

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**EFEITO DO GLYPHOSATE EM CAPIM-COLONIÃO SUBMETIDO A
DIFERENTES POTENCIAIS HÍDRICOS DO SOLO**

Maynumi Curralo Scarano

Orientador: Prof. Dr. Dagoberto Martins

Trabalho apresentado à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP, Câmpus de Jaboticabal, para graduação em ENGENHARIA AGRONÔMICA.

Jaboticabal - SP

2º semestre/2021

S285e

Scarano, Maynumi Curralo

Efeito do glyphosate em capim-colonião submetido a diferentes potenciais hídricos do solo / Maynumi Curralo Scarano. -- Jaboticabal, 2021

19 p. : tabs.

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Engenharia Agrônômica) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal

Orientador: Dagoberto Martins

1. Herbicidas. 2. Estresse hídrico. 3. Glyphosate. 4. Gramínea. I.
Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

DEPARTAMENTO: Ciências da Produção Agrícola

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO
TRABALHO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

TÍTULO: EFEITO DO GLYPHOSATE EM CAPIM-COLONIÃO SUBMETIDO A
DIFERENTES POTENCIAIS HÍDRICOS DO SOLO

ACADÊMICO: Maynumi Curralo Scarano

CURSO: Engenharia Agrônômica

ORIENTADOR: Prof. Dr. Dagoberto Martins

Aprovado e corrigido de acordo com as sugestões da Banca Examinadora

BANCA EXAMINADORA:

	(Nomes)	(Assinaturas)
Presidente	Prof. Dr. Dagoberto Martins	
Membro	Profa. Dr. Maria Renata Rocha Pereira	
Membro	Eng. Agr. MSc. Ricardo Fagundes Marques	

Jaboticabal 03 / 08 / 2021

Aprovado em reunião do Conselho do Departamento em: 24 / 08 / 2021



Chefe do Departamento

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais Roseli Aparecida Curralo e Marcello Seiffert Scarano, minhas irmãs Nawira Curralo Scarano e Tainã Curralo Scarano e meu companheiro Matheus Moreira Dantas Pinto que de longe ou de perto sempre acreditaram em mim e me apoiaram incondicionalmente, sem eles nada disso seria possível.

Ao meu avô José Scarano, meu desejo de que me visse com diploma não será mais possível, porém seu amor e apoio serão eternos em meu coração.

Ao meu orientador Prof. Dr. Dagoberto Martins por todo ensinamento durante minha graduação, tanto pessoal como profissional, pela paciência e também imensa compreensão em momentos difíceis, acreditando em mim mesmo quando nem eu acreditei.

Ao Antonio Carlos da Silva Junior, primeiro autor desse artigo, pela amizade, ensinamentos valiosos e por toda ajuda. Durante meu estágio e Iniciação Científica me norteou e apoiou com muita paciência e compreensão.

Aos meus amigos Felipe Destri, Gabriela Raposo, Kaue Alves, Vitória da Silva por serem minha base e inspiração nessa vida.

A todos os amigos que a faculdade me presenteou, em especial a Nicole de Paula, Guilherme Vieira, Ana Sara Barbosa, Victor Vieira pelo apoio, carinho e por todos os momentos compartilhados nessa jornada, vou levá-los para o resto da vida.

À Faculdade de Ciência Agrárias e Veterinárias – UNESP e ao Departamento de Produção Vegetal pela oportunidade de cursar minha graduação e estágio, respectivamente.

A todas as pessoas que diretamente ou indiretamente tiveram sua contribuição.

Meus sinceros agradecimentos.

ÍNDICE

RESUMO	iii
ABSTRACT	iv
INTRODUÇÃO	1
MATERIAL E MÉTODOS	2
RESULTADOS E DISCUSSÃO	5
REFERÊNCIAS.....	11

EFEITO DO GLYPHOSATE EM CAPIM-COLONIÃO SUBMETIDO A DIFERENTES POTENCIAIS HÍDRICOS DO SOLO¹

RESUMO: A ação de herbicidas sobre plantas daninhas que se desenvolvem sob déficit hídrico pode ser comprometida, pois as rotas de penetração de herbicidas hidrofílicos são reduzidas em razão da menor hidratação da cutícula nessas plantas. Além do que, compostos hidrofóbicos presentes na camada de cera epicuticular em plantas estressadas hídricamente, dificultam sobremaneira a penetração de compostos hidrofílicos. Avaliou-se nesse estudo a eficiência de controle do herbicida glyphosate em plantas de capim-colonião quando submetidas a distintos déficits hídricos. O estudo foi conduzido em casa-de-vegetação sendo os tratamentos compostos por plantas de capim-colonião submetidas a três condições hídricas do solo [sem déficit hídrico (13%), déficit hídrico moderado (10%) e alta restrição hídrica (8%)], três doses do herbicida glyphosate (0,0; 270,0 e 540,0 g e.a. ha⁻¹) e dois estádios fenológicos de desenvolvimento da planta (4-6 folhas e 1-3 perfilhos). O manejo hídrico teve início quando as plantas apresentaram duas folhas desenvolvidas. Foram realizadas avaliações visuais de controle aos 7, 14, 21 e 35 dias após a aplicação do herbicida; analisou-se ainda os parâmetros morfofisiológicos área foliar específica, condutância estomática e a diferença de temperatura do ambiente com a temperatura foliar no dia da aplicação do herbicida, bem como a matéria seca da parte aérea e da raiz ao final do estudo. Com o aumento da restrição hídrica houve decréscimo nos parâmetros morfofisiológicos analisados, bem como no acúmulo de matéria seca da parte aérea e das raízes das plantas estudadas. O controle das plantas foi mais eficiente quando ocorreu a aplicação da dose de 540 g ha⁻¹ de glyphosate, e quando as mesmas foram controladas no estágio vegetativo de 1-3 perfilhos, e no manejo hídrico de 13%. Pode-se afirmar que plantas de capim-colonião sob restrição hídrica tem menor eficácia de controle quando tratadas com glyphosate.

Palavras-chave: herbicida, déficit hídrico, planta daninha, *Panicum maximum*

¹ Artigo científico publicado na revista Planta Daninha.

EFFECT OF GLYPHOSATE ON GUINEA GRASS SUBMITTED TO DIFFERENT WATER POTENTIAL OF SOIL

ABSTRACT: The action of herbicides on weeds that develop under the water deficit can be compromised, because as routes of penetration of hydrophilic herbicides are reduced due to the less hydration of the cuticle in these plants. Moreover, hydrophobic compounds present in the epicuticular wax in hydrically stressed plants, hinder the penetration of hydrophilic compounds. Study of glyphosate herbicide control in guinea grass plants when submitted to different water deficits. The study was carried out in a greenhouse, and the treatments were composed of plants of guinea grass submitted to three soil water conditions [no water deficit (13%), moderate water deficit (10%) and high water restriction (8%)], three doses of glyphosate herbicide (0.0, 270.0 and 540.0 g ha⁻¹) and two phenological stages of plant development (4-6 leaves and 1-3 tillers). The water management started when the plants presented two developed leaves. Control visuals were performed at 7, 14, 21 and 35 days after application of the herbicide; The specific leaf area, stomatal conductance and difference of the environment temperature with a leaf temperature without herbicide application, as well as a dry matter of shoot and root at the end of the study were also analyzed. With the increase of the water restriction, there was a decrease in the morphophysiological parameters analyzed, as well as in the accumulation of dry matter of the shoot and the roots of the studied plants. The control of plants was more efficient when available in a dose application of 540 g ha⁻¹ of glyphosate, and when they were controlled in the vegetative stage of 1-3 tiller, and management of 13%. It can affirmed that guinea grass under water restriction have less control efficacy when treated with glyphosate.

Keywords: herbicide, water deficit, weed, *Panicum maximum*

INTRODUÇÃO

As plantas daninhas podem afetar de maneira negativa a produção agrícola, devido a interferência direta que ocasionam na competição por nutrientes, água, luz, espaço, e também a liberação de compostos alelopáticos por estas plantas daninhas (Gomes e Christoffoleti, 2008).

Assim, como para qualquer espécie de planta, seja cultivada ou não, as plantas daninhas estão expostas a diferentes condições do meio. Alguns fatores, como a temperatura do ar, que podem causar injúrias às plantas em poucos minutos e a quantidade de água presente no solo que pode levar até dias para se manifestar. Por outro lado, as deficiências minerais podem levar até meses para que a planta reflita a necessidade de reposição mineral (Wang et al., 2003; Hu e Schmidhalter, 2005).

Quando submetidas ao déficit hídrico, as plantas desenvolvem mecanismos morfológicos e/ou fisiológicos para reduzir a perda de água pela transpiração, por meio do fechamento estomático, redução da área foliar ou pelo aumento de tricomas. Outros mecanismos são a senescência das folhas mais velhas e também o aumento do acúmulo de cera epicuticular, o que mantém a hidratação dos tecidos ainda vivos, sem que ocorra redução da taxa fotossintética (Muller et al., 2011; Gonçalves et al., 2017; Zhou et al., 2015).

O desenvolvimento de plantas sob estresses ambientais, principalmente temperaturas elevadas e restrição hídrica, podem afetar a absorção de herbicidas. Isto ocorre devido a um espessamento da cutícula e com isso contribuir para a evaporação de gotas de pulverização e volatilização dos produtos aplicados. Pereira et al., (2010) e Pereira et al., (2012) verificaram reduções de aproximadamente 17% e 20% da eficácia de herbicidas no controle de plantas de *Brachiaria decumbens* e *B. plantaginea* respectivamente, quando as plantas desenvolveram-se em um solo com potencial hídrico de -1,5 MPa.

Em outro trabalho, a aplicação do glyphosate no controle de plantas de *Ligustrum sinense*, que se desenvolveram sob baixa umidade do solo, teve sua eficácia reduzida. Tal fato pode estar relacionado ao comportamento fisiológico e morfológico das plantas decorrente à restrição hídrica (Harrington e Miller, 2005).

O capim-colonião (*Panicum maximum* Jacq.) é uma planta daninha agressiva e que pode interferir no desenvolvimento e a produtividade de culturas onde ocorre, tais como milho, citros, café e cana-de-açúcar. Apresenta alta adaptação às mais variadas condições edafoclimáticas, forma touceiras e tem sistema radicular resistente e vigoroso, propagando-se de forma vegetativa e por sementes (Kissmann e Groth, 1997). Ocorre em áreas agrícolas em razão da expansão das lavouras para áreas de pastagens degradadas devido a espécie ser muito agressiva e de difícil controle. No manejo químico de plantas de capim-colonião, o glyphosate é uma das opções de herbicida para o controle efetivo desta planta.

O glyphosate é aplicado em pós-emergência, e sua absorção é basicamente foliar e sua translocação dá-se pelo simplasto até o seu sítio de ação, onde ocorre a inibição da enzima 5-enolpiruvil-chiquimato-3-fosfato-sintase (EPSPs). Assim, inibe-se a síntese de três aminoácidos essenciais, triptofano, fenilalanina e tirosina (Dill, 2005). Este herbicida é um dos mais indicados no controle do capim-colonião, porém sua eficácia pode ser comprometida dependendo do estágio de desenvolvimento ou condição na qual a planta desenvolveu-se (Durigan, 1992).

Espécies de plantas daninhas consideradas agressivas desenvolvendo-se em ambientes com influência de fatores abióticos, como a restrição hídrica, pode modificar sua morfologia e fisiologia, bem como afetar a eficácia de herbicidas utilizados para o seu controle devido a sua adaptação ao ambiente (Ali et al., 2017; Pereira et al., 2010).

Diante das questões relatadas, este trabalho teve por objetivo estudar o controle pelo herbicida glyphosate de plantas de *P. maximum* submetidos a diferentes níveis de umidade do solo.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi instalado e conduzido em condições de casa-de-vegetação, em Jaboticabal-SP (21°24'27" S 48°29'88" O) durante os meses de abril a maio de 2015, com temperatura média de 26 ± 5 °C e umidade relativa (UR%) de 82 ± 10 %.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com os tratamentos dispostos em esquema fatorial triplo de 3x3x2, sendo três condições hídricas do solo, baixo déficit hídrico (13%), déficit hídrico intermediário (10%) e alta restrição hídrica (8%), três doses do herbicida glyphosate (0,0; 270,0 e 540,0 g e.a. ha⁻¹) e dois estádios vegetativos visando o controle (4-6 folhas e 1-3 perfilhos) com quatro repetições, sendo que cada vaso constituiu uma unidade experimental. A maior dose de glyphosate utilizada neste estudo é a recomendada pelo fabricante do produto para o controle desta espécie e o produto comercial utilizado foi o Roundup Original (360 g e.a. L⁻¹). A aplicação das diferentes doses de herbicidas, ocorreu no momento que as plantas atingiram os estádios de desenvolvimento de 4-6 folhas e 1-3 perfilhos.

Para cada unidade experimental, foram utilizados vasos de polietileno com capacidade volumétrica de 2,5 L, sendo preenchidos com solo classificado como Latossolo Vermelho-amarelo (EMBRAPA, 2013) com 18,9% de argila, 3,6% de silte e 77,5% de areia. A adubação do solo foi realizada com base na análise química (Tabela 1).

Para a obtenção da curva de retenção de água do solo, foi utilizada a placa de pressão de Richards (Klar, 1984), no qual estabeleceu-se quatro potenciais mínimos de água no solo (Ψ_s): -0,01; -0,03; -0,07 e -1,5 MPa (14%, 13%, 10, e 8%, respectivamente), sendo que o valor que representa a máxima capacidade de retenção de água neste solo, é correspondente a 14%. Os outros potenciais, (13%, 10% e 8%), são os manejos hídricos utilizados como tratamentos. A relação de potenciais de água com a porcentagem de umidade do solo está descrita na Tabela 2.

Por meio de pesagens diárias de cada vaso, ao observar que o peso atingiu o potencial de água definido para cada tratamento (13%, 10% ou 8%), realizou-se a reposição de água evapotranspirada até alcançar o potencial máximo de água no solo (14%).

A espécie utilizada foi o capim-colonião (*P. maximum*) na densidade de 10 sementes por vaso. Após a emergência, antes do desenvolvimento completo da primeira folha, realizou-se o desbaste deixando apenas uma planta por vaso. O solo foi mantido na capacidade de campo até o estágio de desenvolvimento de duas folhas completamente expandidas. Após este momento, iniciou-se o manejo hídrico de cada tratamento mantendo-se até o final do estudo. A aplicação das diferentes doses de

herbicidas ocorreu no momento em que as plantas atingiram o estágio de desenvolvimento predefinido (4-6 folhas e 1-3 perfilhos).

Para a aplicação do herbicida utilizou-se um pulverizador costal pressurizado a CO₂, mantido a pressão constante de 200 kPa, munido de barra com pontas Teejet XR 11002VS, espaçadas 0,5 m entre si, a altura de 0,5 m do alvo e, com um consumo de calda de 200 L ha⁻¹. As condições ambientais no momento da aplicação dos experimentos com as plantas no estágio de 4-6 folhas e 1-3 perfilhos foram: umidade relativa de 73 e 80%, temperatura de 23 e 25,6 °C e velocidade do vento de 3 e 5 km h⁻¹, respectivamente.

Para a verificação das alterações morfo-anatômicas, realizou-se antes da aplicação de cada experimento, a mensuração da área foliar das plantas de cada manejo hídrico com auxílio do medidor de área foliar LI-3100C Area Meter (LI-COR®). Posteriormente as folhas foram levadas a uma estufa de circulação forçada de ar a 65°C até atingir massa constante. De posse dos valores da área foliar e sua respectiva matéria seca, foi possível determinar a área foliar específica (*AFE*), através da fórmula:

$$AFE = \frac{Af}{msf}$$

No qual:

Af = área foliar de cada unidade experimental;

msf = a matéria seca foliar desta unidade.

Também, antes da aplicação, realizou-se a avaliação de características fisiológicas como a condutância estomática (*Cs*) e temperatura da folha com auxílio do equipamento Leaf Porometer Model SC-1 (Decagon Devices).

O controle das plantas de capim-colônia foi avaliado visualmente aos 7, 14, 21 e 35 dias após a aplicação (DAA), por meio de uma escala percentual de notas, no qual 0% representa ausência total de injúrias e 100% representa a morte da planta (SBCPD, 1995). Ao final de cada experimento (35 DAA), a parte aérea e o sistema radicular das plantas foram coletados, lavados e posteriormente mantidos em estufa de circulação forçada de ar a 65°C, até atingirem peso constante para determinação da matéria seca (g).

Os resultados obtidos de controle e matéria seca das plantas de capim-colonião foram submetidos à análise de variância pelo teste F e as médias foram comparadas pelo teste "t" de Student ($p > 0,05$). Os parâmetros fisiológicos como área foliar específica, relação da temperatura ambiente com a temperatura da folha e a condutância estomática foram analisados através do intervalo de confiança a um coeficiente de confiança de 95% para as médias (μ), para isto utilizou-se a seguinte fórmula:

$$IC(\mu)_{95\%} = \hat{\mu} \pm t \frac{s}{\sqrt{n}}$$

No qual:

t = valor de t tabelado

s = desvio padrão

n = número de amostras

Todas as análises estatísticas foram realizadas com auxílio do programa estatístico AgroEstat (Barbosa e Maldonado Jr., 2015).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A área foliar específica (AFE) das plantas de capim-colonião aumentou significativamente com o incremento da disponibilidade de água para o seu desenvolvimento, tanto no estágio de desenvolvimento de 4-6 folhas quanto no estágio de 1-3 perfilhos (Figura 1). Plantas submetidas à condição de maior disponibilidade de água (13%) apresentaram diferença significativa das demais condições hídricas em ambos os estágios de desenvolvimento estudados. Pela análise do intervalo de confiança, não houve diferença significativa nas condições de maiores restrições hídricas (10% e 8%), o que evidencia uma correlação negativa da espécie com o déficit hídrico. Ou seja, em ambas condições hídricas as plantas apresentaram uma menor área foliar, porém com um aumento da matéria seca da folha por unidade de área (Figura 1). Isto pode ter ocorrido devido ao aumento da espessura da folha nestas condições de desenvolvimento, como observado neste estudo, além de elevar as quantidades de

componentes presentes na parede celular, como por exemplo a lignina (Poorter et al., 2009; Pacheco et al., 2011).

A *AFE* está altamente relacionada com diversos parâmetros fisiológicos e químicos, ou seja, quando encontram-se altos valores de *AFE*, as folhas podem apresentar altas concentrações de componentes citoplasmáticos como proteínas, minerais e ácidos orgânicos. Além do que, podem ocorrer altas concentrações de nitrogênio foliar e alta atividade fotossintética pela alta concentração da enzima Rubisco (Poorter et al., 2009; Reich et al., 2003), o que ora influenciou o acúmulo de massa seca nas plantas (Figura 1).

A relação entre a temperatura foliar e a temperatura do ambiente pode ser usada como um indicador da condição hídrica da planta. Neste caso, quando a planta encontra-se em um ambiente com disponibilidade hídrica, através da transpiração, ocorre a refrigeração das folhas, funcionando como um mecanismo de proteção às elevadas temperaturas (Krasensky e Jonak, 2012). No entanto, em ambientes onde a água é limitada ao desenvolvimento vegetal, há uma diminuição da transpiração o que acarreta o aumento da temperatura foliar (Wang e Gartung, 2010).

Nesse estudo observou-se aumento da diferença de temperatura entre o ambiente e a folha, com o aumento da disponibilidade de água em ambos estádios de desenvolvimento do capim-colonião (Figura 2). No estádio de desenvolvimento de 4-6 folhas, a diferença de temperatura nas disponibilidades hídricas de 8% e 10% foram semelhantes, porém diferentes da condição de 13%. Todavia, no estádio de desenvolvimento de 1-3 perfilhos, esta diferença de temperaturas não foi afetada pela condição hídrica a qual as plantas foram submetidas. Verifica-se que as plantas no estádio de desenvolvimento inicial apresentaram maior diferença entre os manejos hídricos adotados ao comparar-se com a diferença observada no estádio mais avançado, 1-3 perfilhos (Figura 2).

As altas temperaturas observadas nas folhas de capim-colonião nos diferentes estádios estudados estão relacionadas com a menor transpiração e taxa fotossintética do desenvolvimento inicial, principalmente na maior restrição hídrica de água do solo, fato este comprovado pela condutância estomática (C_s) observada neste estudo (Figura 3).

A C_s nas plantas de capim-colonião em ambos estádios de desenvolvimento, submetidas aos manejos hídricos de 8% e 10%, foram semelhantes conforme a análise

do intervalo de confiança dos dados em cada estágio. Contudo, observa-se reduções significativas na ordem de 79% e 83% dos manejos de 10% e 8%, respectivamente, em relação ao manejo de 13% no estágio de desenvolvimento de 4-6 folhas. Também ocorreram reduções significativas de 68% e 70% nos manejos de 10% e 8%, respectivamente, em relação ao manejo de 13% no estágio de desenvolvimento de 1-3 perfilhos (Figura 3).

A condutância estomática está diretamente relacionada a transpiração e a taxa de fotossíntese, pois neste estudo a C_s apresentou aumento significativo com a disponibilidade de água, ou seja, o aumento da condutância estomática implica na abertura dos estômatos para a captação de CO_2 atmosférico, o que ocasiona perdas de água. Este fato foi observado quando há disponibilidade hídrica à planta, o que define uma relação intrínseca da abertura estomática com a questão hídrica (Melkonian et al., 2004). Quando não há disponibilidade de água para a planta, há uma redução na C_s , diminuindo significativamente a atividade fotossintética pela menor captação de CO_2 pelos órgãos assimilatórios (Damour et al., 2010).

A C_s das plantas de capim-colonião mais desenvolvidas apresentou menores valores em condição ótima de desenvolvimento (manejo hídrico de 13%), em relação ao mesmo manejo no estágio de 4-6 folhas. Isto comprova que há uma diminuição da abertura de estômatos para trocas gasosas, como mecanismo de redução de perda de água pela transpiração (Kadioglu et al., 2012). O déficit hídrico estimula a distribuição e acúmulo de ácido abscísico (ABA) nos diferentes tecidos das plantas, sendo que esse acúmulo no apoplasto nas células-guarda reduz a condutância estomática da planta (Ali et al., 2017).

Com base na análise de variância, os fatores isolados analisados no controle do capim-colonião em todos os períodos foram significativos, com exceção aos 14 dias após a aplicação (DAA) nos diferentes estádios vegetativos onde não houve diferença de controle da espécie. Na análise de fatores duplos, o controle na interação estágio e doses de glyphosate foi significativo apenas aos 7, 21 e 35 DAA. Na interação estágio vegetativo e manejo hídrico foi significativo apenas aos 14 DAA, e na interação do manejo hídrico e das diferentes doses de glyphosate, em todos os períodos avaliados diferiram significativamente no controle do capim-colonião. Não houve significância na análise de fator triplo em nenhum período de avaliação.

Na interação Estádio de desenvolvimento e Doses de glyphosate aos 7 DAA, observa-se que quando se aplica glyphosate no desenvolvimento inicial das plantas de capim-colonião (4-6 folhas) as doses de 540 e 270 g ha⁻¹ proporcionam o mesmo controle no período avaliado. No entanto, quando a aplicação ocorreu no desenvolvimento mais tardio (1-3 perfilhos), a maior dose aplicada proporcionou melhor controle desta espécie. Já na interação Manejo hídrico e Dose de glyphosate aos 7 DAA, as plantas que se desenvolveram com baixa restrição hídrica as doses 540 e 270 g ha⁻¹ de glyphosate aplicadas proporcionaram controles semelhantes. Contudo, quando a planta foi submetida a algum déficit hídrico (10% ou 8%) apenas a maior dose de glyphosate aplicada proporcionou os melhores controles (Tabela 3).

Aos 14 DAA, observa-se na interação do manejo hídrico com as diferentes doses do glyphosate que o controle foi reduzido com a aplicação de 270 g ha⁻¹ nas plantas submetidas a restrições hídrica moderada e alta. Por outro lado, o controle na interação do manejo hídrico e a aplicação do herbicida nos diferentes estádios vegetativos foi menor quando houve a aplicação do herbicida no estágio de desenvolvimento de 4-6 folhas submetidas a uma restrição hídrica mais severa. No entanto, dentro do fator manejo hídrico, o controle foi menor quando a planta desenvolveu-se em condição hídrica moderada no estágio vegetativo de 1-3 perfilhos (Tabela 4). De uma forma geral, quando as plantas são submetidas a períodos de déficit hídricos, tendem a diminuir sua translocação e com isso, pode diminuir a eficácia dos herbicidas (Skelton et al., 2016), como ora observado nos estádios iniciais de desenvolvimento.

Aos 21 DAA observa-se que a maior dose do glyphosate aplicado, independente do estágio vegetativo, proporcionou o melhor controle das plantas de capim-colonião. Na dose de 270 g ha⁻¹ do herbicida, o controle foi afetado pelo estágio vegetativo, sendo que o controle foi menor quando a pulverização ocorreu no estágio de 4-6 folhas (Tabela 5). No mesmo período, ao analisar o controle dentro da dose de 540 g ha⁻¹, independente do manejo hídrico em que a planta foi submetida, o controle do capim-colonião foi excelente (>99%). Na dose de 270 g ha⁻¹, em condição de baixo e alto déficit hídrico, observou-se os melhores controles do capim-colonião (Tabela 5). Isto, deve-se, provavelmente ao fato do herbicida estimular uma rápida senescência das folhas mais velhas no manejo de alta restrição hídrica, uma vez que, plantas quando submetidas a déficit hídricos severos, apresenta mecanismos de defesa tais como a

senescência das folhas mais velhas. Entretanto, o manejo com condição de boa disponibilidade hídrica a planta, permite uma melhor translocação do herbicida (Wingler e Roitsch, 2008).

Aos 35 DAA, o controle do capim-colonião pela dose de 270 g ha⁻¹ de glyphosate foi menor quando a aplicação foi realizada no estágio vegetativo de 4-6 folhas. Em relação aos diferentes manejos hídricos empregados, a maior dose aplicada proporcionou excelente controle do capim-colonião independente do manejo hídrico a qual a planta se desenvolveu. Todavia, quando as plantas desenvolvem-se sob restrições hídricas moderadas e com aplicação da dose reduzida de glyphosate (270 g ha⁻¹) o controle foi menor (Tabela 6).

Em um estudo de *B. plantaginea* submetidas a déficit hídrico com pulverização dos herbicidas fluazifop-p-butyl e sethoxydim, observou-se que sob um potencial de água no solo de 8%, a eficiência de controle também foi afetada. Tal fato ocorreu independente das doses de herbicidas e estágio fenológico das plantas estudadas (Pereira et al., 2010).

Aos 21 e 35 DAA a aplicação da dose de 540 g ha⁻¹ de glyphosate, independente do manejo hídrico em que as plantas de capim-colonião foram submetidas, não se observou diferença de controle, sendo que a partir dos 21 DAA, nota-se controle total das plantas.

O fato de o controle de plantas daninhas ser menor, como neste caso, evidencia que o nível estresse ao qual a planta é submetida diminui a capacidade da metabolização das moléculas de herbicidas, o que acarreta um menor controle e também pela redução da dose do herbicida (Pereira et al., 2012).

Os menores controles registrados nas plantas de capim-colonião cultivadas nos substratos com restrições hídricas e que receberam a menor dose de glyphosate podem ser atribuídas a possíveis mecanismos de defesa das plantas. Tais fenômenos seriam um maior acúmulo de cutícula na superfície da folha, menores taxas fotossintéticas e área foliar. Isso vem a dificultar a absorção e translocação do herbicida pela planta (Harrington e Miller, 2005; Kadioglu et al., 2012). Assim, deve-se ter cuidados com a tecnologia de aplicação de herbicidas para evitar a aplicação de subdoses do herbicida, pois poderão ocorrer falhas de controle quando na ocorrência de déficit hídrico no solo.

O acúmulo de matéria seca na parte aérea e nas raízes das plantas de capim-colonião submetidas a diferentes potenciais hídricos do solo e a aplicação de diferentes doses de glyphosate nos estádios de desenvolvimento de 4-6 folhas e de 1-3 perfilhos foram significativos em todas as variáveis analisadas. Também foram significativas as interações, com exceção do acúmulo de matéria seca da parte aérea na interação do Estádio Vegetativo com o Manejo Hídrico. O maior acúmulo de matéria seca da parte aérea e da raiz ocorreram nos estádios de 1-3 perfilhos e 4-6 folhas, respectivamente. Já no manejo hídrico, tanto para a parte aérea quanto para as raízes, a matéria seca foi maior quando houve maior disponibilidade hídrica para o desenvolvimento das plantas de capim-colonião. Quanto às diferentes doses aplicadas do herbicida, independente da dose utilizada, ocorreu redução no acúmulo de matéria seca da parte aérea e das raízes.

O acúmulo de matéria seca na parte aérea das plantas que foram controladas tanto no estágio de desenvolvimento inicial quanto no tardio foi maior quando não ocorreu a aplicação do herbicida. Por outro lado, quando ocorreu a aplicação de glyphosate, o maior acúmulo de matéria seca na parte aérea foi quando a pulverização ocorreu no estágio de 1-3 perfilhos (Tabela 7). No desdobramento da interação manejo hídrico e doses de glyphosate, o maior acúmulo da matéria seca da parte aérea foi verificado nas plantas que desenvolveram-se no máximo potencial hídrico do solo (Tabela 7).

Ao analisar o acúmulo da matéria seca das raízes de capim-colonião nota-se que independente do estágio vegetativo da planta no momento da aplicação do glyphosate, o manejo hídrico de menor restrição proporcionou os maiores acúmulos de matéria seca do sistema radicular. Quando ocorreu qualquer restrição hídrica ocorreram reduções de 60% e 71% nos manejos de 10% e 8%, respectivamente no estágio de desenvolvimento de 4-6 folhas. Todavia, no estágio de 1-3 perfilhos a redução de matéria seca dos manejos hídricos de 10% e 8% foram de 40% e 75%, respectivamente, ao ser comparado ao manejo de 13% (Tabela 8).

Na interação estágio de desenvolvimento com a dose de glyphosate aplicada, independente do estágio vegetativo no qual a planta encontrava-se no momento da aplicação, a dose de 0 g ha⁻¹ do herbicida proporcionou maior acúmulo de matéria seca do sistema radicular das plantas de capim-colonião. No entanto, ao se analisar os estádios vegetativos, observa-se que o maior acúmulo ocorreu quando a aplicação do

glyphosate foi no estágio de 4-6 folhas (Tabela 8). O desenvolvimento do sistema radicular do capim-colonião foi maior sem a aplicação do herbicida e diretamente proporcional à restrição hídrica, ou seja, quanto menor a disponibilidade de água para a planta, menor foi o seu desenvolvimento radicular (Tabela 8).

As diferentes condições hídricas, seja devido ao excesso ou déficit, a qual as plantas estão submetidas podem causar impactos negativos no seu crescimento e desenvolvimento. Estudos demonstram evidências de que há comunicação das raízes com a parte aérea por sinais químicos e moleculares que agem diretamente na dinâmica dos estômatos em condições de déficit hídrico no solo (Shabala et al., 2016).

O déficit hídrico proporciona aumento da concentração do ácido abscísico (ABA) nos diferentes tecidos das plantas, e devido a isso, algumas modificações nas características morfofisiológicas podem ocorrer. Quando o acúmulo de ABA é originado das raízes, o desenvolvimento da parte aérea e a manutenção do sistema radicular é afetado (Tuberosa, 2012; Ali et al., 2017). Ressalte-se que em condições de campo, com restrições hídricas severas, subdoses de glyphosate poderão ser ineficazes no controle das plantas de capim-colonião, o que traria prejuízos ao sistema produtivo.

Com o aumento da restrição hídrica, houve diminuição dos componentes morfofisiológicos da planta de capim-colonião como área foliar específica, condutância estomática, e a diferença entre a temperatura ambiente e foliar. O controle destas plantas foi mais eficiente quando ocorreu a aplicação da dose de 540 g ha⁻¹ de glyphosate e quando as mesmas foram controladas no estágio vegetativo de 1-3 perfilhos, no manejo hídrico sem restrição hídrica, ou seja, a planta que se desenvolve sob restrição hídrica pode ter seu controle afetado.

REFERÊNCIAS

Ali F., Bano A., Fazal A. Recent methods of drought stress tolerance in plants. **Plant Growth Regulation**. 2017; 82:363-75.

Barbosa J.C., Maldonado Jr W. **Experimentação agrônômica & AgroEstat.** Jaboticabal: Gráfica Multipress, 2015. 396p.

Damour G. et al. An overview of models of stomatal conductance at leaf level. **Plant, Cell and Environment.** 2010; 33:1419-38.

Dill G.M. Glyphosate-resistant crops: history, status and future. **Pest Management Science.** 2005; 61:219-24.

Durigan J.C. Efeito de adjuvantes na calda e do estágio de desenvolvimento das plantas, no controle do capim-colonião (*Panicum maximum*) com glyphosate. **Planta Daninha.** 1992; 10:39-44.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** 3ª. ed. Brasília: 2013. 353p.

Gomes Jr. F.G., Christoffoleti P.J. Biologia e manejo de plantas daninhas em áreas de plantio direto. **Planta Daninha.** 2008; 26:789-98.

Gonçalves C.G. et al. Morphological modifications in soybean in response to soil water management. **Plant Growth Regulation.** 2017; 83:150-63.

Harrington T.B., Miller J.H. Effects of application rate, timing, and formulation of glyphosate and triclopyr on control of chinese privet (*Ligustrum sinense*). **Weed Technology.** 2005; 19:47-54.

Hu Y., Schmidhalter U. Drought and salinity: A comparison of their effects on mineral nutrition of plants. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science.** 2005; 168:541-49.

Kadioglu A. et al. Current advances in the investigation of leaf rolling caused by biotic and abiotic stress factors. **Plant Science.** 2012; 182:42-48.

Klar A.E. 1984. **A água no sistema solo-planta-atmosfera**. Segunda edição. Editora Nobel. São Paulo, Brasil. 408 pp.

Kissmann K.G., Groth D. **Plantas infestantes e nocivas**. São Paulo: BASF Brasileira, 1997. Tomo I, p. 675-678.

Krasensky J., Jonak C. Drought, salt, and temperature stress-induced metabolic rearrangements and regulatory networks. **Journal of Experimental Botany**. 2012; 63:1593-1608.

Melkonian J., Yu L.X., Setter T.L. Chilling responses of maize (*Zea mays* L.) seedlings: root hydraulic conductance, abscisic acid, and stomatal conductance. **Journal of Experimental Botany**. 2004; 55:1751-60.

Muller B. et al. Water deficits uncouple growth from photosynthesis, increase C content, and modify the relationships between C and growth in sink organs. **Journal of Experimental Botany**. 2011; 62:1715-29.

Pacheco A.C., Camargo P.R., Souza C.G.M. Deficiência hídrica e aplicação de ABA nas trocas gasosas e no acúmulo de flavonoides em calêndula (*Calendula officinalis* L.) **Acta Scientiarum. Agronomy**. 2011; 33:275-81.

Pereira M.R.R. et al. Efeito de herbicidas sobre plantas de *Brachiaria plantaginea* submetidas a estresse hídrico. **Planta Daninha**. 2010; 28:1047-58.

Pereira M.R.R. et al. Effect of water stress on herbicide efficiency applied to *Urochloa decumbens*. **Ciencia e Investigación Agraria**. 2012; 39:211-20.

Poorter H. Causes and consequences of variation in leaf mass per area (LMA): a meta-analysis. **New Phytologist**. 2009. 182:565-88.

Reich P.B et al. The evolution of plant functional variation: Traits, spectra, and strategies. **International Journal of Plant Sciences** 2003; 164:143-64.

Shabala S. et al. Root-to-shoot signalling: integration of diverse molecules, pathways and functions. **Functional Planta Biology**. 2016; 43:87-104.

Skelton J.J., Ma R., Riechers D.E. Waterhemp (*Amaranthus tuberculatus*) control under drought stress with 2,4-diclorophenoxyacetic acid and glyphosate. **Weed Biology and Management**. 2016; 16:34-41.

Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas – SBCPD. **Procedimentos para instalação, avaliação e análise de experimentos com herbicidas**. Londrina: 1995. 42p.

Tuberosa R. Phenotyping for drought tolerance of crops in the genomics era. **Frontiers in Physilogy**. 2012; 3:1-26.

Wang D., Gartung J. Infrared canopy temperature of early-ripening peach trees under postharvest deficit irrigation. **Agricultural Water Management**. 2010; 97:1787-94.

Wang W., Vinocur B., Altman, A. Plant responses to drought, salinity and extreme temperatures: towards genetic engineering for stress tolerance. **Planta**. 2003; 218:1-14.

Wingler A., Roitsch T. Metabolic regulation of leaf senescence: interactions of sugar signalling with biotic and abiotic stress responses. **Plant Biology**. 2008; 10:50-62.

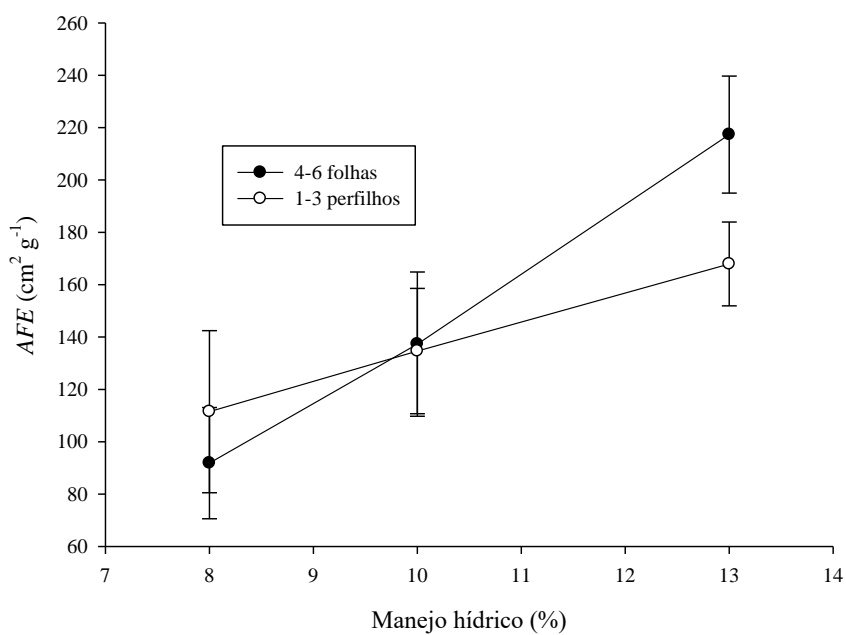
Zhou X. et al. OsGL1-3 is involved in cuticular wax biosynthesis and tolerance to water deficit in rice, **PLoS One**. 2015; 10:1-18.

Tabela 1. Análise química do solo utilizado nos experimentos.

pH	M.O.	P _{resina}	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V
CaCl ₂	g dm ⁻³	mg dm ⁻³	mmol _c dm ⁻³						(%)
4,9	10,0	4,0	22	0,3	2	3	5,3	27	29

Tabela 2. Relação entre potenciais (MPa) e teores (%) de água do solo utilizados no estudo.

Água Retida (dm ³ dm ⁻³)						
Tensão (MPa)						
Saturado	-0,01	-0,03	-0,05	-0,07	-0,5	-1,5
39%	14%	13%	11%	10%	9%	8%

**Figura 1.** Área Foliar Específica (AFE) de *Panicum maximum* nos estádios de 4-6 folhas e 1-3 perfilhos ao 0 dias após a aplicação submetidos a diferentes manejos hídricos do solo.

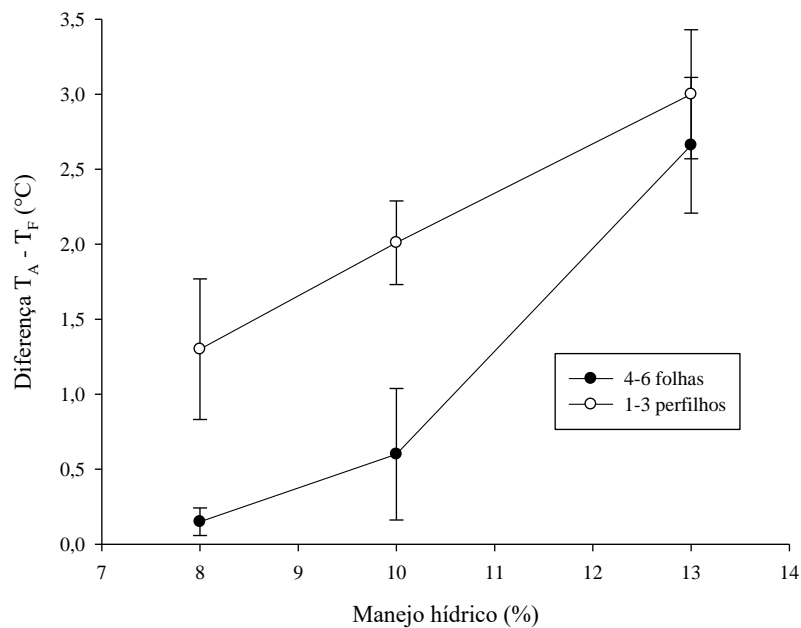


Figura 2. Diferença entre a temperatura ambiente (T_A) e da folha (T_F) de *Panicum maximum* nos estádios de desenvolvimento de 4-6 folhas e 1-3 perfilhos ao 0 dias após a aplicação submetidos a diferentes manejos hídricos do solo.

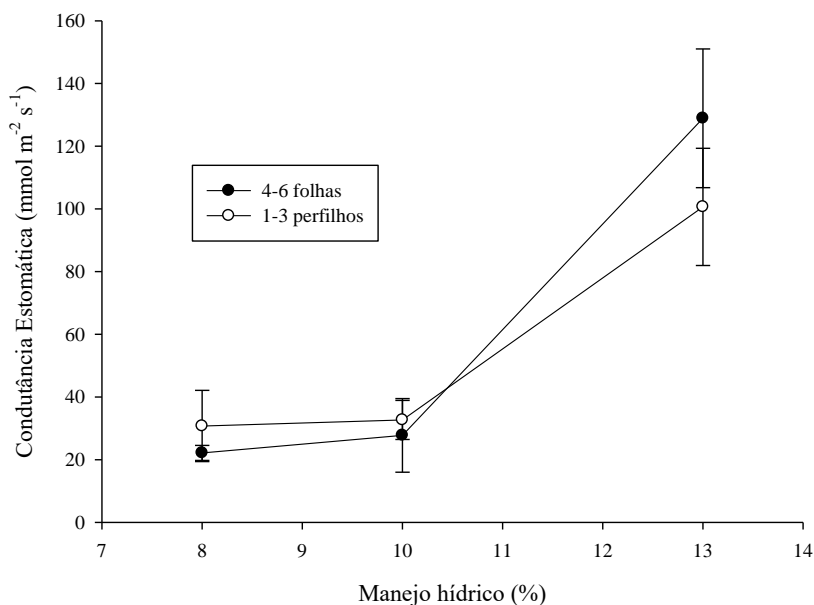


Figura 3. Condutância estomática (C_s) de *Panicum maximum* nos estádios de desenvolvimento de 4-6 folhas e 1-3 perfilhos ao 0 dias após a aplicação submetidos a diferentes manejos hídricos do solo.

Tabela 3. Valores médios da porcentagem de controle de plantas de *Panicum maximum* aos 7 dias após a aplicação de diferentes doses de glyphosate em função estágio de desenvolvimento no momento da aplicação e do manejo hídrico a qual as plantas foram submetidas. Jaboticabal/SP. 2015.

Estádio	Doses			
	0 g ha ⁻¹	270 g ha ⁻¹	540 g ha ⁻¹	F Dose
4 - 6 folhas	0,0 aB	17,75 bA	19,75 bA	9,22 **
1 - 3 perfilhos	0,0 aC	37,25 aB	56,08 aA	63,57 **
F Estádio	-	14,84 **	51,51 **	
Manejo Hídrico	Doses			
	0 g ha ⁻¹	270 g ha ⁻¹	540 g ha ⁻¹	F Dose
13%	0,0 aB	45,50 aA	39,62 aA	31,86 **
10%	0,0 aC	15,37 bB	37,25 aA	18,23 **
8%	0,0 aC	21,62 bB	36,87 aA	17,86 **
F Manejo	-	13,15 **	0,12 ^{ns}	

Médias seguidas da mesma letra minúsculas na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste "t" ($p > 0,05$). ($LSD_{\text{EXD}} = 10,1$) ($LSD_{\text{MXD}} = 12,4$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade;

** significativo ao nível de 1% de probabilidade; ^{ns} não significativo.

Tabela 4. Valores médios da porcentagem de controle de plantas de *Panicum maximum* aos 14 dias após a aplicação de diferentes doses de glyphosate em função do estágio de desenvolvimento no momento da aplicação e do manejo hídrico a qual as plantas foram submetidas. Jaboticabal/SP. 2015.

Doses	Manejo Hídrico			F Manejo
	13%	10%	8%	
0 g ha ⁻¹	0,0 bA	0,0 cA	0,0 cA	-
270 g ha ⁻¹	76,87 aA	32,75 bB	43,8 bB	17,76 **
540 g ha ⁻¹	77,75 aA	78,37 aA	73,5 aA	0,24 ^{ns}
F Dose	67,07 **	52,16 **	46,01 **	
Estádio	Manejo Hídrico			F Manejo
	13%	10%	8%	
4 - 6 folhas	52,66 aA	45,83 aAB	35,41 aB	3,81 *
1 - 3 perfilhos	50,41 aA	28,25 bB	42,75 aA	6,4 **
F Estádio	0,13 ^{ns}	7,81 **	1,36 ^{ns}	

Médias seguidas da mesma letra minúsculas na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste "t" ($p > 0,05$). ($LSD_{\text{EXM}} = 12,6$) ($LSD_{\text{MXD}} = 15,4$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade

** significativo ao nível de 1% de probabilidade; ^{ns} não significativo.

Tabela 5. Valores médios da porcentagem de controle de plantas de *Panicum maximum* aos 21 dias após a aplicação de diferentes doses de glyphosate em função do estágio de desenvolvimento no momento da aplicação e do manejo hídrico a qual as plantas foram submetidas. Jaboticabal/SP. 2015

Estádio	Doses			
	0 g ha ⁻¹	270 g ha ⁻¹	540 g ha ⁻¹	F Dose
4 - 6 folhas	0,0 aC	70,83 bB	100,0 aA	441,32 **
1 - 3 perfilhos	0,0 aC	85,83 aB	98,91 aA	481,78 **
F Estádio	-	18,77 **	0,10 ^{ns}	
Manejo hídrico	Doses			
	0 g ha ⁻¹	270 g ha ⁻¹	540 g ha ⁻¹	F Dose
13%	0,0 aC	84,87 aB	99,75 aA	8,21 **
10%	0,0 aC	62,12 bB	99,12 aA	50,77 **
8%	0,0 aC	88,0 aB	99,5 aA	4,9 *
F Manejo	-	22,19 **	0,01 ^{ns}	

Médias seguidas da mesma letra minúsculas na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste "t" ($p > 0,05$). ($LSD_{\text{ExD}} = 6,9$) ($LSD_{\text{MxD}} = 8,5$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade

** significativo ao nível de 1% de probabilidade; ^{ns} não significativo.

Tabela 6. Valores médios da porcentagem de controle de plantas de *Panicum maximum* aos 35 dias após a aplicação de diferentes doses de glyphosate em função do estágio de desenvolvimento no momento da aplicação e do manejo hídrico a qual as plantas foram submetidas. Jaboticabal/SP. 2015.

Estádio	Doses			
	0 g ha ⁻¹	270 g ha ⁻¹	540 g ha ⁻¹	F Dose
4 - 6 folhas	0,0 aC	84,75 bB	100,0 aA	1305,9 **
1 - 3 perfilhos	0,0 aB	98,0 aA	100,0 aA	1470,3 **
F Estádio	-	39,49 **	-	
Manejo hídrico	Doses			
	0 g ha ⁻¹	270 g ha ⁻¹	540 g ha ⁻¹	F Dose
13%	0,0 aC	94,37 aB	100,0 aA	946,8 **
10%	0,0 aC	84,37 bB	100,0 aA	868,0 **
8%	0,0 aB	95,37 aA	100,0 aA	955,7 **
F Manejo	-	11,1 **	-	

Médias seguidas da mesma letra minúsculas na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste "t" ($p > 0,05$). ($LSD_{\text{ExD}} = 4,2$) ($LSD_{\text{MxD}} = 5,2$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade

** significativo ao nível de 1% de probabilidade; ^{ns} não significativo.

Tabela 7. Acúmulo de matéria seca da parte aérea (g) de *Panicum maximum* aos 35 dias após a aplicação de diferentes doses de glyphosate em função do manejo hídrico a qual as plantas foram submetidas e do estágio vegetativo no momento da aplicação. Jaboticabal/SP. 2015.

Estádio	Doses			
	0 g ha ⁻¹	270 g ha ⁻¹	540 g ha ⁻¹	F Dose
4 - 6 folhas	5,35 aA	0,72 bB	0,56 bB	341,7 **
1 - 3 perfilhos	5,27 aA	1,52 aB	1,10 aB	243,62 **
F Estádio	0,15 ns	14,64 **	6,74 *	
Manejo hídrico	Doses			
	0 g ha ⁻¹	270 g ha ⁻¹	540 g ha ⁻¹	F Dose
13%	9,32 aA	1,67 aB	1,36 aB	624,88 **
10%	4,36 bA	1,12 bB	0,62 bB	126,76 **
8%	2,26 cA	0,56 cB	0,51 bB	126,76 **
F Manejo	403,72 **	9,72 **	6,5 **	

Médias seguidas da mesma letra minúsculas na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste "t" ($p > 0,05$). (LSD_{EXD} = 0,41) (LSD_{MXD} = 0,51)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade

** significativo ao nível de 1% de probabilidade; ns não significativo.

Tabela 8. Acúmulo de matéria seca da raiz (g) de *Panicum maximum* aos 35 dias após a aplicação de diferentes doses de glyphosate em função do manejo hídrico a qual as plantas foram submetidas e do estágio vegetativo no momento da aplicação. Jaboticabal/SP. 2015.

Estádio	Doses			
	0 g ha ⁻¹	270 g ha ⁻¹	540 g ha ⁻¹	F Dose
4 - 6 folhas	2,91 aA	0,37 aB	0,28 aB	873,55 **
1 - 3 perfilhos	2,39 bA	0,24 bB	0,20 aB	613,8 **
F Estádio	53,41 **	5,54 *	0,33 ns	
Manejo hídrico	Doses			
	0 g ha ⁻¹	270 g ha ⁻¹	540 g ha ⁻¹	F Dose
13%	4,64 aA	0,38 aB	0,45 aB	1551,35 **
10%	2,20 bA	0,27 abB	0,17 bB	339,39 **
8%	1,12 cA	0,20 bB	0,16 bB	76,39 **
F Manejo	848,79 **	2,15 ns	6,86 **	
Estádio	Manejo hídrico			F Manejo
	13%	10%	8%	
4 - 6 folhas	2,11 aA	0,85 aB	0,60 aC	253,47 **
1 - 3 perfilhos	1,54 bA	0,91 aB	0,38 bC	131,57 **
F Estádio	62,81 **	0,65 ns	9,72 **	

Médias seguidas da mesma letra minúsculas na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste "t" ($p > 0,05$). (LSD_{EXD} = 0,14) (LSD_{MXD} = 0,17) (LSD_{EXM} = 0,14)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade

** significativo ao nível de 1% de probabilidade; ns não significativo.