a partir da água na presença de cloroplastos (OLIVEIRA JR, 2011). Os inibidores da fotossíntese também são conhecidos como inibidores do transporte de elétrons (BALKE, 1985).

A umidade do solo pode acarretar no sucesso ou não do controle da planta daninha, assim como o estágio que a planta está no momento em que recebe a aplicação. Maciel et al. (2002) constataram que aos 8 DAA a absorção do herbicida atrazina em plantas de *B. plantaginea* proporcionou controle satisfatório (85,7%) da infestante no estágio de duas a três folhas, não havendo correlação com a umidade do solo. Porém, plantas no estágio de quatro a cinco folhas, a absorção foliar de atrazina não mostrou boa efetividade aos 8 e 16 DAA (< 42,5%), tornando o efeito ainda mais aparente quando aplicado com o solo em baixa umidade.

Estudo realizado por Bastiani et al., (2000) possuía a finalidade de tomar nota do controle de plantas daninhas com solos em diferentes umidades. Para o desenvolvimento da pesquisa o autor utilizou solo com duas umidades diferentes, ou seja, uma simulava a capacidade de campo enquanto a outra o estresse hídrico. O herbicida atrazine com adição de óleo, apresentou uma ineficiência para o controle do capim-marmelada, porém foi altamente eficiente para o controle de picão-preto, o

autor conclui que a umidade do solo não causou interferência na efetividade do produto. O que leva a crer que o produto apresenta bons resultados em dadas condições testadas e para a espécie em questão que obteve 100 % de controle.

2.3 2,4-D

O 2,4-D é um herbicida mimetizador de auxina pertencente ao grupo químico dos ácidos fenoxicarboxílicos. As plantas daninhas expostas pelos herbicidas pertencentes a esse mecanismo de ação apresentam um elevado estímulo de liberação de etileno, no qual acarreta o sintoma mais típico destes herbicidas, a epinastia em plantas, principalmente nas dicotiledôneas afetando os pecíolos e folhas (SENSEMAN, 2007).

2.4 Glufosinate: Umidade Relativa

O glufosinate é um herbicida conhecido pelo seu amplo espectro de controle de plantas daninhas, sendo pertencente aos inibidores de glutamina sintase. Esta enzima é responsável pela transformação do glutamato e da amônia em glutamina (OLIVEIRA JR, 2011). O acúmulo de amônia nas células deve-se a inibição desta enzima, obstruindo o fotossistemas I e II (SENSEMAN, 2007).

Segundo Ramsey et al. (2005) os autores estudaram o possível efeito da umidade relativa do ar na absorção do herbicida glufosinate. Atrelado ao aumento da umidade relativa do ar, as plantas tendem a aumentar a taxa fotossintética, abrindo estômatos e diminuindo a cera cuticular. Com isso, há maior absorção dos herbicidas pela cutícula da folha, podendo aumentar a eficiência do herbicida no controle das plantas daninhas. Ademais, os autores demonstram a importância da temperatura na dinâmica com a umidade relativa: alta temperatura e umidade podem aumentar a viscosidade da cera cuticular, aumentando gradativamente a taxa de difusão do ar e água, hidratando a cutícula. Esse fato causaria uma facilitação de absorção de herbicidas, podendo ser um aliado de modo a se obter maior eficiência de controle.

Desta maneira vale ressaltar que a umidade é muito relevante para a ação do herbicida. O glufosinate na dose de 100 g ha⁻¹ e 40 % de umidade relativa, não controla a espécie *Setaria viridis* que cresceu em uma temperatura média de 22 e 17°C durante o dia e noite respectivamente. Porém com a umidade de 95% houve controle (ANDERSON et al., 2006).

2.5 *Merremia aegyptia*

Para que um estudo seja bem sucedido há a necessidade de se compreender o material estudado. Segundo Moreira e Bragança (2011), a planta alvo do estudo desta tese tem como características caule do tipo trepador, cilíndrico e muito ramificado, apresentando pigmentação verde e avermelhada, revestido com indumento de pelos rígidos. As folhas são dispostas alternadamente, longo-pecioladas, apresentando o limbo recortado até a inserção do pecíolo em cinco segmentos, aparentando uma folha composta. A espécie em questão tem como diferencial a folha, que apresenta sempre cinco segmentos desiguais com margens inteiras, onde um ou dois segmentos se destacam pelo ápice longo e estreitado.

A espécie assim como a maioria das plantas consideradas daninhas é responsável por realizar competição com a cultura, interferindo na absorção de luz, espaçamento, absorção de nutrientes e por ser considerada invasiva no meio da cultura acaba dificultando a colheita mecanizada, devido possuir hábito trepador desde cedo, o que acarreta o enrolamento da cultura (SILVESTRE, 2016).

2.6 *Mucuna pruriens*

A mucuna é uma Fabaceae anual, muito vigorosa, caracterizando-se como uma planta rasteira, porém com ramos trepadores, os quais podem ser muito desenvolvidos. Seu sistema radicular é muito ramificado e permite alcançar grandes profundidades do solo, o que possibilita a mesma aguentar de maneira mais amena o estresse gerado pelo déficit hídrico (CALEGARI, 1995).

Por ser caracterizada como planta daninha apresenta características de competição com a cultura de interesse, o que causa certa preocupação de como controlar esta planta sem afetar a cultura. Além de entender qual o momento certo para que o controle químico seja utilizado, é necessário entender como este irá se comportar.

Apresenta-se como uma planta de difícil controle, por ser tolerante a áreas áridas. Bidóia (2019) registrou que após um longo período de estresse hídrico a mucuna havia se estabelecido na área de plantio. Com a presença de chuva as moléculas de herbicidas que estavam presentes no solo, não foram o suficiente para controlar e impedir o desenvolvimento da planta. Desta maneira devemos reforçar a importância do estudo de estresse hídrico e os efeitos causados na aplicação de produtos químicos sobre a espécie.

2.7 Plantas Daninhas: Fisiologia e Estresse Hídrico

O estresse pode ser considerado como uma condição adversa para a vida da planta, o que pode refletir em várias respostas fisiológicas. Muitas das vezes o estresse pode ser uma condição passageira, porém pode causar danos irreversíveis, prolongando-o ainda mais (LARCHER, 2006).

Para enfrentar os traumas causados pelo déficit hídrico que ocasiona o estresse na planta, a mesma acaba criando mecanismos que atuam com uma maior elasticidade em possíveis déficits, como é o caso da eficiência do uso da água (LIMA, 1995).

Vale ressaltar que cada espécie estudada pode reagir de maneira diferente, criando mecanismos de tolerância devido as respostas programadas no genoma, estas, estão envolvidas com a redução do dano celular (HARFOUCHE et al., 2014).

Respostas comumente geradas pelo estresse são: alongamento de sistemas radiculares, modificação de características foliares, aumentando a cera cuticular, redução da área foliar, assim evitando uma maior perda de água, abscisão foliar, além da diminuição da condutância estomática (MUNNÉ-BOSCH; ALEGRE, 2004).

A baixa disponibilidade de água pode acarretar também no fechamento total ou parcial dos estômatos, limitando assim a perda de água e como consequência interferindo na fixação de CO₂ (NOBEL, 1974). O estresse da planta gerado pelo déficit hídrico está ligado diretamente com o fechamento estomático que por consequência restringe a assimilação de carbono para produção de carboidratos.

Ainda pensando nos estômatos que são um potencial entrada para os herbicidas nas plantas, deve-se lembrar que a cutícula sobre as células-guarda aparenta ser mais fina e, portanto, mais permeável que a cutícula sobre as células epidérmicas. Porém, o herbicida em tese, poderia se movimentar de um estômato aberto para o citoplasma das células do parênquima foliar (DEVINE, 1990; BUKOVAC et al., 1990; PROCÓPIO et al., 2003). Ainda assim é possível que a cutícula sobre as células-guarda tenha uma maior importância na absorção, do que propriamente a absorção estomática direta (TAIZ; ZEIGER, 2013).

Portanto na aplicação de herbicidas em pós-emergência tem-se maiores preocupações, pois as mudanças morfológicas e fisiológicas, como por exemplo o espessamento da cutícula, acarreta menor penetração do herbicida, deixando-o sujeito a evaporação e volatilização (SILVA JR., 2018).

2.7.1 Efeitos do Estresse Hídrico

Com base nos demais tópicos discutidos acima, pode-se entender que uma maior disponibilidade de água para a planta aumenta a sensibilidade aos herbicidas em geral, o que promoverá uma maior eficácia de controle das plantas daninhas, porém corre-se o risco de causar uma maior controle nas culturas (RAMESH et al., 2017). Informações como esta são importantes para se adicionar ao manejo, visando maior controle com menor dano às culturas.

Plantas sob condições adversas como é o caso de condições de falta de água, tendem a apresentar respostas, como por exemplo, com o aumento do estresse hídrico, as plantas tendem a aumentar a cera foliar em sua cutícula, protegendo a superfície foliar das perdas de água e superaquecimento (DEMIREVSKA et al., 2010). Além disso, com a perda de água que a planta virá a ter devido ao déficit hídrico,

respostas como a contração das folhas e união da cera da cutícula, acabam formando uma camada protetora muito mais concisa (ABBOTT; STERLING, 2006). Com uma camada da folha se apresentando mais espessa e conjunta, a aplicação de herbicidas acaba sendo dificultada, pois haverá uma menor permeabilidade e consequentemente uma menor absorção em aplicações de pós-emergência (ABBOTT; STERLING, 2006). Fatores como: diminuição do tamanho foliar, seguido de um arqueamento da estrutura, são respostas para diminuir a ação da luz e do calor, o que fará com que a planta reduza a perda de água nas folhas (RAMESH et al, 2017).

Condições adversas como é o caso do estresse hídrico, levam a planta a estagnar algumas atividades que são fundamentais, como é o caso das atividades fisiológicas, que tendem a diminuir ou cessar, economizando energia, e utilizando menos água para se manter viva (KUDSK; KRISTENSEN, 1992). Por consequência dos estômatos fechados, há a cessão da fotossíntese e translocação interna da planta (SUZUKI et al., 2014). Desta maneira, haverá menor taxa fotossintética, menor condutância estomática e, por final, menor absorção e translocação dos herbicidas (KUDSK; KRISTENSEN, 1992; ABBOTT; STERLING, 2006). Fatos como esse causam enormes paradigmas, pois isso resultaria em um menor controle de plantas daninhas, mas uma menor penetração dos herbicidas devido aos fatores já citados acima, traria uma menor suscetibilidade às culturas (maior seletividade dos herbicidas), possibilitando aplicações de herbicidas que tem histórico de injúria a cultura.

De modo geral plantas submetidas a este tipo de estresse apresentam uma desidratação da cutícula acarretando a redução da absorção de herbicidas, diminuindo a fitointoxicação destes (PEREGOY et al., 1990). Pereira (2010) observou que plantas da espécie *Urochloa decumbens* quando submetidas ao estresse hídrico apresentaram um controle de 80% para o herbicida haloxyfop-methyl. De outro lado, Roman et al. (2005) observaram uma diminuição do controle de *Euphorbia heterophylla* para o herbicida carfentrazone-ethyl. No Brasil, alguns efeitos já são demonstrados para o herbicida glyphosate no controle de *Ipomea* spp. e *Merremia aegyptia* (BARRETO et al., 2017; NEGRISOLI et al., 2020). Estes autores observaram que existe uma queda de eficiência quando o glyphosate é aplicado sobre espécies que se encontram sobre déficit hídrico. Outros resultados já publicados demonstram

a perda de eficácia da aplicação de glyphosate para o capim-massarambá (SILVA JR, 2018) e para os inibidores da ACCase em plantas de *Urochloa plantaginea* (Pereira et al., 2010).

A espécie *Cyperus rotundus* é uma planta daninha que pode ser utilizada de exemplo, segundo Machado et al. (2000) os autores registram que a mesma sob condições de estresse hídrico apresenta uma inibição no crescimento e divisão celular, fechamento gradual dos estômatos e como consequência, uma queda na fotossíntese acompanhada por um declínio da respiração e murchamento foliar.

Desta maneira pode-se concluir que a eficiência da aplicação de herbicidas em pós emergência tem ligação direta com a disponibilidade de água, pois o microclima criado por um ambiente com a presença de água, proporciona uma boa condição de absorção e translocação dos herbicidas (MACHADO et al., 2000). Assim, com plantas daninhas bem hidratadas consegue-se um aumento da sensibilidade aos herbicidas, aumentando a eficiência e eficácia do produto no seu controle (RAMESH et al., 2017). Rahman e James (1991) observaram em seus estudos que a diminuição da umidade do solo à 55% da capacidade de campo já foi o suficiente para comprometer a eficiência de nove herbicidas pertencentes ao grupo químico das sulfoniluréias no controle de *Sinapsis alba*. A conclusão em que os autores puderam chegar é que há a necessidade de uma umidade adequada no momento da aplicação, onde as plantas presentes na área estão exercendo suas atividades fisiológicas normalmente, facilitando a entrada dos herbicidas. Ressalta-se que resultados semelhantes foram observados com 2,4-D por Hay (1976).

2.7.2 Relação Planta Déficit Hídrico

Os efeitos abióticos podem ocasionar alterações fisiológicas, químicas e morfológicas às plantas, as quais podem ser rápidas e temporárias, como também duradouras e permanentes. Por consequência, estresses desse tipo alteram o comportamento das plantas e refletem diretamente sobre a produtividade (SUZUKI, et al, 2014).

As plantas como já foram referidas nos capítulos acima dispõem de um complexo mecanismo de defesa intrínseco capaz de responder a diferentes ambientes, podendo ser uma resposta natural ou até mesmo induzida. Com isso, considerando as futuras mudanças climáticas, é importante entender como as plantas podem responder e como isso alterará o cultivo de modo geral. A seletividade das culturas quando se fala em controle de plantas daninhas através do método químico é muito influenciada pelo déficit hídrico, o que pode alterar todo o seu manejo (RAMESH et al., 2017). Além disso, para o manejo de plantas daninhas, informações sobre as alterações no solo e plantas são importantes de modo a se descobrir e prever a dinâmica de herbicidas no solo e na planta, podendo aumentar a eficácia das aplicações.

As alterações sofridas pela planta de maneira fitossociológica podem influenciar na dinâmica dos herbicidas, assim como, efeitos causados pela temperatura do ambiente, luz, umidade do solo, umidade do ar, quantidade de matéria orgânica e características químicas do solo podem afetar o controle químico (RAMESH et al., 2017).

2.8 HIPÓTESES

- Os herbicidas apresentam variações no controle com o aumento do estresse hídrico em plantas daninhas com estágio vegetativo mais avançado;
- O acúmulo de massa da matéria seca das plantas serão influenciadas pelos efeitos do estresse hídrico e pelos herbicidas;
- O controle dos herbicidas diminuirá com o aumento do estresse hídrico.

2.9 OBJETIVOS

O objetivo desta tese de doutorado foi de avaliar a eficiência de herbicidas em pós emergência em duas espécies eudicotiledôneas (*Mucuna pruriens* e *Merremia aegyptia*) submetidas ao estresse hídrico no momento de aplicação.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Para analisar o efeito do déficit hídrico na eficiência dos herbicidas, foram instalados dois experimentos no Núcleo de Pesquisas Avançadas de Matologia (NUPAM) pertencente à Faculdade de Ciências Agronômicas – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Botucatu, São Paulo. Duas espécies de plantas daninhas eudicotiledôneas de grande expressão na agricultura foram selecionadas para realizar os estudos, sendo as espécies *Merremia aegyptia* (L.) Urb. e a *Mucuna pruriens* (L.) D.C.

Ambas as espécies de plantas daninhas foram semeadas em bandejas de 280 célula preenchidas com substrato Carolina® composto de turfa de esfagno, vermiculita e casca de arroz carbonizada e o transplante das mudas foi realizado quando as plantas atingiram o estágio de uma folha totalmente expandida. O início dos experimentos compreende a fase inicial em que as plantas serão submetidas ao estresse hídrico. Os déficits hídricos iniciaram, para ambas as espécies, quando as plantas atingiram o estágio com a quarta folha totalmente desenvolvida na haste principal. Para condução dos experimentos, foram utilizados vasos de 1,5 L preenchidos de substrato Carolina®.

O delineamento utilizado foi o de blocos casualizados, contendo quatro tratamentos de déficit hídrico analisados em quatro herbicidas, com quatro repetições. As duas espécies foram submetidas à irrigação até a capacidade do campo até atingirem o estágio fenológico de quatro folhas e, a partir deste momento, iniciou-se o processo de estresse das plantas por falta de água. O déficit hídrico foi analisado por meio de quatro tratamentos: 0, 3, 6 e 9 dias de déficit hídrico (DDH), em que as plantas foram condicionadas ao estresse aos seus respectivos dias e aplicadas todas no mesmo dia. Os herbicidas utilizados foram Roundup Original Di® (glyphosate, 1100 g.e.a. ha⁻¹); Aclamado® (atrazina, 2500 g.i.a. ha⁻¹), Finale® (glufosinato de amônio, 800 g.i.a. ha⁻¹) e DMA 806® (2,4-D, 1209 g.i.a. ha⁻¹). Também foi adicionado uma testemunha sem aplicação de herbicida para comparação com os tratamentos aplicados.

A aplicação dos herbicidas foi realizada por meio de um pulverizador estacionário constituído por estrutura metálica (barra de pulverização), com 1,5 metros de largura, que se desloca por uma área útil de 6,0 m² no sentido do seu comprimento. A barra é tracionada por um conjunto de motor elétrico e modulador de frequência, tornando possível o controle da velocidade de trabalho da barra. A barra foi equipada com quatro pontas de pulverização XR 110.02 VS, espaçadas em 0,5 m entre si, e dispostas a 0,5 m de altura em relação às unidades experimentais. A pressão de trabalho utilizada pelo equipamento foi de 2,0 kgf cm⁻², com velocidade de 3,6 km h⁻¹, calibrada para distribuir volume de calda de 200 L ha⁻¹.

Todos os experimentos foram realizados com duas repetições experimentais (RE). As condições experimentais de temperatura foram registradas por termômetros acoplados em *Dataloggers* para posterior análise do experimento em cada espécie.

3.1 VARIÁVEIS ANALISADAS

Anteriormente a aplicação, foi realizada as leituras dos parâmetros fotossintéticos com o uso do Infra-Ray Gas Analyzer (IRGA) para verificar a condição da planta submetida ao estresse hídrico. As variáveis geradas pela leitura desse equipamento foram comparadas com a eficiência de cada herbicida no controle das plantas daninhas. Deste modo foram avaliados os parâmetros (a) taxa de assimilação de CO₂ (A, em $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), a transpiração (T, em $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) e a condutância estomática (g_s, $\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), que foram determinados por meio do uso do analisador de gases a infravermelho IRGA LCpro-SD (ADC BioScientific Ltd, UK). Durante as avaliações foi utilizado um compensador de luz, configurado a 1000 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ e ajustado a concentração de CO₂ do ambiente.

Após a aplicação dos herbicidas nas espécies de plantas daninhas, foram realizadas as análises de controle aos 7, 14, 21 e 28 dias após aplicação (DAA). A variável controle foi realizada de forma visual de sintomas seguindo a escala em porcentagem onde zero (0%) representa a planta sem injúrias e 100% plantas mortas (SBCPD, 1995).

As plantas foram coletadas aos 28 DAA e acondicionadas em sacos de papel em estufa com circulação de ar a 60°C durante dez dias até atingirem peso constante para a avaliação da massa seca (MS) em balança de precisão (0,001g). Por fim, foi avaliado a comparação entre os tratamentos aplicados a testemunha sem aplicação.

3.2 ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS RESULTADOS

Os dados experimentais foram submetidos à análise de variância, e quando constado diferença significativa ($p < 0,05$), as médias foram comparadas pelo teste Fisher LSD a 5% de probabilidade. As análises estatísticas ocorreram de forma separada para cada espécie de planta daninha e para cada herbicida isolado. Ademais, devido a diferença significativa para o fator repetição experimental (RE), os dados de cada RE foram analisados separadamente. Todas as análises estatísticas foram realizadas por meio do *software* R utilizando os pacotes *agricolae*, *emmeans* e *ggplot2*.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Efeito do déficit hídrico em *Merremia aegyptia*

Os dados climáticos referentes a RE 1 e 2 estão dispostos nas Figuras 1 e 2, respectivamente. Em ambas as repetições a temperatura média ficou em torno de 30°C durante os 28 DAA, com temperaturas máximas e mínimas também semelhantes, com amplitude térmica de cerca de 30°C, variando entre 20 e 50°C. A temperatura e umidade no momento da aplicação dos herbicidas foram de 26°C e 65% respectivamente para a primeira repetição experimental. Para a segunda repetição, temperatura de 27°C e umidade relativa de 68%.

Figura 1 – Temperatura média, máxima e mínima durante o período de condução da primeira repetição experimental

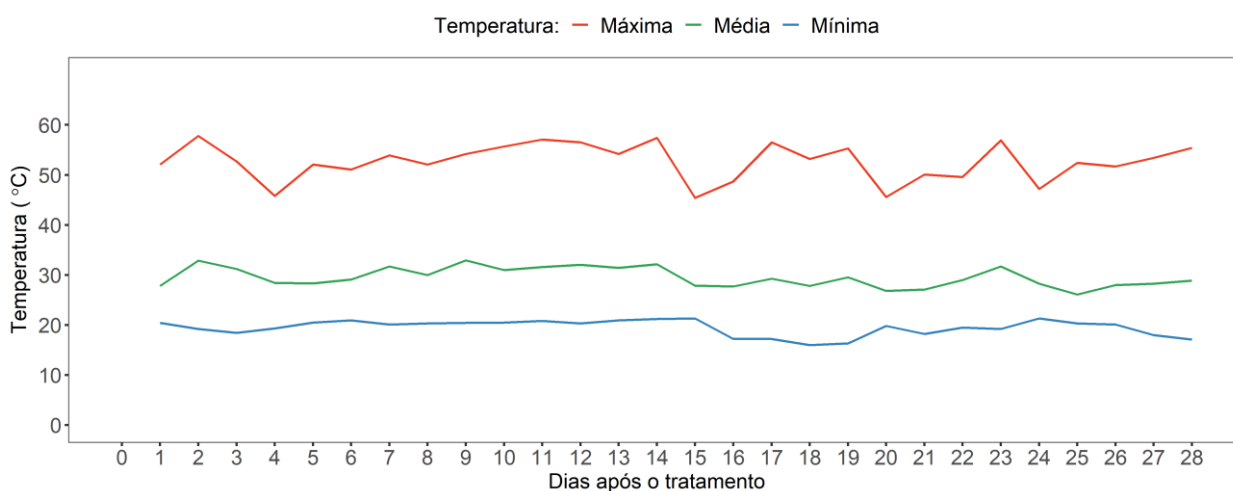
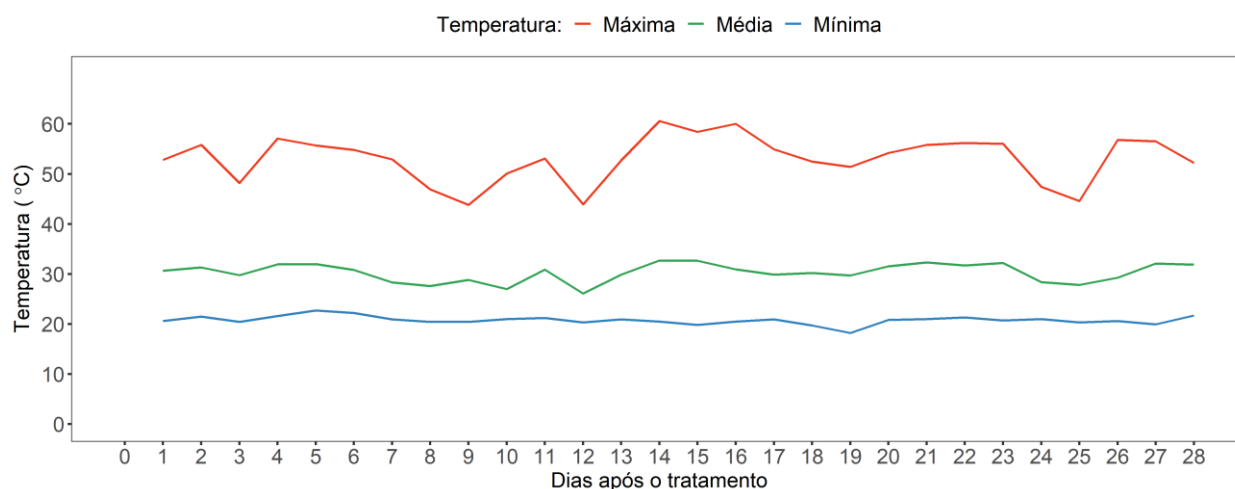


Figura 2 – Temperatura média, máxima e mínima durante o período de condução da segunda repetição experimental



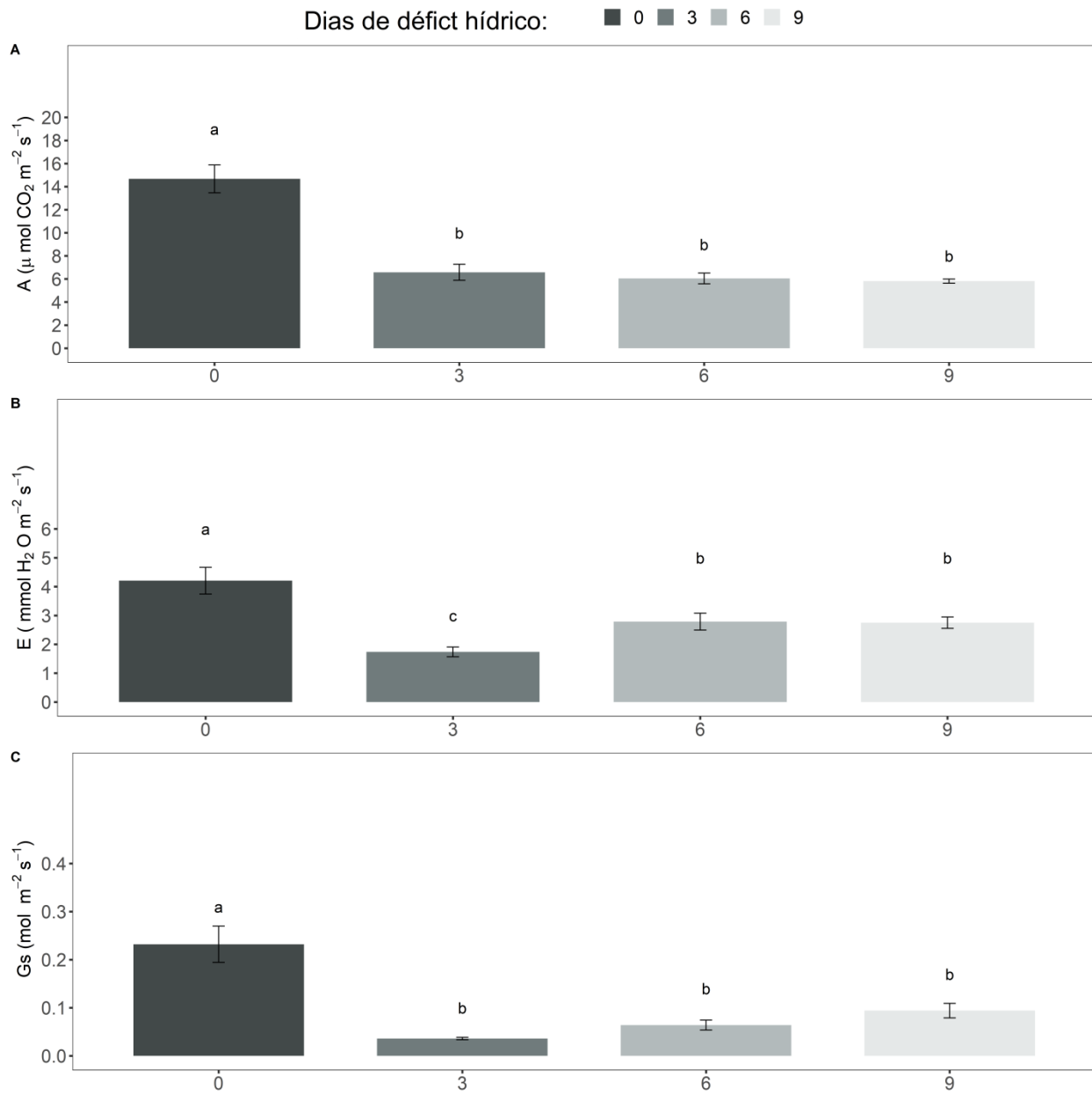
Com base na avaliação fotossintética dos tratamentos, observa-se que os tratamentos submetidos ao déficit hídrico na RE1 (Figura 3) apresentaram diferenças mais discrepantes que os tratamentos na RE2 (Figura 4), sobretudo quanto a condutância estomática. Na RE1, os resultados foram similares nas variáveis A e g_s , resultando no tratamento sem déficit hídrico ('0') com A e g_s 60% maiores que os demais tratamentos. Ademais, na avaliação de transpiração, o tratamento 0 apresentou maior E , seguido pelos tratamentos com 6 e 9 DDH, destacando o tratamento 3 DDH com o menor valor de E . Na RE2, o déficit hídrico afetou significativamente as variáveis A e E . No entanto, observa-se que os tratamentos apresentaram resultados estatisticamente similares para ambas as variáveis, resultando no tratamento 0 com maior assimilação e transpiração, seguido pelos tratamentos 3 e 6. Além disso, o tratamento com maior estresse hídrico, 9 DDH, apresentou as menores taxas. Não houve diferença estatística para g_s .

A diminuição das variáveis de A e g_s devido ao estresse hídrico podem acarretar em alterações na dinâmica do herbicida na planta, podendo diminuir a absorção e translocação do herbicida. Efeitos abióticos, como o do estresse hídrico, podem acarretar alterações morfológicas, fisiológicas e químicas nas plantas (SUZUKI et al., 2014), podendo prejudicar drasticamente a eficiência dos herbicidas (RAMESH et al., 2017). No entanto, em regimes curtos de déficit hídrico, como o analisado nesse presente estudo, espera-se que as alterações mais discrepantes nas plantas sejam de ordem fisiológica, como os parâmetros analisados do IRGA. Além disso, em solos

com disponibilidade limitada de água, o efeito do estresse hídrico na redução da atividade fotossintética pode decorrer principalmente devido ao fechamento dos estômatos e diminuição da taxa transpiratória (DULI et al., 2010).

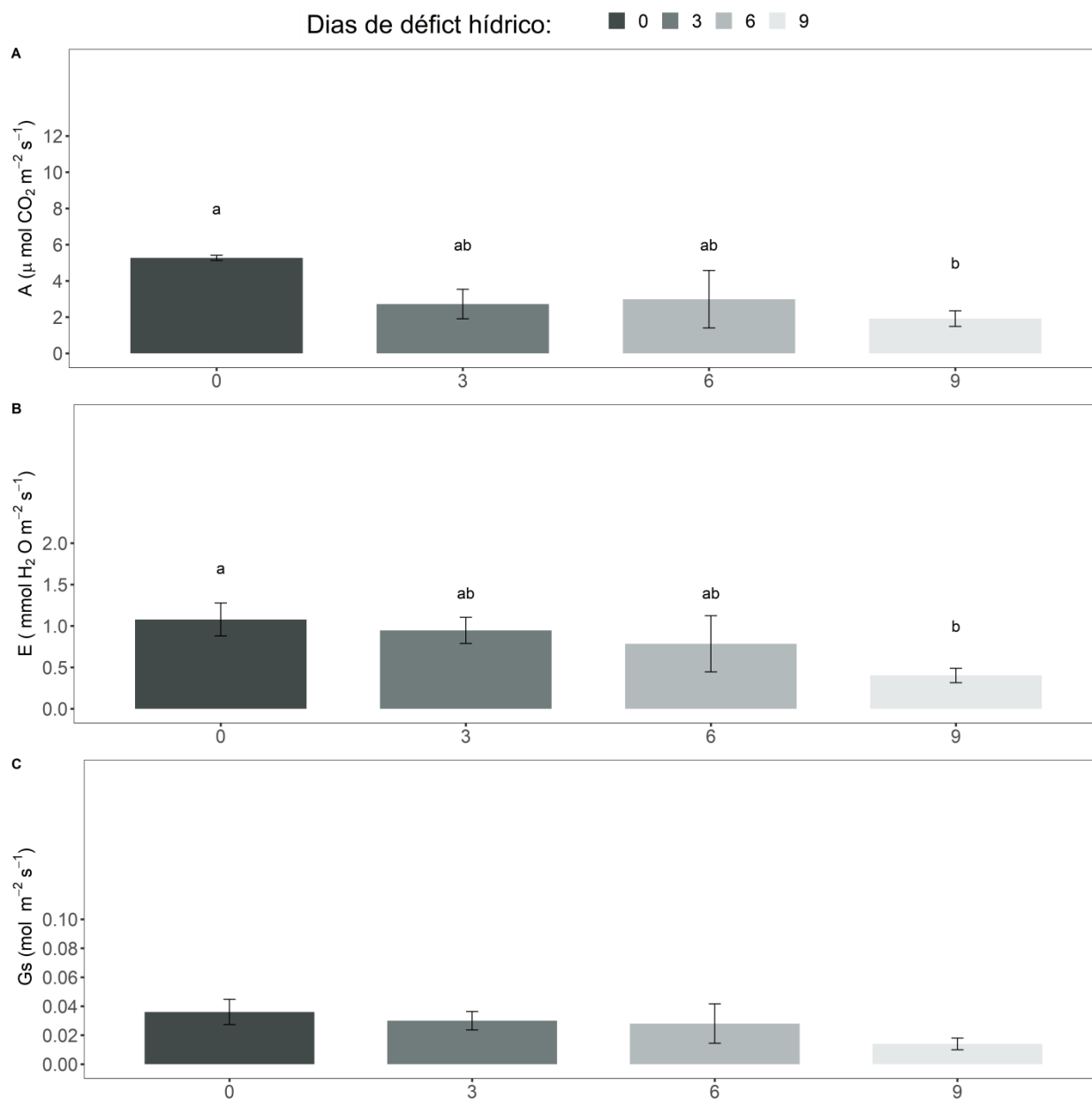
Considerando que as plantas dispõem de um complexo mecanismo de defesa intrínseco, capaz de responder a diferentes ambientes, como no caso de estresse hídrico, deve-se buscar entender a dinâmica entre a resposta da planta ao estresse e a eficácia do herbicida na planta estressada. Portanto, como controle da planta daninha pode ser influenciado pelo estresse, informações sobre o efeito do estresse hídrico na resposta do herbicida deverá ser uma informação importante aos produtores, buscando aplicações em períodos com maior chance eficácia. Existem na literatura alguns trabalhos abordando os efeitos do estresse hídrico as culturas, no entanto, há pouca informação dos efeitos do estresse hídrico nas plantas daninhas.

Figura 3 – Efeito do déficit hídrico na assimilação de carbono (A), transpiração (E) e condutância estomática (g_s) da *M. aegyptia* durante a repetição experimental 1 (RE1)



* - Médias seguidas da mesma letra não diferiram estatisticamente.

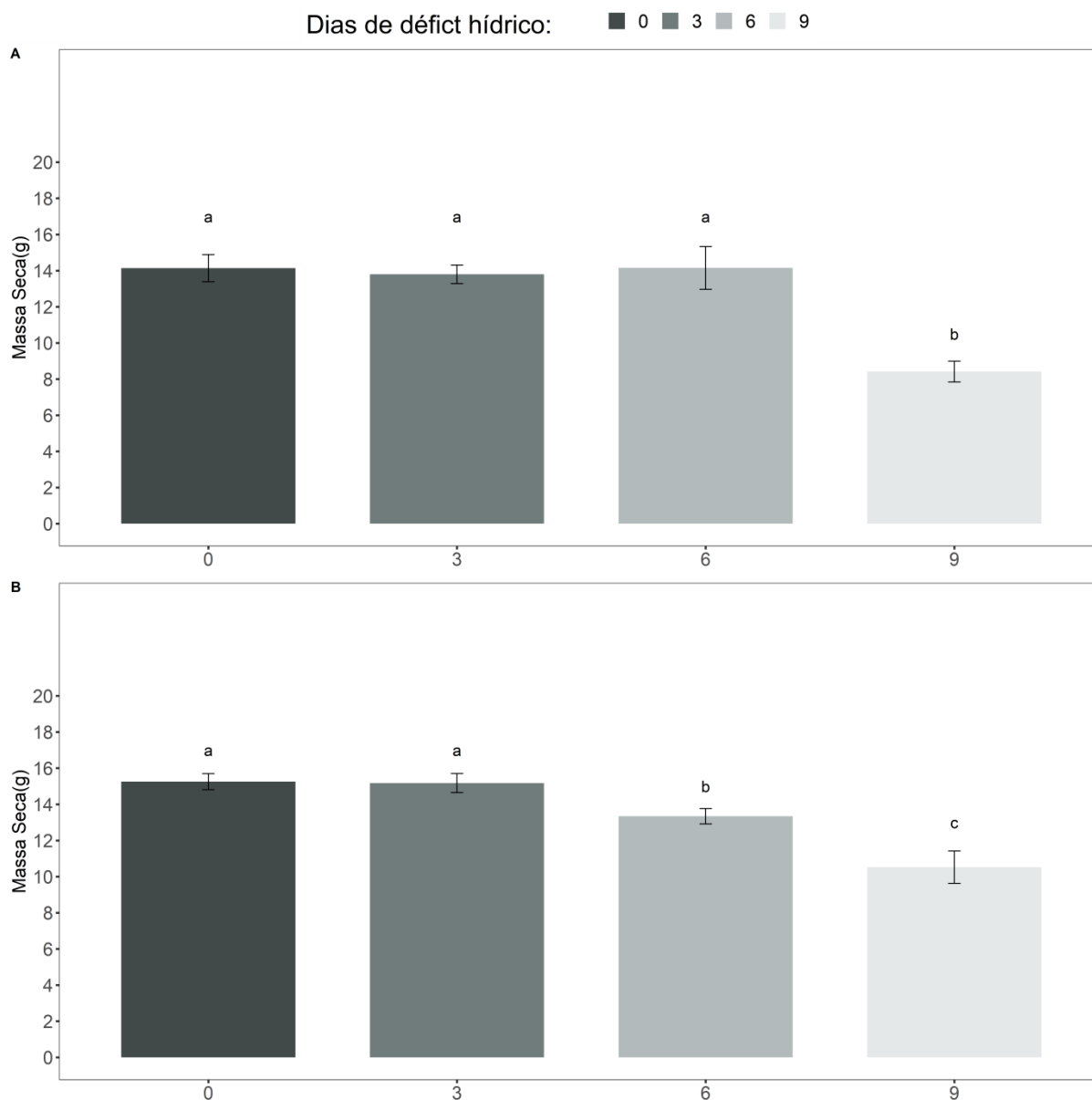
Figura 4 – Efeito do déficit hídrico na assimilação de carbono (A), transpiração (E) e condutância estomática (g_s) da *M. aegyptia* durante a repetição experimental 2 (RE2)



* - Médias seguidas da mesma letra não diferiram estatisticamente.

O efeito dos déficits hídricos na RE1 e RE2 estão apresentados na Figura 5A e 5B, respectivamente. Observa-se que na RE1 houve efeito negativo na produção de massa seca das plantas que estavam com 9 DDH, enquanto os demais tratamentos apresentaram massa seca similar. Já para a RE2, os tratamentos com 0 e 3 DDH resultaram nos maiores teores de massa seca, seguido pelo tratamento com 6 DDH. O tratamento com 9 DDH apresentou a maior redução da massa seca.

Figura 5 – Efeito do déficit hídrico na massa seca da *M. aegyptia*. A) Repetição experimental 1; B) Repetição experimental 2



* - Médias seguidas da mesma letra não diferiram estatisticamente.

Os efeitos do déficit hídrico no controle de glyphosate em *M. aegyptia* para ambos as RE estão demonstrados na Tabela 1. Foi encontrado diferença estatística em todos os períodos de avaliação da RE1, em que o tratamento sem déficit hídrico (0) apresentou controle maior que os demais tratamentos, controlando as plantas a partir de 21 DAA. Além disso, foi observado que quanto maior foi o período de déficit hídrico submetido, menor foi o controle nas plantas. Aos 28 DAA, o tratamento com 9 DDH apresentou redução de 74% de controle em comparação com o 0 DDH, seguido por

63% e 23% de redução nos tratamentos 6 e 3 DDH, respectivamente. Similarmente para a RE2, houve efeito significativo desta variável para glyphosate em todas os períodos de avaliação. Entretanto, o efeito encontrado foi menor que na RE1. O tratamento com 9 DDH acarretou redução do controle em comparação a testemunha em todas as avaliações, apresentando redução de 39% aos 28 DAA, enquanto os demais tratamentos apresentaram um nível de controle estatisticamente similares.

Com resultados similares aos encontrados nesse presente trabalho, observa-se que o herbicida glyphosate apresenta menor eficiência quando aplicado em plantas daninhas sob déficit hídrico, com redução significativa no controle de *Ipomoea* spp. (BARRETO et al., 2017). Nesse trabalho, os autores utilizaram cinco períodos de déficit hídrico (0, 1, 3, 5 e 7 dias) e aplicação de glyphosate a 1440 g e.a. ha⁻¹. Por fim, foi-se observado redução acentuada na eficácia do produto a partir de 5 dias de déficit hídrico.

Tabela 1 – Médias de controle do glyphosate em diferentes déficits hídricos aos 7, 14, 21 e 28 DAA para as duas repetições experimentais de *M. aegyptia*

Déficit hídrico (Dias)	Glyphosate							
	Repetição 1				Repetição 2			
	7	14	21	28	7	14	21	28
	DAA ⁽¹⁾				DAA			
0	25,6 a	82,2 a	100 a	100 a	65,4 a	84 a	94 a	100 a
3	17 b	33,8 b	51 b	77 b	71,2 a	89 a	100 a	100 a
6	8,8 c	33,0 b	54 b	37 c	33 b	40 b	89 a	91 a
9	3,6 d	5,8 c	28 c	26 d	32,4 b	42 b	64 b	61 b
F-test	207,60**	83,30 **	56,93**	295,15 **	33,52**	32,85**	1,78 **	0,64 **
CV	18,7	32,5	24,2	12,71	23,5	23,9	14,22	13,39

⁽¹⁾- Dias após aplicação; *- Médias seguidas por diferentes letras na mesma coluna, diferem entre si pelo Teste Fisher LSD a 5% de significância.

O efeito do glufosinate no controle da *M. aegyptia* sob diferentes déficits hídricos estão apresentados na Tabela 2. Na RE1, houve diferenças nas avaliações aos 7, 14 e 21 DAA. Observa-se um efeito transiente da variável no glufosinate aos 7 DAA, apresentando redução de cerca de 25% em comparação com o tratamento 0 DDH. No entanto, os tratamentos apresentaram resultados similares a partir de 14 DAA com controle de 100% em todos os déficits hídricos. Por outro lado, na RE2, foi encontrado diferenças apenas aos 14 DAA, resultando em 6% de redução no controle

dos tratamentos com 6 e 9 DDH em comparação com o tratamento 0 DDH. Por fim, todos os tratamentos apresentaram controle de 100% das plantas aos 21 DAA.

Tabela 2 – Médias de controle do glufosinato de amônio em diferentes déficits hídricos aos 7, 14, 21 e 28 DAA para as duas repetições experimentais de *M. aegyptia*

Déficit hídrico (Dias)	Glufosinato de amônio							
	Repetição 1				Repetição 2			
	7	14	21	28	7	14	21	28
	DAA ⁽¹⁾				DAA			
0	94 a	95,8 b	100	100	65,6	95 a	100	100
3	90 a	94,2 b	95	100	72,8	95 a	100	100
6	70,8 b	96 b	96	100	69	89 b	100	100
9	77,6 b	100 a	100	100	71,4	89 b	100	100
F-test	59,60**	7,96 **	0,15 ns	-	3,01 ns	29,43**	-	-
CV	4,65	2,64	2,97	0	5,62	2,4	0	0

⁽¹⁾- Dias após aplicação; *- Médias seguidas por diferentes letras na mesma coluna, diferem entre si pelo Teste Fisher LSD a 5% de significância.

As plantas sob diferentes déficits hídricos também apresentaram efeito no controle da atrazina em ambas as repetições experimentais (Tabela 3). O efeito do déficit hídrico na RE1 apresentou diferenças significativas aos 14, 21 e 28 DAA. Nota-se aos 14 DAA até os 28 DAA uma redução no controle nos tratamentos 6 e 9 DDH, resultando nos tratamentos com 0 e 3 DDH com as maiores porcentagens de controle. Considerando os resultados da RE2, observou-se diferença estatística em todos os períodos de avaliação. Contudo, houve uma redução da variável apenas no tratamento com 9 DDH, com cerca de 50% de redução em comparação com o tratamento sem déficit hídrico.

Tabela 3 – Médias de controle da atrazina em diferentes déficits hídricos aos 7, 14, 21 e 28 DAA para as duas repetições experimentais de *M. aegyptia*

Déficit hídrico (Dias)	Atrazina							
	Repetição 1				Repetição 2			
	7	14	21	28	7	14	21	28
	DAA ⁽¹⁾				DAA			
0	7,2	84,2 a*	100 a	100 a	54,8 a	75 a	82,0 ab	94,0 a
3	8,6	67,0 b	87 ab	98 a	55,2 a	71 a	95,0 a	80,0 a
6	8,6	51,0 c	67 b	89,8 b	44,2 b	72 a	90,6 a	95,0 a
9	4,2	43,0 d	90 a	90 b	34,4 c	54 b	68,0 b	63,0 b
F-test	1,57ns	176,04**	2,66**	27,54**	68,32**	15,57**	4,22**	10,53**
CV	50,2	8,58	17,82	3,85	9,26	11,55	13,47	14,48

⁽¹⁾- Dias após aplicação; *- Médias seguidas por diferentes letras na mesma coluna, diferem entre si pelo Teste Fisher LSD a 5% de significância.

Com respeito ao efeito do glyphosate na massa seca da *M. aegyptia* sob diferentes déficits hídricos, houve diferença estatística nas duas repetições experimentais (Tabela 4). Com relação a RE1, observa-se que quanto maior foi o período de déficit hídrico, menor foi o controle e, conseqüentemente, maior foi a massa seca final. Ademais, o tratamento com 9 DDH apresentou redução da massa de apenas 18,35% em relação a testemunha sem aplicação, seguido pelos tratamentos 6, 3 e 0 DDH, com redução de 69,2%, 85,55% e 93,32%, respectivamente. Na RE2, observa-se que o tratamento 9 DDH apresentou a maior massa seca, com redução de 42% em relação a testemunha. No entanto, não foi encontrado diferença estatística entre os demais tratamentos, com redução de 76% da massa em relação a testemunha. Portanto, observa-se controle mais eficiente na primeira repetição experimental.

Similar aos resultados, Abbot e Sterling (2006) e Chaudhari et al (2017) também observaram redução na suscetibilidade de plantas em condições de estresse hídrico, atribuindo o resultado pela diminuição na absorção e translocação dos herbicidas. Ademais, plantas que apresentam maiores taxas de g_s e E podem acarretar maiores taxas de absorção de herbicidas, resultando em maiores taxas de injúrias (ABBOTT; STERLING, 2006).

Os resultados de massa seca e da porcentagem em relação a testemunha sem aplicações referentes ao herbicida glufosinato de amônio estão dispostos na Tabela 4. Foi encontrado diferença estatística no teor de massa seca na RE1, em que os

tratamentos 6 e 9 DDH apresentaram os maiores teores, apresentando, portanto, o menor controle. Ademais, em relação a porcentagem da testemunha, o tratamento com maior DDH apresentou redução de 68,65% da massa, enquanto os tratamentos 6, 3 e 0 DDH apresentaram redução de 84,85%, 90,33% e 92,53%, respectivamente. Considerando os resultados da RE2, apesar de não haver diferença estatística para massa seca, foram encontradas diferenças para a porcentagem em relação a testemunha. Assim, similar ao efeito do glyphosate na RE2, observa-se um controle menor do glufosinate em relação a RE1. Os tratamentos com 6 e 9 apresentaram massa correspondente a 24,88% e 20,15% da testemunha, enquanto o tratamento 0 e 3 apresentaram 14,56 e 13,48%.

Avaliando a eficácia do herbicida glyphosate em *Ipomoea grandifolia* em duas condições de capacidade de campo (100% e 50% CC), Salomão et al. (2021) observaram redução de 20% no controle da planta daninha sob a condição de 50% CC. Além disso, os autores reportaram que houve redução no controle da planta daninha devido ao período de aplicação, resultando em menor controle quando os tratamentos foram aplicados as 13:00 horas, enquanto o tratamento aplicado as 9:00 horas apresentou controle mais eficiente.

Tabela 4 – Médias de massa seca (MS) e porcentagem em relação a testemunha (%test) dos herbicidas glyphosate e glufosinato de amônio em diferentes déficits hídricos para as duas repetições experimentais de *M. aegyptia*

Déficit hídrico (Dias)	Glyphosate				Glufosinato de amônio			
	Repetição 1		Repetição 2		Repetição 1		Repetição 2	
	MS ⁽¹⁾	%test ⁽²⁾	MS	%test	MS	%test	MS	%test
	g	%	g	%	g	%	g	%
0	0,94 c*	6,68 c	3,70 b	24,28 b	1,06 b	7,47 c	2,22	14,56 bc
3	1,99 c	14,45 c	3,66 b	24,13 b	1,33 b	9,67 bc	2,05	13,48 c
6	4,36 b	30,80 b	3,33 b	24,98 b	2,14 a	15,15 b	2,69	20,15 ab
9	6,87 a	81,65 a	6,10 a	57,92 a	2,64 a	31,35 a	2,62	24,88 a
F-test	48,048**	67,153**	5,846**	15,826**	10,10**	28,11**	1,165	6,274**
CV	24,03	27,5	28,1	28,6	28,6	28,6	26,8	25,8

(1)- Massa seca; (2)- Porcentagem do tratamento em relação a testemunha sem aplicação sob o mesmo efeito de déficit hídrico; *- Médias seguidas por diferentes letras na mesma coluna, diferem entre si pelo Teste Fisher LSD a 5% de significância.

O efeito da atrazina na *M. aegyptia* sob diferentes déficits hídrico estão dispostos na tabela 5. Foram encontrados diferenças significativas para o teor de

massa seca e na porcentagem em relação a testemunha na RE1. Os tratamentos sob 3 e 6 DDH apresentaram os maiores teores de MS, seguidos pelos tratamentos 9 e 0 DDH. No entanto, quanto a porcentagem da testemunha, os tratamentos 3, 6 e 9 DDH apresentaram resultados similares, reduzindo cerca de 85% da MS enquanto o tratamento 0 DDH reduziu 91,77% da MS. Por outro lado, na RE2, observa-se que os tratamentos 0, 3 e 6 DDH apresentaram resultados similares, com redução de 84% da MS, enquanto o tratamento com 9 DDH reduziu 69,67% da MS.

É importante resultar que uso de adjuvantes pode ser usado para diminuir o efeito do estresse hídrico, garantindo maior eficácia de controle (RUITER; MEINEN, 1998). Esses autores determinaram o efeito do estresse hídrico na absorção do glyphosate em *Solanum nigrum* com e sem surfactante. Desse modo, foram reportados que a absorção foliar das plantas estressadas e não-estressadas foi similar quando utilizado com surfactante, ao passo que houve diminuição na absorção de 4 vezes no tratamento com maior estresse hídrico. No entanto, houve redução significativa no controle da *S. nigrum* nas plantas sob estresse hídrico, independente do uso do surfactante. Esse resultado pode indicar o fato de o adjuvante ter auxiliado na absorção do herbicida, porém, com o estresse hídrico, pode ter havido uma menor translocação e eficácia no controle.

Tabela 5 – Médias de massa seca (MS) e porcentagem em relação a testemunha (%test) do herbicida atrazina em diferentes déficits hídricos para as duas repetições experimentais de *M. aegyptia*

Déficit hídrico (Dias)	Atrazina			
	Repetição 1		Repetição 2	
	MS ⁽¹⁾	%test ⁽²⁾	MS	%test
	g	%	g	%
0	1,16 c	8,23 b	2,5	16,40 b
3	2,06 ab	14,9 a	2,38	15,72 b
6	2,30 a	16,3 a	2,15	16,12 b
9	1,49 bc	17,7 a	3,2	30,33 a
F-test	5,958**	6,335**	1,661ns	7,763**
CV	27,2	26,04	30,4	29,2

⁽¹⁾- Massa seca; ⁽²⁾- Porcentagem do tratamento em relação a testemunha sem aplicação sob o mesmo efeito de déficit hídrico; *- Médias seguidas por diferentes letras na mesma coluna, diferem entre si pelo Teste Fisher LSD a 5% de significância.

4.2 Efeito do déficit hídrico em *Mucuna pruriens*

A temperatura média durante a RE1 foi em torno de 27°C, com amplitude térmica de 20 a 50°C (Figura 6). Já na RE2, a temperatura média durante os 28 DAA foi em torno de 24°C, com amplitude térmica entre 15 e 45°C (Figura 7). As condições de temperatura e umidade relativa para a primeira repetição experimental foram de 27 °C e 60% respectivamente. Para a segunda repetição experimental, temperatura de 25 °C e 62% de umidade relativa.

Figura 6 – Temperatura média, máxima e mínima durante o período de condução da primeira repetição experimental

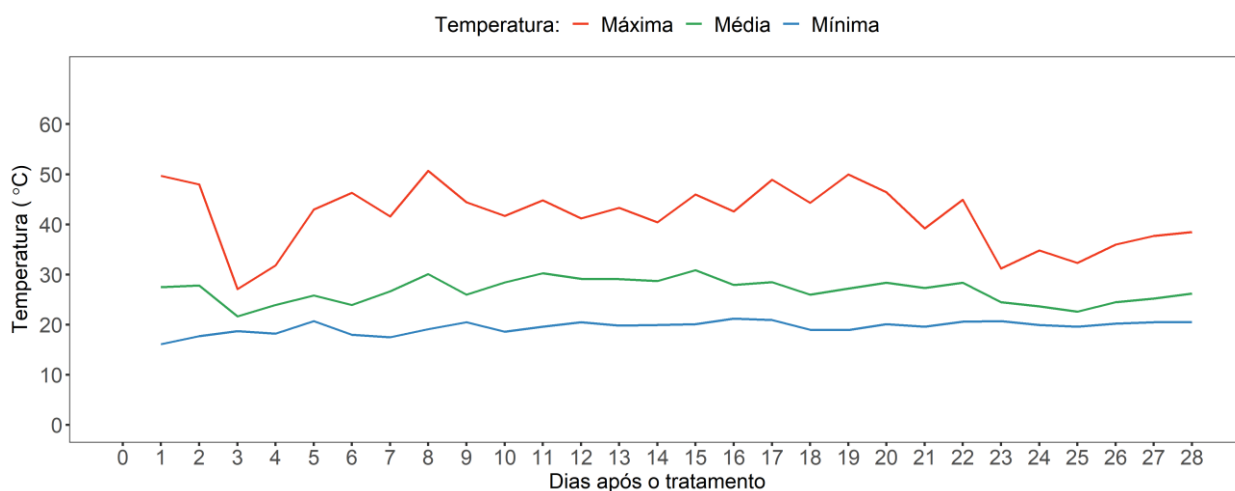
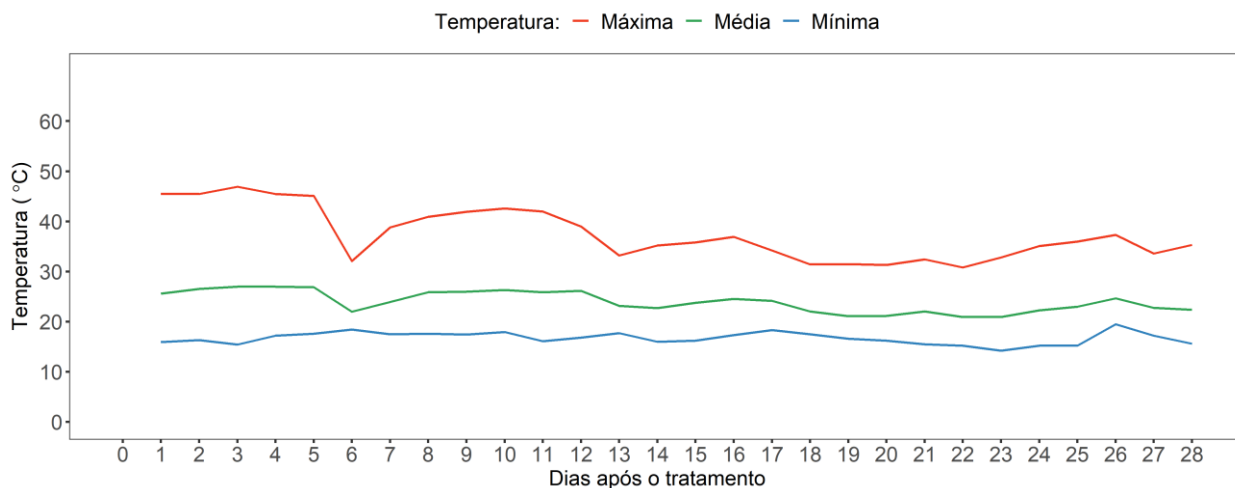


Figura 7 – Temperatura média, máxima e mínima durante o período de condução da primeira repetição experimental



Os resultados referentes ao efeito do déficit hídrico nas variáveis fotossintéticas do IRGA (A , E e g_s) da RE1 estão apresentados na Figura 8. Ademais, foram encontrados diferenças significativas em todas as variáveis. Nota-se que, nas três variáveis analisadas, as plantas sem nenhum período de déficit hídrico (0 DDH) apresentou os maiores valores. No entanto, não houve diferenças entre os tratamentos com 3 e 6 DDH para A , enquanto que os tratamentos com 6 e 9 DDH apresentaram resultados similares para as variáveis E e g_s . Com isso, espera-se que a translocação nos tratamentos 6 e 9 deverão ser similares e apresentaram menor translocação que os tratamentos 0 e 3 DDH.

Na Figura 9 estão apresentados os resultados da análise fotossintética (IRGA) nos diferentes déficits hídricos na RE2. Similarmente com o encontrado na RE1, o tratamento 0 DDH apresentou os maiores teores de A , E e g_s . Com respeito a A , o tratamento 3 e 6 DDH apresentaram resultados similares, seguidos do tratamento 9 DDH. No entanto, nota-se que não foram encontradas diferenças nos tratamentos 3, 6 e 9 para as variáveis E e g_s , diferindo da RE1. O fato de haver menor discrepância nos valores entre os tratamentos pode ser explicada pela temperatura média mais amena na RE2 que na RE1.

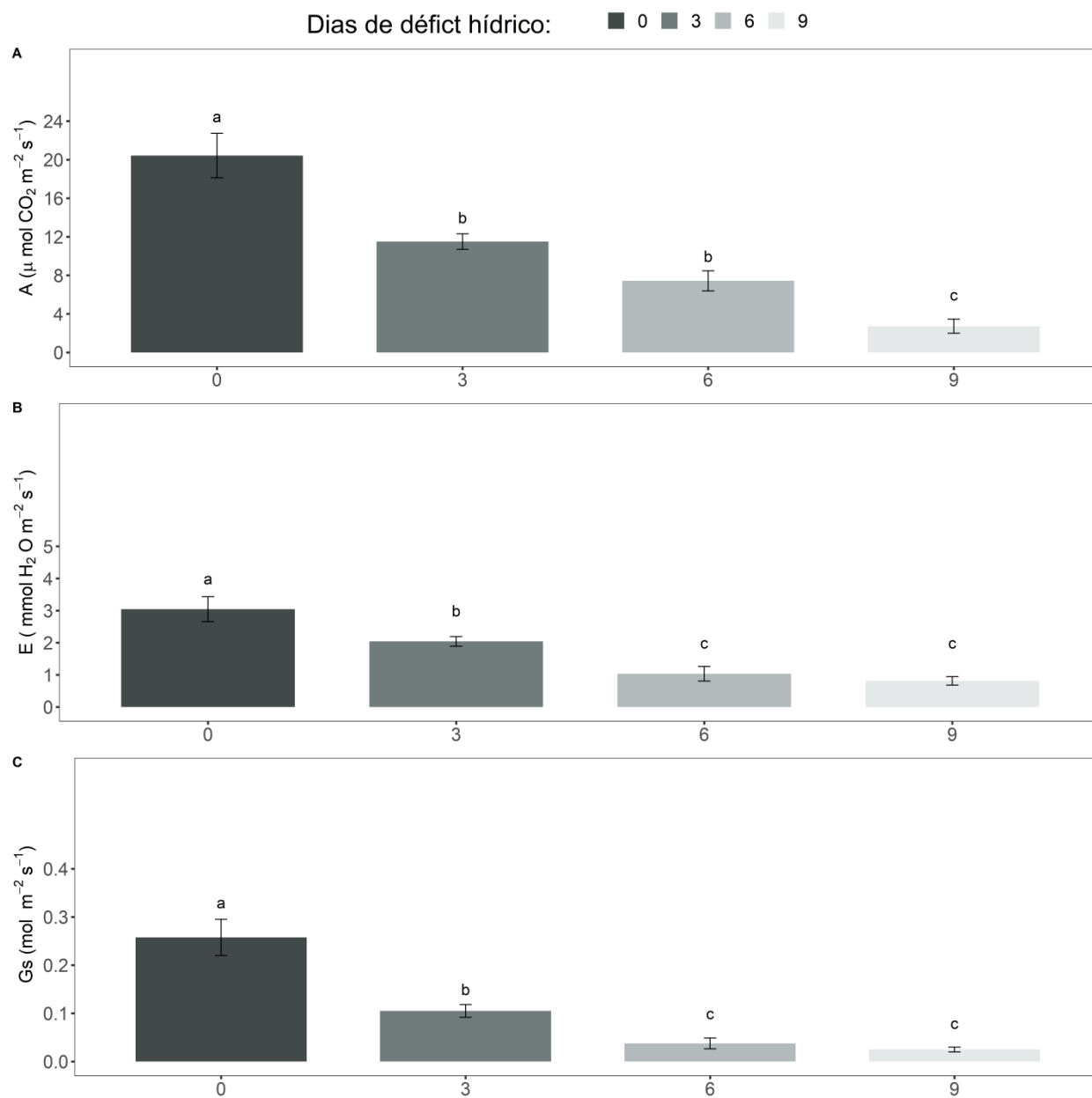
Com aumento do estresse hídrico ocorre a diminuição das atividades fisiológicas de modo a economizar o máximo de água possível, levando ao fechamento dos estômatos. Desse modo, pode ocorrer drástica diminuição da fotossíntese e translocação interna da planta (SUZUKI et al., 2014). Portanto, poderá resultar em menor taxa fotossintética, menor condutância estomática e, por fim, menor absorção e translocação dos herbicidas (ABBOTT; STERLING, 2006).

Assim, podemos observar esses os efeitos do déficit hídrico nas variáveis analisadas nas plantas de *M. pruriens*, havendo maior A , g_s e E nas plantas sem estresse. Ademais, resultados similares aos desse trabalho foram observados no estudo de Saleen et al. (2018). Os autores reportaram a relação da assimilação de CO_2 (A) e da condutância estomática (g_s) em plantas de *M. pruriens*. Nesse trabalho, os autores relataram uma diminuição drástica da g_s com o aumento do estresse hídrico, consequentemente diminuindo a A das plantas.

Foram reportados efeitos de diferentes déficits hídricos nas trocas gasosas da cultura da uva (FLEXAS et al., 1999). Os autores reportaram diminuição drástica da atividade fotossintética, com redução da assimilação de CO₂ e na taxa de transporte de elétrons. Ademais, estudando o efeito do estresse hídrico nas culturas da uva e do eucalipto, Downton et al. (1988) relataram que o fechamento dos estômatos nas plantas estressadas apresentou de forma não-uniforme, apresentando estresse em algumas folhas e outras não. Ademais, eles observaram que o fato de o processo fotossintético ser prejudicado ou não dependeu da privação de CO₂ no mesófilo da folha.

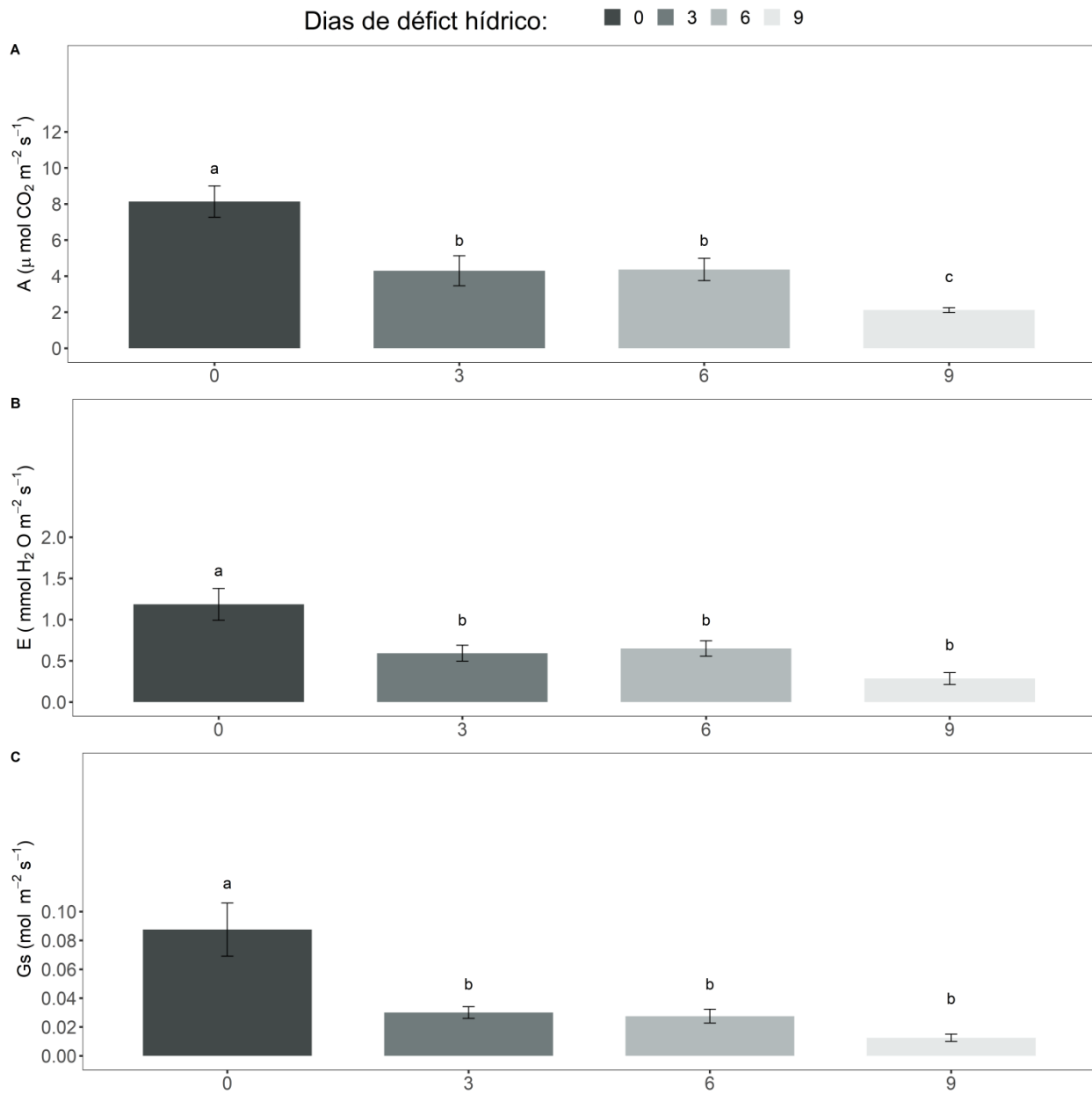
O efeito dos déficits hídricos na RE1 e RE2 estão apresentados na Figura 10A e 10B, respectivamente. Apesar de os períodos de déficit hídrico terem afetado a A, E e g_s, a produção de massa seca da *M. pruriens* foi pouco afetada pelo estresse hídrico utilizado. Observa-se que os estresses hídricos foram menores em comparação com a *M. aegyptia*, demonstrando que a *M. pruriens* pode ser mais resistente a seca que a *M. aegyptia*. Afinal, foi encontrado efeito significativo na massa seca apenas para a RE1, em que o tratamento com 3 apresentou massa superior aos demais tratamentos.

Figura 8 – Efeito do déficit hídrico na assimilação de carbono (A), transpiração (E) e condutância estomática (g_s) da *M. pruriens* durante a repetição experimental 1 (RE1)



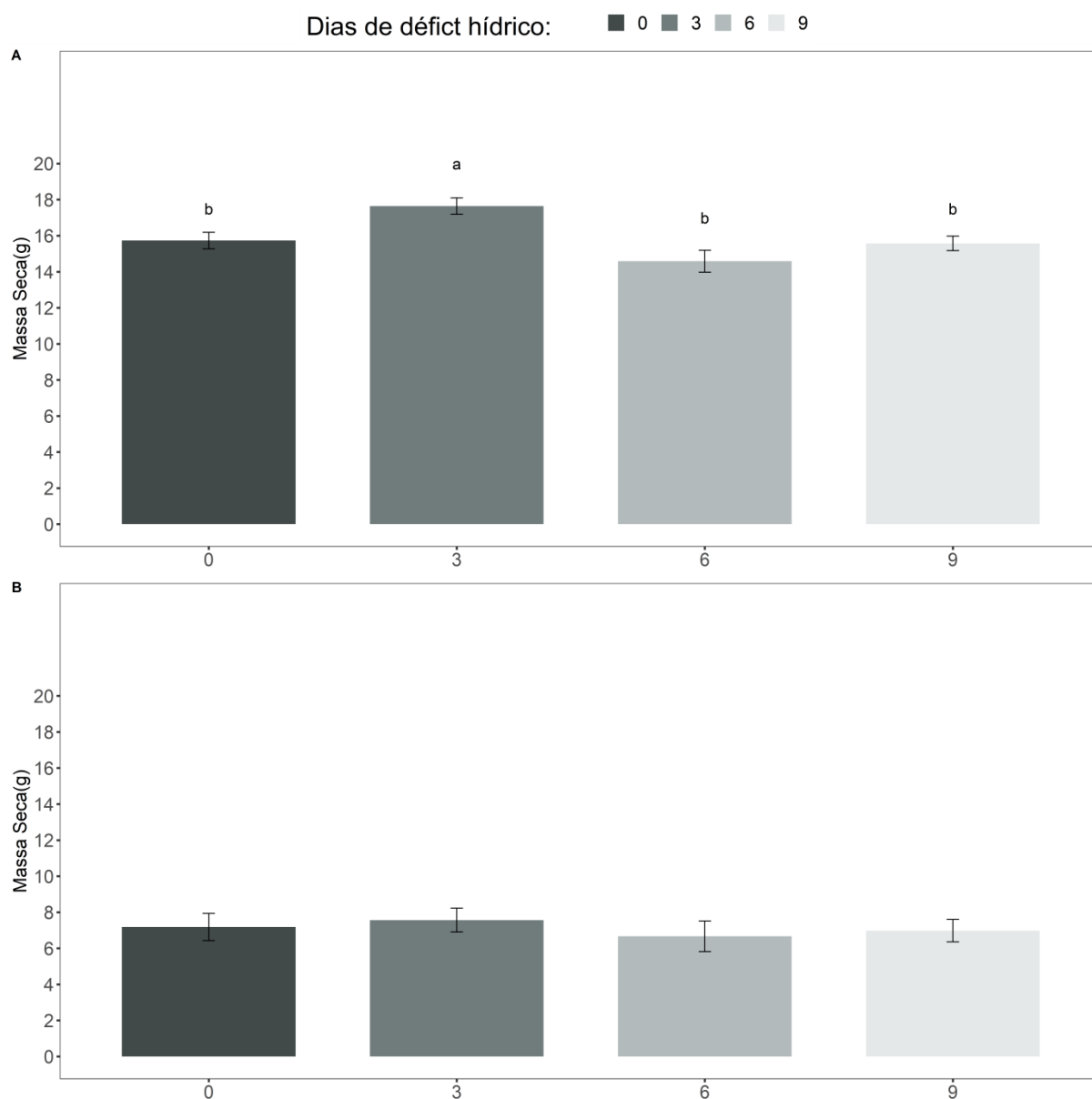
* - Médias seguidas da mesma letra não diferiram estatisticamente.

Figura 9 – Efeito do déficit hídrico na assimilação de carbono (A), transpiração (E) e condutância estomática (g_s) da *M. pruriens* durante a repetição experimental 1 (RE1)



* - Médias seguidas da mesma letra não diferiram estatisticamente.

Figura 10 – Efeito do déficit hídrico na massa seca da *M. pruriens*. A) Repetição experimental 1; B) Repetição experimental 2



* - Médias seguidas da mesma letra não diferiram estatisticamente.

Na Tabela 6 estão apresentados os resultados do efeito dos déficits hídricos no controle do glyphosate em *M. pruriens*. Não houve efeito do déficit hídrico em nenhum período de avaliação na RE1. Ademais, observa-se controle de 100% da *M. pruriens* a partir dos 21 DAA. No entanto, para a RE2, nota-se que houve efeito do déficit hídrico nos quatro períodos de avaliação. Inicialmente, aos 7, 14 e 21 DAA, o tratamento sem déficit hídrico (0 DDH) apresentou controle superior aos demais tratamentos, resultando uma queda na variável quando maior foi o estresse hídrico. No entanto,

aos 28 DAA, os tratamentos 0, 3 e 6 DDH resultaram em níveis de controle similar, enquanto o tratamento 9 DDH apresentou redução de 22% no controle, em comparação com os demais.

Tabela 6 – Médias de controle do glyphosate em diferentes déficits hídricos aos 7, 14, 21 e 28 DAA para as duas repetições experimentais de *M. pruriens*

Déficit hídrico (Dias)	Glyphosate							
	Repetição 1				Repetição 2			
	7	14	21	28	7	14	21	28
	DAA ⁽¹⁾				DAA			
0	81,0	98,7	100	100	31,5 a*	91,0 a	100 a	100 a
3	91,0	100	100	100	16,3 b	83,8 b	93,8 ab	97,5 a
6	85,0	97,5	100	100	8,5 b	63,3 c	86,5 b	100 a
9	77,1	100	100	100	9,3 b	56,0 d	72,5 c	88,0 b
F-test	1,661 ns	0,037ns	-	-	44,654**	218,684**	67,71**	10,372**
CV	6,8	2,9	-	-	30,4	5,2	5,5	4,8

(1)- Dias após aplicação; *- Médias seguidas por diferentes letras na mesma coluna, diferem entre si pelo Teste Fisher LSD a 5% de significância.

Na Tabela 7 estão apresentados os resultados do efeito dos déficits hídricos no controle do glufosinate em *M. pruriens* para ambas as RE. Na primeira RE, observa-se o efeito significativo do déficit hídrico apenas aos 7 e 14 DAA. Aos 7 DAA, os tratamentos com 0 e 3 DDH apresentaram a maior taxa de controle, seguidos pelos tratamentos 6 e 9 DDH. Aos 14 DAA, observa-se que os tratamentos 3, 6 e 9 DDH resultaram em 100% de controle nas plantas enquanto o tratamento com 0 DDH apresentou 96,8%. Apesar disso, as 21 DAA todos os tratamentos apresentaram percentuais de 100%. Para a RE2, foram observados um controle mais lento, com injúrias em torno de 40% aos 7 DAA. Aos 7 e 14 DAA, os tratamentos com 0 e 3 DDH resultaram nas maiores taxas. Contudo, aos 28 DAA, todos os tratamentos apresentaram 100% de controle nas plantas.

Tabela 7 – Médias de controle do glufosinato de amônio em diferentes déficits hídricos aos 7, 14, 21 e 28 DAA para as duas repetições experimentais de *M. pruriens*

Déficit hídrico (Dias)	Glufosinato de amônio							
	Repetição 1				Repetição 2			
	7	14	21	28	7	14	21	28
	DAA ⁽¹⁾				DAA			
0	91,5 a	96,8 b	100	100	45,3 ab	92,5 ab	98,8 ab	100
3	90,0 a	100 a	100	100	47,5 a	95,0 a	100 a	100
6	84,3 b	100 a	100	100	40,0 c	87,0 c	93,3 b	100
9	75,3 c	100 a	100	100	42,0 bc	88,3 bc	100 a	100
F-test	91,456**	8,287**	-	-	6,341**	7,115**	0,129**	-
CV	3,0	1,52	-	-	7,0	3,84	3,81	-

⁽¹⁾- Dias após aplicação; *- Médias seguidas por diferentes letras na mesma coluna, diferem entre si pelo Teste Fisher LSD a 5% de significância.

Na Tabela 8 estão apresentados os resultados do efeito dos déficits hídricos no controle da atrazina em *M. pruriens*. Houve diferenças significativas em todos os períodos de avaliação e em ambas as RE. Quanto a RE1, de modo geral, o tratamento com 0 DDH apresentou maior taxa de controle do herbicida durante as avaliações, com injúria de 96,8% aos 28 DAA, seguido pelos tratamentos 3 e 6 DDH, com 83,5 e 84,5% e o tratamento 9 DDH com 70,8%, o menor dentre os tratamentos. Observa-se resultados similares na RE2, cujo tratamento com 0 DDH apresentou um controle superior aos demais tratamentos, com 89,3% aos 28 DAA. Aos 7 DAA, destaca-se um atraso no efeito da atrazina nos tratamentos 6 e 9 DDH, resultando em taxa de 5 a 6%. No entanto, aos 14 DAA ambos os tratamentos resultaram em um controle similar aos tratamentos 0 e 3 DDH.

Tabela 8 – Médias de controle da atrazina em diferentes déficits hídricos aos 7, 14, 21 e 28 DAA para as duas repetições experimentais de *M. pruriens*

Déficit hídrico (Dias)	Atrazina							
	Repetição 1				Repetição 2			
	7	14	21	28	7	14	21	28
	DAA ⁽¹⁾				DAA			
0	61,3 a	93,5 a	96,3 a	96,8 a	23,3 a	62,5 a	73,8 a	89,3 a
3	60,0 a	84,5 b	88,3 b	83,5 b	12,0 b	53,5 ab	63,3 b	79,3 b
6	54,8 b	82,0 b	86,3 b	84,5 b	6,0 c	42,0 b	62,5 b	78,5 b
9	54,5 b	84,5 b	86,5 b	70,8 c	5,0 c	61,3 a	73,8 a	81,0 b
F-test	14,68**	10,912**	15,632**	68,942**	53,721**	0,494**	0,002**	6,564**
CV	5,2	4,6	4,0	4,9	32,1	17,0	9,9	5,4

⁽¹⁾- Dias após aplicação; *- Médias seguidas por diferentes letras na mesma coluna, diferem entre si pelo Teste Fisher LSD a 5% de significância.

Na Tabela 9 estão apresentados os resultados do efeito dos déficits hídricos no controle do 2,4-D em *M. pruriens* para ambas as RE. O controle do 2,4-D na RE1 foi afetado apenas aos 7 DAA, em que se destaca os tratamentos com 0 e 3 DDH com as maiores taxas de controle. Ademais, não houve diferenças a partir de 14 DAA com controle de 100% a partir de 21 DAA. Com respeito a RE2, o efeito do déficit hídrico foi significativo apenas aos 21 DAA, com o tratamento 0 apresentando 100%, seguido pelo tratamento 9 DDH, com 91%. De modo geral, pode-se dizer que o controle de 2,4-D na *M. pruriens* não foi tão afetada pelos déficits hídricos quanto nos outros herbicidas.

Tabela 9 – Médias de controle do 2,4-D em diferentes déficits hídricos aos 7, 14, 21 e 28 DAA para as duas repetições experimentais de *M. pruriens*

Déficit hídrico (Dias)	2,4-D							
	Repetição 1				Repetição 2			
	7	14	21	28	7	14	21	28
	DAA ⁽¹⁾				DAA			
0	83,3 ab	100	100	100	53	91,3	100,0 a	100
3	89,0 a	100	100	100	43,3	82,8	80,8 b	100
6	80,8 bc	100	100	100	47,5	83,5	85,8 b	100
9	74,3 c	98,8	100	100	51,5	89,5	90,8 ab	100
F-test	12,110**	1,941ns	-	-	0,000ns	0,113ns	1,582**	-
CV	5,5	1,2	-	-	20,2	6,4	9,1	-

⁽¹⁾- Dias após aplicação; *- Médias seguidas por diferentes letras na mesma coluna, diferem entre si pelo Teste Fisher LSD a 5% de significância.

Os resultados referentes a massa seca (MS) e porcentagem em relação a testemunha (%test) para os herbicidas glyphosate e glufosinato de amônio em diferentes condições de déficit hídrico estão apresentados na tabela 10. Para o glyphosate, foram encontrados efeitos significativos apenas na RE1, cujo tratamento com 3 DDH apresentou a maior MS, seguido pelos tratamentos 0, 6 e 9 DDH. Ademais, para a %test, o tratamento com 0 DDH apresentou menor controle em relação a testemunha sem aplicação, com redução de 42% da massa, seguido pelos tratamentos 3 e 6, com reduções de 46%. O tratamento com 9 DDH apresentou redução de 53%. Assim, nota-se que o efeito do déficit hídrico na eficiência do glyphosate foi menor na espécie *M. pruriens* em comparação com *M. aegyptia*. Ademais, observa-se também que não houve um comportamento similar ao da *M. aegyptia*, sem um padrão de diminuição do efeito do herbicida com o aumento do período de déficit hídrico.

Para o herbicida glufosinato de amônio (Tabela 10), observou-se efeito significativo dos déficits hídricos em ambas as RE. Na RE1, nota-se os tratamentos com 0 e 6 DDH apresentando a maior MS e %test, seguidos pelos tratamentos com 3 e 9 DDH. No entanto, para a RE2, observa-se que o tratamento com 0 e 9 DDH apresentaram os menores teores de MS. Por fim, avaliando a %test, observa-se que o tratamento com 0 DDH apresentou a maior redução da massa em comparação com a testemunha, reduzindo 78%, seguido pelos tratamentos 9, 6 e 3 DDH, reduzindo a massa em 69%, 64% e 58%, respectivamente.

De modo geral, observa-se redução no efeito do glufosinato de amônio nas primeiras avaliações, retardando o controle do herbicida e afetando ultimamente a massa seca final (controle da planta). Estudando o efeito dos estresses abióticos na expressão da glutathione S-transferase, observou-se que houve super-expressão do gene AtGSTF2 nas plantas estressadas (KUMAR; TRIVEDI, 2018). O gene AtGSF2 está associado a regulação de ligamento e transporte de compostos relacionados a defesa das plantas (DIXON et al., 2011), podendo estar relacionado com a resposta da planta na diminuição da eficiência do herbicida.

Tabela 10 – Médias de massa seca (MS) e porcentagem em relação a testemunha (%test) dos herbicidas glyphosate e glufosinato de amônio em diferentes déficits hídricos para as duas repetições experimentais de *M. pruriens*

Déficit hídrico (Dias)	Glyphosate				Glufosinato de amônio			
	Repetição 1		Repetição 2		Repetição 1		Repetição 2	
	MS ⁽¹⁾	%test ⁽²⁾	MS	%test	MS	%test	MS	%test
	g	%	g	%	G	%	g	%
0	9,09 ab	57,81 a	2,90	40,44	9,61 a	61,07 a	1,56 b	21,72 b
3	9,44 a	53,52 ab	3,24	42,80	8,44 ab	47,82 bc	3,24 a	42,82 a
6	7,74 bc	53,10 ab	2,56	38,40	8,08 a	55,42 ab	2,38 ab	35,77 ab
9	7,33 c	47,09 b	3,06	43,80	7,33 b	47,09 c	2,15 b	30,76 ab
F-test	4,654**	2,097**	0,579ns	0,200ns	5,819**	7,136**	4,696**	4,053**
CV	11,3	11,5	25,6	26,1	9,4	9,4	27,6	26,9

⁽¹⁾- Massa seca; ⁽²⁾- Porcentagem do tratamento em relação a testemunha sem aplicação sob o mesmo efeito de déficit hídrico; *- Médias seguidas por diferentes letras na mesma coluna, diferem entre si pelo Teste Fisher LSD a 5% de significância.

Os resultados referentes a massa seca (MS) e porcentagem em relação a testemunha (%test) para os herbicidas atrazina e 2,4-D em diferentes condições de déficit hídrico estão apresentados na tabela 11. O déficit hídrico afetou apenas a %test na segunda repetição experimental em ambos os herbicidas. Assim, para a atrazina, observa-se que o tratamento com 6 DDH apresentou a menor redução da massa em relação a testemunha, com 46,02% de redução. Já para o herbicida 2,4-D, os tratamentos 0 e 6 DDH apresentaram as menores reduções da massa em relação a testemunha, em que reduziram em torno de 45% da massa. Nota-se que a resposta da *M. pruriens* a esses herbicidas sob diferentes déficits hídricos foi bem menor em relação a *M. aegyptia*.

Há alguns relatos na literatura apontando reduções no controle de plantas daninhas sob condições de estresse hídrico. Silva Junior (2018), observou efeito negativo na eficiência do glyphosate no controle do *Sorghum halepense* sob estresse hídrico. Outro exemplo é do efeito do déficit hídrico no controle de *Brachiaria plantagiena* utilizando herbicidas inibidores de ACCase (fluazifop, haloxyfop e sethoxydim), na qual foi observado uma redução significativa na eficiência de todos os herbicidas quando as plantas estavam sob estresse hídrico (Pereira et al., 2010).

É importante ressaltar que períodos de déficit hídrico podem também alterar a resposta da cultura ao herbicida, aumentando ou diminuindo a seletividade da cultura. Nesse cenário, avaliando o efeito do déficit hídrico na tolerância da aveia (*Avena sativa*) ao herbicida glyphosate, Dickson et al. (1990) observaram que as aveias que foram aplicadas com 14 dias de déficit hídrico apresentaram maior tolerância que as aveias irrigadas regularmente.

Estudando o efeito do estresse hídrico na cultura da soja, Singh et al. (2021) reportaram que os maiores impactos do estresse foram relacionados na fotossíntese da cultura, prejudicando a produtividade de grãos. No entanto, as alterações foram maiores quando as plantas foram conduzidas em temperaturas maiores (32 °C) e baixa concentração de gás carbônico.

Tabela 11 – Médias de massa seca (MS) e porcentagem em relação a testemunha (%test) dos herbicidas atrazina e 2,4-D em diferentes déficits hídricos para as duas repetições experimentais de *M. pruriens*

Déficit hídrico (Dias)	Atrazina				2,4-D			
	Repetição 1		Repetição 2		Repetição 1		Repetição 2	
	MS ⁽¹⁾	%test ⁽²⁾	MS	%test	MS	%test	MS	%test
	g	%	g	%	g	%	g	%
0	7.01	44.59 b	2.37	32.96	9.04 a	57.46 a	2.93	40.82
3	7.99	45.32 b	3.60	47.59	8.54 a	48.40 b	2.82	37.28
6	7.87	53.98 a	3.50	52.53	8.19 ab	56.12 a	3.07	46,00
9	6.58	42.25 b	3.23	46.22	7.26 b	46.63 b	2.14	30.61
F-test	3.516ns	4.976**	1.609ns	1.822ns	3.516ns	4.976**	1.609ns	1.822ns
CV	9.9	9.9	27.8	27.6	9.9	9.9	27.8	27.6

⁽¹⁾- Massa seca; ⁽²⁾- Porcentagem do tratamento em relação a testemunha sem aplicação sob o mesmo efeito de déficit hídrico; *- Médias seguidas por diferentes letras na mesma coluna, diferem entre si pelo Teste Fisher LSD a 5% de significância.

5 CONCLUSÃO

Nas condições em que foram conduzidos os ensaios dessa tese, pode-se concluir que:

- Ambas as espécies utilizadas apresentaram alterações na A, E e g_s quando conduzidos nos diferentes déficits hídricos;

- De modo geral, a eficiência dos herbicidas testados nas espécies *Merremia aegyptia* foram as mais afetadas pelos déficits hídricos utilizados. Ademais, quanto o maior foi o período de déficit hídrico, mais lento e menos eficiente foi o controle;

- O controle da espécie *M. aegyptia* pelos herbicidas glyphosate, glufosinato de amônio e atrazina foram mais eficientes quando as plantas não foram submetidas a nenhum estresse hídrico quando em comparação com os déficits hídricos analisados;

- A espécie *Mucuna pruriens* foi menos afetada aos déficits hídricos que a *M. aegyptia*, apresentando pouca interferência dos herbicidas glyphosate, glufosinato de amônio, atrazina e 2,4-D pelos períodos de déficit hídrico no controle da planta daninha.

REFERÊNCIAS

- ABBOTT, L.B.; STERLING, T.M. African rue (*Peganum harmala*) seedling response to herbicides applied under water-deficit stress. **Weed Science**, v. 54, n. 2, p.198-204, 2006.
- ANDERSON, D. M. *et al.* The influence of temperature and humidity on the efficacy of glufosinato ammonium. **Weed Research**, Oxford, v. 33, n. 2, p.139-147, 2006.
- BALKE, N.E. Herbicide effects on membrane functions. In: Duke, S.O. (Ed.), **Weed Physiology**, v. 2, p. 113-139, 1985.
- BARRETO, L. F., *et al.* Efeito do paraquat e glyphosate sobre espécimes de poaceae e convolvulaceae em condições de déficit hídrico. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 16, n. 3, p. 198-205, 2017.
- BASTIANI, M.L.R. *et al.* Influência de chuva simulada após aplicação de herbicidas em pós-emergência, sobre o controle de plantas daninhas, em solo com dois níveis de umidade. **Planta Daninha**, v. 18, n. 1, p. 57-70, 2000.
- BIDÓIA, V.S. **Estratégias de manejo químico para controle de *Mucuna aterrima*, *Ricinus communis*, *Merremia aegyptia*, *Ipomoea hederifolia* e *Ipomoea quamoclit* e sua seletividade no plantio da cana-de-açúcar**. 2019. 72p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2019.
- BUKOVAC, M.J. *et al.* Sorption of organic compounds by plant cuticles. **Weed Science**, v. 38, n. 3, p. 289-298, 1990.
- CALEGARI, A. **Leguminosas para adubação verde de verão no Paraná**. Londrina: IAPAR, 1995. 118 p.
- CHAUDHARI, S. *et al.* Response of drought-stressed grafted and nongrafted tomato to postemergence metribuzin. **Weed Science**, v. 31, n. 3, p. 447-454, 2017.
- DEMIREVSKA, K. *et al.* Response of oryzacystatin I transformed tobacco plants to drought, heat and light stress. **Journal of Agronomy and Crop Science**, v. 196, n. 2, p. 90–99, 2010.
- DEVINE, M. D. Mechanisms of herbicide absorption and translocation in plants. **Weed Science**, v. 38, v. 3, p. 279-285, 1990.
- DICKSON, R.L. *et al.* Effect of water stress, nitrogen, and gibberellic acid on fluazifop and glyphosate activity on oats (*Avena sativa*). **Weed Science**, v. 38, n. 1, p. 54-61, 1990.
- DIXON, D. P.; SELLARS, J. D.; EDWARDS, R. The Arabidopsis phi class glutathione transferase AtGSTF2: binding and regulation by biologically active heterocyclic ligands. **Biochemical Journal**, v. 438, n. 1, p. 63-70, 2011.

DOWNTON, W.J.; LOVEYS, B.R.; GRANT, W.J. Non-uniform stomatal closure induced by water stress causes putative non-stomatal inhibition of photosynthesis. **New Phytologist**, v. 110, n. 4, p. 503-509, 1988.

DULI, Z.; GLAZ, B.; COMSTOCK, J.C. Sugarcane response to water-deficit stress during early growth on organic and sand soils. **American Journal of Agricultural and Biological Sciences**, v. 5, n. 3, p. 403-414, 2010.

FLEXAS, J.; ESCALONA, J.M.; MEDRANO, H. Water stress induces different levels of photosynthesis and electron transport rate regulation in grapevines. **Plant, Cell & Environment**, v. 22, n. 1, p. 39-48, 1999.

HARFOUCHE, A.; MEILAN, R.; ALTMAN, A. Molecular and physiological responses to abiotic stress in forest trees and their relevance to tree improvement. **Tree Physiology**, v. 34, n. 11, p. 1181-1198, 2014.

HAY, J. R. **Herbicide transport in plants**. In: Herbicides. AUDUS, L. J. (Ed), London, Academic Press, v. 1, p. 365-396, 1976.

KUDSK, P.; KRISTENSEN, J.L. **Effect of environmental factors on herbicide performance**. Proceedings of the First International Weed Control Congress, Melbourne, v. 1, p. 173-186, 1992.

KUMAR, S; TRIVEDI, P.K. Glutathione S-transferases: role in combating abiotic stresses including arsenic detoxification in plants. **Frontiers in Plant Science**, v.7, n. 9, p. 751, 2018.

LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. São Carlos: RIMA, 2006.

LIMA, W.P. Impactos da cultura do eucalipto. **Revista Silvicultura**, n. 64, p. 32-38, 1995.

MACHADO, R. A.; COSTA, A. G. F.; ALVES, P. L. A.; KAWAGUCHI, I. T. Efeito do estresse hídrico sobre a eficiência do halosulfuron no controle de tiririca. **Planta Daninha**, v. 18, n. 2, 2000.

MACIEL, C. D. G. *et al.* Método alternativo de avaliação da absorção de atrazine por plantas de *Brachiaria plantaginea*. **Planta Daninha**, v. 20, n. 3, p. 431-438, 2002.

MITTLER, R; BLUMWALD, E. Genetic engineering for modern agriculture: challenges and perspectives. **Annual Review of Plant Biology**, v. 61, p. 443-462, 2010.

MOREIRA, H. J. C; BRAGANÇA, H. B. N. **Manual de identificação de plantas infestantes (Hortifrúti)**. São Paulo: Fmc. Agricultural Products, 2011.

MUNNÉ-BOSCH, S.; ALEGRE, L. Die and let live: leaf senescence contributes to plant survival under drought stress. **Functional Plant Biology**, v. 31, n. 3, p. 203-216, 2004.

NEGRISOLI, R.M. *et al.* **Efeito do déficit hídrico na eficiência de herbicidas no controle de corda-de-viola**. I Weed.Con. Londrina, PR. SBCPD, 2020.

NOBEL, P. S. **Introduction to biophysical plant physiology**. San Francisco: W.H. Freeman, 1974.

OLIVEIRA JR. R. S. **Mecanismos de ação de Herbicidas**. In: Oliveira Jr. R. S., et al (Eds.), *Biologia e manejo de plantas daninhas*, Capítulo 7, 2011, p. 141-192.

PEREGOY, R. et al. Moisture stress effects on the absorption, translocation, and metabolism of haloxyfop in johnsongrass (*Sorghum halepense*) and large crabgrass (*Digitaria sanguinalis*). **Weed Science**, v. 38, n. 4-5, p. 331-337, 1990.

PEREIRA, M. R. R. **Potenciais hídricos no solo sobre a eficácia de herbicidas em plantas daninhas monocotiledôneas** 2010. 175 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2010.

PEREIRA, M. R. R., et al. Efeito de herbicidas sobre plantas de *Brachiaria plantaginea* submetidas a estresse hídrico. **Planta Daninha**, Viçosa, v.28, n. especial, p. 1047-1058, 2010.

PIRES, N. M. **Efeitos do glyphosate e do sulfosate após a simulação de chuva em plantas de *Brachiaria brizantha* Stapf, submetidas ao estresse hídrico**. 1998. 100 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 1998.

PROCÓPIO, S.O. et al. Estudos anatômicos de folhas de espécies de plantas daninhas de grande ocorrência no Brasil. V - *Leonurus sibiricus*, *Leonotis nepetaefolia*, *Plantago tomentosa* e *Sida glaziovii*. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 21, n. 3, p. 403-411, 2003.

RAHMAN, A.; JAMES, T. K. **Influence of soil moisture on the post emergence activity of nine sulfonylurea herbicides**. Proceedings, Asian Pacific Weed Society Conference, n. 1, p. 331-337, 1991.

RAMESH, K. et al. Weeds in a changing climate: vulnerabilities, consequences, and implications for future weed management. **Frontiers in Plant Science**, v. 13, n. 8, p. 95, 2017.

RAMSEY, R. J. L.; STEPHENSON, G. R.; HALL, J. C. A review of the effects of humidity, humectants, and surfactant composition on the absorption and efficacy of highly water-soluble herbicides. **Pesticide Biochem. Physiol**, v. 82, n. 2, p.162-175, 2005.

ROMAN, E. S.; VARGAS, L.; RIBEIRO, M. C. F. Efeito do teor de umidade do solo na seletividade e na eficácia de carfentrazone-ethyl no controle de plantas daninhas na cultura da soja. **Revista Brasileira de Herbicidas**, Passo Fundo, v. 4, n. 2, p. 1-9, 2005.

RUITER, H.; MEINEN, E. Influence of water stress and surfactant on the efficacy, absorption, and translocation of glyphosate. **Weed Science**, v. 46, n. 3, p. 289-96, 1998.

SALOMÃO, H.M. *et al.* Control of *Ipomoea grandifolia* and antioxidant enzyme activity with bentazon and glyphosate at times and soil water conditions.

Communications in Plant Sciences, v. 11, n. 1, p. 30-38, 2021.

SENSEMAN, S. A. **Herbicide Handbook**. 9º Edição. Weed Science Society of America, 2007, 458p.

SILVA JUNIOR, A. C. **Efeito do glyphosate em plantas daninhas da família Poaceae submetidas a diferentes potenciais hídricos do solo**. 2018. 95 f. Tese (Doutorado em Agronomia - Produção Vegetal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2018.

SILVESTRE, M. A. **“Morfologia de frutos, sementes, germinação, plântula, planta e aspectos nutritivos de (*Merremia aegyptia* L. URBAN)”**. 2016.

Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - UFCG, Patos, 2016.

SINGH, S.K.; REDDY, V.R.; DEVI, M.J.; TIMLIN, D.J. Impact of water stress under ambient and elevated carbon dioxide across three temperature regimes on soybean canopy gas exchange and productivity. **Scientific Reports**, v. 11, n. 1, p. 1-3, 2021.

SOCIEDADE BRASILEIRA DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS (SBCPD). **Procedimentos para instalação, avaliação e análise de experimentos com herbicidas**. Londrina: SBCPD, 1995.

SUZUKI, N. *et al.* Abiotic and biotic stress combinations. **New Phytologist**, v. 203, n. 1, p. 32-43, 2014.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013.