

# AVALIAÇÃO DA TAXA DE TRANSPORTE DE ELÉTRONS DE MISTURAS DE HERBICIDAS NO CONTROLE DE *B. Decumbens* EM PÓS-EMERGÊNCIA

Diego BELAPART<sup>1</sup>, Edicarlos Batista de CASTRO<sup>1</sup>, Marcelo GIROTTO<sup>2</sup>, Renan Fonseca NASCIMENTO<sup>1</sup>, Gilmar José Picoli JUNIOR<sup>2</sup>, Plinio Saulo SIMÕES<sup>1</sup>.

**RESUMO:** Diversos herbicidas com diferentes mecanismos de ação e diferentes formulações têm seu registro para uso no Brasil para o controle da planta daninha *B. decumbens* que infesta e interfere na produção das áreas cultivadas na região brasileira, descrevendo efeitos como redução de crescimento, amarelecimento e diminuição na produção da cultura. Esta pesquisa teve como objetivo avaliar a eficiência fotossintética das misturas de diferentes herbicidas de pós-emergência no controle de *B. decumbens*. O ensaio constituído de nove tratamentos com quatro repetições e uma testemunha e conduzido em casa de vegetação pertencente ao Núcleo de Pesquisas Avançadas em Matologia. Após a aplicação dos tratamentos as plantas foram conduzidas na casa de vegetação a onde foi realizada as seguintes avaliações: taxa de transporte de elétrons e análise visual de intoxicação dos herbicidas. Pode-se concluir que a mistura com herbicidas de outro mecanismo de ação não foi tão eficiente para reduzir a taxa de transporte de elétrons do que os herbicidas inibidores do fotossistema II. E o saflufenacil apresentou um efeito de intoxicação no início das avaliações mais sem levar a morte da planta ao contrario dos outros.

**PALAVRA-CHAVE:** amizarbazone, fluorometro, *Brachiaria decumbens*.

**ABSTRACT:** Several herbicides with different mechanisms of action and different formulations have your registry for use in Brazil for weed control *B. decumbens* that infests and interferes with the production of cultivated areas in the Brazilian region, describing effects such as reduced growth, yellowing and decline in crop production. This research aimed to evaluate the photosynthetic efficiency of mixtures of different herbicides for post-emergence control of *B. decumbens*. The test consists of nine treatments with four replications and a witness and conducted in a greenhouse belonging to the Center for Advanced Research in Rheumatology. After applications treatments plants were conducted in the greenhouse where it was held the following ratings: rate of electron transport, and visual analysis due to herbicide. Conclude that mixing with other herbicides mechanism of action was not as effective in reducing the rate of electron transport than the photosystem II inhibiting herbicides. And saflufenacil showed an effect at the beginning of phytotoxicity rating no longer lead to plant death unlike the others.

**KEYWORD:** amizarbazone, fluorometer, *Brachiaria decumbens*.

---

<sup>1</sup> Mestrando pela Universidade Estadual Júlio de Mesquita Filho, Rua Doutor José Barbosa de Barros, 1780 - Jardim Paraíso, Botucatu-SP, 18.610-307

<sup>2</sup> Doutorando pela Universidade Estadual Júlio de Mesquita Filho, Rua Doutor José Barbosa de Barros, 1780 - Jardim Paraíso, Botucatu-SP, 18.610-307.

## 1-INTRODUÇÃO

A interferência imposta pela presença da planta daninha *Brachiaria decumbens*, que infesta e interfere na produção das áreas cultivadas na região brasileira, descrevendo efeitos como redução de crescimento, amarelecimento e diminuição na produção da cultura, são um dos pontos mais críticos no processo de competir por recursos limitantes do meio (principalmente água, luz e nutrientes), liberar substâncias alelopáticas e assim inibir a brotação, hospedar pragas e doenças comuns à cultura ou, ainda, interferir no rendimento da colheita (Pitelli 1985).

Atualmente, o método de controle de planta daninha mais utilizado é por meio de aplicações de herbicidas (controle químico), tanto na pré como na pós-emergência, com diferentes mecanismos de ação e diferentes formulações. A mistura de herbicidas é uma alternativa importante, pois visa aumentar o espectro de controle e a eficácia dos herbicidas utilizados. Assim é necessários herbicidas que apresentem amplo espectro de controle para se adequar às exigências da cultura no controle da planta invasora (Rodrigues & Almeida, 2005).

Destacam-se as moléculas de herbicidas amicarbazone, diuron, hexazinone e tebuthiuron, que inibem a

eficiência fotossintética das plantas e tem seu registro para uso no Brasil. A inibição do fotossistema acontece pela ligação dos herbicidas ao sítio de ligação da  $Q_B$ , na proteína  $D_1$  do fotossistema II, o qual se localiza na membrana dos tilacóides dos cloroplastos e causa, o bloqueio do transporte de elétrons da  $Q_A$  para  $Q_B$ . Isso interrompe a fixação de  $CO_2$  e a produção de ATP e  $NADPH_2$  (OLIVEIRA JR. et al., 2011).

Em relação à fase de transporte de elétrons durante a fotossíntese nas plantas, a luz é absorvida pela clorofila e, ao excitarem os elétrons, promovem a transferência da energia para os centros de reação dos fotossistemas II e I (YOUNG & FRANK, 1996). Quando ocorre excesso de energia, esta pode ser dissipada na forma de fluorescência (KRAUSE & WINTER, 1996). Portanto, uma das formas de monitoramento da inibição ou redução na transferência de elétrons entre os fotossistemas das plantas submetidas à aplicação de herbicidas, que pode ser observada ainda em folhas intactas, é a fluorescência da clorofila (MAXWELL & JOHNSON, 2000); a redução na dissipação da energia pelo processo fotoquímico é refletida por incremento correspondente na fluorescência.

A análise da fluorescência da clorofila vem sendo largamente utilizada no entendimento dos mecanismos da fotossíntese propriamente dita, bem como na avaliação da capacidade fotossintética alterada com a aplicação de herbicidas (IRELAND et al., 1986). Para esse tipo de avaliação são utilizados fluorômetros, em aplicações que variam desde a rápida identificação de injúrias causadas ao aparelho fotossintético, mesmo quando os sintomas não sejam considerados visíveis, até a análise detalhada da alteração da capacidade fotossintética da planta.

Objetivou-se através do presente estudo avaliar a eficiência fotossintética de misturas de herbicidas em pós-emergência no controle de *B. decumbens*.

## 2-MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação pertencente ao Núcleo de Pesquisas Avançadas em Matologia (NUPAM), localizado nas coordenadas geográficas: latitude de 22°07'56"S, longitude de 74°66'84" W e altitude de 762 m., pertencente ao Departamento de Produção e Melhoramento Vegetal da Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP, campus de Botucatu – SP.

Como unidade experimental foram utilizados vasos plásticos com capacidade de 1 dm<sup>3</sup>. Com base dos resultados pela análise química e granulométrica (Tabela 1), o solo foi corrigido quimicamente de acordo com as necessidades adequadas para a produção da planta daninha para propiciar melhor crescimento e desenvolvimento, e em seguida, procedeu-se a semeadura das sementes de *B. Decumbens*.

**Tabela 1** - Análise química e granulométrica do solo utilizado no experimento com da *Brachiaria decumbens*, SP, 2014.

pH	M.O (CaCl <sub>2</sub> ) (g dm <sup>-3</sup> )	P res. (mg dm <sup>-3</sup> )	Al <sup>3+</sup>	H <sup>+</sup> +Al <sup>3+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	SB	T	V(%)
			-----			(mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )		-----		
LVD	3,8	32	3	-	94	1,4	2	1	5	72 5
Granulometria (%)	Classe de solo									
		Argila	Limo	Areia						
			Fina	Média	Grossa	Total	Classel			
LVD		20	4	22,9	35,7	17,4	7,6	Média		

Departamento de Solos – FCA/UNESP – Botucatu

As plantas apresentaram folhas totalmente expandidas, e assim as mesmas receberam os seguintes tratamentos herbicidas abaixo:

**Tabela 2.** Tratamentos utilizados no experimento com os seguintes herbicidas pós-emergência na *B.decumbens*. Botucatu/SP, 2014

Tratamentos	Dose de i. a. (kg ha <sup>-1</sup> )
Testemunha	-----
(T2) Amicarbazone	1400 g i.a. ha <sup>-1</sup>
(T3) Saflufenacil	35 g i.a. ha <sup>-1</sup>
(T4) Amicarbazone + Saflufenacil	1400 + 35 g i.a. ha <sup>-1</sup>
(T5) Amicarbazone + Tebutiuron + Diuron	750 g i.a. ha <sup>-1</sup>
(T6) Amicarbazone + Tebutiuron + Diuron + Saflufenacil	750 + 35 g i.a. ha <sup>-1</sup>
(T7) Amicarbazone + Hexazinona	750 g i.a. ha <sup>-1</sup>
(T8) Amicarbazone + Hexazinona + Saflufenacil	750 + 35 g i.a. ha <sup>-1</sup>
(T9) Diuron + Hexazinona	20 g i.a ha <sup>-1</sup>

O experimento foi instalado em delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições.

A aplicação dos herbicidas foi realizada com auxílio de um pulverizador estacionário, instalado em laboratório, constituído de duas barras de pulverização munidas de pontas de pulverização modelo XR 110.02 VK, espaçadas de 0,5 m e posicionadas a 0,5 m de altura em relação às plantas. A pulverização foi realizada sob pressão constante de 1,5 bar, pressurizado por ar comprimido, com consumo de calda equivalente a 200 L ha<sup>-1</sup>. A temperatura no momento da aplicação foi de 25°C, com umidade relativa de 66%.

Após a aplicação dos tratamentos, as plantas foram transportadas para a casa de vegetação, onde ficaram até o término do estudo.

A eficiência fotossintética das plantas foi mensurada por meio da fluorescência, registrada pela leitura da taxa de transporte de elétrons (ETR), os intervalos utilizados para avaliação foram de 1, 2, 4, 24, 28, 48 e 72 horas após a aplicação dos herbicidas.

Nos intervalos de 7, 9, 11 e 13 dias após a aplicação do herbicida de pós emergência, foi realizada a avaliação visual de porcentagem de controle das espécies daninhas em estudo, por meio de uma escala percentual de notas, em que 0 correspondeu a nenhum controle e 100 à morte das plantas daninhas.

As avaliações da taxa de transporte de elétrons (ETR) para as espécies de plantas daninhas foram realizadas pelo fluorômetro portátil (Opti-Sciences - Multi-Mode Chlorophyll Fluorometer OS5p), em diferentes períodos após a aplicação, onde avaliou a

variação que cada herbicida causou na *B. decumbens* logo após a sua aplicação.

A taxa de transporte de elétrons dada em  $\mu\text{Mols elétrons m}^{-2} \text{ s}^{-1} = (\text{Y}).(\text{PAR}).(0,84).(0,5)$  é equivalente a: (produção de *quantum* do PSII) x (medidas da radiação fotossinteticamente ativa medida em  $\mu\text{Mols elétrons m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) x (coeficiente de absorção da folha) x (fração de luz absorvida pelo complexo antena do PSII). O ETR é uma medida da separação de cargas do centro de reação do PSII. Na equação são usados valores-

$$IC = \frac{t \times (\text{desvpadão})}{\sqrt{nr}}$$

, Onde:

“IC” = intervalo de confiança;

“t” = valor de t tabelado, ao nível de 10% de probabilidade;

“desvpad” = desvio padrão;

“nr” = raiz quadrada do número de repetições.

Os dados de fitointoxicação foram submetidos à análise de variância, e as medias submetidas ao teste Tukey 5% de probabilidade.

### 3-RESULTADOS E DISCUSSÃO

padrão, porém ambos os coeficientes de absorção e fração da luz absorvida pelo PSII podem ser trocados (LAISK & LORETO, 1996).

Os dados da taxa de transporte de elétrons (ETR) foram expressos em porcentagem em relação à testemunha. Foram calculados a media dos tratamentos e estabelecido intervalo de confiança pelo teste t a 10% de probabilidade, conforme equação abaixo.

A taxa de transporte de elétrons (ETR) pode ser observada na Figura 1, o Amicarbazone 1 hora após a aplicação do herbicida reduziu a ETR em 31,47 em porcentagem da testemunha; após 2 e 4 horas ele apresentou 13,38 e 22,16 respectivamente, em porcentagem da ETR em relação a testemunha. E depois de 24 horas a planta daninha apresentou constante redução até a morte da *Brachiaria decumbens*.

O herbicida Saflufenacil, não apresentou redução significativa nas primeiras horas de aplicação em relação a testemunha; 24 a 72 horas após aplicação, apresentou 39,36% e 25,26% de redução do ETR respectivamente. A partir das avaliações seguintes não apresentou a morte da planta daninhas e permanecendo constante.

No intervalo de quatro horas de aplicação dos tratamentos realizados na concentração de 0,250 ppm de amicarbazone, os valores de ETR sofreram redução de 42, 13 e 55% de ETR para *Ipomoea grandifolia*, *Brachiaria decumbens* e *Digitaria sp.* (Araldi et al., 2011).

Após 24 horas de aplicação do amicarbazone, houve redução de 76, 51 e 82% respectivamente para *Ipomoea grandifolia*, *Brachiaria decumbens* e *Digitaria sp.*, sendo a *Brachiaria decumbens* mais tolerante ao amicarbazone quando comparada com a *Ipomoea grandifolia* e *Digitaria sp.*, por apresentar maior efeito de intoxicação (Carbonari, 2009; Negrisoli et al., 2007)

Em relação a Mistura de (Amicarbazone + Saflufenacil), não apresentou grande diferença em relação a aplicação do amicarbazone, resultou apenas em uma pequena diminuição da fotossíntese, porém não significativo em comparação ao herbicida sem a mistura na figura 1.

O Amicarbazone é um inibidor do fotossistema II e interfere no processo fotossintético; vimos que é comum observar amarelecimento das folhas da *Brachiaria decumbens*, após os primeiros dias da aplicação dos herbicidas (Rodrigues & Almeida, 2005) e o Saflufenacil inibe a síntese da enzima protoporphinogênio-IX-oxidase (PPO).

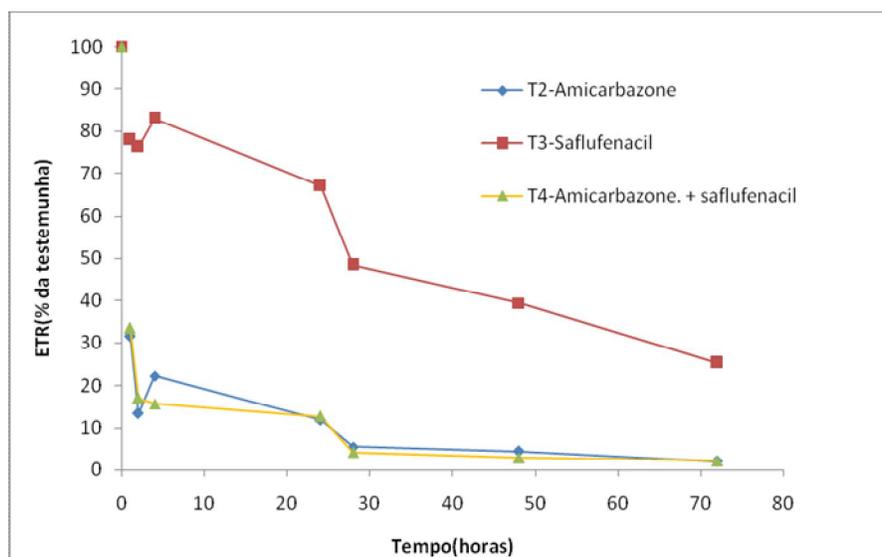


Figura 1 - Efeito da aplicação do Amicarbazone, Suflufenacil, Amicarbazone + Saflufenacil, em pós-emergência. Botucatu-SP, 2014.

Na figura 2 verifica-se que as misturas do tratamento 5, apresentaram comportamentos semelhantes ao tratamento 6 em relação a inibição do transporte de elétrons, o que mostra pequena diferença nas avaliações de ETR desde o início da avaliação até o final.

O herbicida diuron, aplicado na planta daninha, apresentou redução da ETR em 30% em relação à testemunha na primeira avaliação, duas horas após a aplicação; na segunda avaliação, realizada após 24 horas, a redução chegou a 100% segundo (Giroto et al., 2012).

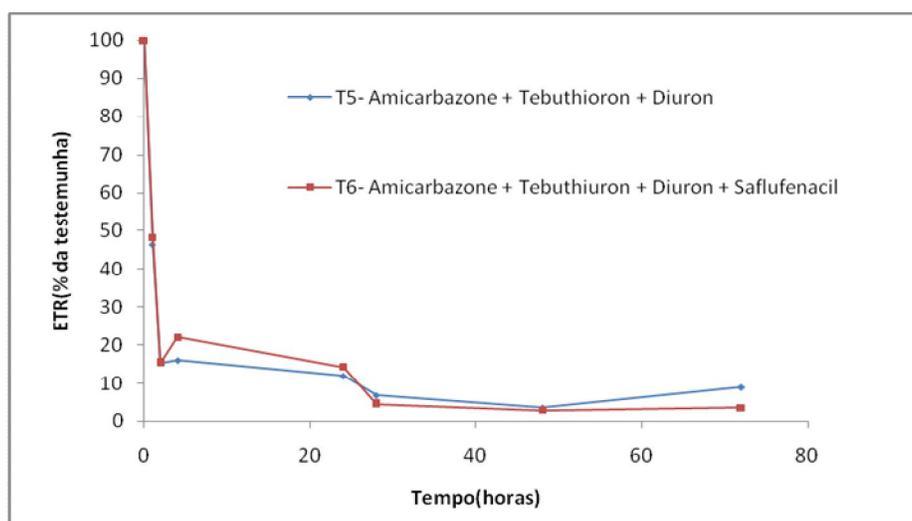


Figura 2 - Efeito da aplicação do Amicarbazone + Tebuthiuron + Diuron, Amicarbazone + Tebuthiuron + Diuron + Saflufenacil, em pós-emergência *Brachiaria decumbens*. Botucatu-SP, 2014.

A aplicação dos tratamentos 7 e 8 respectivamente não apresentou diferença significativa na figura 3. A eficiência dos herbicidas na *B. decumbens*, observada após 5 dias, apresentou resposta melhor em comparação da ETR, principalmente para a última avaliação com redução até chegar a morte da planta.

Segundo Araldi et al (2011), o herbicida diuron apresentou

comportamento semelhante ao do amicarbazone no transporte de elétrons e após um período de tempo, recuperou novamente o processo inicial da fotossíntese.

Giroto et al. (2012), verificaram comportamentos de intoxicação de planta invasora: com os tratamentos de tebuthiuron + hexazinone, diuron + hexazinone e metribuzin, que

apresentaram entre 20 e 25% de controle visual, e metribuzin + hexazinone, tebuthiuron e diuron, que mostraram

menor porcentagem de intoxicação, com valores próximos a 5% de controle apenas.

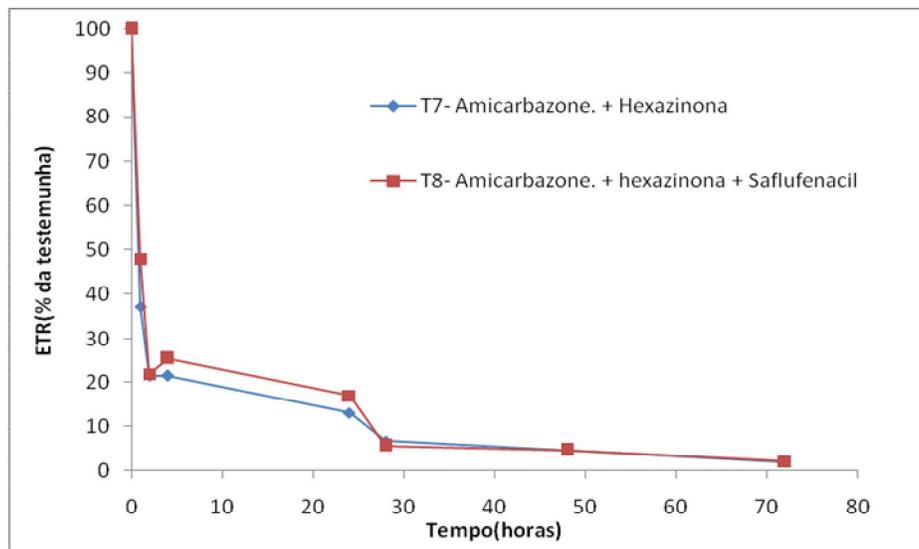


Figura 3 - Efeito da aplicação do Amicarbazone + Hexazinone, Amicarbazone + Hexazinone + Saflufenacil, em pós-emergência da *B.decumbens*. Botucatu-SP, 2014.

O herbicida Diuron+hexazinone que é o tratamento 9, apresentado na figura 4, com ótimo resultado a partir de 2 horas com 20,03% em relação a testemunha na diminuição do ETR, com decréscimo até chegar a morte da planta.

Pode-se visualizar que o tratamento 9 em relação o tratamento 8 mostrou diferença em sua resposta inicial, por ser herbicidas diferentes, mas proporcionou a mesma resposta em relação a morte da planta daninha na última avaliação.

Conforme o experimento, apresentou uma diferença nos tratamentos na tabela 3, enfatizando que a aplicação do amicarbazone com o saflufenacil não teve aceleração no processo de intoxicação da planta daninha com a mistura.

Com o aparelho fluorômetro, foi possível verificar a intoxicação da *B.decumbens* após a aplicação de herbicidas inibidores do fotossistema II de forma isolada e em mistura

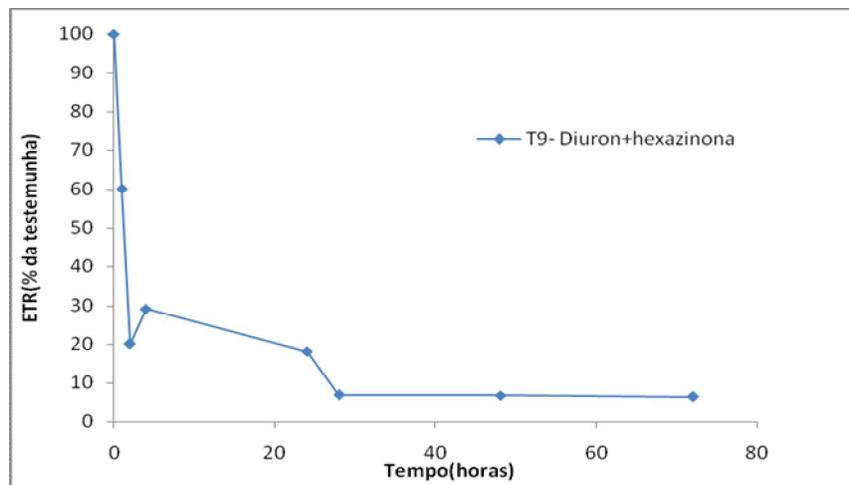


Figura 4 - Efeito da aplicação do Diuron + hexazinone, em pós-emergência por meio da avaliação da taxa de transporte de elétrons (ETR) ao longo do tempo para as cultivares. Botucatu-SP, 2014.

O controle da planta invasora foi observado a partir dos 7 DAA em todos os tratamentos avaliados, com a dosagem do amicarbazone de 1400 g i.a. ha<sup>-1</sup> proporcionou excelente controle para *Brachiaria decumbens* aos 14 DAA (Perim et al,2009).

Giroto et al. (2012), observaram que na aplicação do herbicida diuron teve um controle visual da planta daninha *Digitaria horizontalis* de 73% em relação a testemunha, seguido de *B. decumbens* (32% de controle), *Panicum maximum* e *I. grandifolia*, que não diferiram estatisticamente, e *I.*

*hederifolia* e *Merremia cissoides*, com os menores níveis de sintomas visuais e também sem diferenciaram estatisticamente.

O tratamento 3 apresentou baixo teor de intoxicação na planta daninha *B. decumbens*, e não ocorreu a morte da planta depois dos 13 dias avaliados com 56.25% em relação a testemunha.

O herbicida inibidor do fotossistema II interfere no processo fotossintético das plantas; causa amarelecimentos das folhas após a aplicação nos primeiros dias (Rodrigues & Almeida, 2005).

**Tabela 3** - Porcentagem de controle das espécies de plantas daninhas *Brachiaria decumbens* em dias diferentes, após a aplicação dos herbicidas .Botucatu-SP, 2014.

Herbicidas	NOTA			
	7DAA	9DAA	11DAA	13DAA
T2	63.75e	75.00cd	95.00c	100c
T3	62.50e	53.75e	56.25e	56.25e
T4	77.50e	86.25c	94.25c	100c
T5	68.50e	75.00cd	83.25cd	99c
T6	67.50e	56.25e	76.25cde	88.75dc
T7	62.50e	66.25ed	77.50cde	86.25dc
T8	63.75e	61.25ed	58.75de	77.50cde
T9	65.00e	63.75ed	63.75de	68.75cd
DMS	23,95	14,89	25,08	24.12
FCAL	0.988**	12.079**	8.103**	9.986**
C.V.(%)	15.21	9.35	13.98	12.02

C.V(% ) = Coeficiente de variação.;

#### 4-LITERATURA CITADA

ARALDI, R. et al. ANÁLISES DE FLUORESCÊNCIA E CONSUMO DE ÁGUA EM *Brachiaria decumbens* APÓS APLICAÇÃO DE HERBICIDAS EM PÓS-EMERGÊNCIA. In. *Planta Daninha*, Viçosa-MG, v. 29, p. 1053-1060, 2011. Número Especial.

CARBONARI, C. A. **Efeito da palha na disponibilidade do herbicida amicarbazone na solução do solo em áreas cultivadas com cana-de-açúcar.** 2009. 101 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Proteção de Plantas)-Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2009.

GIROTTO, M. et al. EFEITO DO HEXAZINONE ISOLADO E EM MISTURA NA EFICIÊNCIA FOTOSSINTÉTICA DE *Panicum maximum*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, *Planta Daninha*, Viçosa-MG, v. 30, n. 2, p. 341-347, 2012

IRELAND, C. R.; PERCIVAL, M. P.; BAKER, N. R. Modification of the induction of photosynthesis in wheat by glyphosate, an inhibitor of amino acid metabolism. *J. Exper. Bot.*, v. 37, n. 176, p. 299-308, 1986.

KRAUSE, G. H.; WINTER, K. Photoinhibition of photosynthesis in plants growing in natural tropical forest gaps: a chlorophyll fluorescence study. *Bot. Acta*, v. 109, n. 6, p. 456-462, 1996.

LAISK, A.; LORETO, F. Determining photosynthetic parameters from leaf CO<sub>2</sub> exchange and chlorophyll fluorescence. Ribulose-1,5-bisphosphate carboxylase/oxygenase specificity factor, dark respiration in the light. *Plant Physiol*, v. 110, n. 3, p. 903-912, 1996.

MAXWELL, K.; JOHNSON, G. N. Chlorophyll fluorescence: a practical guide. *J. Exper. Bot.*, v. 51, n. 345, p. 659-668, 2000.

NEGRISOLI, E.; ROSSI, C.V.S.; VELINI, E.D.; CAVENAGHI, A.L.; COSTA, E.A.D.; TOLEDO, R.E.B. 2007. Weed control by amicarbazone applied in the presence of sugar-cane straw. *Planta Daninha*, v.25, p.603–611, 2007.

PITELLI, R. A. Interferência de plantas daninhas em culturas agrícolas. *Inf. Agropec.*, v. 11, n. 129, p. 16-27, 1985.

OLIVEIRA JR, R.S. ; CONSTANTIN, J. ; INOUE, M. H. **Biologia e manejo de plantas daninhas**. (ed. 1º) Curitiba: Ed. Omnipax, 2011. v. 1. 348p.

RAMOS, M. B. M.; VALENTE, T. O. Interferência de substâncias alelopáticas extraídas de *Brachiaria decumbens* Stapf. na germinação da soja (*Glycine max*) e milho (*Zea mays*). In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA

DAS PLANTAS DANINHAS, 21., 1997, Viçosa, MG. Resumos... Viçosa: Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas, 1997. p. 438.

RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F. S. Guia de herbicidas. 5.ed. Londrina: Edição dos Autores, 2005. 592 p.

VELINI, E. D.; NEGRISOLI, E. Controle de plantas daninhas em cana crua. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 22., 2000, Foz do Iguaçu, PR. Palestra... Foz do Iguaçu: Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas, 2000. p. 148-164.

YOUNG, A. L.; FRANK, H. A. Energy transfer reactions involving carotenoids: quenching of chlorophyll fluorescence. J. Photochem. Photobiol. B: Biol., v. 36, n. 1, p. 3-15, 1996.