

SENSIBILIDADE DE MUDAS DE ESPÉCIES FLORESTAIS NATIVAS AO GLYPHOSATE

SENSITIVITY OF NATIVE FOREST SPECIES SEEDLINGS TO GLYPHOSATE

Vinícius Morais MACHADO¹; José Barbosa SANTOS²; Israel Marinho PEREIRA²; Rodrigo Oliveira LARA³; Cássia Michele CABRAL¹; Cristiany Silva AMARAL¹

1. Mestre (a) Programa de Pós Graduação em Ciência Florestal da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri - UFVJM, Diamantina, MG, Brasil; viniciusfloresta@hotmail.com; 2. Professor, Doutor, Programa de Pós Graduação em Ciência Florestal- UFVJM, Diamantina, MG, Brasil; 3. Mestrando do Programa de Pós Graduação em Ciência Florestal, - UFVJM, Diamantina, MG, Brasil.

RESUMO: Herbicidas com conhecida ação seletiva têm sido utilizados no controle de plantas daninhas em reflorestamentos. Diante disso, este trabalho teve como objetivo avaliar a sensibilidade de algumas espécies arbóreas de interesse comercial e na recuperação de áreas degradadas ao glyphosate, visando à adequação de métodos mais eficientes no controle de plantas daninhas. Para a realização do experimento foram utilizadas quatro espécies: *Plathymenia reticulata*, *Bowdichia virgilioides*, *Kielmeyera lathrophyton* e *Solanum lycocarpum*. Foram estudados os efeitos da aplicação das quatro doses do glyphosate (0, 160, 480, 1440 g ha⁻¹) sobre as variáveis: intoxicação das plantas, altura, diâmetro na altura do coleto, número de folhas e anatomia foliar. Para a caracterização anatômica das espécies foram realizados cortes nas folhas dos indivíduos remanescentes de *Solanum lycocarpum*, *Kielmeyera lathrophyton* e *Bowdichia virgilioides*. Os sintomas mais evidentes foram a clorose e necrose foliar, sendo *S. lycocarpum* a espécie que mais sofreu com a ação do herbicida. A maior mortalidade foi observada para a *S. lycocarpum*, sendo que todos os indivíduos que receberam as maiores doses dos tratamentos de glyphosate morreram. A presença de sintomas de intoxicação e o normal desenvolvimento das mudas de *Plathymenia reticulata*, *Bowdichia virgilioides*, *Kielmeyera lathrophyton* são indícios de que estas espécies são tolerantes ao glyphosate.

PALAVRAS-CHAVE: Intoxicação. Herbicidas. Reflorestamento.

INTRODUÇÃO

Os custos envolvidos na implantação e manutenção dos projetos de restauração florestal geralmente são elevados (MELO, 2005) e a parte significativa desse custo está relacionada ao uso de métodos pouco eficientes e onerosos de controle de plantas daninhas e aos prejuízos causados por esse grupo de plantas, que reduz o crescimento das espécies plantadas (GONÇALVES et al., 2003). Logo a presença das plantas daninhas torna-se indesejável tanto pelo aspecto silvicultural quanto econômico, uma vez que estas competem por água, luz e nutrientes.

Com o desenvolvimento da indústria de defensivos agrícolas a partir da década de 1940, o manejo das plantas daninhas, vem sendo realizado predominantemente por herbicidas. O controle químico é considerado uma alternativa eficiente, visto que alguns herbicidas controlam uma série de plantas daninhas, além da rapidez e economicidade da prática (TOLEDO et al., 1996; CHRISTOFOLLETI, 1998).

Como tentativa de melhoria dos métodos de controle de plantas daninhas em reflorestamentos, herbicidas com conhecida ação seletiva para algumas culturas agrícolas têm sido utilizados,

embora ainda sejam escassos os estudos dos prejuízos potenciais que a aplicação desses produtos possa trazer ao desenvolvimento das espécies nativas (BRANCALION et al., 2009).

O uso do glyphosate no controle de plantas daninhas em florestas tem crescido rapidamente nos últimos anos. Este fato tem ocorrido por diversas razões, incluindo a grande eficiência comprovada do produto sobre diversas plantas daninhas infestantes de áreas com exploração florestal. Além disso, esse produto não apresenta poder residual no solo, por ser fortemente adsorvido pelas partículas coloidais (AMARANTE JUNIOR et al., 2002), contudo, exige-se aplicações repetidas no controle de plantas daninhas durante o período de formação da floresta (TOLEDO, 1998).

O comportamento das espécies florestais sob a ação de herbicidas, no que diz respeito à tolerância e aos efeitos tóxicos por subdoses em deriva devem ser avaliados. Atualmente, a maioria dos trabalhos de seletividade estão direcionados a cultura do eucalipto (FERREIRA et al., 2009; TUFFI SANTOS et al., 2006) e de Pinus (SILVA et al., 2000; COSTA et al., 2002; CANTARELLI et al., 2006).

Deve-se enfatizar que, seja na implantação de florestas ou recuperação de áreas degradadas, leis

federal e estaduais proíbem o uso de herbicidas em áreas de preservação permanente. Por outro lado, em algumas situações específicas e sob rigoroso controle técnico, esta pode ser uma alternativa a ser considerada, na tentativa de assegurar a revegetação nestas áreas. Ainda, admitindo-se o plantio comercial de espécies florestais alternativas ao eucalipto, a opção do manejo químico com glyphosate é interessante desde que conhecidos os efeitos potenciais da deriva desse produto sobre as plantas.

Neste sentido, objetivou-se com esse trabalho avaliar a sensibilidade de espécies arbóreas de interesse comercial (*Plathymenia reticulata* e *Bowdichia virgilioides*) e na recuperação de áreas degradadas (*Kielmeyera lathrophyton* e *Solanum lycocarpum*) ao glyphosate.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado na Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM), Diamantina - MG. O clima local é tipicamente tropical, Cwb na classificação de Köppen, caracterizado por verões brandos e úmidos (outubro a abril) e invernos mais frescos e secos (junho a agosto). A precipitação média anual varia de 1250 a 1550 mm e a temperatura média anual situa-se na faixa de 18 a 19°C, sendo predominantemente amenas durante todo o ano, devido às superfícies mais elevadas dessa serra. A umidade relativa do ar é quase sempre elevada, com médias anuais de 76%.

Para a realização do experimento foram utilizadas quatro espécies: *Plathymenia reticulata* (vinhático) e *Bowdichia virgilioides* (sucupira-preto) ambas utilizadas em plantios comerciais, devido ao interesse pela madeira produzida; e *Kielmeyera lathrophyton* (pau-santo) e *Solanum lycocarpum* (lobeira), ambas de interesse uso na recuperação de áreas degradadas de cerrado por apresentarem rápido crescimento. As mudas foram produzidas a partir de sementes coletadas de progênies provenientes de áreas com vegetação original constituída por Cerrado.

Realizou-se o semeio em tubetes de polipropileno contendo substrato a base de 40% de vermiculita, 30% de casca-de-arroz carbonizada e 30% de fibra de coco. Ao substrato foi adicionado 7,0 g dm⁻³ de Osmocote® (NPK 15:09:12 + 1% de Mg; 2,3% de S, 0,02% de B; 0,05% de Cu; 1% de Fe; 0,06% de Mn; 0,02% de Mo; e 0,05% de Zn).

Após 120 dias da sementeira para as mudas *Plathymenia reticulata* e *Bowdichia virgilioides* e 80 dias para as mudas de *Kielmeyera lathrophyton*

(*Solanum lycocarpum*), estas foram transplantadas para vasos de 7 litros, contendo neossolo com pH em água 6,2 e os respectivos valores para: Ca, Mg e Al – 2,5, 1,0 e 0,1 cmol_c dm⁻³, P (Mehlich-1) e K – 57,2 e 211 mg dm⁻³, areia, silte e argila – 83, 11 e 6 dag kg⁻¹, antes do transplante das mudas. Procedeu-se uma adubação de cobertura realizada 15 dias após o transplante, sendo utilizado por vaso 12 g de NPK 6-30-6 e 4 g de Osmocote® (NPK 15:09:12 + 1% de Mg; 2,3% de S, 0,02% de B; 0,05% de Cu; 1% de Fe; 0,06% de Mn; 0,02% de Mo; e 0,05% de Zn).

O experimento foi conduzido entre maio e setembro de 2011, em delineamento inteiramente casualizado (DIC), com cinco repetições, em esquema de parcelas subdivididas 4x2, sendo estudado na parcela o efeito das quatro dosagens do herbicida e duas épocas de avaliação para as variáveis: altura e diâmetro na altura do coleto; e em esquema de parcelas subdivididas 4x3 para a variável número de folhas, sendo estudado na parcela o efeito das quatro dosagens de herbicida e três épocas de avaliação. As doses do glyphosate nas doses (0, 160, 480, 1440 g ha⁻¹) baseados nas doses comerciais recomendadas para plantios de eucalipto, uma vez que estes herbicidas não são registrados para plantios das espécies em questão, utilizando-se o produto comercial Roundup Original®. A unidade experimental foi constituída por uma muda de cada espécie cultivada nos vasos de 7 L.

A aplicação do herbicida foi realizada com pulverizador manual pressurizado a ar comprimido por compressor, munido com ponta tipo leque 110-03, regulado com pressão constante de 2,5 bar por meio de uma válvula reguladora de pressão, com volume de solução final de 150 L ha⁻¹. As plantas permaneceram após a aplicação protegidas do contato com água da chuva ou proveniente da irrigação, visando evitar a lavagem do produto. Os tratamentos culturais das mudas do experimento foram os mesmos utilizados para a produção comercial de mudas, constituído por irrigações diárias e exposição das mudas a pleno sol.

As variáveis analisadas foram intoxicação das plantas, altura da parte aérea, diâmetro do coleto e número de folhas. A intoxicação das mudas foi avaliada aos 30, 60 e 90 dias após a aplicação dos tratamentos (DAA), os danos foram determinados em relação à testemunha sem herbicida atribuindo-se notas que variaram de zero (ausência de sintomas provocados pelos herbicidas) a 100 (morte da planta). Para cada espécie, foi ajustado modelo de regressão exponencial.

Aos 60 DAT procedeu-se à medição da altura da parte aérea das mudas (coleta ao ápice) e do diâmetro do coleto (largura do caule a dois centímetros solo). O crescimento em altura e diâmetro foram obtidos pela diferença entre o comprimento da muda na instalação do experimento e na última avaliação. Mediu-se com régua a distância entre o colo da planta e a inserção da última folha expandida. O acréscimo do número de folhas foi obtido pela diferença entre o número de folhas na muda na instalação do experimento e aos 60 DAA.

Após 90 dias da aplicação do herbicida, os indivíduos remanescentes de *Bowdichia virgilioides*, *Kielmeyera lathrophyton* e *Solanum lycocarpum* foram coletados e separados em folha, caule e raízes.

Visando avaliação de efeitos somente detectáveis ao nível histológicos, amostras foliares foram fixadas em FAA 70 (5% de formaldeído a 40%; 5% de ácido acético glacial e 90% de álcool etílico a 70%) e posteriormente transferidas para etanol 70 GL (Gay Lussac).

As secções anatômicas foram feitas à mão livre, com auxílio de lâmina de barbear, na região mediana da folha no sentido transversal e coradas com azul de alcian 0,5% em ácido tartárico 2% e fucsina 0,05%. Todo o material foi montado entre lâmina e lamínula com gelatina glicerizada. Cortes foram fotomicrografados e analisados pelo Software IMAGE PRO-PLUS. Avaliaram-se as seguintes características: espessura da lâmina foliar, espessura do parênquima paliádico e parênquima lacunoso, espessura da epiderme adaxial, além da integridade visual dos tecidos. Não foi possível realizar os cortes anatômicos para a espécie *Plathymenia reticulata*. Foram estimadas equações de regressão relacionando a intoxicação visual e as doses do glyphosate empregadas. Para as variáveis ligadas à anatomia, foi realizada uma análise descritiva dos dados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Mesmo na menor dose aplicada do herbicida, as plantas apresentaram sintomas de intoxicação. Os sintomas mais evidentes foram a clorose, com o amarelecimento das folhas e a necrose foliar. Para as mudas sobreviventes, houve emissão de novas folhas principalmente a partir de 21 dias após a aplicação dos tratamentos (DAA), sendo que as folhas intoxicadas foram progressivamente entrando em senescência substituídas com a continuação do desenvolvimento das mudas.

Aos 14 DAA foi observado um amarelecimento das folhas de todas as espécies estudadas para a maior dose do herbicida (1440 g ha⁻¹). Este amarelecimento é resultado da degeneração dos cloroplastos e inibição da formação da clorofila (CAMPBELL et al., 1976; COLE et al., 1983). Em trabalho realizado por Yamashita et al. (2009), foi evidenciado a partir do sétimo dia da aplicação de glyphosate + 2,4-D amina (180 + 335 g ha⁻¹), murcha e amarelecimento das folhas do ápice de *Ceiba pentandra*. Sintomas semelhantes foram observados em estudo com cultura de eucalipto (Tuffi Santos et al., 2007).

Aos 30 DAA foi observada a maior mortalidade para *Solanum lycocarpum*, sendo que todos os indivíduos que receberam os tratamentos com as doses de 480 e 1440 g ha⁻¹ de glyphosate provocaram a morte das plantas (Figura 1). Já aos 60 DAA também foi observada mortalidade de 40% para os indivíduos tratados com a menor dose de glyphosate (160 g ha⁻¹). Assim percebe-se que o glyphosate causa danos à espécie *Solanum lycocarpum*, tornando-se necessário, aplicá-lo de forma dirigida no controle de plantas daninhas em áreas de recuperação, visando minimizar os danos às mudas.

Em trabalho realizado por Ferreira et al. (2005), avaliando o desenvolvimento inicial de espécies arbóreas após aplicação de herbicidas em pré-emergência, os autores constataram mortalidade de todos os indivíduos de *Solanum granuloso-leprosum* para as doses comerciais recomendadas de imazapyr e atrazine. Apesar de apresentarem mecanismos de ação diferentes do glyphosate, os resultados com tais herbicidas comprovam a sensibilidade do gênero *Solanum* a diversos grupos dessa classe de defensivos. Vale ressaltar que o glyphosate é recomendado para o controle de duas espécies do gênero *Solanum*, a saber: *S. americanum* (maria-pretinha) e *S. paniculatum* (jurubeba) nas doses 960 e 1920 g ha⁻¹ respectivamente (MAPA, 2012), o que também contribui para indicar uma maior sensibilidade das mudas de lobeira ao herbicida aplicado.

Outro fator que pode explicar a elevada mortalidade para as mudas de *S. lycocarpum* é o fato de esta espécie possuir um elevado número de espinhos em suas folhas o que aumenta a superfície de contato entre a folha e o produto aplicado. As folhas tratadas com a menor dose do herbicida apresentaram todos os parâmetros anatômicos avaliados menores quando comparados à testemunha (Tabela 1).

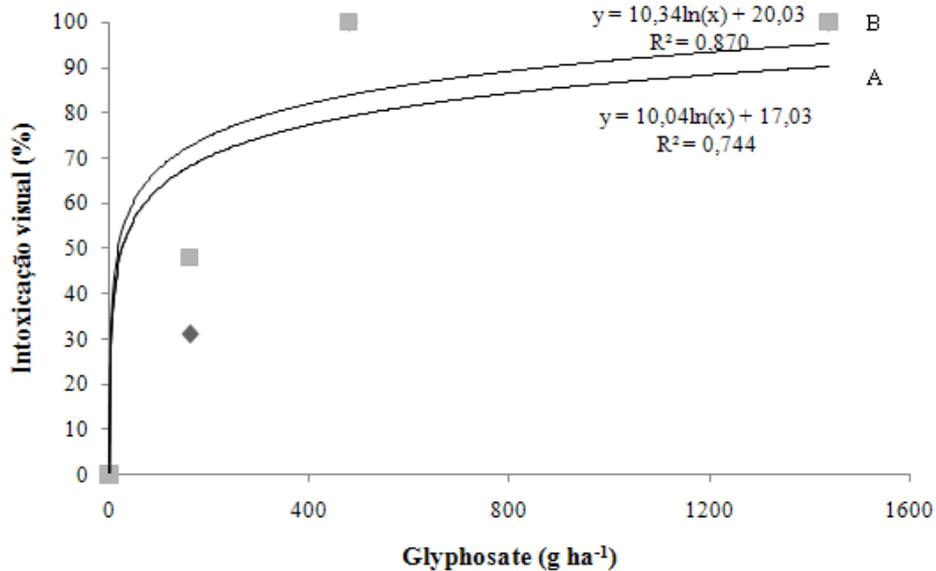


Figura 1. Intoxicação das mudas de *Solanum lycocarpum* (lobeira), em função das doses de glyphosate, aos 30 (A) e 60 (B) dias após a aplicação dos tratamentos.

Tabela 1. Diferença da espessura da lâmina foliar (LF), epiderme adaxial (EAD), parênquima paliçádico adaxial (PP-AD), parênquima paliçádico abaxial (PP-AB), parênquima lacunoso (PL) e epiderme abaxial (EAB) do limbo de *Solanum lycocarpum*, *Kielmeyera lathrophyton* e *Bowdichia virgilioides* tratadas com o herbicida glyphosate na dosagem de 0 g ha⁻¹ (T0) e 160 g ha⁻¹ (T1)

Espécie	LF	EAD	PP-AD	PL	PP-AB	EAB
	Média em µm					
<i>S. lycocarpum</i> (T0)	494,41	22,36	177,60	141,49	96,58	15,97
<i>S. lycocarpum</i> (T1)	309,48	21,73	111,15	86,56	56,53	13,93
<i>K. lathrophyton</i> (T0)	410,74	20,44	155,22	201,86	-	15,01
<i>K. lathrophyton</i> (T1)	242,74	18,13	77,20	133,82	-	13,91
<i>B. virgilioides</i> (T0)	325,77	44,08	104,12	145,00	-	23,63
<i>B. virgilioides</i> (T1)	219,74	34,50	61,64	91,99	-	21,45

A análise anatômica da folha de *Solanum lycocarpum* apresentou epiderme adaxial e abaxial com células de formato variado, (Figura 1-A). Seu mesófilo é isobilateral, apresentando parênquima paliçádico com células longas e parênquima lacunoso formado por células poliédricas e escasso espaço intercelular (Figura 1-A), assim como descrito por Matos et al. (1968) e Metcalfe e Chalk (1979).

Verificou-se a morte de três indivíduos da espécie *Plathymenia reticulata*, sendo um na dose 480 g ha⁻¹ e dois na dose 1440 g ha⁻¹ aos 30 DAA. Para o vinhático, foi ajustado um modelo de regressão quadrático pelo método dos mínimos quadrados ordinários, em que todos os parâmetros da equação mostraram-se significativos ($p < 0,05$). Pode-se perceber que aos 30 DAA a maior taxa de

intoxicação aparente foi para a dose de 480 g ha⁻¹, apresentando aproximadamente uma taxa de 96% de intoxicação (Figura 2). O sintoma mais proeminente foi a necrose das folhas, sendo que aos 60 DAA os indivíduos tratados já apresentavam emissão de novas folhas.

Para as demais espécies não houve mortalidade aos 30 DAA. As espécies *Kielmeyera lathrophyton* e *Bowdichia virgilioides*, foram as que menos sofreram danos com a aplicação das doses de herbicida, indicando que são seletivas ao glyphosate. A estrutura anatômica da folha apresentou células na face adaxial com formato predominantemente regular e recoberta por cutícula, o mesmo foi observado para a epiderme abaxial (Figura 1-B).

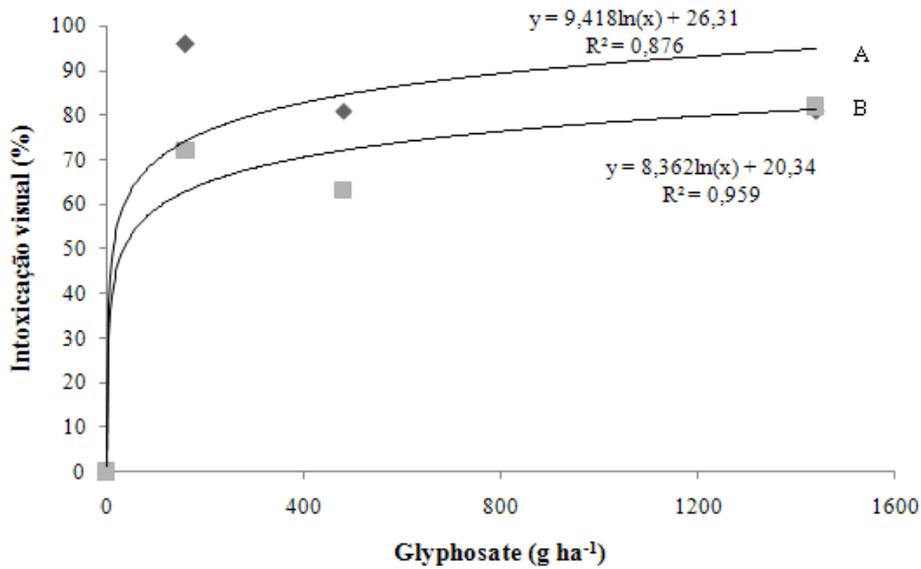


Figura 2. Intoxicação das mudas de *Plathyenia reticulata* (vinhático), em função das doses de glyphosate, aos 30 (A) e 60 (B) dias após a aplicação dos tratamentos.

Na Figura 3, são apresentados os dados médios de intoxicação visual para a espécie *Kielmeyera lathrophyton*. Não foi possível obter um modelo de regressão que explicasse o comportamento dos dados. Pode-se perceber que aos 30 DAA, para a dose comercial recomendada

desse herbicida (1440 g ha⁻¹), a taxa de intoxicação visual foi em média de 52%. Para a mesma dose, aos 60 DAA, foi verificado um aumento dessa taxa de 52% para 79% e a morte de um indivíduo neste tratamento.

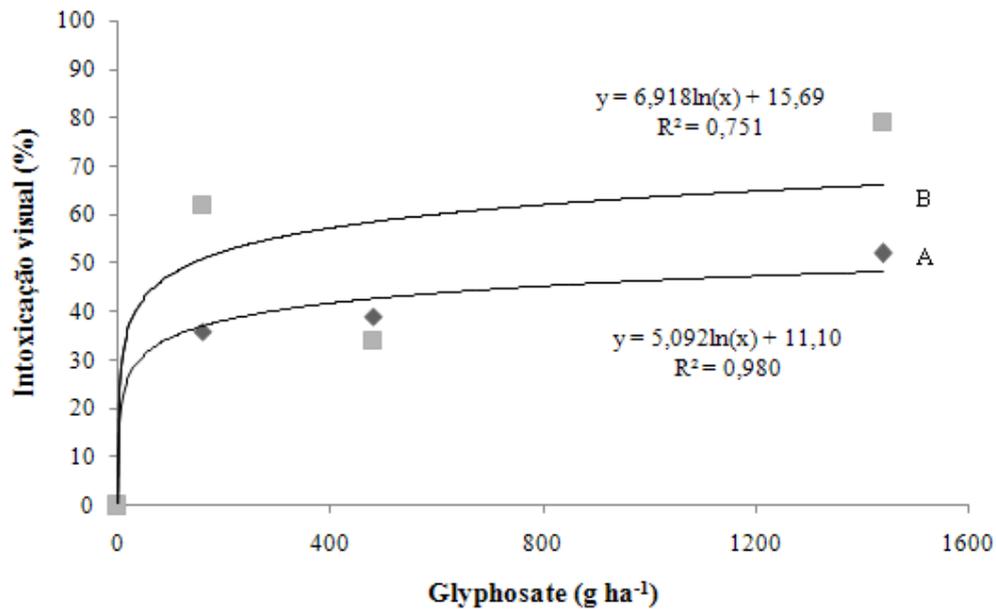


Figura 3. Intoxicação das mudas de *Kielmeyera lathrophyton* (pau-santo), em função das doses de glyphosate, aos 30 (A) e 60 (B) dias após a aplicação dos tratamentos.

Monquero et al. (2011), em trabalho com seletividade de herbicida para mudas de espécies nativas, encontraram intoxicação de 60% para mudas de *Acacia polyphylla* e de 80% para mudas de *Enterolobium contortisiliquum* quando as

mesmas foram tratadas com glyphosate na dosagem de 360 g ha⁻¹.

Já para a *Bowdichia virgilioides*, os sintomas de clorose verificados nas folhas aos 21 DAA, foram menos intensos quando comparados

para a *Kielmeyera lathrophyton* na mesma avaliação, ao passo que as folhas danificadas foram se recuperando ao longo do tempo. Fato que corrobora um menor nível de intoxicação nas mudas de sucupira é sua epiderme apresentar-se regular com parede anticlinal reta, periclinal interna acentuadamente côncava e periclinal externa recoberta por cutícula (Figura 1-C), o que dificulta a molhabilidade do herbicida, reduzindo assim o contato deste com a folha.

Na Figura 4 são apresentados os valores médios de intoxicação visual para a espécie *Bowdichia virgilioides*. Também não foi possível obter um modelo de regressão que explicasse o comportamento dos dados. Observou-se que a maior taxa média de intoxicação visual aparente foi de 67% para a dose comercial recomendada de glyphosate e a morte de um indivíduo aos 60 DAA.

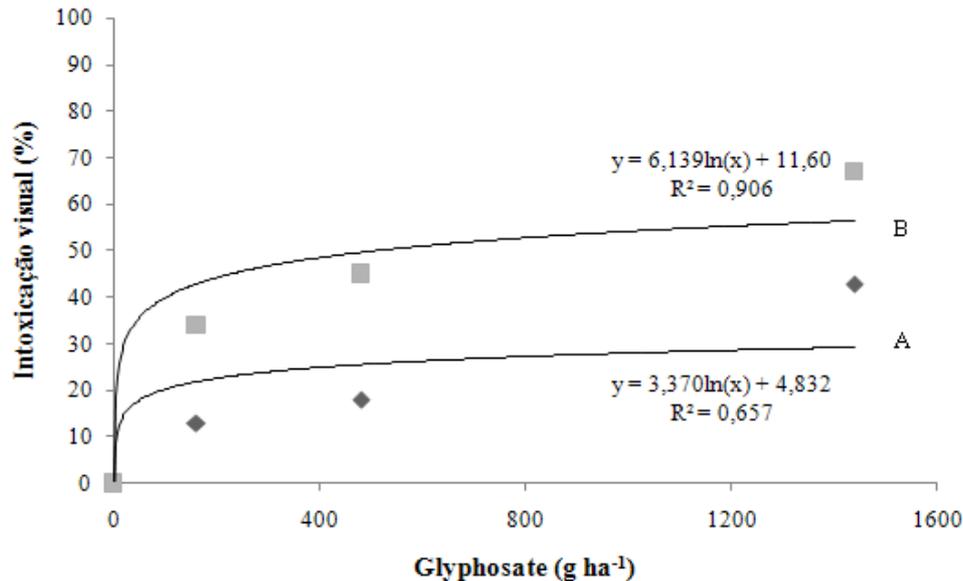


Figura 4. Intoxicação das mudas de *Bowdichia virgilioides* (sucupira-preto), em função das doses de glyphosate, aos 30 (A) e 60 (B) dias após a aplicação dos tratamentos.

A análise de folhas remanescentes do tratamento 160 g ha⁻¹ de glyphosate para as espécies apresentou de forma geral em maior ou menor grau redução da espessura da lâmina foliar, desorganização do parênquima lacunoso e paliçádico abaxial (Tabela 1). Em comparação à testemunha houve redução média de 37,4, 40,9 e 32,5% da espessura da lâmina foliar, para *Solanum lycocarpum*, *Kielmeyera lathrophyton* e *Bowdichia virgilioides* respectivamente. Este decréscimo foi ocasionado principalmente pela redução do parênquima paliçádico adaxial de em média 37,4; 50,3 e 40,8% para *Solanum lycocarpum*, *Kielmeyera lathrophyton* e *Bowdichia virgilioides* respectivamente (Figura 5-D, E, F). Sendo que para a variável epiderme adaxial o espécime mais afetado negativamente foi *Bowdichia virgilioides* com redução média de 21,6%, (Figura 5-C, F). Em

contraste, para as variáveis epiderme adaxial e parênquima paliçádico o espécime mais afetado foi *Solanum lycocarpum* com redução média de 12,5 e 38,8% respectivamente (Figura 5-A, D). Em *Solanum lycocarpum* não raras vezes observaram-se algumas células do parênquima lacunoso com conteúdos densos, provavelmente compostos fenólicos (Figura 5-A, D).

A redução na proporção dos tecidos foliares pode ser atribuída à aplicação do glyphosate uma vez que esta resulta na paralisação do crescimento e redução importante dos níveis de aminoácidos aromáticos (fenilalanina, tirosina e triptofano). Assim, acredita-se que esta desregularização resulta na perda de carbonos disponíveis para outras reações celulares da planta como a produção de blocos constituintes da parede celular (COLE et al., 1983; BRIDGES, 2003).

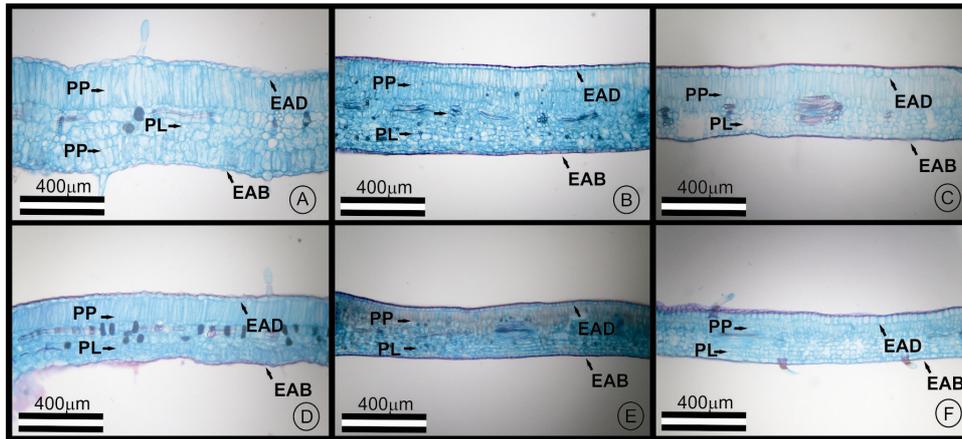


Figura 5. Fotomicrografias do limbo foliar das espécies tratadas com 0 (A,B,C) e 160 (D, E, F) g ha⁻¹ de glyphosate. A, D = *Solanum lycocarpum*; B, E = *Kielmeyera lathrophyton*; e C, F = *Bowdichia virgilioides*. PL (parênquima lacunoso), PP (parênquima paliçádico), EAD (epiderme adaxial) e EAB (epiderme abaxial).

Na Tabela 2 são apresentados os valores dos F das ANOVA obtidos para o número de folhas, altura e diâmetro na altura do coleto para as espécies *Solanum lycocarpum*, *Kielmeyera lathrophyton*, *Bowdichia virgilioides* e *Plathymenia reticulata*.

Não foi realizada a contagem da variável número de folha para a espécie *Plathymenia reticulata*, uma vez que esta é caducifólia e perde suas folhas no inverno como forma de minimizar a transpiração (LORENZI, 2002).

Tabela 2. Valores de F referentes às variáveis números de folhas, altura e diâmetro para as espécies em estudo. NF (número de folhas), H (altura), DAC (diâmetro do coleto), T (tratamento) e E (época)

F.V	F											
	<i>S. lycocarpum</i>			<i>K. lathrophyton</i>			<i>B. virgilioides</i>			<i>P. reticulata</i>		
	NF	H	DAC	NF	H	DAC	NF	H	DAC	NF	H	DAC
T	22,79*	28,38*	22,48*	0,10 ^{ns}	1,45 ^{ns}	2,95*	0,60 ^{ns}	0,38 ^{ns}	1,11 ^{ns}	-	1,87 ^{ns}	0,16 ^{ns}
E	12,42*	5,96*	15,97*	5,44*	0,57 ^{ns}	3,98 ^{ns}	1,14 ^{ns}	0,11 ^{ns}	0,22 ^{ns}	-	1,81 ^{ns}	1,81 ^{ns}
TxE	2,04 ^{ns}	5,20*	6,28*	0,34 ^{ns}	0,07 ^{ns}	0,42 ^{ns}	0,82 ^{ns}	0,21 ^{ns}	0,15 ^{ns}	-	0,46 ^{ns}	0,46 ^{ns}

* significativo a 5% de probabilidade; ns não-significativo; * significant at 5% probability; ns not significant.

O efeito da interação apresentou-se significativo somente para altura (H) e diâmetro na altura do coleto (DAC) na espécie *Solanum lycocarpum* (Tabela 2), sendo que para as espécies *Bowdichia virgilioides* e *Plathymenia reticulata* as variáveis estudadas não apresentaram diferenças significativas (p>0,05).

Na Tabela 3 é apresentado o desdobramento do grau de liberdade da interação entre tratamento (doses) e época, para a variável altura e diâmetro do coleto da espécie *Solanum lycocarpum*.

Note-se que as diferenças significativas encontradas para a espécie *Solanum lycocarpum*, não estão relacionadas ao incremento ou decréscimo de altura e diâmetro para as mudas avaliadas, exceto para a menor dosagem (160 g ha⁻¹); mas sim pelo fato da mortalidade ter-se apresentado elevada para

as mudas que receberam uma dosagem de tratamento acima de 480 g ha⁻¹ de glyphosate. Aos 30 DAA, essa espécie apresentou mortalidade de 100% sob efeito das maiores doses (Figura 1). O decréscimo de altura e diâmetro observado para as mudas tratadas com a dosagem de 160 g ha⁻¹ de glyphosate pode ser explicado pela perda da parte aérea das plantas e também pela mortalidade (40%) observada aos 60 DAA.

Em estudo realizado por Duarte et al. (2006), o glyphosate causou intoxicação visual, principalmente nas doses superiores a 1440 g ha⁻¹ em plantas de aroeira (*Myracrodruon urundeuva*). Os sintomas iniciais foram queima nas folhas mais novas, seguida por necrose e queda de foliar, chegando em alguns casos à morte das plantas.

Tabela 3. Médias do incremento da altura de plantas e diâmetro do coleto das mudas de *Solanum lycocarpum* avaliadas aos 30 dias para as quatro doses de herbicida e duas avaliações

Médias para incremento de altura (cm)								
DAA (dias)	Doses (g ha ⁻¹)							
	0		160		480		1440	
0	16,20	Aa	11,50	ABa	7,30	Ba	8,20	Ba
60	21,06	Aa	9,30	Ba	0,00	Cb	0,00	Cb
Médias para incremento de diâmetro (cm)								
DAA (dias)	Doses (g ha ⁻¹)							
	0		160		480		1440	
0	5,00	Aa	4,61	Aa	3,48	Aa	2,84	Aa
60	6,18	Aa	3,16	Ba	0,00	Cb	0,00	Cb

Média seguidas da mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%.

Após a aplicação do herbicida nas mudas de *Solanum lycocarpum* observou-se redução na média do número de folhas à medida que aumentou a dosagem, evidenciando a sensibilidade desta ao herbicida. Após a absorção de doses reduzidas de glyphosate, a senescência das folhas é um sintoma característico relatado em trabalhos com espécies

florestais sob deriva desse produto (TUFFI SANTOS et al., 2005; YAMASHITA et al., 2006).

Na Tabela 4 é apresentada a comparação das médias de diâmetro na altura do coleto e número de folhas para a espécie *Kielmeyera lathrophyton*, para as quatro doses de herbicida trabalhadas.

Tabela 4. Médias de diâmetro na altura do coleto (DAC) e número de folhas (NF) para a espécie *Kielmeyera lathrophyton* para as doses de herbicida e épocas (DAA) estudadas

Doses (g ha ⁻¹)	Médias de diâmetro na altura do coleto (cm)
0	5,59 a
160	3,14 ab
480	4,00 ab
1440	4,00 ab
DAA (dias)	Médias do número de folhas (NF)
0	5,10 a
30	2,85 b
60	3,55 ab

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Aos 60 DAA verifica-se que a média no número de folhas para a espécie *Kielmeyera lathrophyton* apresenta um pequeno acréscimo, indicando que a mesma não tem seu desenvolvimento comprometido pela aplicação do herbicida, uma vez que houve emissão de folhas novas. Mesmo para a maior dosagem aplicada (1440 g ha⁻¹) o diâmetro na altura do coleto é pouco influenciado pela ação do herbicida o que indica que essa espécie é seletiva ao herbicida estudado.

Para as espécies *Bowdichia virgilioides* e *Plathymenia reticulata* os tratamentos propostos não foram significativos (Tabela 2).

CONCLUSÕES

A presença de sintomas de intoxicação e a ausência da redução do desenvolvimento das mudas de *Bowdichia virgilioides*, *Kielmeyera lathrophyton* e *Plathymenia reticulata* são indícios de que estas espécies são tolerantes ao glyphosate.

A seletividade do glyphosate às espécies florestais nativas pode estar associada à absorção devidos às diferenças físicas e/ou químicas da membrana cuticular, translocação diferencial, maior atividade da enzima alvo e/ou metabolização do princípio ativo, o que reduz progressivamente a ação tóxica do mesmo e permitindo a continuidade do

desenvolvimento normal das plantas (BRANCALION et al., 2009).

A variação de resposta entre diferentes famílias e espécies vegetais, não é a única causa da intoxicação visual de herbicidas em espécies arbóreas nativas, sendo também observada dentro de uma mesma espécie, como consequência da variabilidade genética (FERREIRA et al., 2005).

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FAPEMIG, CNPq e CAPES pelo apoio financeiro à realização da pesquisa.

ABSTRACT: Herbicides with known selective action have been used to control weeds in reforestation. Thus, this study evaluated the sensitivity of some tree species of commercial interest and the recovery of degraded areas to glyphosate, aiming at adapting the most efficient methods to control weeds. To perform the experiment four species were selected, namely: *Plathymenia reticulata*, *Bowdichia virgilioides*, *Kielmeyera lathrophyton* and *Solanum lycocarpum*. The effect of the application of four doses of glyphosate (0, 160, 480, 1440 g ha⁻¹) on the variables: intoxication, plant height, height diameter collect, leaf number and leaf anatomy. For anatomical characterization of the species were also carried out on the leaves of *Solanum lycocarpum* individuals remaining, *Kielmeyera lathrophyton* and *Bowdichia virgilioides*. The most obvious symptoms were leaf chlorosis and necrosis, *S. lycocarpum* being the species most affected by the action of the herbicide. The highest mortality rate was observed for *S. lycocarpum*, and all individuals who received higher doses of glyphosate treatments died. The symptoms of intoxication and the normal development of seedlings *Plathymenia reticulata*, *Bowdichia virgilioides*, *Kielmeyera lathrophyton* are indications that these species are tolerant to glyphosate.

KEYWORDS: Intoxication. Herbicides. Reforestation.

REFERÊNCIAS

- AMARANTE JUNIOR, O. P.; SANTOS, T. C. R.; BRITO, N. M.; RIBEIRO, M. L. Glifosato: propriedades, toxicidade, usos e legislação. **Química Nova**, São Paulo, v. 25, n. 4, 589-593, 2002.
- BRANCALION, P. H. S.; ISERNHAGEN, I.; MACHADO, R. P.; CHRISTOFFOLETI, P. J.; RODRIGUES, R. R. Seletividade dos herbicidas setoxidim, isoxaflutol e bentazon a espécies arbóreas nativas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n. 3, p. 251-257, 2009.
- BRIDGES, D. C. Mechanism of action of inhibitors of amino acid biosynthesis. In: EDITORES (Ed.). **Herbicide action course: an intensive course on the activity, selectivity, behavior and fate of herbicides in plants and soil**. West Lafayette: Purdue University, 2003. p. 344-365.
- CAMPBELL, W. F. et al. Effect of glyphosate on chloroplast ultrastructure of quack grass mesophyll cell. **Weed Science**, Champaign, v. 24, p. 22-25, 1976.
- CANTARELLI, E. B.; MACHADO, S. L. O.; COSTA, E. C.; PEZZUTTI, R. Efeito do manejo de plantas daninhas no desenvolvimento inicial de *Pinus taeda* em várzeas na Argentina. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 5, p. 711-718, 2006.
- CHRISTOFOLLETI, P. J.; BRANCO, E. F.; COELHO, J. V. G.; BRITVA, M.; GIMENES FILHO, B. Controle de plantas daninhas em *Pinus taeda* através do herbicida Imazapyr. **Circular Técnica IPEF**, Piracicaba, n.187, p. 1-13, 1998.
- COLE, D. J.; CASELEY, J. C.; DODGE, A. D. Influence of glyphosate on selected plant process. **Weed Research**, Oxford, v. 23, p. 173-183, 1983.
- COSTA, E. A. D.; MATALLO, M. B.; CARVALHO, J. C.; ROZANSKI, A. Eficiência de nova formulação do herbicida oxyfluorfen no controle de plantas daninhas em áreas de *Pinus caribea* Morelet var. *hondurensis* Barr. et Golf. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 26, n. 6, p. 683-689, 2002.

DEUBER, R. Mecanismos de ação dos herbicidas. In: DEUBER, R. **Ciência das plantas infestantes: fundamentos**. 2.ed. Jaboticabal: Funep, 2003. p. 304-347.

DUARTE, N. F.; KARAM, D.; SÁ, N.; CRUZ, M.B; SCOTTI, M. R. M. Seletividade de herbicidas sobre *Myracrodruon urundeuva* (aroeira). **Planta Daninha**, Viçosa, v. 24, n. 2, p. 329-337, 2006.

FERREIRA, M. C.; DI OLIVEIRA, J. R. G.; DAL PIETRO, I. R. P. D. S. Distribuição da calda herbicida por pontas de pulverização agrícola utilizadas em áreas de reflorestamento com eucalipto. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 29, n. 2, p. 267-276, 2009.

FERREIRA, R. A.; DAVIDE, A.C.; ALCÂNTARA, E. N. DE; MOTTA, M. S. Efeito de herbicidas de pré-emergência sobre o desenvolvimento inicial de espécies arbóreas. **Revista Brasileira de Herbicidas**, Maringá, v. 4, p. 133-145, 2005.

GONÇALVES, J. L. M.; NOGUEIRA JÚNIOR, L. R.; DUCATTI, F. Recuperação de solos degradados. In: KAGEYAMA, P. Y. et al. **Restauração ecológica de ecossistemas naturais**. Botucatu: Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais, 2003. p. 111-163

HOOPER, E.; LEGENDRE, P.; CONDIT, R. Barriers to Forest regeneration of deforested and abandoned land in Panama. **Journal of Applied Ecology**, London, v. 42, p. 1165-1174, 2005.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 4 ed. Nova Odessa: Editora Plantarum, 2002, v. 1. 368 p.

MACK, R. N. SIMBERLOFF, D.; LONSDALE, W. M.; EVANS, H.; CLOUT, M.; BAZZAZ, F. A. Biotic invasions: causes, epidemiology, global consequences, and control. **Ecological Applications**, Washington DC, v. 10, p. 689-710, 2000.

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - Coordenação-Geral de Agrotóxicos e Afins. **AGROFIT**. Disponível em:
http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. Acesso em: 08/05/2012

MATOS, M. E. R.; FERREIRA, A. G.; GUSMAN, A. B.; CHACUR, F.; MARQUES, M. Sobre o balanço d'água de *Solanum lycocarpum* St. Hil., nas condições de cerrado. **Arquivos de Botânica do Estado de São Paulo**, São Paulo, v.4, p. 125-135, 1968.

MELO, A. C. G. A legislação como suporte a programas de recuperação florestal no Estado de São Paulo. **Florestar Estatístico**, São Paulo, v. 8, p. 9-15, 2005.

METCALFE, C. R.; CHALK, L. **Anatomy of dycotyledons**. Oxford: Clarendon Press. 2ª ed. v. 1, 1979.

MONQUERO, P.A.; PENHA, A.S.; ORZARI, I.; HIRATA, A.C.S. Seletividade de herbicidas em mudas das espécies nativas - *Acacia polyphylla*, *Enterolobium contortisiliquum* (Fabaceae), *Ceiba speciosa* e *Luehea divaricata* (Malvaceae). **Planta Daninha**, Viçosa, v. 29, n. 1, p. 159-168, 2011.

OGDEN, J. A. E.; REJMÁNEK, M. Recovery of native plant communities after the control of a dominant invasive plant species, *Foeniculum vulgare*: implications for management. **Biological Conservation**, Lyneham, v. 125, p. 427-439, 2005.

REGAN, T. J.; MCCARTHY, M. A., BAXTER, P., PANETTA, D.; POSSINGHAM, H. P. Optimal eradication: when to stop looking for an invasive plant. **Ecology Letters**, Malden, v. 9, p. 759-766, 2006.

SILVA, W.; FERREIRA, L. R.; MELO, H. B. Tolerância de cinco espécies de Pinus a herbicidas. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 24, n. 1, p. 13-20, 2000.

TOLEDO, R. E. B.; CHRISTOFFOLETI, P. J.; PITELLI, R. Comparação dos custos de quatro métodos de manejo de *Brachiaria decumbens* Stapf em área de implantação de *Eucalyptus grandis* W.Hill ex Maiden. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 20, n. 3, p. 319-330, 1996.

TOLEDO, R. E. B. Efeitos da faixa de controle e dos períodos de controle e de convivência de *Brachiaria decumbens* Stapf no desenvolvimento inicial de plantas de *Eucalyptus urograndis*. 1998. 71p. Tese (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1998.

TUFFI SANTOS, L. D. IAREMA, L.; THADEO, M.; FERREIRA, F. A.; MEIRA, R. M. S. A. Características da epiderme foliar de eucalipto e seu envolvimento com a tolerância ao glyphosate. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 24, n. 3, p. 513-520, 2006.

TUFFI SANTOS, L.D.; MACHADO, A. F. L.; VIANA, R. G.; FERREIRA, L. R.; FERREIRA, F. A.; SOUZA, G. V. R. Crescimento do eucalipto sob efeito da deriva de glyphosate. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 25, n. 1, p. 133-137, 2007.

TUFFI SANTOS, L. D. FERREIRA, F. A.; MEIRA, R. M. S. A.; BARROS, N. F.; FERREIRA, L. R.; MACHADO, A. F. L. Crescimento e morfoanatomia foliar de eucalipto sob efeito de deriva de glyphosate. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 23, n. 1, p. 133-142, 2005.

YAMASHITA, O. M.; BETONI, J. R.; GUIMARÃES, S. C.; ESPINOSA, M.M. Influência do glyphosate e 2,4-D sobre o desenvolvimento inicial de espécies florestais. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 37, n. 84, p. 359-366, 2009.

YAMASHITA, O. M.; VIEIRA, R. G.; SANTI, A.; RONDON NETO, R. M.; ALBERGUINI, S. E. Resposta de varjão (*Parkia multijuga*) a subdoses de glyphosate. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 24, n. 3, p. 527-531, 2006.