



UDESC

UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA – UDESC

CENTRO DE CIÊNCIAS AGROVETERINÁRIAS – CAV

PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO VEGETAL

TESE DE DOUTORADO

**IMPACTO DE HERBICIDAS, SUA RELAÇÃO COM
ADUBAÇÃO FOSFATADA E EFICÁCIA DE CONTROLE
DE PLANTAS DANINHAS EM PINUS**

THIAGO CAVALCANTE GOMES RIBEIRO DE ANDRADE

LAGES, 2017

THIAGO CAVALCANTE GOMES RIBEIRO DE ANDRADE

**IMPACTO DE HERBICIDAS, SUA RELAÇÃO COM ADUBAÇÃO FOSFATADA E
EFICÁCIA DE CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS EM PINUS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Produção Vegetal.

Orientador: Dr. Leonardo Bianco de Carvalho

**LAGES, SC
2017**

**Ficha catalográfica elaborada pelo autor, com
auxílio do programa de geração automática da
Biblioteca Setorial do CAV/UDESC**

Andrade, Thiago Cavalcante Gomes Ribeiro de
Impacto de herbicidas, sua relação com adubação fosfatada e
eficácia de controle de plantas daninhas em pinus / Thiago
Cavalcante Gomes Ribeiro de Andrade. - Lages, 2017.
111 p.

Orientador: Leonardo Bianco de Carvalho
Tese (Doutorado) - Universidade do Estado de Santa Catarina,
Centro de Ciências Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação
em Produção Vegetal, Lages, 2017.

1. *Pinus taeda*. 2. over-the-top. 3. glyphosate. 4. indaziflam. 5.
superfosfato triplo. I. Carvalho, Leonardo Bianco de. II. Universidade
do Estado de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação. III. Título.

THIAGO CAVALCANTE GOMES RIBEIRO DE ANDRADE

IMPACTO DE HERBICIDAS, SUA RELAÇÃO COM ADUBAÇÃO FOSFATADA E
EFICÁCIA DE CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS EM PINUS

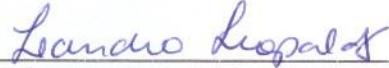
Tese apresentada ao curso de Doutorado em Produção Vegetal da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Produção Vegetal.

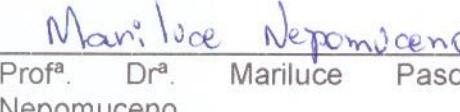
Banca Examinadora:

Orientador: 
Prof. Dr. Leonardo Bianco de Carvalho

UDESC/Lages

Membros:


Leandro Tropaldi
Prof. Dr. Leandro Tropaldi
UNESP/Dracena


Mariluce Nepomuceno
Prof. Dr. Mariluce Pascoina
Nepomuceno
UNESP/Jaboticabal


Marcelo da Costa Ferreira
Prof. Dr. Marcelo da Costa Ferreira
UNESP/Jaboticabal


Rinaldo Cesar de Paula
Prof. Dr. Rinaldo Cesar de Paula
UNESP/Jaboticabal

Lages, SC, 09/10/2017

A minha amada Lélia,
Dedico!

AGRADECIMENTO

À minha esposa, Lelia Oliveira de Almeida, por todo companheirismo e disposição;

Aos meus pais, Mara Lúcia Cavalcante Gomes e César Ribeiro Silva, pelo incentivo e apoio;

À Mara Lúcia e seu esposo, Valminandes da Costa Messias, pela acolhida e estada em Palmas, TO;

Ao Prof. Dr. Leonardo Bianco de Carvalho pela orientação nesta jornada;

À Mariana Kanesiro Toyoshima e ao Prof. Leonardo pela amizade e por tornar a chegada e estadia de minha esposa e a minha em Lages mais amistosa e agradável;

Aos colegas e novos amigos do Grupo de Estudos Científicos em Matologia, Gustavo Modolon, Flávia Regina da Costa, Gesieli Priscila Buba Roskamp e Natálye Ramos Silva pela amizade construída e por toda ajuda prestada;

Aos novos amigos André Anibal Brandt e Jocleita Peruzzo Ferrareze pelo carinho, amizade e pelos deliciosos churrascos;

Ao amigo, Jaime Barros dos Santos Junior, pelos bons momentos vividos durante este curso;

Aos amigos e colegas da Universidade Federal do Pará, Ailton Araújo, Djair Alves Moreira e Simone Maria Costa Oliveira Moreira pela amizade e todo apoio prestado;

À Universidade Federal do Pará pelo afastamento para qualificação;

À empresa Klabin e seus funcionários, Bruno Afonso Magro, Elson Alexandre de Souza e Mariane Bueno de Camargo, por disponibilizarem toda estrutura e recursos necessários para execução do trabalho proposto.

Ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal da Universidade do Estado de Santa Catarina pela oportunidade em realizar este curso;

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal pela transferência de conhecimento;

A todos aqueles que colaboraram, e que não foram aqui citados, me desculpo pela omissão, e agradeço pelo apoio.

“O investimento em conhecimento é aquele que traz maiores retornos”.
(Benjamin Franklin)

RESUMO

ANDRADE, Thiago Cavalcante Gomes Ribeiro de. **Impacto de herbicidas, sua relação com adubação fosfatada e eficácia de controle de plantas daninhas em pinus.** 2017. 112 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal – Área: Proteção de Plantas e Agroecologia) – Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Lages, 2017.

Manejo de plantas daninhas é importante atividade para desenvolvimento de qualquer cultura, inclusive essências florestais. A matocompetição desvia recursos que deveriam ser utilizados para plena formação e desenvolvimento da floresta. A fim de estudar as respostas de *Pinus taeda* à aplicação de herbicidas em área total, diretamente sobre o dossel das plantas, além de sua relação com adubação fosfatada, foram conduzidos três experimentos. Primeiro experimento foi executado em delineamento inteiramente casualizado e conduzido sob esquema fatorial $4 \times 7 + 1$ testemunha. Primeiro fator, sal de isopropilamina de glyphosate, sal de amônio de glyphosate, sal de isopropilamina de glyphosate + sal de potássio de glyphosate e sal de potássio de glyphosate. Segundo fator, doses, 0 (testemunha), 1,8, 3,6, 7,2, 18, 36, 72 e 720 g e.a. ha^{-1} . Houve redução de crescimento, danos e redução da produção de massa seca. *P. taeda* teve seletividade diferenciada às formulações de glyphosate, durante repouso vegetativo. Segundo experimento foi realizado em duas etapas, organizadas em blocos casualizados. Primeira, conduzida sob esquema fatorial $4 \times 2 + 2$ testemunhas, 4 repetições. Primeiro fator, sal de isopropilamina de glyphosate + sal de potássio de glyphosate, sal de amônio de glyphosate, sal de potássio de glyphosate, e carfentrazone-ethyl. Segundo fator, doses mínima e máxima. Segunda parte, composta por cinco tratamentos, imazapyr, sal de potássio de glyphosate, sal de potássio de glyphosate + saflufenacil, sal de potássio de glyphosate + indaziflam, sal de potássio de glyphosate + carfentrazone-ethyl, 2 testemunhas, com e sem capina. Herbicidas não interferiram no crescimento de plantas durante primeira parte. Durante segunda parte crescimento de plantas tratadas com imazapyr foi reduzido. Sal de potássio de glyphosate e sal de potássio de glyphosate + indaziflam foram mais eficazes no controle de plantas daninhas. Aplicação de herbicidas em área total em cultivo de *P. taeda* é viável, desde que observada dose do herbicida, idade das plantas e principalmente época de aplicação. Terceiro experimento foi dividido em duas partes, aplicação de herbicida durante verão e outono. O trabalho teve como design experimental blocos casualizados, conduzido sob esquema fatorial $2 \times 2 \times 4 + 1$ testemunha. Primeiro fator, genótipos de *P. taeda*. Segundo fator, ausência e presença de superfosfato triplo. Terceiro fator, sub-doses de sal de isopropilamina de glyphosate, 0, 5, 10 e 20% da dose máxima recomendada. Houve interação entre fatores genótipos e superfosfato triplo. Produção de massa seca foi maior em plantas adubadas com superfosfato triplo. Glyphosate foi seletivo para *P. taeda* em ambas as épocas de aplicação. Não houve evidência de que adubação fosfatada influencie na seletividade de glyphosate.

Palavras-chave: *Pinus taeda*. over-the-top. glyphosate. indaziflam. superfosfato triplo.

ABSTRACT

ANDRADE, Thiago Cavalcante Gomes Ribeiro de. **Impact of herbicides, their relation with phosphate fertilization and effectiveness of weed control in *Pinus*.** 2017. 112 f. Thesis (Doctorate in Plant Production – Area: Plant Protection and Agroecology) – Universidade do Estado de Santa Catarina. Postgraduate Program in Plant Production, Lages, 2017.

Weed management is an important activity for the development of any crop, including forest essences. Matocompetition deviates resources that should be used for full forest formation and development. In order to study the responses of *Pinus taeda* to the application of herbicides in total area, directly on the canopy of the plants, besides its relation with phosphate fertilization, three experiments were conducted. First experiment was performed in a completely randomized design and conducted under factorial scheme $4 \times 7 + 1$ control. First factor, isopropylamine salt of glyphosate, ammonium salt of glyphosate, isopropylamine salt of glyphosate + potassium salt of glyphosate and potassium salt of glyphosate. Second factor, doses, 0 (control), 1.8, 3.6, 7.2, 18, 36, 72 and 720 g e.a. ha^{-1} . There was reduction of growth, damage and reduction of dry mass production. *P. taeda* had different selectivity to the glyphosate formulations, during vegetative rest. The second experiment was carried out in two stages, organized in randomized blocks. First, conducted under factorial scheme $4 \times 2 + 2$ controls, 4 repetitions. First factor, isopropylamine salt of glyphosate + potassium salt of glyphosate, ammonium salt of glyphosate, potassium salt of glyphosate, and carfentrazone-ethyl. Second factor, minimum and maximum doses. Second part, consisting of five treatments, imazapyr, potassium salt of glyphosate, potassium salt of glyphosate + saflufenacil, potassium salt of glyphosate + indaziflam, potassium salt of glyphosate + carfentrazone-ethyl, 2 controls, with and without weeding. Herbicides did not interfere with plant growth during the first part. During second part growth of plants treated with imazapyr was reduced. Potassium salt of glyphosate and potassium salt of glyphosate + indaziflam were more effective without weed control. Application of herbicides in the total area under cultivation of *P. taeda* is feasible, as long as the herbicide dose, plant age and season of application are observed. Third experiment was divided into two parts, application of herbicide during a summer and fall. The work with experimental design randomized blocks, conducted under factorial $2 \times 2 \times 4 + 1$ control. First factor, *P. taeda* genotypes. Second factor, absence and presence of triple superphosphate. Third factor, sub-doses of isopropylamine salt of glyphosate, 0, 5, 10 and 20% of the maximum recommended dose. There was interaction between genotype factors and triple superphosphate. Dry mass production was higher in plants fertilized with triple superphosphate. Glyphosate was selective for *P. taeda* in embassies as times of application. There was no evidence of phosphate fertilization influencing glyphosate selectivity.

Keywords: *Pinus taeda*. over-the-top. glyphosate. indaziflam. triple superphosphate.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Dados internos da casa de vegetação e dados externos da estação meteorológica do INMET (Lages/SC), referente a temperatura registradas diariamente durante o período experimental	25
Figura 2 – Dados internos da casa de vegetação e dados externos da estação meteorológica do INMET (Lages/SC), referente a umidade relativa do ar registradas diariamente durante o período experimental	26
Figura 3 – Ganho de altura de plantas de <i>P. taeda</i> em função das formulações de glyphosate, entre o intervalo de 14 dias antes da aplicação de tratamentos e 7 DAT, Lages, SC, 2016	30
Figura 4 – Porcentagem de danos em plantas de <i>P. taeda</i> em função de doses de sal de potássio de glyphosate, aos 80 DAT, Lages, SC, 2016.....	35
Figura 5 – Porcentagem de danos em plantas de <i>P. taeda</i> em função de doses de sal de potássio de glyphosate, aos 110 DAT, Lages, SC, 2016.....	36
Figura 6 – Porcentagem de danos em plantas de <i>P. taeda</i> em função de doses de sal de potássio de glyphosate, aos 140 DAT, Lages, SC, 2016.....	36
Figura 7 – Porcentagem de danos em plantas de <i>P. taeda</i> em função de doses de sal de amônio de glyphosate, aos 110 DAT, Lages, SC, 2016	37
Figura 8 – Porcentagem de danos em plantas de <i>P. taeda</i> em função de doses de sal de amônio de glyphosate, aos 140 DAT, Lages, SC, 2016	38
Figura 9 – Porcentagem de danos em plantas de <i>P. taeda</i> em função de doses de sal de isopropilamina de glyphosate + sal de potássio de glyphosate, aos 140 DAT, Lages, SC, 2016.....	38
Figura 10 – Massa seca de acículas de plantas de <i>P. taeda</i> em função de doses de glyphosate, Lages, SC, 2016.....	39
Figura 11 – Massa seca de caule de plantas de <i>P. taeda</i> em função de doses de glyphosate, Lages, SC, 2016	40
Figura 12 – Massa seca da parte aérea de plantas de <i>P. taeda</i> em função de doses de glyphosate, Lages, SC, 2016.....	40
Figura 13 – Altura e diâmetro de plantas de <i>P. taeda</i> , Lages, SC, 2016.....	41
Figura 14 – Comparação entre testemunha, 0 g e.a. de glyphosate, e dose 1,8 g e.a. das formulações A) sal de isopropilamina de glyphosate; B) sal de amônio de glyphosate; C) sal de isopropilamina de	

glyphosate + sal de potássio de glyphosate; e D) sal de potássio de glyphosate em plantas de <i>P. taeda</i> , aos 140 DAT, Lages, SC, 2016.....	46
Figura 15 – Médias climáticas mensais registradas em Otacílio Costa, SC, 2015/2016	53
Figura 16 – Médias climáticas mensais registradas em Otacílio Costa, SC, durante o ano de 2016	58
Figura 17 – Altura de plantas de <i>P. taeda</i> L., Otacílio Costa, SC, 2015/2016	60
Figura 18 – Incremento de altura de plantas de <i>P. taeda</i> L., Otacílio Costa, SC, 2015/2016	60
Figura 19 – Incremento periódico diário de altura de plantas de <i>P. taeda</i> L., Otacílio Costa, SC, 2015/2016	61
Figura 20 – Diâmetro de plantas de <i>P. taeda</i> L., Otacílio Costa, SC, 2015/2016.....	61
Figura 21 – Diâmetro de plantas de <i>P. taeda</i> L., Otacílio Costa, SC, 2016/2017.....	67
Figura 22 – Situação observada em áreas cultivadas com <i>P. taeda</i> no experimento I no ano de 2015 (A) e experimento II no ano de 2016 (B), antes da aplicação dos herbicidas. Plantas daninhas ocupavam tanto linhas, quanto entrelinhas de cultivo, Otacílio Costa, SC	74
Figura 23 – Área tratada com sal de potássio de glyphosate + carfentrazone-ethyl aos 75 DAT, experimento II, Otacílio Costa, SC, 2016	76
Figura 24 – Área tratada com sal de potássio de glyphosate + saflufenacil aos 75 DAT, experimento II, Otacílio Costa, SC, 2016	77
Figura 25 – Área tratada com imazapyr aos 75 DAT, experimento II, Otacílio Costa, SC, 2016	78
Figura 26 – Área tratada com sal de potássio de glyphosate aos 75 DAT, experimento II, Otacílio Costa, SC, 2016	79
Figura 27 – Área tratada com sal de potássio de glyphosate + indaziflam aos 75 DAT, experimento II, Otacílio Costa, SC, 2016	80
Figura 28 – Médias climáticas mensais registradas em Lages, SC, entre os anos de 2014 e 2015.....	86
Figura 29 – Médias climáticas mensais registradas em Lages, SC, 2016	89
Figura 30 – Altura de plantas de <i>P. taeda</i> em função das doses de SFT, Lages, SC, entre os anos de 2014 e 2015, em todas as épocas de avaliação p<0,05	90

Figura 31 – Ganho de altura de plantas de <i>P. taeda</i> em função da interação entre genótipos e sub-doses de glyphosate no intervalo entre 150 e 180 DAT, Lages, SC, entre os anos de 2014 e 2015	91
Figura 32 – Diâmetro do colo de plantas de <i>P. taeda</i> em função da interação entre genótipos e doses de SFT (A) e da interação entre doses de SFT e sub-doses de glyphosate (B); aos 180 DAT, Lages, SC, entre os anos de 2014 e 2015.....	92
Figura 33 – Massa seca de acículas (A), caule (B) e da parte aérea (C) de <i>P. taeda</i> em função da interação entre genótipos e doses de SFT, Lages, SC, entre os anos de 2014 e 2015	93
Figura 34 – Ganho de altura de plantas de <i>P. taeda</i> em função das doses de SFT entre 7 dias antes da aplicação de tratamentos e 7 DAT (A); e em função da interação entre genótipos e doses de SFT no intervalo entre 63 e 77 DAT (B), Lages, SC, 2016	94
Figura 35 - Diâmetro do colo de plantas de <i>P. taeda</i> em função da interação entre genótipos e doses de SFT aos 7 DAA (A), 7 DAT (B), 14 DAT (C), 21 DAT (D), 35 DAT (E), 49 DAT (F) 63 DAT (G), e 77 DAT (H), Lages, SC, 2016.....	95
Figura 36 - Massa seca de acículas de <i>P. taeda</i> em função da interação entre genótipos e doses de SFT (A); Massa seca de caule de <i>P. taeda</i> em função de doses de SFT (B); Massa seca da parte aérea de <i>P. taeda</i> em função de genótipos (C); Massa seca da parte aérea de <i>P. taeda</i> em função de doses de SFT (D); Lages, SC, 2016	97
Figura 37 – Altura de dois genótipos de <i>P. taeda</i> , Lages, SC, 2016	100

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Dados climáticos registrados em 01 de maio de 2016 durante a aplicação dos tratamentos em <i>P. taeda</i> , Lages, SC, 2016.....	25
Tabela 2 – Descrição dos conceitos propostos para avaliação visual de sintomas de fitotoxicidade proposta pela Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas, Londrina, PR, 1995.....	27
Tabela 3 – Altura de plantas de <i>P. taeda</i> em função da interação entre formulações e doses de glyphosate, aos 140 DAT, Lages, SC, 2016	29
Tabela 4 – Ganho de altura de plantas de <i>P. taeda</i> em função da interação entre formulações e doses de glyphosate, entre 110 e 140 DAT, Lages, SC, 2016	30
Tabela 5 - Diâmetro do colo de plantas de <i>P. taeda</i> aos 14 dias antes da aplicação dos tratamentos, Lages, SC, 2016.....	31
Tabela 6 - Diâmetro do colo de plantas de <i>P. taeda</i> em função da interação entre formulações e doses de glyphosate, aos 7 DAT, Lages, SC, 2016.....	32
Tabela 7 – Diâmetro médio do colo de plantas de <i>P. taeda</i> em função da interação entre formulações e doses de glyphosate, aos 14 DAT, Lages, SC, 2016.....	32
Tabela 8 – Diâmetro do colo de plantas de <i>P. taeda</i> em função da interação de herbicidas e doses de glyphosate, aos 21 DAT, Lages, SC, 2016.....	33
Tabela 9 – Diâmetro do colo de plantas de <i>P. taeda</i> em função da interação entre formulações e doses de glyphosate, aos 80 DAT, Lages, SC, 2016	33
Tabela 10 – Diâmetro do colo de plantas de <i>P. taeda</i> em função da interação entre formulações e doses de glyphosate, aos 110 DAT, Lages, SC, 2016	34
Tabela 11 – Diâmetro do colo de plantas de <i>P. taeda</i> em função da interação entre formulações e doses de glyphosate, aos 140 DAT, Lages, SC, 2016	34
Tabela 12 – Relação de tratamentos experimentais aplicados em plantas de <i>P. taeda</i> , Otacílio Costa, SC, 2015.....	52
Tabela 13 – Dados climáticos registrados em 10 de julho de 2015 durante a aplicação dos tratamentos em <i>P. taeda</i> , Otacílio Costa, SC, 2015	53

Tabela 14 – Descrição dos conceitos propostos para avaliação visual de sintomas de fitotoxicidade proposta pela Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas, Londrina, PR, 1995.....	55
Tabela 15 – Relação de tratamentos experimentais aplicados em plantas de <i>P. taeda</i> , Otacílio Costa, SC, 2016.....	57
Tabela 16 – Dados climáticos registrados em 18 de julho de 2016 durante a aplicação dos tratamentos em <i>P. taeda</i> , Otacílio Costa, SC, 2016.....	58
Tabela 17 – Porcentagem de controle de plantas daninhas em plantio de <i>P. taeda</i> L., Otacílio Costa, SC, 2015.....	62
Tabela 18 – Altura (cm) de plantas de <i>P. taeda</i> L., Otacílio Costa, SC, 2016/2017	64
Tabela 19 – Incremento (%) da altura de plantas de <i>P. taeda</i> L., Otacílio Costa, SC, 2016/2017	65
Tabela 20 – Incremento periódico diário (cm dia ⁻¹) da altura de plantas de <i>P. taeda</i> L., Otacílio Costa, SC, 2016/2017	66
Tabela 21 – Porcentagem de danos causados pelos herbicidas as plantas de <i>P. taeda</i> L., Otacílio Costa, SC, 2016	68
Tabela 22 – Porcentagem de controle de plantas daninhas em plantio de <i>P. taeda</i> L., Otacílio Costa, SC, 2016/2017	69
Tabela 23 – Dados climáticos registrados em 27 de dezembro de 2014 durante aplicação dos tratamentos em <i>P. taeda</i> , Lages, SC, 2014.....	85
Tabela 24 – Dados climáticos registrados em 04 de maio de 2016 durante a aplicação dos tratamentos em <i>P. taeda</i> , Lages, SC, 2016.....	88

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

ALAM	<i>Asociación Latinoamericana de Malezas</i>
ALS	acetolactato sintase
AMO	sal de amônio de glyphosate
CO ₂	dióxido de carbono
CV	coeficiente de variação
DAT	dias após aplicação dos tratamentos
DMS col	diferença mínima significativa para coluna
DMS lin	diferença mínima significativa para linha
g	grama
g e.a. ha ⁻¹	grama de equivalente ácido por hectare
g e.a. kg ⁻¹	grama de equivalente ácido por quilograma
g e.a. L ⁻¹	grama de equivalente ácido por litro
g ha ⁻¹	grama por hectare
g kg ⁻¹	grama por quilograma
g L ⁻¹	grama por litro
Galt	ganho de altura
h1	dados de altura coletado no período 1
h2	dados de altura coletado no período 2
ha	hectare
hf	altura coletada na última avaliação realizada
hi	altura coletada durante a primeira avaliação
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
inc	incremento
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
IPD	incremento periódico diário
ISO	sal de isopropilamina de glyphosate
ISO + K	sal de isopropilamina de glyphosate + sal de potássio de glyphosate
K	sal de potássio de glyphosate
km	quilometro
km h ⁻¹	quilometro por hora
kg	quilograma

kg ha^{-1}	quilograma por hectáre
kg i.a. ha^{-1}	quilograma de ingrediente ativo por hectare
L	litro
L ha^{-1}	Litro por hectare
m	metro
m^2	metro quadrado
MG	média geral
mL ac^{-1}	mililitro por acre
mL ha^{-1}	mililitro por hectare
m s^{-1}	metro por segundo
máx	máximo
mín	mínimo
mm	milímetro
N	nitrogênio
NPK	nitrogênio, fósforo e potássio
p1	período um
p2	período dois
psi	<i>pound force per square inch</i>
PROTOX	protoporfirinogênio IX oxidase
SBCPD	Sociedade Brasileira de Ciência das Plantas Daninhas
SFT	superfosfato triplo
Tmáx	temperatura máxima
Tméd	temperatura média
Tmín	temperatura mínima
VS	<i>VisioFlo® Still</i>
v/v	volume por volume
°	grau
°C	grau Celcius
®	marca registrada
%	porcentagem
$^{14}\text{CO}_2$	dióxido de carbono rádio marcado
$^{14}\text{C-glyphosate}$	glyphosate rádio marcado

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	19
2	RESPOSTA DE PINUS À EXPOSIÇÃO A GLYPHOSATE DURANTE REPOUSO VEGETATIVO.....	21
2.1	RESUMO	21
2.2	INTRODUÇÃO.....	21
2.3	MATERIAL E MÉTODOS	23
2.3.1	Região e organismo de estudo.....	23
2.3.2	Estratégia de pesquisa.....	24
2.3.3	Procedimentos específicos	26
2.3.4	Análise estatística	28
2.4	RESULTADOS	28
2.5	DISCUSSÃO	41
2.6	CONCLUSÕES.....	47
3	EFICÁCIA E SELETIVIDADE DE HERBICIDAS APLICADOS EM ÁREA TOTAL EM CULTIVO DE PINUS.....	48
3.1	RESUMO	48
3.2	INTRODUÇÃO.....	48
3.3	MATERIAL E MÉTODOS	50
3.3.1	Experimento I.....	50
3.3.1.1	Região e organismo de estudo	51
3.3.1.2	Estratégia de pesquisa	51
3.3.1.3	Procedimentos específicos	53
3.3.1.4	Análise estatística.....	55
3.3.2	Experimento II.....	56
3.3.2.1	Região de estudo.....	56
3.3.2.2	Estratégia de pesquisa	56
3.3.2.3	Procedimentos específicos	58
3.3.2.4	Análise estatística.....	59
3.4	RESULTADOS	59
3.4.1	Experimento I.....	59
3.4.2	Experimento II.....	62
3.5	DISCUSSÃO	70
3.5.1	Interferência no crescimento e danos	70

3.5.2	Controle de plantas daninhas.....	73
3.6	CONCLUSÕES.....	81
4	INFLUÊNCIA DA ADUBAÇÃO FOSFATADA NA SELETIVIDADE DE GLYPHOSATE EM PINUS	82
4.1	RESUMO	82
4.2	INTRODUÇÃO.....	82
4.3	MATERIAL E MÉTODOS	84
4.3.1	Experimento I.....	84
4.3.1.1	Região e organismo de estudo	84
4.3.1.2	Estratégia de pesquisa	84
4.3.1.3	Procedimentos específicos	86
4.3.1.4	Análise estatística.....	87
4.3.2	Experimento II.....	87
4.3.2.1	Região e organismo de estudo	87
4.3.2.2	Estratégia de pesquisa	88
4.3.2.3	Procedimentos específicos	89
4.3.2.4	Análise estatística.....	90
4.4	RESULTADOS	90
4.4.1	Experimento I.....	90
4.4.2	Experimento II.....	93
4.5	DISCUSSÃO	98
4.6	CONCLUSÕES.....	101
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	102
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	103

1 INTRODUÇÃO

O cultivo de *Pinus* spp. no Estado de Santa Catarina é importante atividade econômica. No ano de 2015 o cultivo deste gênero ocupou 668.550 ha, cerca de 32% da área total cultivada com *Pinus* spp. no Brasil (IBGE, 2015). O principal foco desta atividade no estado é a produção de celulose.

Para alcançar elevadas produtividades devem ser observados diversos fatores como material genético adequado a região, manejo da fertilidade do solo, manejo de pragas e doenças, e também de plantas daninhas.

Plantas daninhas em cultivos florestais podem se tornar hospedeiras de pragas e doenças, propagar incêndios florestais, mas o principal dano causado às florestas jovens é a matocompetição, resultante de elevadas densidades populacionais de plantas infestantes que passam a condicionar fatores que são negativos ao crescimento das árvores e a operacionalização do sistema produtivo, como redução da produtividade, e em casos extremos, morte das plantas (FOELKEL, 2008). Como o pinus possui um crescimento inicial lento e sua arquitetura foliar não é suficiente para boa cobertura do solo, a cultura mostra-se sensível à matocompetição (SILVA et al., 1999).

Por ocupar extensas áreas, o manejo de plantas daninhas em essências florestais se torna dispendioso, consumindo cerca de 25% dos custos de implantação de uma floresta (WOCH, 2014). O uso de intensa mão-de-obra no controle de plantas daninhas torna o processo dispendioso, e nem sempre está disponível no momento em que é requerida. Uma alternativa é o controle químico, indispensável na silvicultura.

Na Serra Catarinense, durante o outono, é possível a aplicação de herbicidas em área total, diretamente sobre o dossel das plantas, sem que haja maiores prejuízos em *Pinus taeda*. Essa modalidade de aplicação é conhecida como *over-the-top* (GOODALL; DENNY; DICKS, 1991). No entanto, ainda não é tão difundida no Brasil, quanto é em países com outono e inverno mais rigoroso, como nos Estados Unidos (RADOSEVICH et al., 1980; PALEY; RADOSEVICH, 1984; KING; RADOSEVICH, 1985; JOSE; RANASINGHE; RAMSEY, 2010; KNAPP et al., 2014) e Canadá (WILLIS et al., 1989).

A aplicação de herbicidas neste período, sem que haja danos às plantas de interesse econômico, é possível devido à combinação de dois fatores ambientais,

baixas temperaturas e reduzido fotoperíodo (MACHADO et al., 2010). Pois durante o outono, *P. taeda* entra em repouso vegetativo, caracterizado pela dormência das gemas apicais e reduzidas taxas de incremento do diâmetro (MACHADO et al., 2014).

Atualmente estão disponíveis no mercado inúmeros herbicidas registrados para a cultura do pinus. Apesar de o glyphosate ser o herbicida mais conhecido e utilizado no mundo, ainda não são totalmente conhecidas suas respostas a interações entre diversas formulações e doses com variáveis ambientais, genótipos e/ou clones de espécies, nutrientes, dentre outros.

Estudos têm abordado o uso de estratégias pelas plantas para aumentar a aquisição de fósforo, quando em condições limitantes deste nutriente, além da competição de glyphosate e fosfato pelo mesmo sítio transportador (PIPKE; SCHULZ; AMRHEIN, 1987; DENIS; DELROT, 1993; RAGHOTHAMA, 1999; PEREIRA, 2016). Aspectos da interação entre glyphosate e adubação fosfatada em *P. taeda* durante repouso vegetativo de plantas é um assunto pouco explorado na literatura.

Este trabalho teve como hipóteses: i) A aplicação de herbicidas diretamente sobre o dossel de *P. taeda*, modalidade *over-the-top*, é viável nas condições climáticas do Planalto Catarinense; e ii) A adubação fosfatada influencia na resposta de *P. taeda* à deriva simulada de glyphosate.

2 RESPOSTA DE PINUS À EXPOSIÇÃO A GLYPHOSATE DURANTE REPOUSO VEGETATIVO

2.1 RESUMO

Este trabalho teve como objetivos, avaliar a seletividade de glyphosate aplicado em *P. taeda* durante repouso vegetativo; e estudar a resposta diferencial entre formulações de glyphosate aplicadas durante período de repouso vegetativo das plantas. Foi utilizado delineamento inteiramente casualizado, tratamentos foram conduzido sob esquema fatorial $4 \times 7 + 1$ testemunha, com 4 repetições. Primeiro fator corresponde a quatro formulações de glyphosate, sal de isopropilamina de glyphosate; sal de amônio de glyphosate; sal de isopropilamina de glyphosate + sal de potássio de glyphosate; e sal de potássio de glyphosate. Segundo fator doses, mais testemunha (dose zero): 0, 1,8, 3,6, 7,2, 18, 36, 72 e 720 g e.a. ha^{-1} . Herbicidas foram aplicados diretamente sobre plantas com pulverizador pressurizado a CO_2 , calibrado para volume de calda de 200 L ha^{-1} . Dados de altura, ganho de altura diâmetro do colo de plantas foram coletados entre 14 dias antes da aplicação dos tratamentos e aos 7, 14, 21, 80, 110 e 140 DAT. Intoxicação de plantas por herbicida foi avaliada a partir dos 7 DAT. Massa seca foi determinada ao 140 DAT. Dados foram submetidos ao teste de Tukey a 5% de probabilidade. Quando necessário, dados foram submetidos ao teste de Kruskal-Wallis ($p > 0,05$). Interferência nas variáveis altura e ganho de altura foram observados aos 140 DAT e entre 110 e 140 DAT, respectivamente. A partir dos 80 DAT foram observados danos nas plantas em função da dose 1,8 g e.a. de sal de potássio de glyphosate. Houve reduzido acumulo de massa seca em plantas tratadas com 1,8 g e.a. de glyphosate. *P. taeda* apresentou seletividade diferenciada às formulações de glyphosate durante período de repouso vegetativo. Formulações testadas tiveram impacto diferenciado sobre crescimento de *P. taeda*.

Palavras-chave: *Pinus taeda*. N-(fosfonometil)glicina. Over-the-top. Deriva. Hormese.

2.2 INTRODUÇÃO

O manejo da comunidade infestante em essências florestais geralmente é realizado com uso de herbicidas, aplicados na linha da cultura, próximo às plantas, podendo ser combinado com métodos mecânicos nas entrelinhas (CARVALHO; ALVES; DUKE, 2013).

Devido a uma série de condições inadequadas, tanto ambientais quanto de preparo do equipamento de pulverização, pode acontecer do produto atingir plantas não-alvo e de interesse econômico, as plantas cultivadas (COSTA et al., 2007; CARVALHO; ALVES; DUKE, 2013). Tal fato é conhecido por deriva, e pode ocasionar, dependendo da quantidade de herbicida interceptado pela planta não-

alvo, toxidez, injúrias e até redução da produtividade, resultando em prejuízos econômicos.

Algumas espécies podem se beneficiar da deriva, através de um fenômeno conhecido por hormese, hormesis ou efeito hormético. Este é caracterizado pelo uso de substâncias, consideradas tóxicas, em doses substancialmente menores que a utilizada, resultando em estímulos para o desenvolvimento vegetal (CALABRESE; BALDWIN, 2002).

Dependendo da época de aplicação dos herbicidas, o efeito de hormese, bem como sintomas de intoxicação, podem não ser observados em *Pinus taeda*, assim como em outras coníferas, pois o ritmo de crescimento de coníferas está associado a ciclos externos de ritmos climáticos anuais (MACHADO et al., 2014). O comportamento anual cíclico de coníferas, em sequência, compreende (i) cessação do crescimento, (ii) dormência e resistência ao frio e (iii) ruptura de gemas (BIGRAS; COLOMBO, 2001; JUNTTILA, 2007).

Plantas de *P. taeda* iniciam um período de repouso vegetativo durante o outono e permanecem assim até meados do inverno, quando retomam seu crescimento (MACHADO et al., 2010, 2014). Este interim é o momento propício para aplicação de herbicidas em área total, modalidade de aplicação conhecida como *over-the-top*. No Brasil esta modalidade de aplicação ainda não é tão comum, mas em outros países tem sido muito utilizada no manejo de plantas daninhas em diversas espécies como *Pinus ponderosa*, *Pinus jeffreyi* e *Pinus lambertiana* (RADOSEVICH et al., 1980), *Pinus radiata* (CAMPBELL; NICOL, 1998), *P. taeda* (FITZGERALD; FORTSON, 1979; EZELL; YEISER, 2010, 2015; KUSHLA, 2015), *Pinus patula* (GOODALL; DENNY; DICKS, 1991), e *Pinus palustris* (JOSE; RANASINGHE; RAMSEY, 2010; KNAPP et al., 2014).

A dormência ou repouso fisiológico ocorre em função de baixas temperaturas e reduzido fotoperíodo, característicos dos períodos de outono e inverno (LÜTTGE; HERTEL, 2009; MACHADO et al., 2010, 2014), a influência destas variáveis climáticas sobre as plantas pode ocorrer de forma combinada, ou individualmente (WELLING et al., 2002; LÜTTGE; HERTEL, 2009).

Um dos herbicidas mais utilizados no manejo de plantas daninhas em áreas cultivadas com espécies de pinus é o glyphosate. E mesmo sendo o herbicida de mais amplo uso e o mais estudado em todo o mundo, as informações disponíveis ainda são insuficientes para uma completa compreensão do seu modo de ação

(VELINI et al., 2009), bem como a interação deste herbicida com variáveis climáticas e as respostas resultantes sobre o desenvolvimento de plantas, como coníferas, quando estas estão em repouso vegetativo e entram em contato com glyphosate.

Diferentes formulações de glyphosate podem afetar o desempenho do produto (MOLIN; HIRASE, 2005), devido principalmente aos adjuvantes que são adicionados a eles (GAUVRIT et al., 2007), resultando em diferenças no controle de plantas daninhas. Esta diferença na eficácia de controle de diferentes produtos à base de glyphosate, em mesma base de equivalente ácido de glyphosate, pode resultar da rápida absorção, aumento da captação, e translocação do herbicida (FENG; SANDBRINK; SAMMONS, 2000; MOLIN; HIRASE, 2005).

Os objetivos deste trabalho foram: i) avaliar a seletividade de glyphosate aplicado em *P. taeda* durante repouso vegetativo; e ii) estudar a resposta diferencial entre formulações de glyphosate aplicadas durante período de repouso vegetativo das plantas.

2.3 MATERIAL E MÉTODOS

2.3.1 Região e organismo de estudo

Este experimento foi conduzido no Centro de Ciências Agroveterinárias da Universidade do Estado de Santa Catarina em Lages, SC, localizado a 27°47'33" sul e 50°18'10" oeste, e altitude média de 915 m.

Segundo classificação climática de Köppen, Lages é caracterizada como Cfb, temperado, úmido com chuvas uniformemente distribuídas durante todo o ano. A temperatura varia entre 12 °C e 22 °C, com média anual de 16,5 °C e precipitação anual de 1.685 mm (ALVARES et al., 2013).

Foram utilizadas mudas de *P. taeda* aptas para plantio, plantadas em vasos aproximadamente 30 dias antes da aplicação dos tratamentos, período em que as mudas permaneceram em aclimatação.

Como substrato para crescimento das plantas foi utilizado solo com textura siltosa e composto orgânico comercial (TECNOMAX, Brasil) na proporção 2:1 (v:v). O substrato foi fertilizado com 2 g por vaso de NPK (BUNGE, 5-2-10, Brasil) e complementado com 2 g de ureia por vaso (Nidera Nutrientes, 46% de N, Brasil).

Durante período de condução do experimento os vasos permaneceram em viveiro com cobertura plástica, com abertura lateral protegida por cortinados, em dias com temperaturas mais elevadas as proteções laterais permaneciam abertas, a fim de ventilar o viveiro e dissipar o calor. A irrigação foi conduzida de acordo com necessidade das plantas.

2.3.2 Estratégia de pesquisa

O delineamento estatístico utilizado foi inteiramente casualizado. Os tratamentos foram conduzidos sob esquema fatorial 4x8 (formulações x doses), repetido quatro vezes. Cada vaso, com capacidade para 10 L, foi considerado uma unidade experimental. Foi mantida bordadura composta por plantas de *P. taeda* cultivadas em vasos de 10 L.

O primeiro fator correspondeu a quatro níveis de formulações de glyphosate: i) sal de glyphosate de isopropilamina (360 g e.a. L⁻¹, Roundup Original®, Monsanto, Brasil); ii) sal de amônio de glyphosate (720 g e.a. kg⁻¹, Scout®, Monsanto, Brasil); iii) sal de isopropilamina de glyphosate + sal de potássio de glyphosate (540 g e.a. L⁻¹, Crucial®, Nufarm, Brasil); e iv) sal de potássio de glyphosate (500 g e.a. L⁻¹, Touchdown®, Syngenta, Brasil). O segundo fator diz respeito a sete doses dos herbicidas, mais a testemunha (dose 0): 0, 1,8, 3,6, 7,2, 18, 36, 72 e 720 g e.a. ha⁻¹.

Os herbicidas foram aplicados diretamente sobre as plantas, que na ocasião possuíam altura média de 34,59 cm e diâmetro médio de 6,01 mm. Foi utilizado um pulverizador costal pressurizado a CO₂ (Herbicat, Brasil), com pressão de 30 psi, munido de barra de pulverização contendo quatro pontas tipo leque 80.02 VS (TeeJet®, EUA), espaçadas entre si em 0,5 m, e calibrado para volume de calda de 200 L ha⁻¹. A barra foi posicionada a 0,5 m acima das plantas.

A aplicação dos herbicidas ocorreu em 01 de maio de 2016. Os dados climáticos registrados durante a aplicação dos tratamentos estão descritos na Tabela 1. Dados de temperatura e velocidade do vento registrados durante a aplicação dos herbicidas foram obtidos através de um termoanemômetro digital portátil (Modelo 7607.01.0.00, TFA, Alemanha).

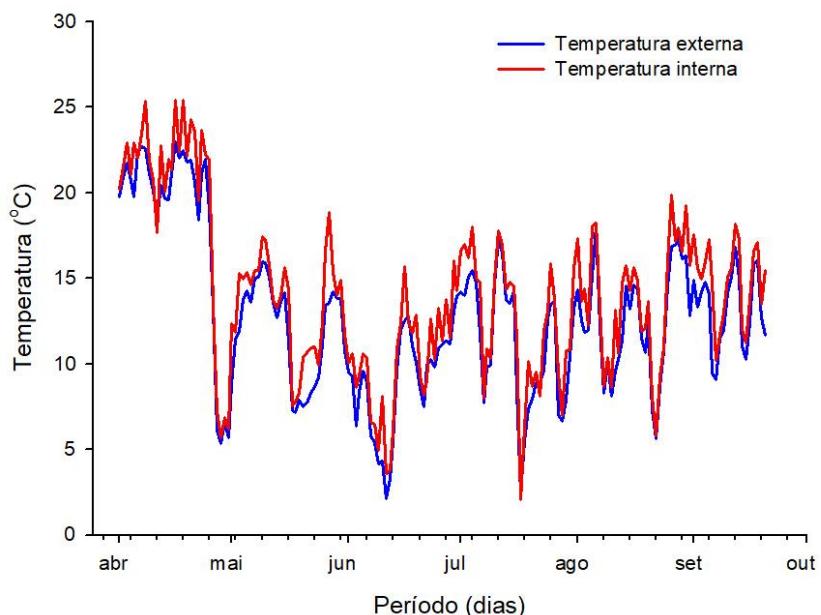
Tabela 1 – Dados climáticos registrados em 01 de maio de 2016 durante a aplicação dos tratamentos em *P. taeda*, Lages, SC, 2016

Horário	Temperatura (°C)	Velocidade do vento (m s ⁻¹)	Precipitação (mm)	Umidade relativa (%)
7:30	7,8	0,4	0,0	79,7

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

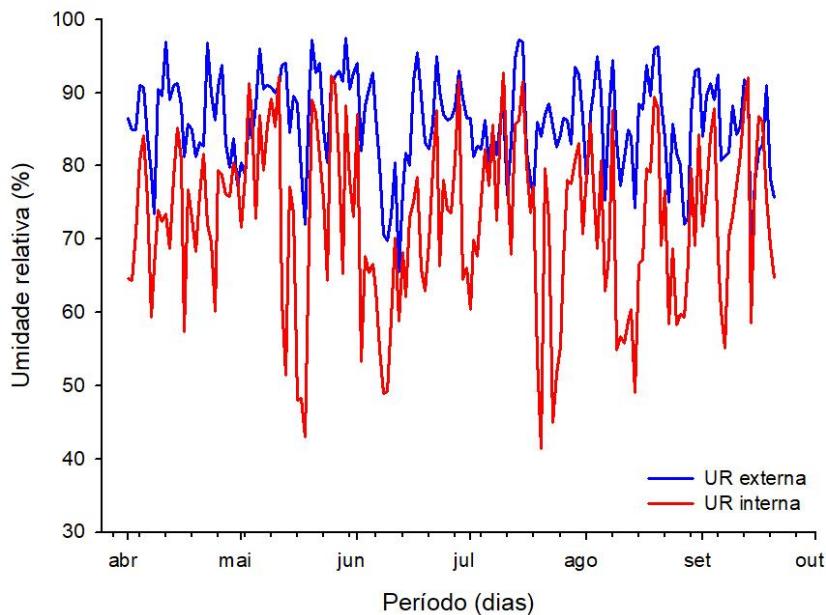
Médias diárias de temperatura (°C) e umidade relativa (%) do ar externas e internas estão disponíveis nas Figuras 1 e 2, respectivamente. Os dados de temperatura e umidade relativa do ar no interior da casa de vegetação foram monitorados diariamente com o auxílio de um *datalogger*, no intervalo entre às 11:00 e 12:00 horas. Os dados externos de temperatura e umidade relativa do ar foram obtidos da estação meteorológica instalada em Lages, SC (estação 83891, latitude 27°81' sul, longitude 50°33' e 937 m) (INMET, 2017). As médias das temperaturas externa e interna foram de 12,7 e 14,0 °C, respectivamente, e as médias da umidade relativa do ar externa e interna foram, 86,0 e 72,6%, respectivamente.

Figura 1 – Dados internos da casa de vegetação e dados externos da estação meteorológica do INMET (Lages/SC), referente a temperatura registradas diariamente durante o período experimental



Fonte: INMET, 2017; Elaborada pelo autor, 2017.

Figura 2 – Dados internos da casa de vegetação e dados externos da estação meteorológica do INMET (Lages/SC), referente a umidade relativa do ar registradas diariamente durante o período experimental



Fonte: INMET, 2017; Elaborada pelo autor, 2017.

2.3.3 Procedimentos específicos

Dados de altura, ganho de altura, diâmetro do colo de plantas foram avaliados aos 14 dias antes da aplicação dos tratamentos, e sequencialmente aos 7, 14, 21, 80, 110 e 140 dias após aplicação dos tratamentos (DAT), onde também foi avaliada intoxicação das plantas causadas pelos herbicidas, além de massa seca das plantas ao final do período de avaliação.

A altura das plantas (cm) foi medida com régua de madeira de um metro (graduação de 1 cm, STALO, Brasil). Após posicionar a régua paralelamente ao caule, a leitura da altura foi feita no ponto mais alto da planta avaliada.

Através dos dados de altura das plantas foi calculado o ganho de altura (Galt), que estimou o crescimento das plantas entre períodos de avaliação contíguos, conforme equação:

$$\text{Galt} = p_2 - p_1 \quad (1)$$

Onde, p_2 é o dado de altura coletado na última avaliação realizada, no entanto não remete a avaliação final; p_1 corresponde ao dado de altura coletado em avaliação anterior a p_2 .

O diâmetro do colo do caule das plantas (mm) foi medido com paquímetro universal digital em aço inox (150 mm/6", $\pm 0,05$ mm de precisão, Digimess, Brasil). Em cada planta avaliada foram coletadas, próximo ao nível do solo, duas medidas perpendiculares de diâmetro, que indicaram o diâmetro médio do caule. O ponto de coleta de dados no caule das plantas foi sinalizado com marcação feita com tinta branca.

A avaliação de danos em *P. taeda* ocasionada pelas formulações de glyphosate foi realizada com base nos sintomas visuais de intoxicação, de acordo com os conceitos propostos pela Sociedade Brasileira de Ciência das Plantas Daninhas (SBCPD, 1995), descritos na Tabela 2. De forma subjetiva, três avaliadores atribuíram porcentagem aos danos, que variaram de 0 (zero), sem danos, a 100 (cem), morte da planta. A média das três avaliações correspondeu aos danos observados.

Tabela 2 – Descrição dos conceitos propostos para avaliação visual de sintomas de fitotoxicidade proposta pela Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas, Londrina, PR, 1995

Danos (%)	Descrição
0 % a 5 %	Sem injúria. Sem efeito sobre a cultura.
6 % a 20 %	Injúrias leves e/ou redução de crescimento com rápida recuperação. Efeitos insuficientes para promover reduções de produtividade.
21 % a 40 %	Injúrias moderadas e/ou reduções de crescimento com lenta recuperação ou definitivas. Efeitos intensos o suficiente para promover pequenas reduções de produtividade.
41 % a 75 %	Injúrias severas e/ou reduções de crescimento não recuperáveis e/ou reduções de estande. Efeitos intensos o suficiente para promover drásticas reduções de produtividade.
76 % a 100 %	Destrução completa da cultura ou somente algumas plantas vivas.

Fonte: SBCPD, 1995.

Ao final da última avaliação, aos 140 DAT, as plantas foram cortadas rente ao solo. Acículas e caule foram separados e secos em estufa de circulação forçada de ar (Lucadema, LUCA-82/480, Brasil) a 60 ± 2 °C até o material atingir peso

constante, e posteriormente pesado em balança semi-analítica (Exacta, EL-320AB-BI, Brasil) e então o acúmulo de massa seca foi determinado.

2.3.4 Análise estatística

A fim de verificar homogeneidade das variâncias os dados foram submetidos ao teste de Cochran ($p>0,05$). A normalidade dos dados foi constatada através do teste de Kolmogorov-Smirnov ($p>0,05$).

Dados de altura, ganho de altura, diâmetro, danos e massa seca de *P. taeda* foram submetidos a análise de variância (teste F). Quando significativas, foram desdobrados e as médias dos tratamentos foram comparadas entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Dados que não atenderam aos requisitos de normalidade da distribuição dos erros e homogeneidade das variâncias foram transformados por arco seno $\sqrt{(x/100)}$. Dados que, mesmo após transformados, não tenham obedecido aos requisitos de normalidade, foram submetidos a avaliação não-paramétrica, através do teste de Kruskal-Wallis ($p>0,05$). A análise dos dados foi efetuada através do software estatístico Assistat versão 7.7.

2.4 RESULTADOS

Não foram observadas diferenças entre médias dos tratamentos para a variável altura de plantas ($p>0,05$), medida aos 14 dias antes da aplicação dos tratamentos e aos 7, 14, 21, 80 e 110 DAT.

Aos 140 DAT, a média de altura de plantas tratadas com 1,8 g e.a. de sal de potássio de glyphosate foi inferior aos demais tratamentos considerando a mesma dose, neste caso, observou-se diferença de até 41,26% em relação à média do tratamento sal de isopropilamina de glyphosate. Quando 1,8 g e.a. de sal de potássio foi comparada com as doses 0 e 720 g e.a. da mesma formulação as diferenças observadas foram 36,41% e 34,83%, respectivamente (Tabela 3).

Tabela 3 - Altura de plantas de *P. taeda* em função da interação entre formulações e doses de glyphosate, aos 140 DAT, Lages, SC, 2016

	0 ^{1/}	*2/ ^{2/}	erro	1,8		erro	3,6		erro	7,2		erro
----- g e.a. de glyphosate -----												
ISO ^{5/}	52,25 ^{3/}	aA ^{4/}	1,93	55,75	aA	3,33	48,75	aA	2,29	47,50	aA	1,04
AMO ^{6/}	49,75	aA	1,70	47,50	aA	5,38	46,75	aA	3,35	47,25	aA	2,10
ISO + K ^{7/}	44,25	aA	4,33	44,00	abA	3,34	46,25	aA	3,09	48,50	aA	2,10
K ^{8/}	51,50	aA	1,94	32,75	bB	2,66	52,50	aA	1,66	50,00	aA	1,58
18			erro	36		erro	72		erro	720		erro
----- g e.a. de glyphosate -----												
ISO	54,25	aA	4,59	52,50	aA	4,13	50,50	aA	4,79	42,75	aA	5,22
AMO	53,50	aA	3,84	51,75	aA	0,75	49,25	aA	2,78	49,75	aA	1,75
ISO + K	53,50	aA	5,95	48,75	aA	2,25	53,50	aA	2,90	50,75	aA	3,90
K	49,25	aA	3,59	59,50	aA	3,97	47,50	aAB	2,53	50,25	aA	4,70
CV (%) ^{9/} : 13,64	MG ^{10/} : 49,45				DMS col ^{11/} : 12,49				DMS lin ^{12/} : 14,77			

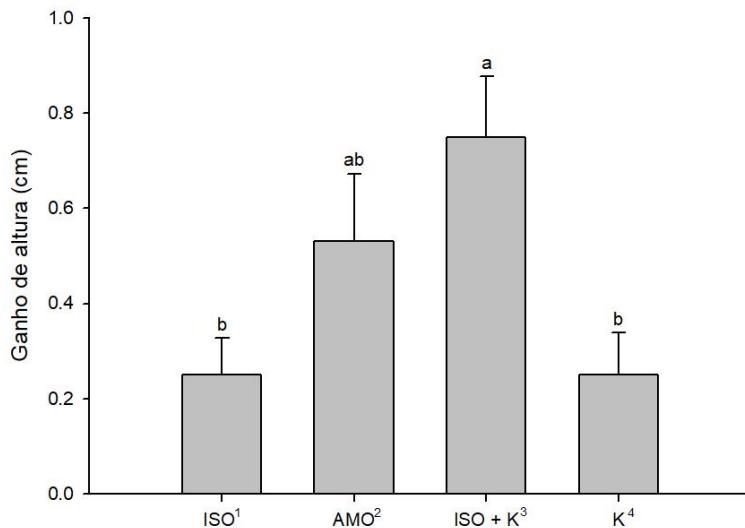
^{1/}Dose de herbicida em gramas de equivalente ácido (g e.a.); ^{2/}ns – não significativo, ^{*}significativo a 5% de probabilidade, ^{**}significativo a 1% de probabilidade; ^{3/}altura das plantas em cm; ^{4/}médias seguidas de mesma letra minúscula e mesma letra maiúscula não apresentam diferenças entre si nas colunas e nas linhas, respectivamente; ^{5/}sal de isopropilamina de glyphosate; ^{6/}sal de amônio de glyphosate; ^{7/}sal de isopropilamina de glyphosate + sal de potássio de glyphosate; ^{8/}sal de potássio de glyphosate; ^{9/}coeficiente de variação; ^{10/}média geral; ^{11/}diferença mínima significativa para coluna; ^{12/}diferença mínima significativa para linha.

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Durante dois períodos de avaliações ocorreram diferenças entre médias de tratamentos. No primeiro período, entre 14 dias antes da aplicação dos tratamentos e 7 DAT, a média do ganho de altura de plantas tratadas com sal de isopropilamina de glyphosate + sal de potássio de glyphosate foi superior em três vezes às médias de plantas tratadas com sal de isopropilamina de glyphosate e com sal de potássio de glyphosate (Figura 3).

No segundo período, entre 110 e 140 DAT, as médias de ganho de altura ressaltaram reduzido crescimento de plantas tratadas com 1,8 g e.a. de sal de potássio de glyphosate. Quando este tratamento foi comparado ao tratamento sal de potássio de glyphosate, ambos na dose 1,8 g e.a., observou-se uma diferença de magnitude de 58 vezes entre elas. Considerando apenas as doses de sal de potássio de glyphosate, as diferenças foram 54 e 43 vezes para as doses 0 e 720 g e.a., respectivamente, em relação a dose 1,8 g e.a. (Tabela 4).

Figura 3 – Ganho de altura de plantas de *P. taeda* em função das formulações de glyphosate, entre o intervalo de 14 dias antes da aplicação de tratamentos e 7 DAT, Lages, SC, 2016



¹/sal de isopropilamina de glyphosate; ²/sal de amônio de glyphosate; ³/sal de isopropilamina de glyphosate + sal de potássio de glyphosate; ⁴/sal de potássio de glyphosate.

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Tabela 4 – Ganho de altura de plantas de *P. taeda* em função da interação entre formulações e doses de glyphosate, entre 110 e 140 DAT, Lages, SC, 2016

	0 ^{1/}	*2/	erro	1,8		erro	3,6		erro	7,2		erro
----- g e.a. de glyphosate -----												
ISO ^{5/}	12,75 ^{3/}	aA ^{4/}	1,38	14,50	aA	0,65	12,00	aA	1,08	10,75	aA	1,03
AMO ^{6/}	11,75	aA	2,43	7,75	aA	4,59	11,25	aA	1,25	11,00	aA	1,73
ISO + K ^{7/}	11,50	aA	1,55	8,00	aA	2,80	12,50	aA	1,32	13,25	aA	1,65
K ^{8/}	13,50	aA	1,55	0,25	bB	0,25	13,25	aA	1,93	12,25	aA	1,11
	18		erro	36		erro	72		erro	720		erro
----- g e.a. de glyphosate -----												
ISO	11,00	aA	1,58	12,50	aA	1,50	10,00	aA	1,35	6,50	aA	3,48
AMO	15,25	aA	1,44	12,75	aA	0,25	10,75	aA	1,44	12,50	aA	1,44
ISO + K	14,00	aA	2,89	12,25	aA	0,85	11,00	aA	1,41	11,00	aA	0,58
K	11,00	aA	2,16	17,50	aA	0,96	10,00	aA	2,58	10,75	aA	1,65
CV (%) ^{9/} :	32,44		MG ^{10/} :	11,41		DMS col ^{11/} :	6,85		DMS lin ^{12/} :	8,10		

¹/Dose de herbicida em gramas de equivalente ácido (g.e.a.); ²/ns – não significativo, *significativo a 5% de probabilidade, **significativo a 1% de probabilidade; ³/ganho de altura das plantas em cm; ⁴/médias seguidas de mesma letra minúscula e mesma letra maiúscula não apresentam diferenças entre si nas colunas e nas linhas, respectivamente; ⁵/sal de isopropilamina de glyphosate; ⁶/sal de amônio de glyphosate; ⁷/sal de isopropilamina de glyphosate + sal de potássio de glyphosate; ⁸/sal de potássio de glyphosate; ⁹/coeficiente de variação; ¹⁰/média geral; ¹¹/diferença mínima significativa para coluna; ¹²/diferença mínima significativa para linha.

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

As médias dos tratamentos para a variável diâmetro diferiram entre si durante todos períodos de avaliações. Em cada período houve interação entre os fatores formulações e doses (Tabelas 5, 6, 7, 8, 9, 10 e 11).

Considerando a mesma dose e diferentes formulações, destaca-se o comportamento de duas formulações, ambas na dose 1,8 g e.a. ha⁻¹. A primeira, sal de isopropilamina de glyphosate, promoveu reduzido crescimento de diâmetro do caule até 80 DAT. A maior diferença entre tratamentos foi de 25%, em relação ao diâmetro de plantas tratadas com sal de amônio de glyphosate, aos 21 DAT (Tabela 8).

Para a segunda formulação, sal de potássio de glyphosate, foram observadas médias inferiores de diâmetro do caule durante todos períodos avaliados. Aos 140 DAT a maior diferença entre médias, 38,57%, foi registrada quando comparada à média do tratamento sal de amônio de glyphosate (Tabela 11).

Também foram observadas diferenças entre médias de diferentes doses para mesma formulação. A partir dos 21 DAT até 140 DAT, plantas submetidas a aplicação dos tratamentos nas doses 1,8 e 720 g e.a. de sal de potássio de glyphosate e sal de isopropilamina de glyphosate, respectivamente, registraram diâmetro do caule inferior em relação as demais doses de cada formulação. Para sal de potássio de glyphosate, a diferença entre as doses 1,8 e 36 g e.a., sendo a última com maior média, foi de 44,27% aos 140 DAT. Para este mesmo período, a diferença entre as doses 18 (maior média) e 720 g e.a. de sal de isopropilamina de glyphosate foi de 38,77% (Tabela 11).

Tabela 5 - Diâmetro do colo de plantas de *P. taeda* aos 14 dias antes da aplicação dos tratamentos, Lages, SC, 2016

	0 ^{1/}	*2/ ^{1/}	erro	1,8		erro	3,6		erro	7,2		erro
----- g e.a. de glyphosate -----												
ISO ^{5/}	5,79 ^{3/}	aA ^{4/}	0,26	5,42	bA	0,24	6,17	aA	0,38	5,73	aA	0,22
AMO ^{6/}	5,18	aB	0,47	7,24	aA	0,43	5,32	AB	0,33	5,61	aAB	0,24
ISO + K ^{7/}	6,49	aA	0,11	6,10	abA	0,20	5,26	aA	0,09	5,55	aA	0,44
K ^{8/}	5,42	aA	0,59	5,56	bA	0,27	5,23	aa	0,45	6,18	aA	0,10
	18		erro	36		erro	72		erro	720		erro
----- g e.a. de glyphosate -----												
ISO	6,32	aA	0,64	6,35	aA	0,42	5,35	aA	0,34	4,85	aA	0,26
AMO	5,39	aB	0,53	6,24	aAB	0,42	5,57	aAB	0,37	6,08	aAB	0,53
ISO + K	5,78	aA	0,81	5,65	aA	0,30	5,90	aA	0,13	5,66	aA	0,19
K	5,23	aA	0,36	6,82	aA	0,48	5,94	aA	0,65	5,99	aA	0,36
CV (%) ^{9/} :	13,84		MG ^{10/} :	5,79		DMS col ^{11/} :	1,48		DMS lin ^{12/} :	1,75		

¹/Dose de herbicida em gramas de equivalente ácido (g e.a.); ²/ns – não significativo, *significativo a 5% de probabilidade, **significativo a 1% de probabilidade; ³/diâmetro das plantas em mm; ⁴/médias seguidas de mesma letra minúscula e mesma letra maiúscula não apresentam diferenças entre si nas colunas e nas linhas, respectivamente; ⁵/sal de isopropilamina de glyphosate; ⁶/sal de amônio de glyphosate; ⁷/sal de isopropilamina de glyphosate + sal de potássio de glyphosate; ⁸/ sal de potássio de glyphosate; ⁹/coeficiente de variação; ¹⁰/média geral; ¹¹/diferença mínima significativa para coluna; ¹²/diferença mínima significativa para linha.

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Tabela 6 - Diâmetro do colo de plantas de *P. taeda* em função da interação entre formulações e doses de glyphosate, aos 7 DAT, Lages, SC, 2016

	0 ¹ /	** ² /	erro	1,8		erro	3,6		erro	7,2		erro
----- g e.a. de glyphosate -----												
ISO ^{6/}	6,30 ^{4/}	aAB ^{5/}	0,34	5,89	bAB	0,26	6,70	aAB	0,57	6,16	aAB	0,24
AMO ^{7/}	5,72	aB	0,34	7,68	aA	0,41	5,74	aB	0,30	6,23	aAB	0,12
ISO + K ^{8/}	6,90	aA	0,33	6,33	aba	0,30	5,57	aA	0,04	6,08	aA	0,46
K ^{9/}	5,67	aAB	0,57	5,88	bAB	0,27	6,07	aAB	0,22	6,58	aAB	0,13
18		erro	36		erro	72		erro	720		erro	
----- g e.a. de glyphosate -----												
ISO	6,96	aA	0,53	6,51	abAB	0,39	5,69	aAB	0,20	5,21	aB	0,18
AMO	6,47	abAB	0,33	6,78	abAB	0,47	5,83	aB	0,41	6,25	aAB	0,56
ISO + K	6,22	abA	0,68	5,84	bA	0,33	6,35	aA	0,05	6,10	aA	0,13
K	5,51	bB	0,36	7,34	aA	0,42	6,41	aAB	0,76	6,26	aAB	0,35
CV (%) ^{10/} : 12,37		MG ^{11/} : 6,23		DMS col ^{12/} : 1,43		DMS lin ^{13/} : 1,69						

¹/Dose de herbicida em gramas de equivalente ácido (g e.a.); ²/ns – não significativo, *significativo a 5% de probabilidade, **significativo a 1% de probabilidade; ³/diâmetro das plantas em mm; ⁴/médias seguidas de mesma letra minúscula e mesma letra maiúscula não apresentam diferenças entre si nas colunas e nas linhas, respectivamente; ⁵/sal de isopropilamina de glyphosate; ⁶/sal de amônio de glyphosate; ⁷/sal de isopropilamina de glyphosate + sal de potássio de glyphosate; ⁸/ sal de potássio de glyphosate; ⁹/coeficiente de variação; ¹⁰/média geral; ¹¹/diferença mínima significativa para coluna; ¹²/diferença mínima significativa para linha.

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Tabela 7 – Diâmetro médio do colo de plantas de *P. taeda* em função da interação entre formulações e doses de glyphosate, aos 14 DAT, Lages, SC, 2016

	0 ¹ /	** ² /	erro	1,8		erro	3,6		erro	7,2		erro
----- g e.a. de glyphosate -----												
ISO ^{5/}	6,27 ^{3/}	aA ^{4/}	0,34	5,95	bA	0,25	6,79	aA	0,55	6,36	aA	0,31
AMO ^{6/}	5,82	aB	0,39	7,86	aA	0,45	5,88	aB	0,26	6,40	aAB	0,15
ISO + K ^{7/}	6,98	aA	0,30	6,46	aba	0,26	5,76	aA	0,09	6,30	aA	0,51
K ^{8/}	5,79	aAB	0,55	6,01	bAB	0,26	6,19	aAB	0,23	6,72	aAB	0,12
18		erro	36		erro	72		erro	720		erro	
----- g e.a. de glyphosate -----												
ISO	7,03	aA	0,55	6,61	aA	0,39	5,78	aA	0,22	5,35	aA	0,30
AMO	6,59	aAB	0,35	6,88	aAB	0,48	5,91	aB	0,32	6,34	aAB	0,57
ISO + K	6,38	aA	0,65	6,03	aA	0,36	6,46	aA	0,05	6,20	aA	0,10
K	5,67	aB	0,36	7,41	aA	0,39	6,55	aAB	0,75	6,38	aAB	0,36
CV (%) ^{9/} : 12,23		MG ^{10/} : 6,35		DMS col ^{11/} : 1,44		DMS lin ^{12/} : 1,70						

¹/Dose de herbicida em gramas de equivalente ácido (g e.a.); ²/ns – não significativo, *significativo a 5% de probabilidade, **significativo a 1% de probabilidade; ³/diâmetro das plantas em mm; ⁴/médias seguidas de mesma letra minúscula e mesma letra maiúscula não apresentam diferenças entre si nas colunas e nas linhas, respectivamente; ⁵/sal de isopropilamina de glyphosate; ⁶/sal de amônio de glyphosate; ⁷/sal de isopropilamina de glyphosate + sal de potássio de glyphosate; ⁸/ sal de potássio de glyphosate; ⁹/coeficiente de variação;

de glyphosate; ⁹/coeficiente de variação; ¹⁰/média geral; ¹¹/diferença mínima significativa para coluna; ¹²/diferença mínima significativa para linha.

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Tabela 8 – Diâmetro do colo de plantas de *P. taeda* em função da interação de herbicidas e doses de glyphosate, aos 21 DAT, Lages, SC, 2016

	0 ^{1/}	**2/	erro	1,8		erro	3,6		erro	7,2		erro
----- g e.a. de glyphosate -----												
ISO ^{5/}	6,40 ^{3/}	aAB ^{4/}	0,43	6,00	bAB	0,26	7,03	aAB	0,60	6,39	aAB	0,29
AMO ^{6/}	5,87	aB	0,36	7,94	aA	0,47	6,14	aB	0,26	6,60	aAB	0,16
ISO + K ^{7/}	7,06	aA	0,25	6,57	abA	0,28	5,82	aA	0,05	6,54	aA	0,52
K ^{8/}	5,93	aB	0,53	5,90	bB	0,26	6,36	aAB	0,27	6,88	aAB	0,08
18		erro	36		erro	72		erro	720		erro	
----- g e.a. de glyphosate -----												
ISO	7,26	aA	0,54	6,85	abAB	0,41	5,86	aAB	0,31	5,41	aB	0,34
AMO	6,67	abAB	0,38	6,99	abAB	0,48	6,01	aB	0,31	6,45	aAB	0,58
ISO + K	6,49	abA	0,64	6,19	bA	0,39	6,60	aA	0,04	6,38	aA	0,12
K	5,70	bB	0,39	7,70	aA	0,56	6,74	aAB	0,75	6,47	aAB	0,37
CV (%) ^{9/} : 12,44		MG ^{10/} : 6,47			DMS col ^{11/} : 1,49			DMS lin ^{12/} : 1,76				

^{1/}Dose de herbicida em gramas de equivalente ácido (g e.a.); ^{2/}ns – não significativo, ^{*}significativo a 5% de probabilidade, ^{**}significativo a 1% de probabilidade; ^{3/}diâmetro das plantas em mm; ^{4/}médias seguidas de mesma letra minúscula e mesma letra maiúscula não apresentam diferenças entre si nas colunas e nas linhas, respectivamente; ^{5/}sal de isopropilamina de glyphosate; ^{6/}sal de amônio de glyphosate; ^{7/}sal de isopropilamina de glyphosate + sal de potássio de glyphosate; ^{8/}sal de potássio de glyphosate; ^{9/}coeficiente de variação; ^{10/}média geral; ^{11/}diferença mínima significativa para coluna; ^{12/}diferença mínima significativa para linha.

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Tabela 9 – Diâmetro do colo de plantas de *P. taeda* em função da interação entre formulações e doses de glyphosate, aos 80 DAT, Lages, SC, 2016

	0 ^{1/}	**2/	erro	1,8		erro	3,6		erro	7,2		erro
----- g e.a. de glyphosate -----												
ISO ^{5/}	6,78 ^{3/}	aAB ^{4/}	0,50	6,21	bAB	0,25	7,18	aAB	0,52	6,73	aAB	0,20
AMO ^{6/}	6,47	aA	0,50	8,10	aA	0,64	6,48	aA	0,24	7,24	aA	0,24
ISO + K ^{7/}	7,51	aA	0,47	6,81	abA	0,22	6,08	aA	0,08	7,31	aA	0,41
K ^{8/}	6,45	aAB	0,41	5,44	bB	0,10	7,07	aAB	0,39	7,29	aAB	0,09
18		erro	36		erro	72		erro	720		erro	
----- g e.a. de glyphosate -----												
ISO	7,57	aA	0,72	7,13	aAB	0,43	6,55	aAB	0,61	5,64	aB	0,49
AMO	7,01	aA	0,47	7,34	aA	0,34	6,44	aA	0,37	6,80	aA	0,69
ISO + K	6,80	aA	0,57	6,68	aA	0,50	7,10	aA	0,16	6,64	aA	0,17
K	6,14	aAB	0,46	7,86	aA	0,61	7,51	aA	0,68	6,55	aAB	0,27
CV (%) ^{9/} : 12,88		MG ^{10/} : 6,83			DMS col ^{11/} : 1,63			DMS lin ^{12/} : 1,93				

^{1/}Dose de herbicida em gramas de equivalente ácido (g e.a.); ^{2/}ns – não significativo, ^{*}significativo a 5% de probabilidade, ^{**}significativo a 1% de probabilidade; ^{3/}diâmetro das plantas em mm; ^{4/}médias seguidas de mesma letra minúscula e mesma letra maiúscula não apresentam diferenças entre si nas colunas e nas linhas, respectivamente; ^{5/}sal de isopropilamina de glyphosate; ^{6/}sal de amônio de glyphosate; ^{7/}sal de isopropilamina de glyphosate + sal de potássio de glyphosate; ^{8/}sal de potássio de glyphosate; ^{9/}coeficiente de variação; ^{10/}média geral; ^{11/}diferença mínima significativa para coluna; ^{12/}diferença mínima significativa para linha.

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Tabela 10 – Diâmetro do colo de plantas de *P. taeda* em função da interação entre formulações e doses de glyphosate, aos 110 DAT, Lages, SC, 2016

	0 ^{1/}	*2/	erro	1,8		erro	3,6		erro	7,2		erro
----- g e.a. de glyphosate -----												
ISO ^{5/}	7,77 ^{3/}	aAB ^{4/}	0,62	7,59	aAB	0,38	8,19	aAB	0,34	8,08	aAB	0,33
AMO ^{6/}	7,75	aA	0,64	8,51	aA	0,79	7,54	aA	0,38	8,39	aA	0,37
ISO + K ^{7/}	8,70	aA	0,62	7,34	aA	0,43	7,20	aA	0,11	8,93	aA	0,40
K ^{8/}	7,63	aA	0,48	5,31	bB	0,25	8,12	aA	0,43	8,57	aA	0,12
18			erro	36		erro	72		erro	720		erro
----- g e.a. de glyphosate -----												
ISO	8,97	aA	0,63	8,50	aAB	0,57	7,87	aAB	0,68	6,39	aB	0,75
AMO	8,35	aA	0,61	8,66	aA	0,40	7,56	aA	0,36	8,12	aA	0,76
ISO + K	7,97	aA	0,71	7,95	aA	0,67	8,35	aA	0,16	8,22	aA	0,15
K	7,56	aAB	0,56	8,87	aA	0,67	8,80	aA	0,78	7,78	aA	0,31
CV (%) ^{9/} : 13,12	MG ^{10/} : 7,98			DMS col ^{11/} : 1,94			DMS lin ^{12/} : 2,29					

^{1/}Dose de herbicida em gramas de equivalente ácido (g e.a.); ^{2/}ns – não significativo, *significativo a 5% de probabilidade, **significativo a 1% de probabilidade; ^{3/}diâmetro das plantas em mm; ^{4/}médias seguidas de mesma letra minúscula e mesma letra maiúscula não apresentam diferenças entre si nas colunas e nas linhas, respectivamente; ^{5/}sal de isopropilamina de glyphosate; ^{6/}sal de amônio de glyphosate; ^{7/}sal de isopropilamina de glyphosate + sal de potássio de glyphosate; ^{8/}sal de potássio de glyphosate; ^{9/}coeficiente de variação; ^{10/}média geral; ^{11/}diferença mínima significativa para coluna; ^{12/}diferença mínima significativa para linha.

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Tabela 11 – Diâmetro do colo de plantas de *P. taeda* em função da interação entre formulações e doses de glyphosate, aos 140 DAT, Lages, SC, 2016

	0 ^{1/}	*2/	erro	1,8		erro	3,6		erro	7,2		erro
----- g e.a. de glyphosate -----												
ISO ^{5/}	8,59 ^{3/}	aAB ^{4/}	0,73	8,38	aAB	0,49	9,04	aAB	0,37	9,04	aAB	0,45
AMO ^{6/}	8,46	aA	0,69	8,92	aA	0,85	8,38	aA	0,24	9,53	aA	0,42
ISO + K ^{7/}	9,72	aA	0,81	7,94	aA	0,57	8,13	aA	0,11	10,14	aA	0,38
K ^{8/}	8,97	aA	0,44	5,48	bB	0,23	9,06	aA	0,58	9,36	aA	0,21
18			erro	36		erro	72		erro	720		erro
----- g e.a. de glyphosate -----												
ISO	9,68	aA	0,68	9,48	aAB	0,48	8,78	aAB	0,67	7,00	aB	0,96
AMO	9,12	aA	0,62	9,81	aA	0,40	8,75	aA	0,39	9,00	aA	0,77
ISO + K	8,89	aA	0,64	8,80	aA	0,76	9,24	aA	0,23	9,00	aA	0,25
K	8,57	aA	0,60	9,83	aA	0,67	9,87	aA	0,89	8,45	aA	0,37
CV (%) ^{9/} : 12,95	MG ^{10/} : 8,86			DMS col ^{11/} : 2,12			DMS lin ^{12/} : 2,51					

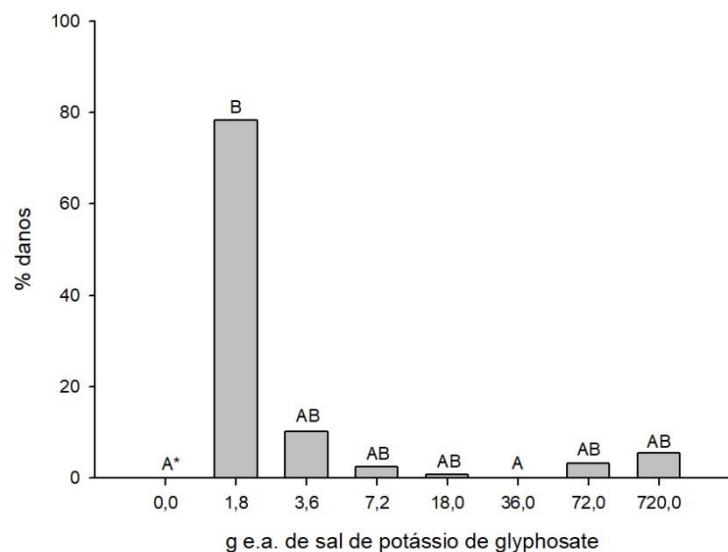
^{1/}Dose de herbicida em gramas de equivalente ácido (g e.a.); ^{2/}ns – não significativo, *significativo a 5% de probabilidade, **significativo a 1% de probabilidade; ^{3/}diâmetro das plantas em mm; ^{4/}médias seguidas de mesma letra minúscula e mesma letra maiúscula não apresentam diferenças entre si nas colunas e nas linhas, respectivamente; ^{5/}sal de isopropilamina de glyphosate; ^{6/}sal de amônio de glyphosate; ^{7/}sal de isopropilamina de glyphosate + sal de potássio de glyphosate; ^{8/}sal de potássio de glyphosate; ^{9/}coeficiente de variação; ^{10/}média geral; ^{11/}diferença mínima significativa para coluna; ^{12/}diferença mínima significativa para linha.

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Para quantificar a intoxicação de *P. taeda* foram atribuídas porcentagens aos danos causados pelas formulações de glyphosate. A partir dos 80 DAT houve diferença entre doses das formulações testadas.

A dose 1,8 g e.a. de sal de potássio de glyphosate causou maiores danos às plantas. A porcentagem de danos observada aos 80, 110 e 140 DAT foi de aproximadamente 80% em ambos os períodos (Figuras 4, 5 e 6).

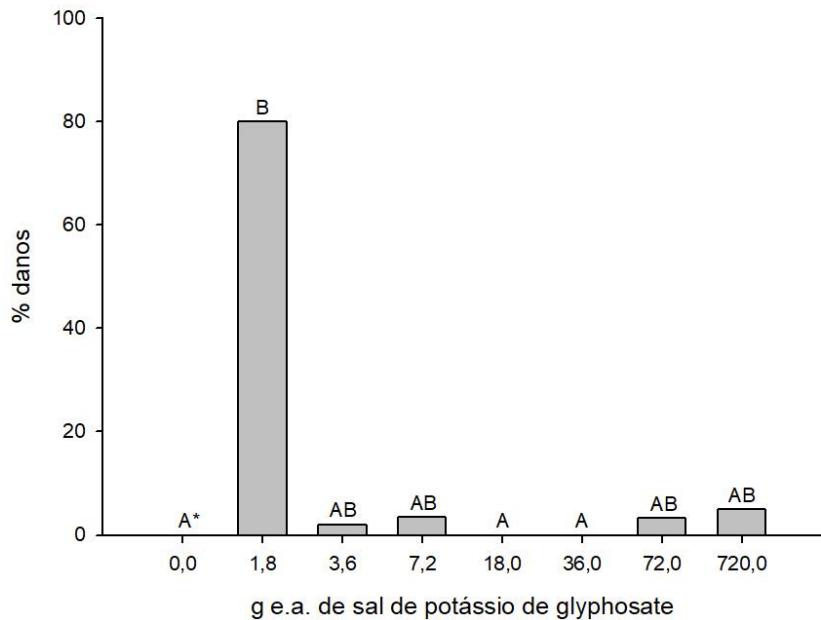
Figura 4 – Porcentagem de danos em plantas de *P. taeda* em função de doses de sal de potássio de glyphosate, aos 80 DAT, Lages, SC, 2016



*Dados avaliados através do teste de Kruskal-Wallis.

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

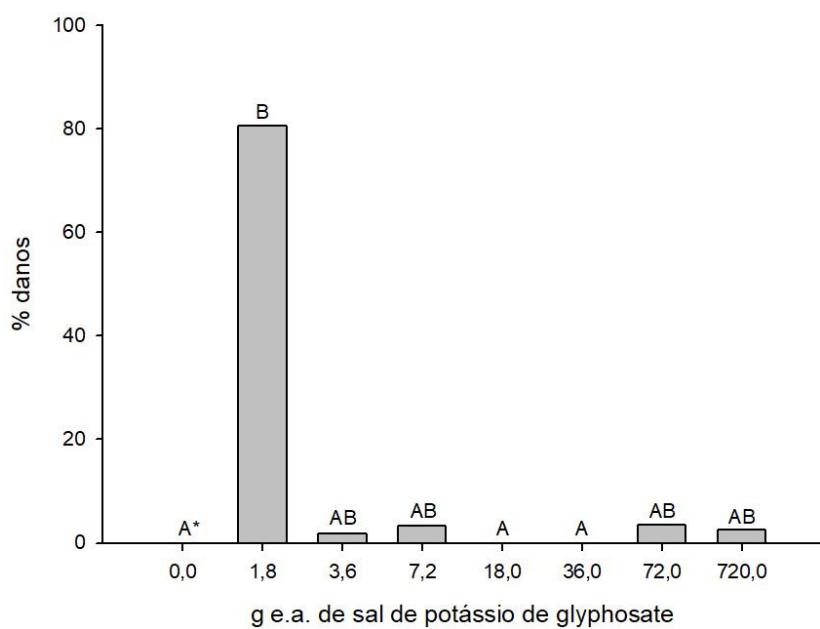
Figura 5 – Porcentagem de danos em plantas de *P. taeda* em função de doses de sal de potássio de glyphosate, aos 110 DAT, Lages, SC, 2016



*Dados avaliados através do teste de Kruskal-Wallis.

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Figura 6 – Porcentagem de danos em plantas de *P. taeda* em função de doses de sal de potássio de glyphosate, aos 140 DAT, Lages, SC, 2016

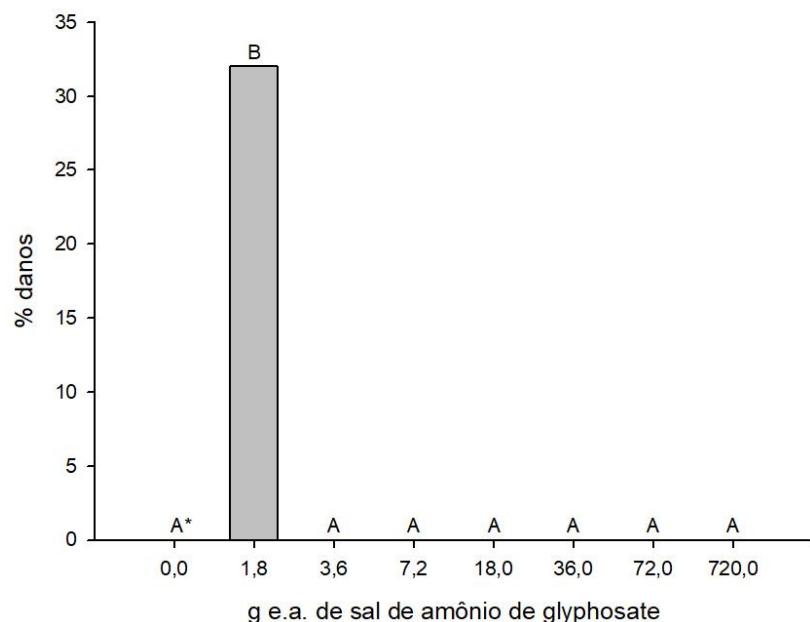


*Dados avaliados através do teste de Kruskal-Wallis.

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Também foram registrados danos em plantas tratadas com sal de amônio de glyphosate, dose 1,8 g e.a., aos 110 e 140 DAT (Figuras 7 e 8), e em plantas tratadas com sal de isopropilamina de glyphosate + sal de potássio de glyphosate, dose 1,8 g e.a., aos 140 DAT (Figura 9).

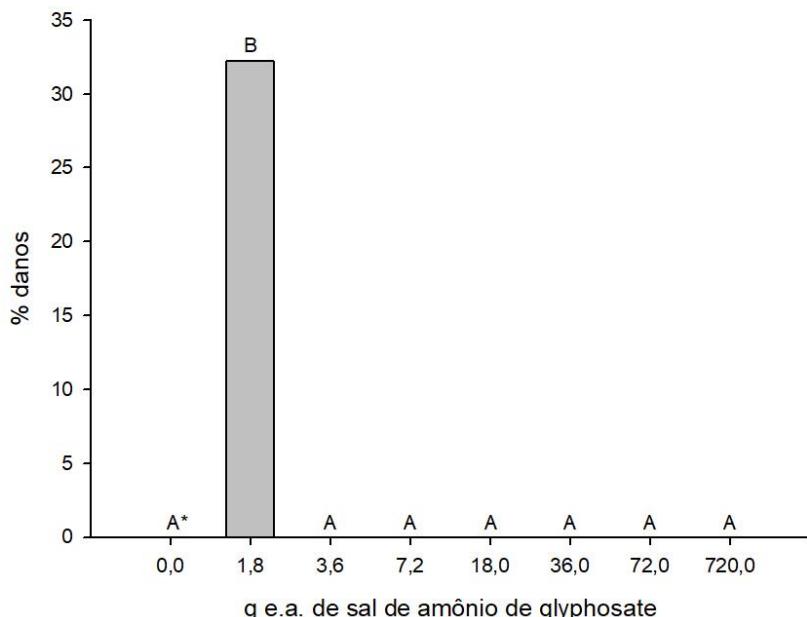
Figura 7 – Porcentagem de danos em plantas de *P. taeda* em função de doses de sal de amônio de glyphosate, aos 110 DAT, Lages, SC, 2016



*Dados avaliados através do teste de Kruskal-Wallis.

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

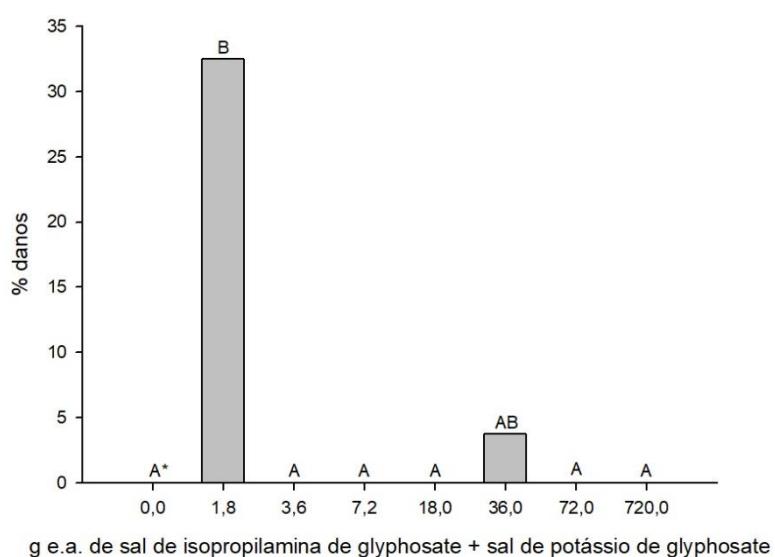
Figura 8 – Porcentagem de danos em plantas de *P. taeda* em função de doses de sal de amônio de glyphosate, aos 140 DAT, Lages, SC, 2016



*Dados avaliados através do teste de Kruskal-Wallis.

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Figura 9 – Porcentagem de danos em plantas de *P. taeda* em função de doses de sal de isopropilamina de glyphosate + sal de potássio de glyphosate, aos 140 DAT, Lages, SC, 2016

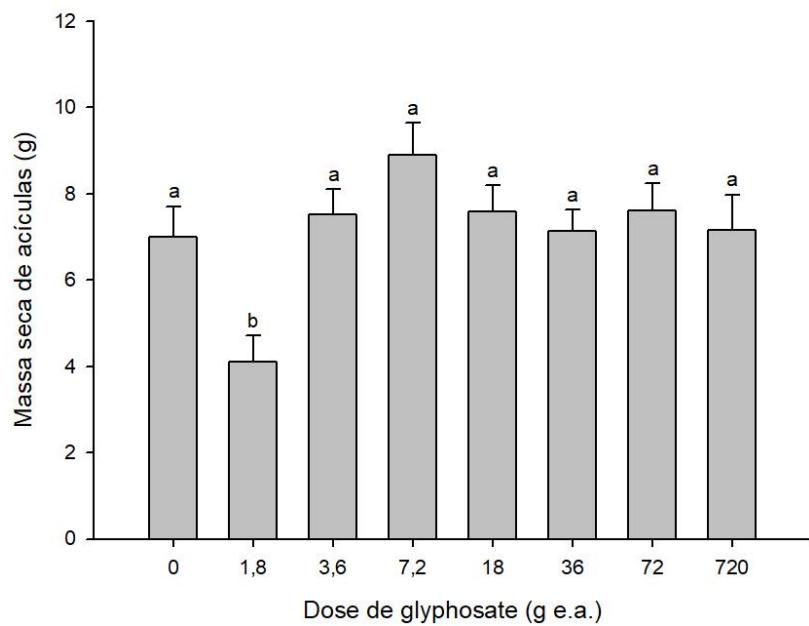


*Dados avaliados através do teste de Kruskal-Wallis.

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

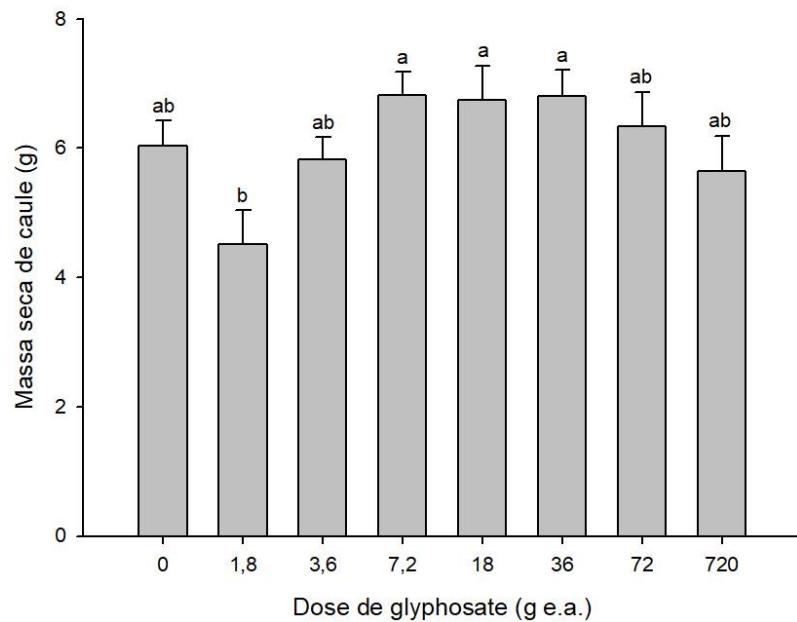
Plantas tratadas com 1,8 g e.a. de glyphosate produziram reduzida quantidade de massa seca em todos os componentes avaliados, acículas, caule e parte aérea (Figuras 10, 11 e 12).

Figura 10 – Massa seca de acículas de plantas de *P. taeda* em função de doses de glyphosate, Lages, SC, 2016



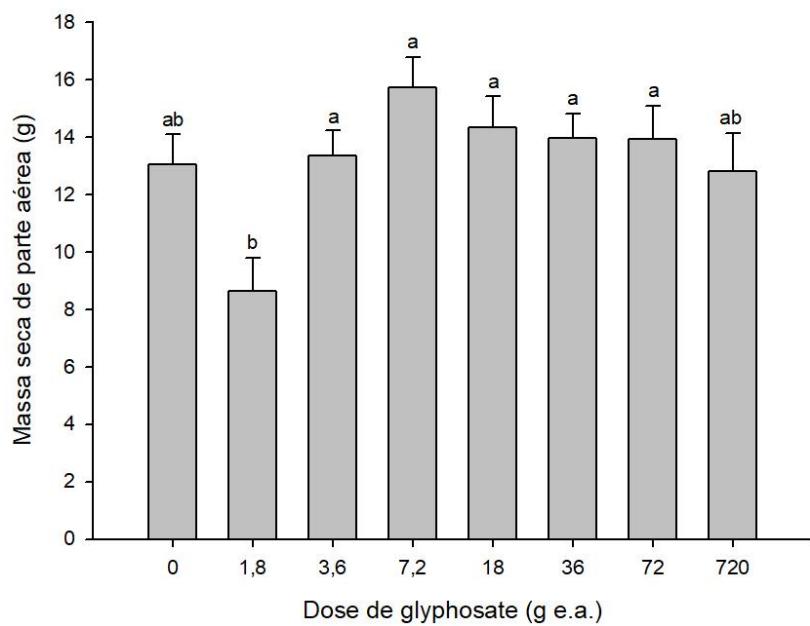
Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Figura 11 – Massa seca de caule de plantas de *P. taeda* em função de doses de glyphosate, Lages, SC, 2016



Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Figura 12 – Massa seca da parte aérea de plantas de *P. taeda* em função de doses de glyphosate, Lages, SC, 2016



Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

A diferença na produção de massa seca de plantas tratadas com 1,8 g e.a. de glyphosate em relação as plantas tratadas com 7,2 g e.a. de glyphosate, foi de 53,82%, 33,72% e 45,10%, para os componentes acículas, caule e parte aérea, respectivamente (Figuras 10, 11 e 12).

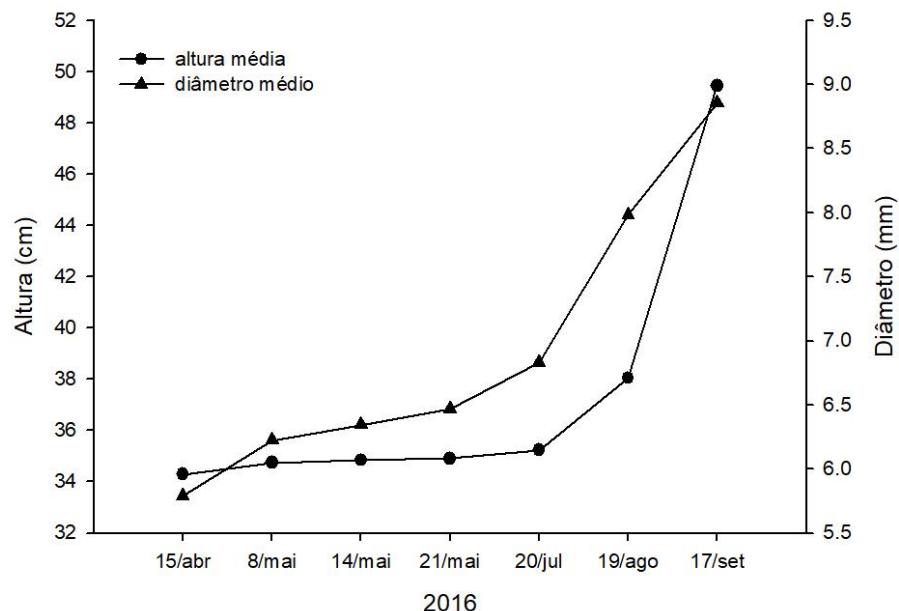
2.5 DISCUSSÃO

O crescimento de *P. taeda* observado neste estudo seguiu padrão descrito na literatura. Durante o outono, são registradas reduzidas taxas de crescimento, permanecendo assim até o inverno (MACHADO et al., 2010, 2014).

Neste período, crescimento em altura praticamente cessa, enquanto que o crescimento do diâmetro continua ativo, porém com reduzidas taxas de desenvolvimento (LIPAVSKÁ; SVOBODOVÁ; ALBRECHTOVÁ, 2000; MACHADO et al., 2014). Entre meados de inverno e início da primavera o crescimento das plantas é retomado, ocorrendo acelerado desenvolvimento de altura e diâmetro.

A Figura 13 ilustra este comportamento de crescimento diferenciado de altura e diâmetro de todos tratamentos durante todos períodos de avaliações.

Figura 13 – Altura e diâmetro de plantas de *P. taeda*, Lages, SC, 2016



Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Este comportamento observado em coníferas é atribuído às baixas temperaturas e reduzido fotoperíodo (LÜTTGE; HERTEL, 2009). O processo que influencia o crescimento de *P. taeda* durante o outono e inverno pode ser dividido em três partes, i) a cessação do crescimento e o alongamento apical do caule é um pré-requisito para a formação de gemas terminais de inverno e o desenvolvimento da resistência ao frio. O desenvolvimento da gema no tempo segue a formação da gema, aclimatação à desidratação e ao frio e a dormência (RUTTINK et al., 2007); ii) o estado latente é definido pela falta de atividade de crescimento, a cessação da atividade do meristema e a divisão e o alongamento celular (JUNTTILA, 2007). O endurecimento a frio envolve muitas funções fisiológicas, entre elas acumulação de açúcares como osmólitos e solutos compatíveis (LIPAVSKÁ; SVOBODOVÁ; ALBRECHTOVÁ, 2000), alterações nos lipídios (SUTINEM, 2007) e respostas das membranas, incluindo os tilacoides dos cloroplastos que afetam as funções da fotossíntese (TAULAVUORI; LÜTTGE, 2007); e por fim, iii) quebra da dormência das gemas e início de novas atividades na primavera (LÜTTGE; HERTEL, 2009).

As variáveis ambientais que afetam esta atividade cíclica são principalmente fotoperíodo e temperatura. O principal fator para iniciar a dormência e resistência ao frio é o fotoperíodo, ou seja, a ocorrência de dias curtos. Para a ruptura de gemas, o principal fator é a temperatura. As plantas precisam ser expostas a baixas temperaturas por um período acumulado de tempo antes que uma temperatura mais alta possa provocar ruptura de gemas (LÜTTGE; HERTEL, 2009).

O processo que induz a resistência ao frio é complexo. Segundo muitas vezes uma sequência bimodal, inicialmente dias curtos provocam cessação do crescimento, dormência e aumento moderado da tolerância ao frio, seguido de baixa temperatura, que estimula o desenvolvimento de maior resistência ao congelamento, onde a tolerância máxima só é alcançada após a exposição das árvores às temperaturas de congelamento (WEISER, 1970; RINNE; WELLING; KAIKURANTA, 1998; WELLING et al., 2002, 2004; PUHAKAINEN et al., 2004; JOHNSEN et al., 2005a, 2005b). Entretanto, as reações podem ser ainda mais complexas, devido aos efeitos interativos entre luz e temperatura no ritmo de crescimento, dormência e resistência (HEIDE, 1974; JOHNSEN et al., 2005a, 2005b). Também há a possibilidade de fotoperíodo e baixa temperatura induzir aclimatação a frio de forma independente. Pois na aclimatação a frio de plantas lenhosas, a sinalização de dia curto é dependente de fitocromos e a sinalização de temperatura fria independe de

fitocromos, sendo portanto percebidas através de rotas diferentes (WELLING et al., 2002).

Conforme ressaltado anteriormente, variáveis ambientais, principalmente fotoperíodo e temperatura, tem importante relação com o desenvolvimento das plantas em distintas épocas do ano. Este fato tem forte influência nas respostas de *P. taeda* quando exposto a herbicidas, principalmente durante aplicações que ocorrem durante o outono, quando os herbicidas podem ser aplicados em área total, ou seja, diretamente sobre as plantas (OSIECKA; MINOGUE, 2014), aproveitando o período fisiológico de dormência em que elas se encontram, o que resulta em tolerância temporária aos herbicidas como destacado por diversos autores (RADOSEVICH et al., 1980; PALEY; RADOSEVICH, 1984; KING; RADOSEVICH, 1985; GOODALL; DENNY; DICKS, 1991).

Inicialmente as variáveis altura e ganho de altura não foram afetadas pelos tratamentos. Apenas aos 140 DAT e durante o intervalo entre 110 e 140 DAT é que foram registradas diferenças entre tratamentos para essas variáveis (Tabelas 3 e 4). Em ambos os casos, o reduzido crescimento foi registrado para plantas tratadas com 1,8 g e.a. de sal de potássio de glyphosate.

Este comportamento de reduzido crescimento, visualizado em plantas tratadas com 1,8 g e.a. de glyphosate, é estranho e adverso ao encontrado na literatura. Em certas ocasiões ocorrem estímulos de crescimento em doses muito baixas do herbicida, faixa entre 1,8 a 3,6 g e.a. de glyphosate ha^{-1} , podendo também não haver ação do glyphosate nas plantas em faixas muito estreitas, 0 a 1,8 g e.a. ha^{-1} em algumas espécies. Em uma terceira faixa de dose, acima de 7,2 a 36 g e.a. de glyphosate ha^{-1} , se verificam efeitos inibitórios sobre as plantas (VELINI et al., 2009).

Diversos são os fatores que implicam no comportamento de plantas sujeitas a ação de sub-doses de glyphosate, dentre eles estão o clima, formulação do herbicida, idade e condições de crescimento da planta, bem como o material vegetal (VELINI et al., 2008, 2010), e a presença de nutrientes como o fósforo (DENIS; DELROT, 1993; MORIN et al., 1997).

Esperava-se que neste trabalho este efeito ocorresse em *P. taeda* quando aplicadas as menores doses, entretanto não ocorreu. Como comentado, foram registrados danos proporcionados pela ação de determinadas doses de formulações de glyphosate, ou o não desenvolvimento da altura das plantas devido ao período de

repouso fisiológico. Este fato está relacionado com a baixa atividade do glyphosate durante o período de repouso fisiológico, resultando em poucos danos, com recuperação das plantas para a maioria dos tratamentos.

A partir do final do verão, o acúmulo de açúcares aumenta lentamente para os valores característicos do início da dormência no inverno (LIPAVSKÁ; SVOBODOVÁ; ALBRECHTOVÁ, 2000). Geralmente, açúcares são acumulados em brotos antes do período do inverno, fato observado em acículas de coníferas (KAINULAINEN; HOLOPAINEN; OKSANEN, 1995; PEACE; LEA; DARRALL, 1995; LIPAVSKÁ; SVOBODOVÁ; ALBRECHTOVÁ, 2000). O aumento da concentração intracelular de açúcar está envolvido no processo de adaptação da conífera à geada, sendo um importante fator para o aumento da tolerância ao frio de coníferas no inverno (HAMPP, 1992; ÖGREN, 1997; ÖGREN; NILSSON; SUNDBLAD, 1997). Coníferas são conhecidas pela acumulação mais notável de oligossacarídeos da família da rafinose em vez de sacarose, durante o outono e inverno, e em acículas, a rafinose é conhecida por desempenhar papel na tolerância à geada (HAMPP, 1992; HINESLEY et al., 1992; WIEMKEN; INEICHEN, 1993; LUX et al., 1997).

Durante o período de dormência, há dificuldade de translocação do herbicida glyphosate, como destacado em trabalho com *P. taeda* e outras duas espécies, onde ¹⁴C-glyphosate seguiu o fluxo de ¹⁴CO₂ durante a fase de crescimento ativo, mas não durante a fase de dormência (D'ANIERI et al., 1990). Ou quando cerca de 88% de glyphosate rádio marcado, aplicado durante início do outono, e absorvido por mudas de *P. taeda*, permaneceram nas acículas 30 dias após aplicação dos tratamentos (GREEN et al., 1992).

Na conífera *Picea abies* o estado de dormência tardio, em meados do outono, foi caracterizado por maiores teores de açúcares acumulados, além de reduzida atividade de dreno nas acículas, gemas e brotos novos (LIPAVSKÁ; SVOBODOVÁ; ALBRECHTOVÁ, 2000). Durante este período há elevada concentração de açúcar nas acículas, que resulta em mais açúcar disponível para se ligar ao glyphosate, através de conjugação bioquímica, tornando-o menos tóxico, o que indica um dreno fraco para fotoassimilados das folhas, reduzindo a translocação do glyphosate (D'ANIERI et al., 1990).

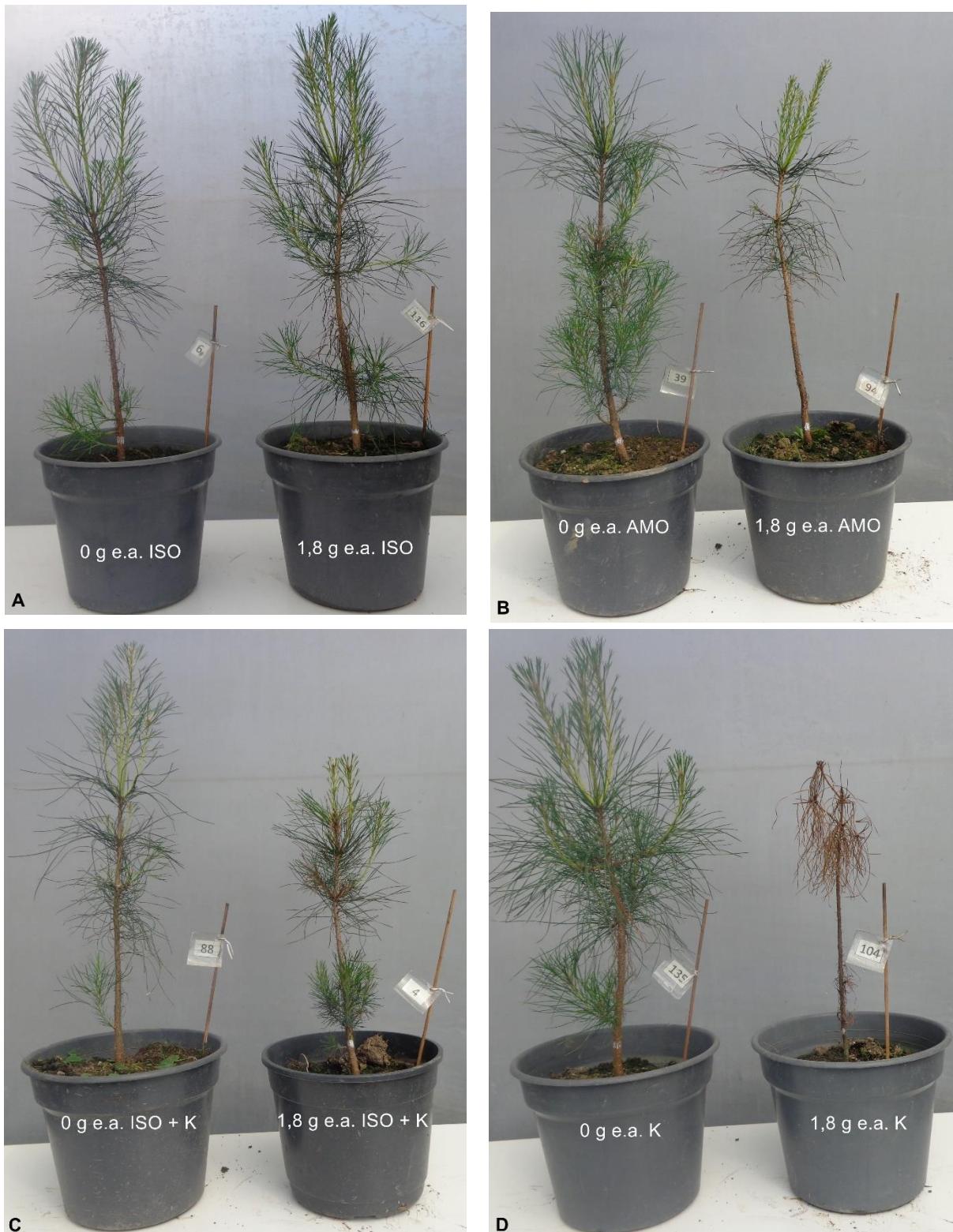
Médias de diâmetro já apresentavam diferenças entre si, mesmo antes da aplicação dos tratamentos (Tabela 5). No entanto, é possível que a dose 1,8 g e.a. de sal de potássio de glyphosate, tenha interferido no crescimento de plantas que

receberam este tratamento, pois médias de diâmetro permaneceram reduzidas até o último período de avaliação, aos 140 DAT (Tabela 11). Comportamento semelhante foi registrado em plantas tratadas com 1,8 g e.a. de sal de isopropilamina de glyphosate, porém aos 110 DAT a média de diâmetro era semelhante aos demais tratamentos, exceto para sal de potássio de glyphosate (Tabela 10).

Reduzida taxa de crescimento de diâmetro é influência direta de menor quantidade de massa seca de acículas. Neste caso, houve redução de 54% na produção de acículas de plantas tratadas com sal de potássio de glyphosate, quando comparada com o tratamento de maior média (Figura 10). Como destacado na Figura 13, diferentemente do comportamento de altura, que cessa seu desenvolvimento durante o outono e parte do inverno, o diâmetro continua ativo, porém com reduzidas taxas de desenvolvimento (LIPAVSKÁ; SVOBODOVÁ; ALBRECHTOVÁ, 2000; MACHADO et al., 2010, 2014).

O efeito negativo e prejudicial da dose 1,8 g e.a. em *P. taeda* é destacado na porcentagem de danos ocasionados pelas formulações de glyphosate, principalmente quando esta dose foi associada ao sal de potássio de glyphosate (Figuras 4 a 9). Este resultado justifica as reduzidas médias de massa seca de acículas, caule e parte aérea de *P. taeda* observadas, especificamente, para plantas tratadas com 1,8 g e.a. de glyphosate. A Figura 14 A a D, ilustra plantas de *P. taeda* tratadas 1,8 g e.a. de cada formulação de glyphosate, aos 140 DAT, em relação as testemunhas.

Figura 14 – Comparação entre testemunha, 0 g e.a. de glyphosate, e dose 1,8 g e.a. das formulações A) sal de isopropilamina de glyphosate; B) sal de amônio de glyphosate; C) sal de isopropilamina de glyphosate + sal de potássio de glyphosate; e D) sal de potássio de glyphosate em plantas de *P. taeda*, aos 140 DAT, Lages, SC, 2016



Fonte: Registro feito pelo autor, 2017.

2.6 CONCLUSÕES

- i) Mudas de *P. taeda* apresentaram susceptibilidade diferenciada às formulações de glyphosate, de acordo com a dose utilizada, durante período de repouso vegetativo;
- ii) Formulações de glyphosate testadas tiveram impacto diferenciado sobre crescimento de mudas de *P. taeda*.

3 EFICÁCIA E SELETIVIDADE DE HERBICIDAS APLICADOS EM ÁREA TOTAL EM CULTIVO DE PINUS

3.1 RESUMO

Este estudo teve como objetivos avaliar a seletividade de herbicidas em *P. taeda* durante dormência fisiológica e a eficácia de controle químico de plantas daninhas durante inverno. O trabalho foi dividido em duas partes, sendo a primeira conduzida em blocos casualizados, sob esquema fatorial 4x2 + 2 testemunhas, com e sem capina, e repetido 4 vezes. O primeiro fator correspondeu a quatro herbicidas, sal de isopropilamina de glyphosate + sal de potássio de glyphosate, sal de amônio de glyphosate, sal de potássio de glyphosate e carfentrazone-ethyl. Doses mínimas e máximas de cada herbicida compuseram o segundo fator. Os herbicidas foram aplicados com pulverizador costal pressurizado a CO₂, calibrado para volume de calda de 200 L ha⁻¹. A segunda parte do trabalho teve como desenho experimental blocos casualizados, com sete tratamentos, sendo eles, imazapyr, sal de potássio de glyphosate, sal de potássio de glyphosate + saflufenacil, sal de potássio de glyphosate + indaziflam, sal de potássio de glyphosate + carfentrazone-ethyl, além de duas testemunhas, com e sem capina. Os herbicidas foram aplicados com barra de pulverização conectada a um tanque com capacidade para 600 L e calibrada para volume de calda de 200 L ha⁻¹. Para as duas partes deste trabalho foram avaliadas altura, incremento de altura, incremento periódico diário de altura, diâmetro, além de danos causados às plantas pelos herbicidas. Estes dados foram coletados aos 15, 45, 75, 105, 135, 235 e 285 dias após aplicação dos tratamentos (DAT), na primeira parte. Na segunda parte os dados foram coletados aos 21 dias antes da aplicação dos tratamentos e aos 15, 30, 45, 60, 75, 105, 135 e 165 DAT. As médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Quando necessário os dados foram submetidos a avaliação não paramétrica, através do teste de Kruskal-Wallis ($p>0,05$). Os herbicidas não interferiram no crescimento de plantas na primeira parte deste trabalho. Durante a segunda parte, o crescimento de plantas tratadas com imazapyr foi reduzido. Doses de 1440 g e.a. ha⁻¹ de sal de potássio de glyphosate e 1400 g e.a. ha⁻¹ de sal de potássio de glyphosate + 150 mL de indaziflam foram mais eficazes no controle de plantas daninhas. A aplicação de herbicidas em área total em cultivo de *P. taeda* é viável, desde que observada dose do herbicida, idade das plantas e principalmente época de aplicação e o controle de plantas daninhas.

Palavras-chave: *Pinus taeda*. Glyphosate. Over-the-top. Indaziflam. Repouso vegetativo.

3.2 INTRODUÇÃO

Durante um ano vegetativo as árvores apresentam variações de produção de biomassa, onde seu ritmo de crescimento decresce no inverno e aumenta na primavera e verão (MACHADO et al., 2010). *Pinus taeda* L. atinge valor assintótico

para altura, ou seja, redução e estabilização do crescimento, entre abril e junho, devido ao período de quase repouso vegetativo ou dormência das gemas apicais nos meses mais frios do ano. O mesmo não ocorre para diâmetro, o qual reduz suas taxas de incremento durante o inverno, mas sem que haja paralisação total do crescimento (MACHADO et al., 2014).

Os estímulos ambientais que afetam a atividade cíclica de crescimento anual são principalmente fotoperíodo e temperatura, que apresentam grande influência sobre as taxas de crescimento de *P. taeda* (MACHADO et al., 2014). A luz é um dos constituintes do ambiente que apresentam maior influência sobre o desenvolvimento das árvores, uma vez que o crescimento e a forma da árvore são diretamente afetados pelas condições de intensidade, qualidade e duração da luz (BROWN, 1971). A temperatura é um fator importante no crescimento, porque influencia muitas atividades fisiológicas que afetam o metabolismo das plantas (LÜTTGE; HERTEL, 2009).

Geralmente em cultivos florestais as plantas daninhas são controladas com uso de herbicidas aplicados na linha da cultura, próximo às plantas, combinado com controle mecânico nas entrelinhas, ou mesmo fazendo uso do controle químico em área total em determinadas situações (CARVALHO; ALVES; DUKE, 2013). Entretanto a dependência de mão-de-obra para esta atividade torna dispendioso o processo. Uma alternativa viável ao controle mecânico de plantas daninhas é a aplicação de herbicidas na modalidade *over-the-top*, ou seja, diretamente sobre o dossel das plantas de interesse.

Esta modalidade envolve aplicações aéreas ou terrestres de herbicidas, os quais não causam danos severos aos pinus quando estão em dormência fisiológica. O objetivo desta abordagem não é controlar totalmente as plantas daninhas, mas retardar suficientemente o crescimento destas plantas para justificar os custos de aplicação de herbicidas (GOODALL; DENNY; DICKS, 1991).

Este tipo de manejo pode ser uma boa opção para aplicações com barra, facilitando a operacionalização da atividade, reduzindo danos causados por toxidez do herbicida às plantas, desde que o herbicida seja aplicado em momento propício.

Em espécies que toleram aplicação do herbicida diretamente sobre seu dossel, como algumas coníferas, a seletividade é maior entre outono e inverno, quando a planta não apresenta crescimento visível, período em que as árvores diminuem suas atividades fisiológicas devido as condições desfavoráveis (AHRENS,

1981). Portanto, as aplicações devem coincidir com a dormência das coníferas (KING; RADOSEVICH, 1985).

Na literatura existem diversos relatos de aplicações *over-the-top* de herbicidas em pinus, como avaliação de tolerância de *Pinus ponderosa*, *Pinus jeffreyi* e *Pinus lambertiana* a vários herbicidas em trabalho conduzido nos Estados Unidos (RADOSEVICH et al., 1980); estudo da tolerância de *Pinus radiata* a herbicidas em pré e pós-emergência na Austrália (CAMPBELL; NICOL, 1998); em estudos de controle de plantas daninhas em área cultivada com *P. taeda* nos Estados Unidos (FITZGERALD; FORTSON, 1979; EZELL; YEISER, 2015; KUSHLA, 2015); em cultivos de *Pinus patula* na África do Sul (GOODALL; DENNY; DICKS, 1991); em controle de plantas daninhas em áreas de recomposição florestal com *Pinus palustirs* nos Estados Unidos (JOSE; RANASINGHE; RAMSEY, 2010; KNAPP et al., 2014); e controle de *P. taeda* nativo em plantios comerciais de *P. taeda* melhorados geneticamente conduzidos nos Estados Unidos (EZELL; YEISER, 2010).

Atualmente vários herbicidas possuem registro para controle de plantas daninhas em cultivo de *Pinus* spp. no Brasil, dentre eles glyphosate, com diversas formulações de sais, como sal de potássio de glyphosate, sal de amônio de glyphosate, sal de isopropilamina de glyphosate, bem como misturas entre formulações, como sal de isopropilamina de glyphosate + sal de potássio de glyphosate, além de imazapyr, saflufenacil, carfentrazone-ethyl e indaziflam (AGROFIT, 2017).

Os herbicidas citados acima foram utilizados neste trabalho, aplicados sozinhos ou em mistura no tanque de pulverização. As misturas podem apresentar vantagens em comparação à aplicação de um único composto devido ao aumento da eficiência contra os organismos alvo (GAZZIERO, 2015), além de proporcionar um largo espectro de controle de plantas daninhas em uma única aplicação, reduzindo o trabalho e os custos com combustíveis (SINGH et al., 2011).

Este trabalho teve como objetivo, i) avaliar a seletividade de herbicidas em *P. taeda* durante dormência fisiológica; e ii) avaliar a eficácia de controle químico de plantas daninhas durante o outono e o inverno.

3.3 MATERIAL E MÉTODOS

3.3.1 Experimento I

3.3.1.1 Região e organismo de estudo

Para avaliar os efeitos da aplicação *over-the-top*, durante o outono e inverno, foi conduzido um experimento no município de Otacílio Costa, SC, em área da empresa Klabin, localizada entre latitude 27°21'24" sul e longitude 50°5'57" oeste, com altitude de 910 m.

Segundo a classificação climática de Köppen, Otacílio Costa é caracterizado como Cfb, temperado, úmido e com chuvas uniformemente distribuídas durante todo o ano. A temperatura varia entre 13 °C e 25 °C, com média anual de 17,8 °C e precipitação anual de 1.841 mm (ALVARES et al., 2013). A ocorrência de geadas na região é comum nos períodos de inverno, com aproximadamente 27 geadas anuais (KLABIN, 2015).

O experimento foi alocado em talhão cultivado com *P. taeda* oriundo de propagação seminal. A idade das plantas no momento da instalação do experimento era de 19 meses. O preparo do solo, calagem, adubação, tratamentos fitossanitários e demais tratos culturais da área de avaliação foram os mesmos utilizados em áreas de cultivo adjacentes até o momento da instalação do experimento.

3.3.1.2 Estratégia de pesquisa

O delineamento estatístico utilizado foi blocos ao acaso. Os tratamentos foram conduzidos sob esquema fatorial 4 x 2 (herbicidas x doses) + 2 testemunhas, com e sem capina, com quatro repetições. As doses utilizadas de cada herbicida foram, a mínima e a máxima recomendada em bula. Cada unidade experimental possuía cinco plantas, espaçadas entre si em 2,5 m nas linhas e 2,5 m nas entrelinhas, totalizando área útil de 75 m². Foi mantida distância de 10 m entre parcelas, equivalente a uma bordadura composta por cinco linhas de cultivo.

Foram empregados os seguintes herbicidas: i) Crucial® (540 g e.a. de glyphosate L⁻¹, Nufarm, Brasil); ii) Scout® (720 g e.a. de glyphosate kg⁻¹, Monsanto, Brasil); iii) Touchdown® (500 g e.a. de glyphosate L⁻¹, Syngenta, Brasil); e iv) Spotlight® (400 g de carfentrazone-ethyl L⁻¹, FMC, Brasil) + 1% de Assist® (756 g de óleo mineral L⁻¹, BASF, Brasil). Na Tabela 12 estão descritas as formulações e as doses utilizadas para cada tratamento.

Tabela 12 – Relação de tratamentos experimentais aplicados em plantas de *P. taeda*, Otacílio Costa, SC, 2015

Tratamentos	Dose ativa ^{1/}	Dose comercial ^{2/}
Testemunha com capina	-	-
Testemunha sem capina	-	-
Sal de isopropilamina de glyphosate	241,2	0,67
+ sal de potássio de glyphosate ^{3/}	961,2	2,67
Sal de amônio de glyphosate ^{4/}	180,0 900,0	0,5 2,5
Sal de potássio de glyphosate ^{5/}	518,4 1440,0	1,44 2,88
Carfentrazone-ethyl ^{6/}	20,0 50,0	50,0 125,0

^{1/}Formulações de glyphosate medidas em gramas de equivalente ácido de N-(fosfonometil) glicina (glyphosate) por litro (g e.a. ha⁻¹), exceto sal de amônio de glyphosate (g e.a. kg⁻¹). Carfentrazone-ethyl corresponde a gramas por litro (g L⁻¹); ^{2/}Unidades de medidas para doses comerciais: L ha⁻¹ para sal de isopropilamina de glyphosate + sal de potássio de glyphosate e sal de potássio de glyphosate; kg ha⁻¹ para sal de amônio de glyphosate; e mL ha⁻¹ para carfentrazone-ethyl; ^{3/Cricual®}; ^{4/Scout®}; ^{5/Touchdown®}; ^{6/Spotlight®}.

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

O tratamento testemunha com capina foi mantido livre de infestação de plantas daninhas durante todo o período de avaliação. A testemunha sem capina não recebeu qualquer meio de controle. Herbicidas foram aplicados diretamente sobre as plantas de pinus, que na ocasião da aplicação possuíam altura média de 1,80 m e diâmetro médio de 4,27 cm.

Os herbicidas foram aplicados por meio de um pulverizador costal pressurizado a CO₂ (Herbicat, Brasil), com pressão de 30 psi, munido de barra de pulverização contendo quatro pontas tipo leque 80.02 VS (TeeJet®, EUA), espaçadas entre si em 0,5 m, calibrado para volume de calda de 200 L ha⁻¹. A barra foi posicionada a 0,5 m acima das plantas.

A aplicação dos herbicidas ocorreu em 10 de julho de 2015. Dados climáticos registrados durante a aplicação dos tratamentos estão descritos na Tabela 13. Dados de temperatura e velocidade do vento foram obtidos através de um termoanemômetro digital portátil (Modelo 7607.01.0.00, TFA, Alemanha).

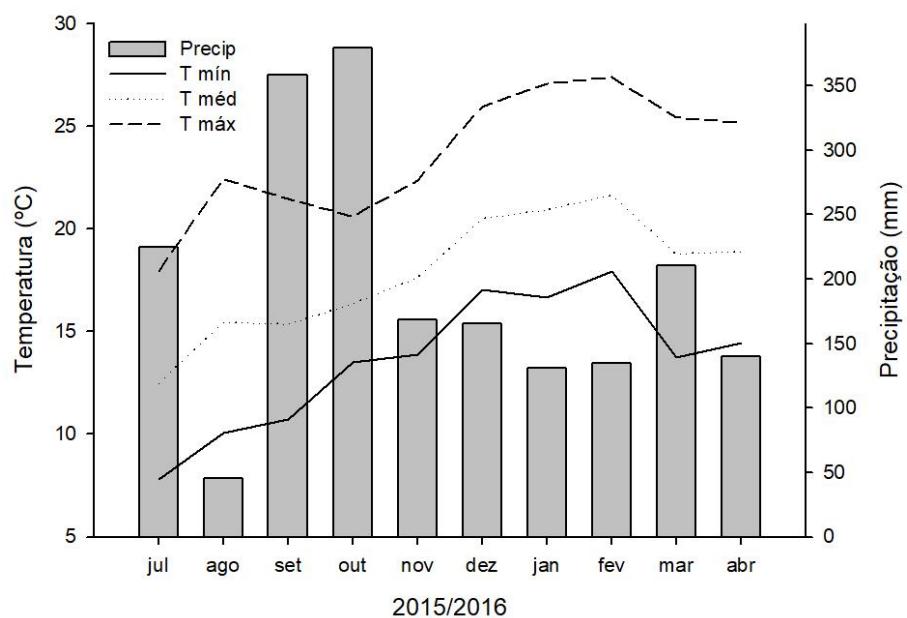
Tabela 13 – Dados climáticos registrados em 10 de julho de 2015 durante a aplicação dos tratamentos em *P. taeda*, Otacílio Costa, SC, 2015

Horário	Temperatura (°C)	Velocidade do vento (m s ⁻¹)	Precipitação (mm)	Umidade relativa (%)
8:30	14,2	0,73	0,00	98,5
11:45	18,1	1,30	0,00	98,5

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

As médias mensais de temperaturas (°C) mínima, média e máxima, além da precipitação (mm) registrada durante o período de avaliação do experimento I estão disponíveis na Figura 15. Estes dados climáticos, além da umidade relativa (Tabela 13), são provenientes de estação meteorológica automática (modelo HOBO U30 Station – GSM-UDP, USA), distante 15 km do sítio experimental I.

Figura 15 – Médias climáticas mensais registradas em Otacílio Costa, SC, 2015/2016



Fonte: Klabin.

3.3.1.3 Procedimentos específicos

Dados de altura, incremento de altura, incremento periódico diário de altura, diâmetro, além de danos causados em *P. taeda* pelos herbicidas foram avaliados aos 15, 45, 75, 105, 135, 235 e 285 dias após aplicação dos tratamentos (DAT). O

controle das plantas daninhas foi avaliado até 105 DAT, quando não houve mais efeito dos herbicidas.

Altura de plantas (m) foi medida com régua telescópica de 7 m em alumínio polido. Após posicionar a régua paralela ao tronco da planta, a leitura da altura foi feita no ponto mais alto da planta avaliada.

O diâmetro do caule das plantas (cm) foi medido com paquímetro universal analógico em aço inox (150 mm/6", $\pm 0,05$ mm de precisão, ZAAS Precision, Brasil). Em cada planta avaliada foram coletadas, a 10 cm do solo, duas medidas perpendiculares de diâmetro, para cálculo do diâmetro médio do caule. O ponto de coleta de dados no caule das plantas foi sinalizado com marcação feita com tinta branca.

Através dos dados da altura das plantas foi calculado o incremento (inc) de altura, que estimou o crescimento das plantas entre a avaliação inicial e a última avaliação realizada, conforme equação a seguir:

$$\text{inc } h (\%) = \frac{hf - hi}{hi} * 100 \quad (2)$$

Onde, hf é o dado de altura coletado na última avaliação realizada, no entanto não remete a avaliação final; hi corresponde ao dado de altura coletado durante a primeira avaliação.

Incremento periódico diário (IPD) de altura permitiu acompanhar o crescimento médio das plantas durante o intervalo entre cada período de avaliação, utilizando a equação:

$$\text{IPD } h (\text{cm dia}^{-1}) = \frac{h2 - h1}{p2 - p1} \quad (3)$$

No qual, $h2$ e $h1$ são dados de altura de plantas em períodos de avaliações específicos, definidos pela diferença entre os períodos $p2$ e $p1$, que resultam na quantidade de dias que compuseram o período avaliado.

A avaliação de danos em *P. taeda* ocasionados por herbicidas foi realizada de acordo com sintomas visuais de intoxicação, observando conceitos propostos pela Sociedade Brasileira de Ciência das Plantas Daninhas (SBCPD, 1995), descritos na Tabela 14. De forma subjetiva, três avaliadores atribuíram porcentagem aos danos,

que variaram de 0 (zero), sem danos, a 100 (cem), morte da planta. A média das três avaliações corresponderam aos danos observados.

Tabela 14 – Descrição dos conceitos propostos para avaliação visual de sintomas de fitotoxicidade proposta pela Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas, Londrina, PR, 1995

Danos (%)	Descrição
0 % a 5 %	Sem injúria. Sem efeito sobre a cultura.
6 % a 20 %	Injúrias leves e/ou redução de crescimento com rápida recuperação. Efeitos insuficientes para promover reduções de produtividade.
21 % a 40 %	Injúrias moderadas e/ou reduções de crescimento com lenta recuperação ou definitivas. Efeitos intensos o suficiente para promover pequenas reduções de produtividade.
41 % a 75 %	Injúrias severas e/ou reduções de crescimento não recuperáveis e/ou reduções de estande. Efeitos intensos o suficiente para promover drásticas reduções de produtividade.
76 % a 100 %	Destrução completa da cultura ou somente algumas plantas vivas.

Fonte: SBCPD, 1995.

O controle de plantas daninhas foi avaliado de acordo com escala de notas da *Asociación Latinoamericana de Malezas* (ALAM, 1974): 1 = 0 a 40 % de controle (pobre, nenhum); 2 = 41 % a 60 % (regular); 3 = 61 % a 70 % (suficiente); 4 = 71 % a 80 % (bom); 5 = 81 % a 90 % (muito bom); 6 = 91 % a 100 % (excelente). As notas foram atribuídas de forma subjetiva de acordo com a avaliação visual de três avaliadores, que consideraram o porcentual de plantas daninhas controladas na área de avaliação.

3.3.1.4 Análise estatística

A fim de verificar homogeneidade das variâncias os dados foram submetidos ao teste de Cochran ($p>0,05$). Normalidade dos dados foi constatada através do teste de Kolmogorov-Smirnov ($p>0,05$).

Os dados de altura, incremento de altura, incremento periódico diário de altura, diâmetro, danos em *P. taeda* e controle de plantas daninhas foram submetidos a análise de variância (teste F). Quando significativas, as médias dos tratamentos foram comparadas entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

Dados que não atenderam aos requisitos de normalidade da distribuição dos erros e homogeneidade das variâncias foram transformados por arco seno $\sqrt{(x/100)}$. Dados que, mesmo após transformados, não tenham obedecido aos requisitos de normalidade, foram submetidos a avaliação não paramétrica, através do teste de Kruskal-Wallis ($p>0,05$). A análise dos dados foi efetuada através do software estatístico Assistat versão 7.7.

3.3.2 Experimento II

3.3.2.1 Região de estudo

Um segundo experimento foi instalado no município de Otacílio Costa, SC, em área situada entre latitude 27°26'15" sul e longitude 50°1'26" oeste, com altitude de 905 m. A classificação climática, dados de temperatura e precipitação média anual, além de geadas, são os mesmos citados para o experimento I.

As plantas de *P. taeda* utilizadas neste experimento foram oriundas de propagação seminal e tinham 9 meses de idade quando o experimento foi instalado. O preparo do solo e tratos culturais foram os mesmos aplicados nas áreas de cultivo próximas.

3.3.2.2 Estratégia de pesquisa

Foi utilizado como desenho experimental delineamento em blocos casualizados. Foram avaliados sete tratamentos, cinco herbicidas mais duas testemunhas, com e sem capina, com quatro repetições para cada tratamento.

Cada unidade experimental possuía dez plantas, espaçadas entre si em 1,9 m nas linhas e 3,3 m nas entrelinhas, totalizando 227,60 m² de área útil. A bordadura foi composta por cinco linhas de cultivo, totalizando 13,4 m entre parcelas.

Foram utilizados os seguintes herbicidas: i) Chopper Florestal® (250 g e.a. de imazapyr L⁻¹, BASF, Brasil); ii) Touchdown® (500 g e.a. de glyphosate L⁻¹, Syngenta, Brasil); iii) Valeus® (700 g de saflufenacil kg⁻¹, BASF, Brasil); iv) Esplanade® (500 g de indaziflam L⁻¹, Bayer, Brasil); e v) Spotlight® (400 g de carfentrazone-ethyl L⁻¹, FMC, Brasil).

A mistura de herbicidas, quando ocorreu, foi realizada diretamente no tanque do pulverizador. As formulações e doses utilizadas para cada tratamento estão descritas na Tabela 15.

Tabela 15 – Relação de tratamentos experimentais aplicados em plantas de *P. taeda*, Otacílio Costa, SC, 2016

Tratamentos	Dose ativa ^{1/}	Dose comercial ^{2/}
Testemunha com roçagem	-	-
Testemunha sem roçagem	-	-
Imazapyr ^{3/}	750,0	3,0
Sal de potássio de glyphosate ^{4/}	1400,0	2,8
Sal de potássio de glyphosate ^{4/} + Saflufenacil ^{5/}	1050,0 + 73,5	2,1 + 105,0
Sal de potássio de glyphosate ^{4/} + indaziflam ^{6/}	1400,0 + 75,0	2,8 + 150,0
Sal de potássio de glyphosate ^{4/} + carfentrazone-ethyl ^{7/}	1050,0 + 37,5	2,1 + 93,75

^{1/}Imazapyr: gramas de equivalente ácido por litro (g e.a. ha⁻¹); sal de potássio de glyphosate: g e.a. ha⁻¹; saflufenacil: g kg⁻¹; indaziflam: g L⁻¹; carfentrazone-ethyl: g L⁻¹; ^{2/}Unidades de medidas para quantificar doses comerciais: L ha⁻¹ para imazapyr e sal de postássio de glyphosate; g ha⁻¹ para saflufenacil; e mL ha⁻¹ para indaziflam e carfentrazone-ethyl. ^{3/}Chopper Florestal®; ^{4/}Touchdown®, ^{5/}Touchdown® + Valeus®; ^{6/}Touchdown® + Esplanade®; ^{7/}Touchdown® + Spotlight®.

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

A testemunha roçada foi mantida limpa, utilizando roçadeira manual, com frequência de uma roçada ao mês. A testemunha não roçada não recebeu qualquer controle. Os tratamentos correspondentes aos diferentes herbicidas foram aplicados diretamente sobre *P. taeda*. A altura e diâmetro médio das plantas na ocasião da aplicação eram 66,5 cm e 1,3 cm, respectivamente.

Os herbicidas foram aplicados com barra de pulverização de 9 metros de comprimento (Floagri, Brasil), posicionada a 0,7 m do solo, munida de pontas tipo jato padrão 110.02 (Jacto®, Brasil), conectadas ao tanque de pulverização de 600 L de capacidade (Jacto®, Brasil), com pressão de aplicação de 30 psi e calibrado para volume de calda de 200 L ha⁻¹ e velocidade de trabalho de 10 km h⁻¹.

Os herbicidas foram aplicados em 18 de julho de 2016. Dados climáticos registrados durante aplicação dos tratamentos estão descritos na Tabela 16. Dados de temperatura e velocidade do vento registrados durante a aplicação dos herbicidas foram obtidos através de um termoanemômetro digital portátil (Modelo 7607.01.0.00, TFA, Alemanha).

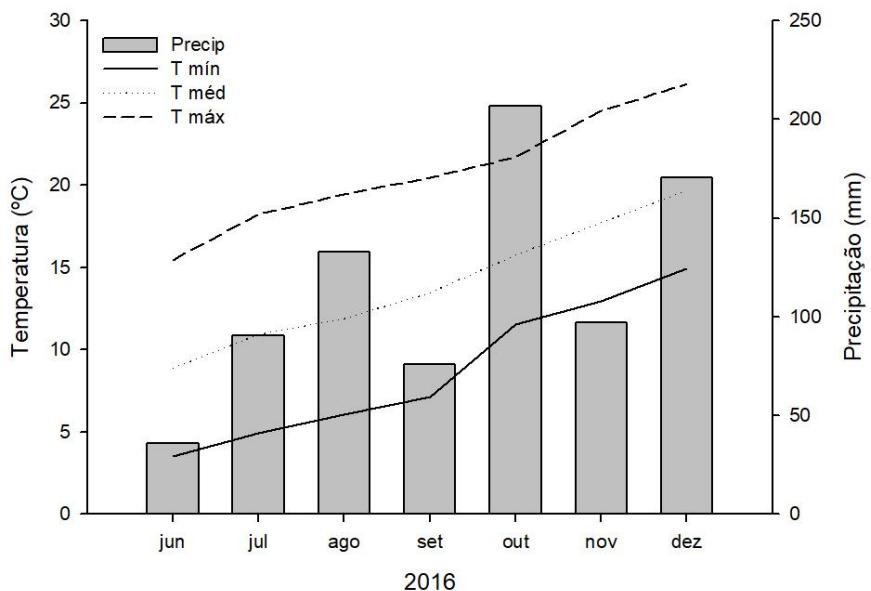
Tabela 16 – Dados climáticos registrados em 18 de julho de 2016 durante a aplicação dos tratamentos em *P. taeda*, Otacílio Costa, SC, 2016

Horário	Temperatura (°C)	Velocidade do vento (m s ⁻¹)	Precipitação (mm)	Umidade relativa (%)
9:40	12,0	0,23	0,00	82,5
11:30	17,0	1,67	0,00	76,0
14:10	18,2	1,95	0,00	58,0
15:20	22,0	1,39	0,00	48,5

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Médias climáticas mensais para período de estudo seguem na Figura 16. Estes dados climáticos são provenientes de estação meteorológica automática (modelo HOBO U30 Station – GSM-UDP, USA), distante 5 km do local do experimento.

Figura 16 – Médias climáticas mensais registradas em Otacílio Costa, SC, durante o ano de 2016



Fonte: Klabin

3.3.2.3 Procedimentos específicos

Dados de altura, incremento de altura, incremento periódico diário de altura e diâmetro foram avaliados aos 21 dias antes da aplicação dos tratamentos, e aos 15,

30, 45, 60, 75, 105, 135 e 165 DAT. Danos causados em *P. taeda* pelos herbicidas e controle de plantas daninhas foram avaliados entre 15 e 165 DAT.

Equipamentos e metodologia utilizada para coleta de dados de altura das plantas (m), diâmetro do caule das plantas (cm), cálculos utilizados para determinar incremento (inc) de altura, e incremento periódico diário (IPD) de altura, além da avaliação de danos em *P. taeda* e controle de plantas daninhas, foram os mesmos descritos anteriormente para o primeiro experimento.

3.3.2.4 Análise estatística

Os métodos utilizados para realizar a análise estatística dos dados são os mesmos aplicados para o primeiro experimento, descritos anteriormente.

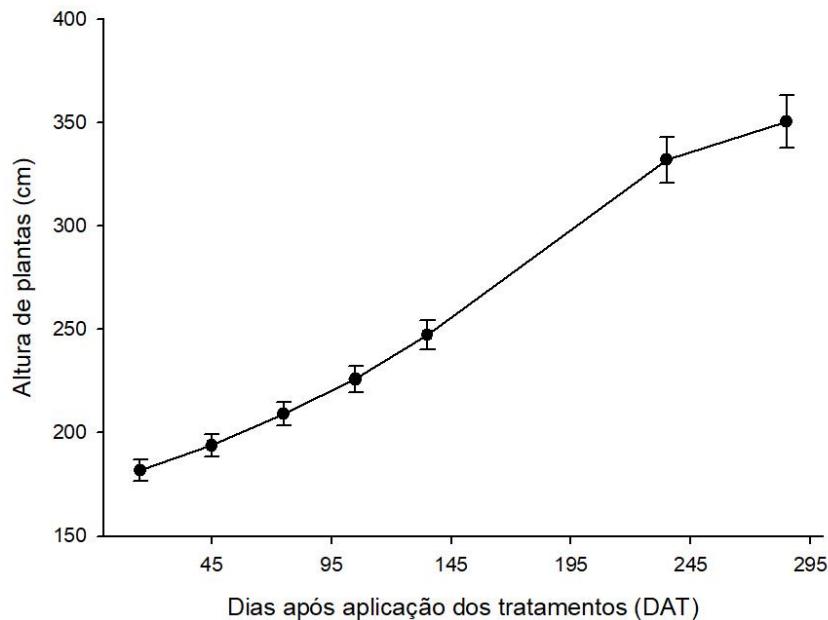
3.4 RESULTADOS

3.4.1 Experimento I

Variáveis altura, incremento de altura, IPD de altura e diâmetro de plantas de *P. taeda* não apresentaram diferenças ($p>0,05$) entre tratamentos em nenhum dos períodos avaliados. Desta forma são apresentadas a média geral dos tratamentos para cada período avaliado (Figuras 17, 18, 19 e 20).

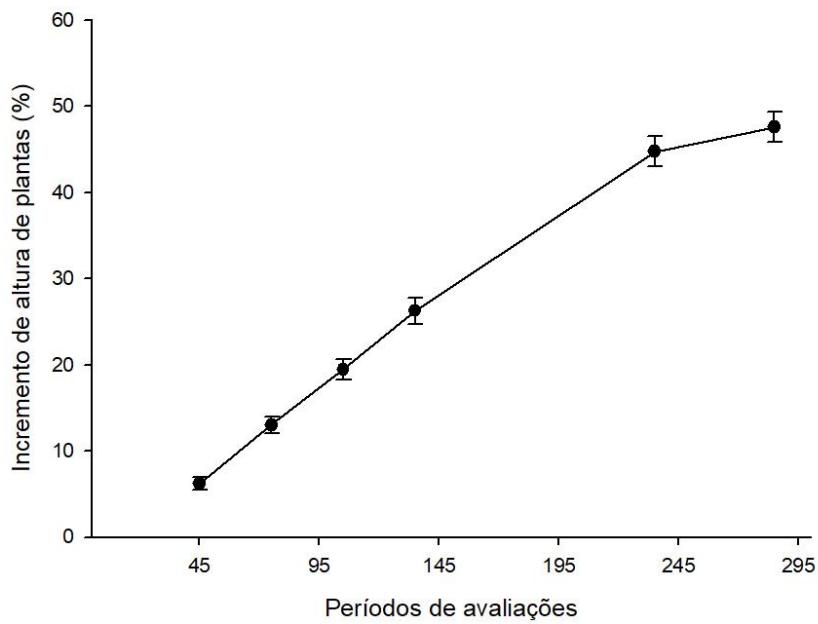
É possível observar crescimento menos acentuado de altura de plantas (Figura 17), incremento de altura (Figura 18) e queda do IPD (Figura 19) durante os últimos períodos de avaliações. Períodos coincidentes com os meses de março e abril, quando ocorrem reduções de temperatura e fotoperíodo.

Figura 17 – Altura de plantas de *P. taeda* L., Otacílio Costa, SC, 2015/2016



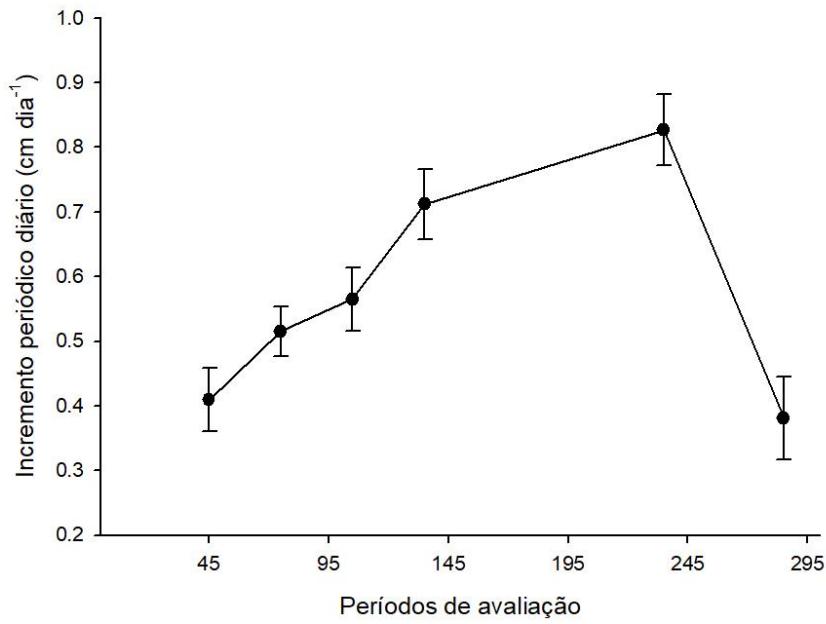
Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Figura 18 – Incremento de altura de plantas de *P. taeda* L., Otacílio Costa, SC, 2015/2016



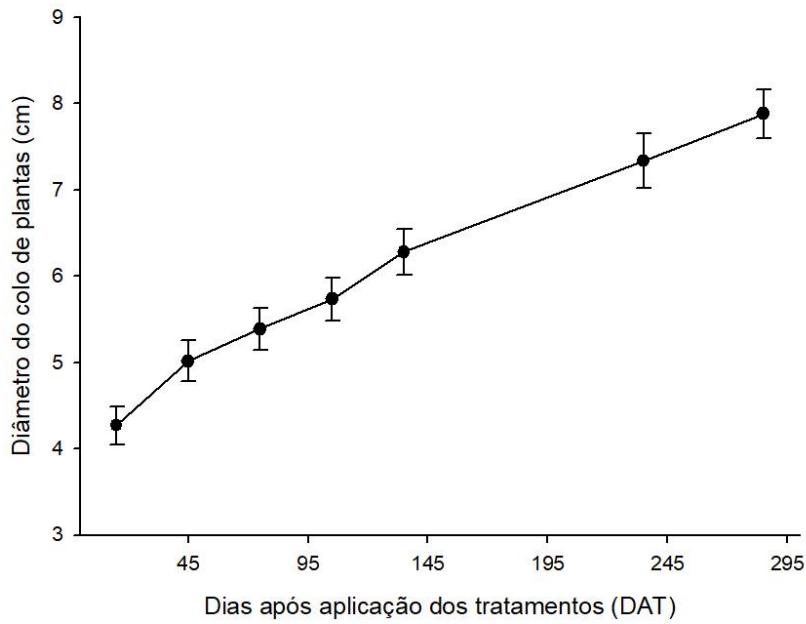
Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Figura 19 – Incremento periódico diário de altura de plantas de *P. taeda* L., Otacílio Costa, SC, 2015/2016



Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Figura 20 –Diâmetro de plantas de *P. taeda* L., Otacílio Costa, SC, 2015/2016



Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Não foram observados quaisquer sintomas visuais de intoxicação ou danos em plantas de *P. taeda*.

Não foram registrados efeitos de controle de plantas daninhas aos 15 e 105 DAT ($p>0,05$). Aos 45 DAT a média de controle das maiores doses dos tratamentos sal de potássio de glyphosate e sal de amônio de glyphosate foram nove vezes superiores à média de controle da maior dose de carfentrazone-ethyl. A dose 1440 g e.a. ha⁻¹ de sal de potássio de glyphosate manteve elevada porcentagem de controle aos 75 DAA, que resultou em eficácia de controle muito boa, segundo escala da ALAM (Tabela 17).

Tabela 17 – Porcentagem de controle de plantas daninhas em plantio de *P. taeda* L., Otacílio Costa, SC, 2015

TRATAMENTOS	Dose mín.	erro	Dose máx.	erro
	45 DAT ^{*/1}			
Sal de isopropilamina de glyphosate + sal de potássio de amônio	48,75 aA ^{2/}	11,61	55,00 abA	20,10
Sal de amônio de glyphosate	23,00 aB	11,32	80,00 aA	7,07
Sal de potássio de glyphosate	55,00 aA	5,40	77,50 aA	10,90
Carfentrazone-ethyl	30,00 aA	21,21	9,00 bA	4,10
Média geral		47,28		
CV (%)		53,33		
75 DAT ^{*/1}				
Sal de isopropilamina de glyphosate + sal de potássio de amônio	47,50 AB ^{3/}	14,22	71,50 AB	12,04
Sal de amônio de glyphosate	34,75 AB	9,37	60,75 AB	5,89
Sal de potássio de glyphosate	46,25 AB	7,18	81,25 B	2,39
Carfentrazone-ethyl	29,25 AB	16,63	11,75 A	3,50
Média geral		47,13		
CV (%)		26,99		

*Significativo pelo teste de Tukey ou teste de Kruskal-Wallis, ambos a 5 % de probabilidade. ^{1/}Dados avaliados através do teste de Kruskal-Wallis a 5% de probabilidade. ^{2/}Letras minúsculas diferentes indicam diferença estatística para dados das colunas e letras maiúsculas diferentes indicam diferença estatística para dados das linhas. ^{3/}Letras diferentes indicam diferença entre tratamentos, independente de linhas ou colunas.

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

3.4.2 Experimento II

O crescimento de *P. taeda* foi afetado principalmente em plantas tratadas com imazapyr, sendo a altura destas plantas inferior à de plantas tratadas com sal de potássio de glyphosate + carfentrazone-ethyl em 32% e 38%, aos 135 DAT e 165 DAT, respectivamente (Tabela 18).

As médias de incremento de plantas tratadas com imazapyr permaneceram abaixo das médias observadas para a testemunha roçada, e de plantas tratadas com sal de potássio de glyphosate + carfentrazone-ethyl, a partir do terceiro período de avaliação (Tabela 19).

Dados da Tabela 20 evidenciam reduzido crescimento de plantas tratadas com imazapyr. Durante o sétimo período de avaliação, intervalo entre 105 e 135 DAT, esta diferença chegou a ser inferior a da testemunha roçada e ao tratamento sal de potássio de glyphosate + carfentrazone-ethyl em 3,4 e 4,3 vezes, respectivamente.

Tabela 18 – Altura (cm) de plantas de *P. taeda* L., Otacílio Costa, SC, 2016/2017

TRATAMENTOS	21 ^{ns/}	erro	15 ^{ns/}	erro	30 ^{ns/}	erro	45 ^{ns/}	erro	60 ^{ns/}	erro
Roçado	64,40	4,83	67,08	4,53	71,03	4,35	76,83	4,51	82,20	4,59
Não roçado	67,30	8,11	71,48	8,18	76,20	8,28	82,05	9,00	86,30	9,37
Imazapyr	63,03	5,78	65,95	5,97	67,75	5,99	70,33	6,17	73,25	6,70
Sal de potássio de glyphosate	69,93	3,18	74,30	3,88	76,73	3,94	80,53	3,89	84,18	3,82
Sal de potássio de glyphosate + saflufenacil	69,93	3,65	72,78	3,68	74,98	3,92	78,33	4,20	83,58	4,44
Sal de potássio de glyphosate + indaziflam	63,08	5,46	66,18	5,61	68,30	5,95	72,08	6,59	77,08	7,46
Sal de potássio de glyphosate + carfentrazone-ethyl	67,78	5,29	70,58	5,53	74,65	5,81	80,90	6,27	86,93	6,63
Média geral	66,49	-	69,76	-	72,80	-	77,29	-	81,93	-
CV (%)	16,71	-	16,41	-	16,09	-	16,20	-	16,31	-
	75 ^{ns/}	erro	105 ^{ns/}	erro	135 ^{*/}	erro	165 ^{**/}	erro		
Roçado	87,35	5,13	99,00	5,79	113,50 ab	6,38	137,05 abc	7,25		
Não roçado	90,65	9,52	100,30	10,47	116,10 ab	10,70	143,80 ab	11,37		
Imazapyr	76,40	7,41	81,88	8,90	86,05 b	9,73	97,00 c	9,05		
Sal de potássio de glyphosate	87,55	3,95	93,78	4,72	104,28 ab	5,26	118,90 abc	6,34		
Sal de potássio de glyphosate + saflufenacil	88,73	4,61	100,08	5,65	111,43 ab	5,45	127,35 abc	6,36		
Sal de potássio de glyphosate + indaziflam	81,68	7,83	90,70	7,31	99,73 ab	8,45	113,18 bc	10,00		
Sal de potássio de glyphosate + carfentrazone-ethyl	93,40	6,95	108,03	7,87	126,08 a	8,79	156,45 a	10,51		
Média geral	86,54	-	96,25	-	108,16	-	127,68	-		
CV (%)	16,19	-	15,85	-	15,22	-	14,32	-		

^{ns/}Não significativo pelo teste de Tukey. ^{**/}Significativo pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade ^{*/}Significativo pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Tabela 19 – Incremento (%) da altura de plantas de *P. taeda* L., Otacílio Costa, SC, 2016/2017

TRATAMENTOS	21-15 ^{ns/1/}	erro	30-21 ^{*/}	erro	45-21 ^{**/}	erro	60-21 ^{**/}	erro
Roçado	4,14	0,89	10,11 ab	2,00	17,44 ab	2,48	22,98 a	2,84
Não roçado	6,67	1,62	12,87 a	2,14	19,21 a	1,83	23,20 a	1,78
Imazapyr	3,60	0,36	6,31 b	0,62	10,13 d	0,95	13,78 b	1,07
Sal de potássio de glyphosate	5,50	1,04	8,60 ab	0,82	13,15 abcd	0,55	17,03 ab	0,72
Sal de potássio de glyphosate + saflufenacil	3,72	0,63	6,77 b	0,60	10,95 cd	0,63	16,69 ab	0,34
Sal de potássio de glyphosate + indaziflam	4,79	0,60	7,93 ab	0,75	12,95 bcd	0,74	18,55 ab	0,95
Sal de potássio de glyphosate + carfentrazone-ethyl	4,01	0,20	9,47 ab	0,31	16,68 abc	0,48	22,60 a	0,58
Média geral	4,63	-	8,86	-	14,36	-	19,26	-
CV (%)	16,57	-	26,52	-	18,34	-	15,10	-
	75-21 ^{**/}	erro	105-21 ^{**/}	erro	135-21 ^{**/}	erro	165-21 ^{**/}	erro
Roçado	27,46 a	2,67	35,69 a	2,84	43,81 ab	3,34	53,34 ab	3,15
Não roçado	26,91 ab	1,93	33,99 ab	2,12	43,00 ab	2,55	54,14 ab	2,73
Imazapyr	17,09 c	1,47	22,01 c	2,31	25,20 d	2,42	32,37 d	2,53
Sal de potássio de glyphosate	20,28 bc	0,73	25,36 bc	0,88	32,05 cd	1,05	39,94 cd	1,17
Sal de potássio de glyphosate + saflufenacil	21,53 abc	0,46	30,45 abc	1,66	37,41 abc	1,58	44,75 bc	1,70
Sal de potássio de glyphosate + indaziflam	23,06 abc	0,98	30,14 abc	0,27	36,23 bc	0,52	43,02 c	0,22
Sal de potássio de glyphosate + carfentrazone-ethyl	27,95 a	0,66	37,54 a	0,72	46,49 a	1,22	56,84 a	0,96
Média geral	23,47	-	30,74	-	37,74	-	46,84	-
CV (%)	12,91	-	12,19	-	11,11	-	9,27	-

^{ns}/Não significativo pelo teste de Tukey ou teste de Kruskal-Wallis. ^{**}/Significativo pelo teste de Tukey ou teste de Kruskal-Wallis, ambos a 1% de probabilidade. ^{*}/Significativo pelo teste de Tukey ou teste de Kruskal-Wallis, ambos a 5% de probabilidade. ^{1/}Dados avaliados através do teste de Kruskal-Wallis a 5% de probabilidade.

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Tabela 20 – Incremento periódico diário (cm dia⁻¹) da altura de plantas de *P. taeda* L., Otacílio Costa, SC, 2016/2017

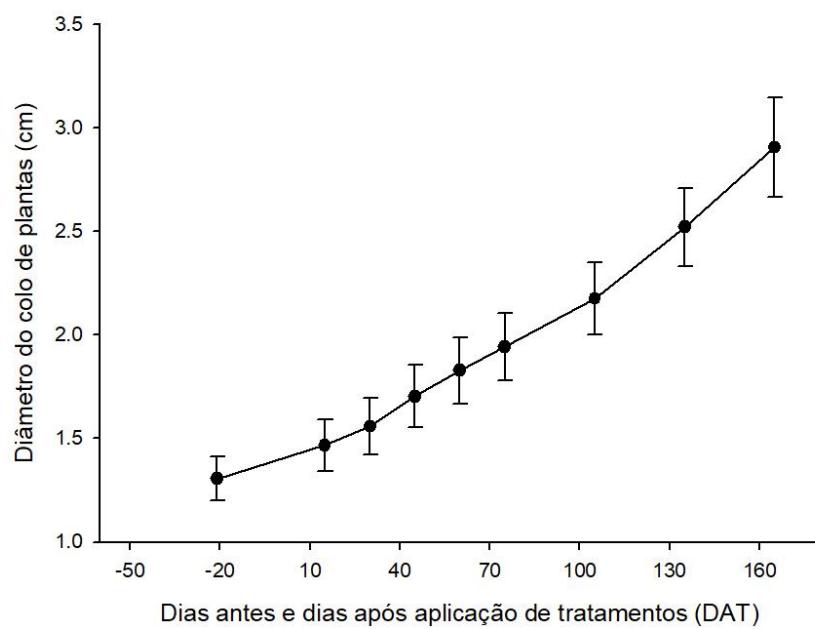
TRATAMENTOS	21-15 ^{ns/}	erro	30-15 ^{**/}	erro	45-30 ^{**/}	erro	60-45 ^{*/}	erro
Roçado	0,07	0,01	0,26 a	0,01	0,39 ab	0,04	0,36 ab	0,03
Não roçado	0,12	0,01	0,32 a	0,01	0,39 ab	0,05	0,28 ab	0,03
Imazapyr	0,07	0,00	0,12 b	0,01	0,17 c	0,03	0,20 b	0,04
Sal de potássio de glyphosate	0,12	0,03	0,16 b	0,01	0,25 abc	0,05	0,24 ab	0,02
Sal de potássio de glyphosate + saflufenacil	0,08	0,01	0,15 b	0,03	0,22 bc	0,04	0,35 ab	0,03
Sal de potássio de glyphosate + indaziflam	0,09	0,01	0,14 b	0,02	0,25 abc	0,05	0,33 ab	0,06
Sal de potássio de glyphosate + carfentrazone-ethyl	0,08	0,01	0,27 a	0,02	0,42 a	0,04	0,40 a	0,04
Média geral	0,09	-	0,20	-	0,30	-	0,31	-
CV (%)	30,73	-	18,58	-	27,33	-	25,00	-
	75-60 ^{**/}	erro	105-75 ^{**/}	erro	135-105 ^{**/}	erro	165-135 ^{**/}	erro
Roçado	0,34 ab	0,04	0,39 ab	0,03	0,48 abc	0,05	0,79 a	0,04
Não roçado	0,29 ab	0,02	0,32 abcd	0,04	0,53 ab	0,02	0,92 a	0,03
Imazapyr	0,21 b	0,05	0,18 d	0,05	0,14 e	0,03	0,37 b	0,06
Sal de potássio de glyphosate	0,23 b	0,01	0,21 cd	0,03	0,35 cd	0,03	0,49 b	0,06
Sal de potássio de glyphosate + saflufenacil	0,34 ab	0,05	0,38 abc	0,07	0,38 bcd	0,03	0,53 b	0,05
Sal de potássio de glyphosate + indaziflam	0,31 ab	0,03	0,30 bcd	0,02	0,30 d	0,04	0,45 b	0,06
Sal de potássio de glyphosate + carfentrazone-ethyl	0,43 a	0,03	0,49 a	0,03	0,60 a	0,04	1,01 a	0,06
Média geral	0,31	-	0,32	-	0,40	-	0,65	-
CV (%)	22,64	-	23,32	-	17,20	-	16,03	-

^{ns}/Não significativo pelo teste de Tukey. ^{**}/Significativo pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade. ^{*}/Significativo pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Não foram observadas, em nenhum dos períodos de avaliação, diferenças em diâmetro de *P. taeda*, portanto é apresentado na Figura 21 média geral de todos os tratamentos, com a finalidade de ilustrar o comportamento de crescimento de diâmetro de plantas.

Figura 21 – Diâmetro de plantas de *P. taeda* L., Otacílio Costa, SC, 2016/2017



Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Conforme dados da Tabela 21, aos 15 DAT foram observados danos em plantas de *P. taeda*. Estes danos ocorreram até 75 DAT, a partir deste período houve diminuição na média de porcentagem de danos, exceto em plantas tratadas com imazapyr.

O controle de plantas daninhas pelo tratamento sal de potássio de glyphosate + indaziflam foi mais eficaz, permanecendo superior aos demais tratamentos até 75 DAT, entre 45 DAT e 60 DAT o controle foi considerado como muito bom pela escala da ALAM. O pior desempenho de controle foi observado no tratamento sal de potássio de glyphosate + carfentrazone-ethyl, o qual foi classificado apenas como pobre segundo escala da ALAM, durante todos períodos de avaliação (Tabela 22).

Tabela 21 – Porcentagem de danos causados pelos herbicidas as plantas de *P. taeda* L., Otacílio Costa, SC, 2016

TRATAMENTOS	21 ^{ns/}	erro	15 ^{ns/1/}	erro	30 ^{ns/}	erro	45 ^{ns/}	erro	60 ^{ns/}	erro
Imazapyr	0,00	-	0,00	0,00	10,25	2,81	13,00	2,80	18,00	2,06
Sal de potássio de glyphosate	0,00	-	1,75	0,97	13,00	2,68	14,00	2,63	20,25	1,59
Sal de potássio de glyphosate + saflufenacil	0,00	-	1,50	1,42	14,50	3,64	19,25	2,74	21,75	1,22
Sal de potássio de glyphosate + indaziflam	0,00	-	1,00	1,04	12,00	1,23	19,50	1,30	20,75	0,70
Sal de potássio de glyphosate + carfentrazone-ethyl	0,00	-	0,00	0,00	11,75	0,82	19,50	1,82	23,75	0,93
Média geral	0,00	-	0,85	-	12,30	-	17,05	-	20,90	-
CV (%)	-	-	164,13	-	41,48	-	29,70	-	14,19	-
	75 ^{**/}	erro	105 ^{1/**/}	erro	135 ^{1/**/}	erro	165 ^{**/}	erro		
Imazapyr	25,00 a	2,79	27,25 a	2,23	37,44 a	0,94	33,25 a	5,89		
Sal de potássio de glyphosate	20,75 ab	2,15	13,50 b	1,32	11,27 ab	1,28	7,45 b	1,34		
Sal de potássio de glyphosate + saflufenacil	20,25 ab	2,28	10,50 b	2,11	7,68 ab	1,64	4,08 bc	1,19		
Sal de potássio de glyphosate + indaziflam	12,25 bc	1,81	12,00 b	1,49	10,19 ab	1,41	5,72 bc	2,30		
Sal de potássio de glyphosate + carfentrazone-ethyl	5,25 c	1,23	2,25 c	0,41	1,35 b	0,42	0,75 c	0,44		
Média geral	16,70	-	13,10	-	13,59	-	10,25	-		
CV (%)	27,07	-	24,31	-	12,87	-	27,75	-		

^{ns}Não significativo pelo teste de Tukey ou teste de Kruskal-Wallis. ^{**}Significativo pelo teste de Tukey ou teste de Kruskal-Wallis, ambos a 1% de probabilidade. ^{*}Significativo pelo teste de Tukey ou teste de Kruskal-Wallis, ambos a 5% de probabilidade. ^{1/}Dados avaliados através do teste de Kruskal-Wallis a 5% de probabilidade.

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Tabela 22 – Porcentagem de controle de plantas daninhas em plantio de *P. taeda* L., Otacílio Costa, SC, 2016/2017

TRATAMENTOS	21 ^{ns} /	erro	15 ^{ns} /	erro	30 ^{*1/}	erro	45 ^{*1/}	erro	60 ^{*1/}	erro
Imazapyr	0,00	-	0,00	-	44,00 ab	2,67	59,75 b	1,05	59,50 ab	1,44
Sal de potássio de glyphosate	0,00	-	0,00	-	65,75 ab	2,59	72,00 ab	2,39	66,50 ab	2,89
Sal de potássio de glyphosate + saflufenacil	0,00	-	0,00	-	68,50 a	2,36	76,50 ab	1,52	73,25 ab	1,83
Sal de potássio de glyphosate + indaziflam	0,00	-	0,00	-	72,00 a	5,06	84,25 a	2,20	85,25 a	2,84
Sal de potássio de glyphosate + carfentrazone-ethyl	0,00	-	0,00	-	0,00 b	0,00	20,00 b	3,40	17,00 b	1,86
Média geral	0,00	-	0,00	-	50,05	-	62,50	-	60,30	-
CV (%)	-	-	-	-	6,06	-	5,29	-	2,39	-
	75 ^{*1/}	erro	105 ^{**} /	erro	135 ^{**} /	erro	165 ^{**} /	erro		
Imazapyr	68,00 ab	1,17	70,50 a	3,56	57,00 a	6,71	13,25 a	1,18		
Sal de potássio de glyphosate	63,25 ab	1,71	34,25 c	2,43	29,25 c	4,12	10,75 a	2,15		
Sal de potássio de glyphosate + saflufenacil	69,50 ab	0,90	42,25 bc	2,84	37,00 bc	3,19	4,75 b	0,76		
Sal de potássio de glyphosate + indaziflam	79,25 a	0,79	56,75 ab	5,69	47,75 ab	2,97	4,00 b	0,71		
Sal de potássio de glyphosate + carfentrazone-ethyl	0,00 b	0,00	0,00 d	0,00	0,00 d	0,00	0,00 c	0,00		
Média geral	56,00	-	40,75	-	34,20	-	6,55	-		
CV (%)	1,69	-	17,60	-	21,93	-	19,95	-		

^{ns}Não significativo pelo teste de Tukey ou teste de Kruskal-Wallis. ^{**}Significativo pelo teste de Tukey ou teste de Kruskal-Wallis, ambos a 1% de probabilidade. ^{*}Significativo pelo teste de Tukey ou teste de Kruskal-Wallis, ambos a 5% de probabilidade. ^{1/}Dados avaliados através do teste de Kruskal-Wallis a 5% de probabilidade.

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

3.5 DISCUSSÃO

3.5.1 Interferência no crescimento e danos

A resposta de *P. taeda* a herbicidas aplicados na modalidade *over-the-top* foi diferenciada quanto a idade das plantas. No primeiro experimento os herbicidas não afetaram o desenvolvimento de altura (Figura 17), incremento de altura (Figura 18), IPD de altura (Figura 19) e diâmetro (Figura 20) das plantas. Enquanto que no segundo experimento diferenças entre tratamentos foram observadas nas variáveis altura (Tabela 18), incremento de altura (Tabela 19) e IPD de altura (Tabela 20), exceto diâmetro (Figura 21).

Danos ocasionados por herbicidas não foram observados em plantas de *P. taeda* durante o primeiro experimento. Entretanto, durante o segundo estudo, maior porcentual de danos foi observado em plantas tratadas com imazapir, 37% aos 135 DAT. Para demais tratamentos, maiores porcentagens de danos foram registradas aos 60 e 75 DAT. Houve recuperação das plantas, exceto as tratadas com imazapir, com formação de novas acículas à medida que se iniciou a estação de crescimento (Tabela 21). Essa diferença entre plantas do primeiro e segundo experimento, em relação aos danos, está relacionada com o grau de tolerância das plantas aos herbicidas, que é influenciado pelo metabolismo da espécie, que por sua vez fica sujeito à capacidade específica de cada planta em absorver, translocar e metabolizá-los, além da influência da idade, do estágio de crescimento (OSIECKA; MINOGUE, 2014) e das condições climáticas (GALON et al., 2009).

Diferenças de idade, como destacado 19 e 9 meses, respectivamente para o primeiro e o segundo experimento, é importante para tolerância das plantas, uma vez que plantas mais jovens são mais suscetíveis a herbicidas (OSIECKA; MINOGUE, 2014), por apresentarem maior porcentagem de tecidos novos (KLINGMAN; ASHTON; NOORDHOFF, 1975). Estes tecidos são o centro da atividade biológica das plantas e estão em maiores quantidades em plantas jovens, enquanto que em plantas mais velhas predominam tecidos diferenciados. Isto faz com que herbicidas que afetam processos metabólicos sejam muito tóxicos para plantas que possuem uma grande quantidade de tecidos meristemáticos (OLIVEIRA JR.; INOUE, 2011).

O crescimento de plantas responde a diversas variáveis ambientais como temperatura, fotoperíodo, precipitação, radiação, dentre outras. Entretanto, as taxas de incremento no decorrer do ano não estão relacionadas apenas com variáveis climáticas, mas também com as reservas energéticas acumuladas pela planta (ASSMANN, 1970). No caso de *P. taeda*, que tem crescimento diferenciado, caracterizado por baixo crescimento e quase repouso vegetativo ou dormência vegetativa das gemas apicais, nos meses mais frios do ano (MACHADO et al., 2010), a produção e acúmulo de reservas ocorre durante a primavera e verão, pois o ritmo de crescimento decresce no inverno (MACHADO et al., 2014).

A aplicação dos herbicidas ocorreu durante o inverno, sob baixas temperaturas (Tabelas 13 e 16). Sabe-se que temperatura, indiretamente, influencia a seletividade do herbicida, pois interfere na intensidade do metabolismo das plantas (KLINGMAN; ASHTON; NOORDHOFF, 1975). Quando submetidas a estresse, como baixas temperaturas, as plantas tendem a diminuir proporcionalmente as reações metabólicas. Muitos herbicidas tem a ação fortemente reduzida se a planta se encontrar sob estresse antes, no momento ou horas após a aplicação, pois são menos transportados e, consequentemente, estão mais disponíveis para reações de metabolização, conjugação ou aprisionamento (CATANEO et al., 2003). Portanto, em condição de baixas temperaturas, as plantas apresentam crescimento lento ou mesmo paralisado, dificultando a absorção do herbicida, resultando em seletividade às plantas da cultura (AZANIA; AZANIA, 2014).

O período fisiológico de dormência, proporcionado por baixas temperaturas, pode induzir a tolerância de *P. taeda* e de outras coníferas (RADOSEVICH et al., 1980; PALEY; RADOSEVICH, 1984; KING; RADOSEVICH, 1985; GOODALL; DENNY; DICKS, 1991) a certos herbicidas, possibilitando a aplicação destes diretamente sobre o dossel das plantas (OSIECKA; MINOGUE, 2014), minimizando danos causados por intoxicação. Isto foi observado no primeiro experimento, em que as médias de crescimento de plantas tratadas com herbicidas foram semelhantes às da testemunha capinada (Figuras 17, 18, 19 e 20). Neste caso o estado fisiológico que determina a dormência não foi o único responsável pela tolerância aos tratamentos, mas a idade das plantas também foi um fator importante neste processo.

A natureza sazonal da seletividade de herbicidas em espécies de coníferas está relacionada com a absorção diferencial através das acículas e distribuição

restrita após absorção, pois as acículas de coníferas se tornam mais esclerófilas com a idade, e menos herbicida é suscetível de penetrá-las (KING; RADOSEVICH, 1985).

Menor susceptibilidade do herbicida em penetrar as acículas relaciona-se, em alguns casos, com a capacidade dos estômatos de certas coníferas serem obstruídos por ceras (WILLIS et al., 1989), e a superfície destas acículas serem densamente envolvidas por projeções de ceras, o que pode resultar em maior tolerância a herbicidas, como glyphosate, durante o período de dormência (BELL et al., 2000). O herbicida que consegue penetrar a camada cerosa e ser absorvido durante o período de dormência encontra dificuldade em ser translocado, como destacado em trabalho com *P. taeda* e outras duas espécies, onde ¹⁴C-glyphosate seguiu o fluxo de ¹⁴CO₂ durante a fase de crescimento ativo, mas não durante a fase de dormência (D'ANIERI et al., 1990). Ou quando cerca de 88% de glyphosate rádio marcado, aplicado durante o início do outono, e absorvido por mudas de *P. taeda*, permaneceram nas acículas 30 dias após aplicação dos tratamentos (GREEN et al., 1992).

Em plantas mais jovens, como as do segundo experimento, os herbicidas interferiram no crescimento, exceto sal de potássio de glyphosate + carfentrazone-ethyl (Tabelas 18, 19 e 20). Principalmente em plantas tratadas com imazapyr a redução de crescimento foi mais severa. Esse sintoma é comum em plantas tratadas com herbicidas inibidores da enzima acetolactato sintase (ALS) (VIDAL et al., 2014). A interferência observada em relação ao crescimento pode estar relacionada a diversos fatores como espécie, idade, formulação ou herbicida utilizado e tipo de aplicação do herbicida (OSIECKA; MINOGUE, 2014).

Apesar do excelente controle de plantas daninhas, superior a 95%, Silva et al. (1999) relataram que *P. caribea* var. *hondurensis* tratadas com imazapyr exibiram manchas necróticas em acículas novas. Em trabalho avaliando tolerância de cinco espécies de *Pinus* a três doses de diferentes herbicidas, Silva; Ferreira; Melo (2000) constataram que todas as espécies avaliadas, inclusive *P. taeda*, sofreram intoxicação por imazapyr nas doses 0,375, 0,500 e 0,625 kg i.a. ha⁻¹, com porcentagem de danos em até 14% para a dose mais elevada, aos 10 DAT, com posterior recuperação das plantas.

Carfentrazone-ethyl aplicado isolado ou associado ao sal de potássio de glyphosate não interferiu no crescimento de plantas. A tolerância de *P. taeda* a este

herbicida também foi observada por Ezell e Yeiser (2010), que aplicaram carfentrazone-ethyl nas doses 59,15 mL acre (ac)⁻¹, 118,30 mL ac⁻¹ e 177,44 mL ac⁻¹, combinado ou não com surfactante não iônico, diretamente sobre o dossel das plantas. Os mesmos autores relataram que, mesmo em elevadas doses, carfentrazone-ethyl aplicado em *P. taeda*, com altura superior a 0,30 m, não causou interferência significativa ao crescimento das plantas.

No primeiro experimento, glyphosate em diferentes formulações não interferiu no crescimento de *P. taeda*. Durante o segundo experimento, inicialmente o IPD (Tabela 20) foi reduzido em plantas tratadas com sal de potássio de glyphosate isolado ou associado com saflufenacil e indaziflam, entre 15 e 30 DAT. Nos próximos intervalos de avaliação, especificamente até o quinto período, entre 60 e 75 DAT, o IPD desses tratamentos foi semelhante à testemunha roçada. Há relatos na literatura de respostas significativas de coníferas a aplicação de glyphosate sobre o dossel das plantas avaliadas, especificamente quando as aplicações ocorreram durante o outono (RADOSEVICH et al., 1980; KING; RADOSEVICH, 1985; WILLIS et al., 1989; D'ANIERI et al., 1990; GOODALL; DENNY; DICKS, 1991).

Quando aplicados durante a dormência de *P. taeda*, os danos por glyphosate geralmente são baixos, devido a época de aplicação do herbicida, que coincide com o período de baixo crescimento vegetativo (MACHADO et al., 2010; MACHADO et al., 2014). Durante este período há elevada concentração de açúcares nas acículas, que resulta em mais açúcar disponível para se ligar ao glyphosate, através de conjugação bioquímica, tornando-o menos tóxico, o que indica um dreno fraco para fotoassimilados das folhas, reduzindo a translocação do glyphosate (D'ANIERI et al., 1990).

3.5.2 Controle de plantas daninhas

As plantas daninhas encontradas com maior frequência nas áreas experimentais foram, *Baccharis* sp., *Baccharis articulata*, *Baccharis coridifolia*, *Baccharis dracunculifolia*, *Baccharis junciformis*, *Baccharis trimera*, *Commelina benghalensis*, *Cyperus* sp., *Cyperus meyenianus*; *Cyperus esculentus*, *Dichanthelium sabulorum*, *Eupatorium buniifolium*, *Hydrocotyle* sp., *Gamochaeta coarctata*, *Leandra* sp., *Miconia* sp., *Ossaea meridionalis*, *Panicum virgatum*, *Piptocarpha angustifolia*, *Piptochaetium montevidense*, *Senecio brasiliensis*, *Sida*

sp., *Sida rhombifolia*, *Urochloa plantaginea*, além de inúmeras espécies de gramíneas não identificadas. A presenças de plantas daninhas de porte arbustivo era comum. A maioria das espécies encontravam-se em fase reprodutiva, com presença de flores ou inflorescências e algumas dispersando sementes.

Quantidade considerável de plantas infestantes possuíam altura superior a 0,20 m na ocasião da aplicação dos herbicidas (Figura 22), quando a altura máxima recomendada para controle químico em pós-emergência de gramíneas e plantas daninhas de folha larga em reflorestamentos é de 0,15 m (KOGAN; ALISTER, 2010).

Figura 22 – Situação observada em áreas cultivadas com *P. taeda* no experimento I no ano de 2015 (A) e experimento II no ano de 2016 (B), antes da aplicação dos herbicidas. Plantas daninhas ocupavam tanto linhas, quanto entrelinhas de cultivo, Otacílio Costa, SC





Fonte: Registro feito pelo autor, 2017.

O controle de plantas daninhas utilizando carfentrazone-ethyl isolado (Tabela 17), ou associado ao sal de potássio de glyphosate (Tabela 22), tiveram pior desempenho, inferior a 40% em ambos experimentos (Figura 23). Herbicidas que inibem a formação da enzima protoporfirinogênio IX oxidase (PROTOX), aplicados em pós-emergência em plantas daninhas adultas, mesmo com utilização de doses elevadas não possibilitam controle eficiente, devido ao efeito tópico dos herbicidas apenas na parte superior do dossel da comunidade infestante, determinando que apenas a parte apical da planta daninha seja afetada pela aplicação, as gemas existentes na parte mediana e basal da planta são estimuladas a rebrotar, pois estas não foram atingidas pelo herbicida (MEROTTO JR.; VIDAL, 2001).

Figura 23 – Área tratada com sal de potássio de glyphosate + carfentrazone-ethyl aos 75 DAT, experimento II, Otacílio Costa, SC, 2016



Fonte: Registro feito pelo autor, 2017.

A baixa porcentagem de controle observada para mistura entre carfentrazone-ethyl e sal de potássio de glyphosate pode estar relacionada com efeito antagonístico. Há relato na literatura (WERLANG; SILVA, 2002) do efeito de antagonismo entre combinações de determinadas doses de glyphosate e carfentrazone-ethyl, afetando controle de gramíneas e plantas daninhas de folhas largas. Combinações de glyphosate com outros herbicidas inibidores de PROTOX, fomesafem e sulfentrazone (STARKE; OLIVER, 1998), e acifluorfen (JORDAN et al., 1997) também diminuíram o controle de plantas daninhas, bem como a quantidade de glyphosate absorvido por estas.

Apesar de também ser um inibidor de PROTOX, saflufenacil associado ao sal de potássio de glyphosate teve melhor desempenho em relação a associação entre carfentrazone-ethyl e sal de potássio de glyphosate (Tabela 22 e Figura 24). Vários fatores podem afetar a interação entre agroquímicos, como formulação comercial, ingrediente ativo, condições ambientais (JORDAN et al., 2011). Além disso, carfentrazone-ethyl possui comportamento diferenciado quanto a interação com glyphosate, em função da dose dos herbicidas utilizados e das plantas daninhas presentes (WERLANG; SILVA, 2002).

Figura 24 – Área tratada com sal de potássio de glyphosate + saflufenacil aos 75 DAT, experimento II, Otacílio Costa, SC, 2016



Fonte: Registro feito pelo autor, 2017.

O controle de plantas daninhas por imazapyr foi o que mais se prolongou, alcançando 70% aos 105 DAT (Tabela 22 e Figura 25). Silva et al. (1999) avaliaram o controle de plantas daninhas em cultivo de *P. caribea* var. *hondurensis* e observaram que imazapyr controlou até 95% das plantas avaliadas aos 90 DAT. Galon; Mattei; Falck (2007) reportaram controle de vegetação nativa com altura próxima a 0,30 m, em até 88%, aos 130 DAT, em cultivo de *Pinus elliottii*.

Figura 25 – Área tratada com imazapyr aos 75 DAT, experimento II, Otacílio Costa, SC, 2016



Fonte: Registro feito pelo autor, 2017.

O controle máximo de plantas daninhas no primeiro experimento, registrado para 1440 g e.a. ha⁻¹ de sal de potássio de glyphosate, foi de 81% aos 75 DAT (Tabela 17). Enquanto que no segundo experimento o controle máximo desta mesma formulação, dose 1400 L ha⁻¹, foi de 72% aos 45 DAT (Figura 26). No experimento I, aos 75 DAT, o controle foi de 72% e 61% para 961,2 g e.a. ha⁻¹ de sal de isopropilamina de glyphosate + sal de potássio de glyphosate e 900 g e.a. ha⁻¹ de sal de amônio de glyphosate, respectivamente. Diferentes formulações de glyphosate podem afetar o desempenho do produto (MOLIN; HIRASE, 2005), devido principalmente aos adjuvantes que são adicionados a eles (GAUVRIT et al., 2007), resultando em diferenças no controle de plantas daninhas, como ocorreu no primeiro experimento (Tabela 17).

Figura 26 – Área tratada com sal de potássio de glyphosate aos 75 DAT, experimento II, Otacílio Costa, SC, 2016



Fonte: Registro feito pelo autor, 2017.

Resultado semelhante foi descrito por Scherner et al. (2014), que observaram que *Leersia hexandra* e *Luziola peruviana* responderam de forma diferenciada a diferentes formulações de glyphosate, sendo os sais a base de potássio e amônio os mais eficientes no controle em relação a formulação com isopropilamina. Essa diferença na eficácia de controle de diferentes produtos à base de glyphosate, em mesma base de equivalente ácido de glyphosate, pode resultar da rápida absorção, aumento da captação, *rainfastness* e translocação do herbicida (FENG; SANDBRINK; SAMMONS, 2000; MOLIN; HIRASE, 2005).

Foram registradas maiores médias de porcentagem de controle de plantas daninhas para o tratamento 1400 g e.a. ha⁻¹ de sal de potássio de glyphosate + 150 mL ha⁻¹ de indaziflam, aos 75 DAT (Tabela 22 e Figura 27). Apesar de controlar plantas da classe Liliopsida e Magnoliopsida, em pré ou pós-emergência inicial (PERRY et al., 2011; BROSNAN et al., 2012), indaziflam tem se mostrado mais eficiente no controle de plantas da classe Liliopsida em pré-emergência (KAAPRO; HALL, 2012; AMIM et al., 2014).

Figura 27 – Área tratada com sal de potássio de glyphosate + indaziflam aos 75 DAT, experimento II, Otacílio Costa, SC, 2016



Fonte: Registro feito pelo autor, 2017.

Portanto, a associação de indaziflam com outro herbicida de largo espectro e não seletivo, como sal de potássio de glyphosate é uma estratégia importante, pois amplia a quantidade de espécies de plantas daninhas que podem ser controladas. Jhala; Ramirez; Singh (2013) relataram que a mistura no tanque de indaziflam com saflufenacil e glufosinate, dose $0,0073 + 0,037 + 1,0 \text{ kg ia ha}^{-1}$, resultou em baixa densidade e biomassa de gramíneas e plantas de folhas largas, além de prolongar o período de controle em relação aos demais tratamentos, devido ao período de meia vida no solo de indaziflam, que pode proporcionar longo efeito residual de controle de plantas daninhas (JHALA; SINGH, 2012).

O período e eficácia de controle registrados no segundo experimento, aos 75 DAT com 79% de controle, foi inferior ao que pode ser alcançado por indaziflam, que possui meia vida no solo de até 150 dias (TOMPKINS, 2010), no entanto, ressalta-se que no momento da aplicação dos herbicidas a altura de plantas daninhas era superior a 0,20 m, que pode ter interferido na quantidade de calda que alcançou o solo. A altura e maturidade das plantas, além de condições ambientais, podem influenciar a absorção e translocação de indaziflam, e consequentemente seu desempenho (BROSNAN et al., 2012).

3.6 CONCLUSÕES

- i) A aplicação de herbicidas em *P. taeda* na modalidade *over-the-top* é viável para as condições climáticas do Planalto Catarinense, desde que observada a dose do herbicida, idade das plantas e principalmente época de aplicação;
- ii) Formulações de glyphosate aplicadas isoladas, ou no caso de sal de potássio de glyphosate, associada a saflufenacil, indaziflam e carfentrazone-ethyl apresentaram elevada seletividade a *P. taeda*;
- iii) A aplicação *over-the-top* de imazapyr resulta em baixo crescimento e elevada porcentagem de danos em plantas de *P. taeda*;
- iv) Sal de potássio de glyphosate e sua associação com indaziflam foram mais eficazes no controle de plantas daninhas.

4 INFLUÊNCIA DA ADUBAÇÃO FOSFATADA NA SELETIVIDADE DE GLYPHOSATE EM PINUS

4.1 RESUMO

O objetivo deste trabalho foi estudar a influência da adubação fosfatada na seletividade de glyphosate em mudas de *Pinus taeda* durante dois períodos, verão e outono. O trabalho foi dividido em duas partes, com diferença para época de aplicação de glyphosate, verão e outono. Ambas as partes foram conduzidas sob esquema fatorial $2 \times 2 \times 4 + 1$ testemunha. O primeiro fator, genótipos de *P. taeda*; o segundo fator, aplicação ou não de superfosfato triplo; o terceiro fator, sub-doses de glyphosate, 0, 5, 10 e 20% da dose máxima recomendada. O herbicida foi aplicado diretamente sobre as plantas através de pulverizador costal pressurizado a CO₂ e calibrado para volume de calda de 200 L ha⁻¹. Foram avaliados altura, ganho de altura, diâmetro e massa seca das plantas. Os dados foram submetidos ao teste de Tukey a 5% de probabilidade. Houve interação entre genótipos e superfosfato triplo. A produção de massa seca foi maior em plantas adubadas com superfosfato triplo. Houve seletividade de glyphosate para *P. taeda* em ambas as épocas de aplicação.

Palavras-chave: *Pinus taeda*. N-(fosfonometil)glicina. Deriva. Superfosfato triplo. Repouso vegetativo.

4.2 INTRODUÇÃO

O glyphosate é o herbicida mais utilizado em reflorestamentos, por ser não-seletivo, de amplo espectro de ação (RODRIGUES; ALMEIDA, 2011), pequeno efeito residual no solo, baixa lixiviação (devido à forte adsorção às partículas do solo), alta solubilidade e pequena meia-vida, além de atuar em espécies de plantas daninhas de ciclos anuais, bianuais e perenes (KOGAN; ALISTER, 2010). É usado, em jato dirigido, nas áreas de cultivo de eucalipto e pinus (TUFFI SANTOS et al., 2006), ou aplicado em área total em espécies de coníferas cultivadas em locais onde estas entram em dormência, devido às baixas temperaturas de outono e inverno, além de reduzido fotoperíodo (RADOSEVICH et al., 1980; GOODALL; DENNY; DICKS, 1991; JOSE; RANASINGHE; RAMSEY, 2010; KNAPP et al., 2014; EZELL; YEISER, 2015).

Devido à condições inadequadas, tanto ambientais quanto de preparo do equipamento de pulverização, pode acontecer do produto atingir plantas não-alvo e de interesse econômico, as plantas cultivadas (CARVALHO; ALVES; DUKE, 2013). Tal fato é conhecido por deriva, e pode ocasionar, dependendo da quantidade de

herbicida interceptado pela planta, toxidez, injúrias e até redução da produtividade, resultando em prejuízos econômicos.

O nutriente fósforo é um componente integral de compostos importantes das células vegetais, incluindo fosfato-açúcares, intermediários da respiração e fotossíntese, bem como fosfolipídeos que compõem as membranas celulares. Ele é também um componente de nucleotídeos utilizados no metabolismo energético das plantas (como ATP) e no DNA e RNA (TAIZ; ZEIGER, 2013).

A disponibilidade desse nutriente na maioria dos solos, raramente é adequada para o crescimento e desenvolvimento ideal das plantas (ABEL; TICCONI; DELATORRE, 2002). No Brasil, o fósforo é um dos nutrientes que mais limita a produção florestal, em razão de seus teores naturalmente baixos nos solos e de sua elevada capacidade em interagir com os coloides presentes abundantemente em alguns tipos de solo (BARROS; NOVAIS, 1996).

Espécies de *Pinus* possuem excelente capacidade para gerir recursos nutricionais, sem, no entanto manifestar sintomas visuais de deficiência (REISSMANN; WISNIEWSKI, 2000). Uma das estratégias que as plantas desenvolveram para aumentar a aquisição, translocação e utilização do fosfato quando se encontram em condições limitantes é a expressão gênica de transportadores de fosfato em função da disponibilidade deste elemento (induzindo a expressão de transportadores de baixa e alta afinidade por fosfato). Transportadores de alta afinidade são ativados em condições de baixa disponibilidade de fósforo inorgânico, enquanto que os de baixa afinidade, expresso constitutivamente (RAGHOTHAMA, 1999).

Como o glyphosate possui em sua molécula um grupo fosfonato, em condições de deficiência de fosfato, a molécula poderia ser transportada por transportadores de fosfato (PEREIRA, 2016). Alguns estudos têm demonstrado que o glyphosate e o fósforo competem pelo mesmo transportador. Em alguns casos o transporte do componente saturável do glyphosate pode ser competitivamente inibido na presença de fosfato (DENIS; DELROT, 1993). Em outra situação o fosfato inibiu a absorção de glyphosate pela bactéria *Arthrobacter*, que possui a capacidade de metabolizar este herbicida (PIPKE; SCHULZ; AMRHEIN, 1987).

Este trabalho teve como objetivo estudar a influência da adubação fosfatada na seletividade de glyphosate em mudas de *Pinus taeda* durante dois períodos de aplicação, verão e outono.

4.3 MATERIAL E MÉTODOS

4.3.1 Experimento I

4.3.1.1 Região e organismo de estudo

A fim de estudar os efeitos da adubação fosfatada sobre a seletividade de glyphosate em mudas de *P. taeda* foi conduzido um experimento no Centro de Ciências Agroveterinárias da Universidade do Estado de Santa Catarina em Lages, SC, localizado entre latitude 27°47'33" sul e longitude 50°18'10" oeste, e altitude de 915 m.

Segundo classificação climática de Köppen, Lages é caracterizada como Cfb, temperado, úmido e com chuvas uniformemente distribuídas durante todo o ano. A temperatura varia entre 12º C e 22º C, com média anual de 16,5º C e precipitação anual de 1.685 mm (ALVARES et al., 2013).

Foram utilizadas mudas de dois genótipos de *Pinus taeda*, caracterizadas pelo i) material de origem: genótipo 1, África do Sul e genótipo 2, Estados Unidos; ii) procedência: genótipo 1, Santa Catarina e genótipo 2, Paraná; iii) tipo de propagação: genótipos 1 e 2, vegetativa; iv) geração: genótipo 1, 2, genótipo 2, 1. Além de diferenças não especificadas do local de coleta, e família.

Mudas de cada genótipo foram plantadas em vasos com capacidade para 10 L, e permaneceram em aclimatação por 30 dias. Foi utilizado como substrato para crescimento de plantas, solo com textura siltosa e substrato orgânico comercial (TECNOMAX, Brasil) na proporção 2:1 (v:v). Substrato foi fertilizado com 2 g por vaso de NPK (BUNGE, 5-2-10, Brasil) e complementado com 3 g de ureia por vaso (Nidera Nurtientes, 46% de N, Brasil). Durante todo período de condução do experimento os vasos permaneceram expostos às condições ambientais, e quando necessário as plantas foram irrigadas.

4.3.1.2 Estratégia de pesquisa

O delineamento estatístico utilizado foi blocos ao acaso. Os tratamentos foram conduzidos sob esquema fatorial 2x2x4 (genótipos x adubação fosfatada x sub-doses de glyphosate) + 1 testemunha, com cinco repetições. Cada vaso foi

considerado uma unidade experimental. Para cada bloco foi mantida bordadura composta por plantas de *P. taeda* cultivadas em vasos de 10 L.

O primeiro fator correspondeu aos genótipos 1 e 2, descritos anteriormente. O segundo fator se refere a duas condições de adubação, sem e com 2 g por vaso de superfosfato triplo (SFT) (Delta Adubos, 42% de P₂O₅), adicionada em cada vaso no momento do plantio. O terceiro fator inclui quatro sub-doses de glyphosate (Monsanto, Roundup Original®, Brasil) com 48% (m/v) de ingrediente ativo [sal de isopropilamina de N-(fosfonometil)-glicina] e 36% de equivalente ácido de N-fosfonometil)-glicina, correspondendo à deriva simulada de 0, 72, 144 e 288 g e.a. ha⁻¹, ou 0, 5, 10 e 20% da dose comercial máxima recomendada, ou seja, 1440 g e.a. ha⁻¹.

As doses do herbicida foram aplicadas diretamente sobre as plantas de pinus, que na ocasião da aplicação possuíam altura média de 16,5 cm e diâmetro médio de 2,3 mm. Foi utilizado um pulverizador costal pressurizado a CO₂ (Herbicat, Brasil), com pressão de 30 psi, munido de barra de pulverização contendo quatro pontas tipo leque 80.02 VS (TeeJet®, EUA), espaçadas entre si em 0,5 m, calibrado para volume de calda de 200 L ha⁻¹. A barra foi posicionada a 0,5 m acima das plantas.

A aplicação dos herbicidas ocorreu em 27 de dezembro de 2014. Dados climáticos registrados durante a aplicação dos tratamentos estão descritos na Tabela 23. Dados de temperatura e velocidade do vento registrados durante a aplicação dos herbicidas foram obtidos através de um termoanemômetro digital portátil (Modelo 7607.01.0.00, TFA, Alemanha).

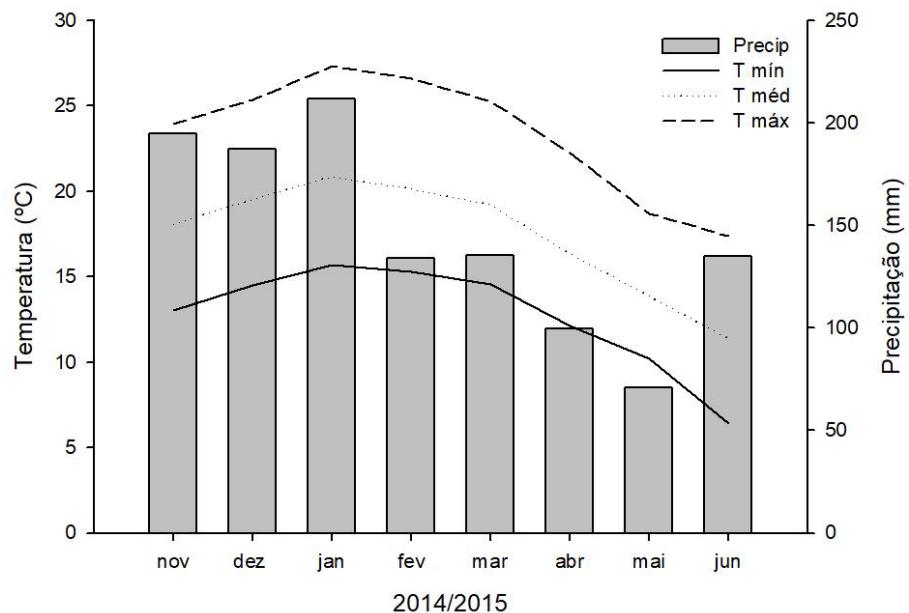
Tabela 23 – Dados climáticos registrados em 27 de dezembro de 2014 durante aplicação dos tratamentos em *P. taeda*, Lages, SC, 2014

Horário	Temperatura (°C)	Velocidade do vento (m s ⁻¹)	Precipitação (mm)	Umidade relativa (%)
8:30	19,3	1,36	0,00	84,8

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Médias mensais de temperaturas (°C) mínima, média e máxima, além da precipitação (mm) registrada durante o período de avaliação do experimento I estão disponíveis na Figura 28. Estes dados climáticos, além de umidade relativa (Tabela 23), são provenientes de estação meteorológica instalada em Lages, SC (estação 83891, latitude 27°81' sul, longitude 50°33' e 937 m) (INMET, 2017).

Figura 28 – Médias climáticas mensais registradas em Lages, SC, entre os anos de 2014 e 2015



Fonte: INMET, 2017.

4.3.1.3 Procedimentos específicos

Dados de altura, ganho de altura e diâmetro do colo de plantas foram avaliados aos 30, 60, 90, 120, 150 e 180 dias após aplicação dos tratamentos (DAT). Também foi avaliada massa seca das plantas ao final do período de avaliação.

Altura das plantas (cm) foi medida com régua de madeira de um metro (graduação de 1 cm, STALO, Brasil). Após posicionar a régua paralelamente ao caule, a leitura da altura foi feita no ponto mais alto da planta avaliada.

Através dos dados de altura das plantas foi calculado o ganho de altura (Galt), que estimou a porcentagem de crescimento de altura das plantas entre períodos de avaliação contíguos, conforme equação:

$$\text{Galt (\%)} = \frac{p_2 - p_1}{p_1} * 100 \quad (4)$$

Onde, p_2 é o dado de altura coletado na última avaliação realizada, no entanto não remete a avaliação final; p_1 corresponde ao dado de altura coletado em avaliação anterior a p_2 .

Diâmetro do colo de caule das plantas (mm) foi medido com paquímetro universal digital em aço inox (150 mm/6", $\pm 0,05$ mm de precisão, Digimess, Brasil). Em cada planta avaliada foram coletadas, próximo ao nível do solo, duas medidas perpendiculares de diâmetro, que indicaram o diâmetro médio do caule. O ponto de coleta de dados no caule das plantas foi sinalizado com marcação em tinta branca.

Ao final da última avaliação as plantas foram cortadas rente ao solo. Acículas e caule foram separadas e este material foi seco em estufa de circulação forçada de ar (Lucadema, LUCA-82/480, Brasil) a 60 ± 2 °C até o material atingir peso constante, e posteriormente pesado em balança semi-analítica (Exacta, EL-320AB-BI, Brasil) e então o acúmulo de massa seca foi determinado.

4.3.1.4 Análise estatística

A fim de verificar a homogeneidade das variâncias os dados foram submetidos ao teste de Cochran ($p>0,05$). A normalidade dos dados foi constatada através do teste de Kolmogorov-Smirnov ($p>0,05$).

Dados de altura, ganho de altura, diâmetro e massa seca de *P. taeda* foram submetidos a análise de variância (teste F). Quando significativas, foram desdobrados e as médias dos tratamentos foram comparadas entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Dados que não atenderam aos requisitos de normalidade da distribuição dos erros e homogeneidade das variâncias foram transformados por arco seno $\sqrt{(x/100)}$. A análise dos dados foi efetuada através do software estatístico Assistat (versão 7.7).

4.3.2 Experimento II

4.3.2.1 Região e organismo de estudo

Este experimento foi conduzido no mesmo local do experimento I. As características climáticas, de localidade e preparo de substrato e plantio das mudas são as mesmas descritas anteriormente.

Foram utilizadas mudas de dois genótipos de *Pinus taeda*, caracterizadas pelo i) material de origem: genótipos 1 e 2, Estados Unidos; ii) procedência: genótipos 1 e 2, Santa Catarina; iii) tipo de propagação: genótipo 1, seminal e genótipo 2, vegetativa; iv) geração: genótipos 1 e 2, 2. Além de diferenças não especificadas do local de coleta, e família.

4.3.2.2 Estratégia de pesquisa

Informações sobre delineamento estatístico e descrição dos fatores e níveis do esquema factorial, bem como aplicação dos herbicidas são as mesmas descritas para o experimento I.

Aplicação dos herbicidas ocorreu em 04 de maio de 2016. Os herbicidas foram aplicados diretamente sobre as plantas de pinus, que na ocasião possuíam altura média de 16,9 e 26,3 cm respectivamente para genótipos 1 e 2, e diâmetro médio de 4,1 mm para genótipos 1 e 2.

Dados climáticos registrados durante a aplicação dos tratamentos estão descritos na Tabela 24. Dados de temperatura e velocidade do vento registrados durante a aplicação dos herbicidas foram obtidos através de um termoanemômetro digital portátil (Modelo 7607.01.0.00, TFA, Alemanha).

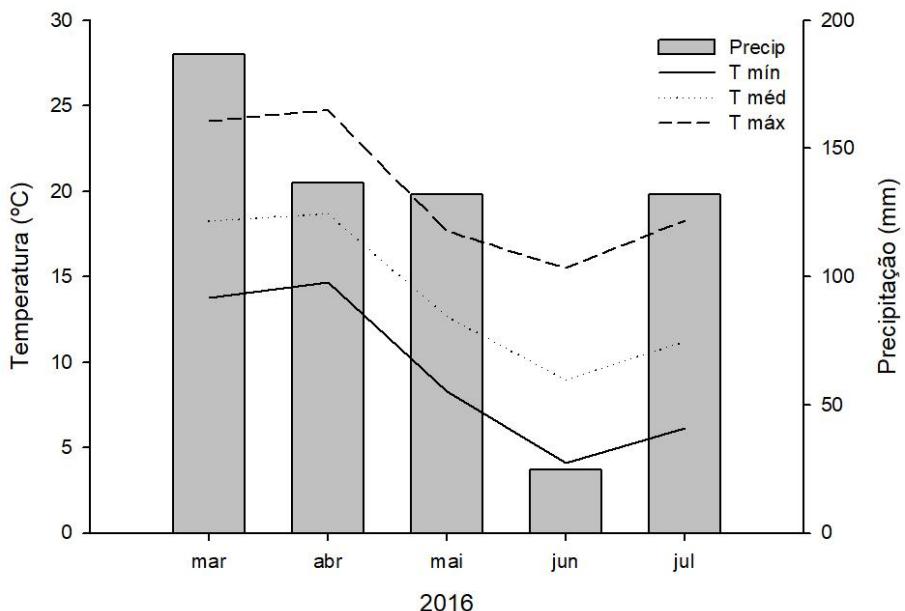
Tabela 24 – Dados climáticos registrados em 04 de maio de 2016 durante a aplicação dos tratamentos em *P. taeda*, Lages, SC, 2016

Horário	Temperatura (°C)	Velocidade do vento (m s ⁻¹)	Precipitação (mm)	Umidade relativa (%)
8:30	11,7	0,69	0,00	87,0

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Médias mensais de temperaturas (°C) mínima, média e máxima, além da precipitação (mm) registrada durante o período de avaliação do experimento II estão disponíveis na Figura 29. Estes dados climáticos, além da umidade relativa (Tabela 24), são provenientes de estação meteorológica instalada em Lages, SC (estação 83891, latitude 27°81' sul, longitude 50°33' e 937 m) (INMET, 2017).

Figura 29 – Médias climáticas mensais registradas em Lages, SC, 2016



Fonte: INMET, 2017.

4.3.2.3 Procedimentos específicos

Dados de altura, ganho de altura e diâmetro de plantas foram avaliados aos 7 dias antes da aplicação dos tratamentos, 7, 14, 21, 35, 49, 63 e 77 dias após aplicação dos tratamentos (DAT). Também foi avaliada massa seca das plantas ao final do período de avaliação.

Dados de altura de plantas, ganho de altura de plantas e diâmetro do caule foram coletados conforme descritos anteriormente no experimento I. Dados de altura do experimento II foram utilizados apenas para calcular ganho de altura de plantas, pois mudas de *P. taeda* utilizadas, apesar de mesma idade, possuíam alturas diferentes no momento do plantio. Obtenção de massa seca também ocorreu conforme procedimentos descritos no experimento anterior.

Neste experimento a leitura dos dados de diâmetro do caule foi feita por meio de paquímetro universal digital em aço inox (150 mm/6", $\pm 0,01$ mm de precisão, DIGIMESS, Brasil).

4.3.2.4 Análise estatística

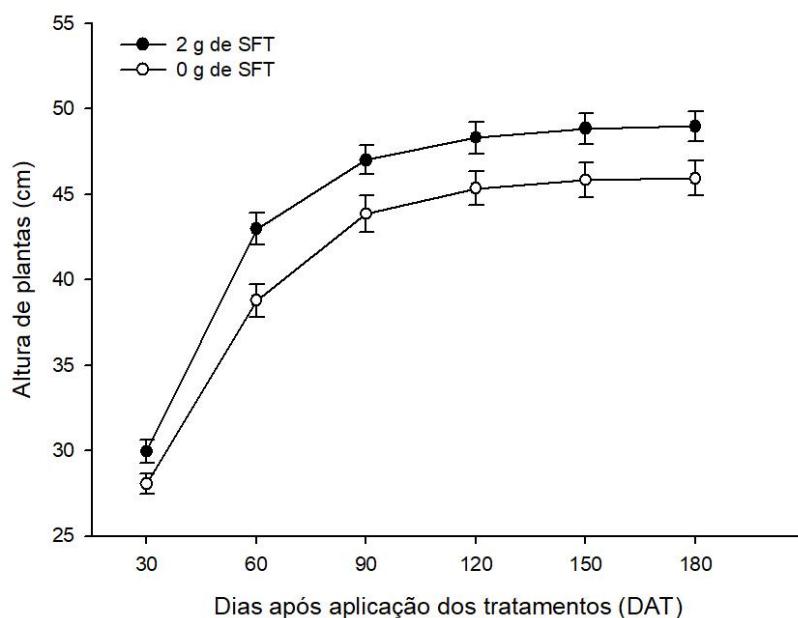
Dados de ganho de altura, diâmetro e massa seca de *P. taeda* foram analisados segundo metodologias estatísticas descritas no item Análise estatística do experimento I.

4.4 RESULTADOS

4.4.1 Experimento I

Plantas adubadas com 2 g de SFT cresceram em média 7% mais que plantas que não receberam adubação fosfatada. A partir dos 120 DAT nota-se tendência a estabilização de ambas as curvas de crescimento (Figura 30).

Figura 30 – Altura de plantas de *P. taeda* em função das doses de SFT, Lages, SC, entre os anos de 2014 e 2015, em todas as épocas de avaliação $p<0,05$

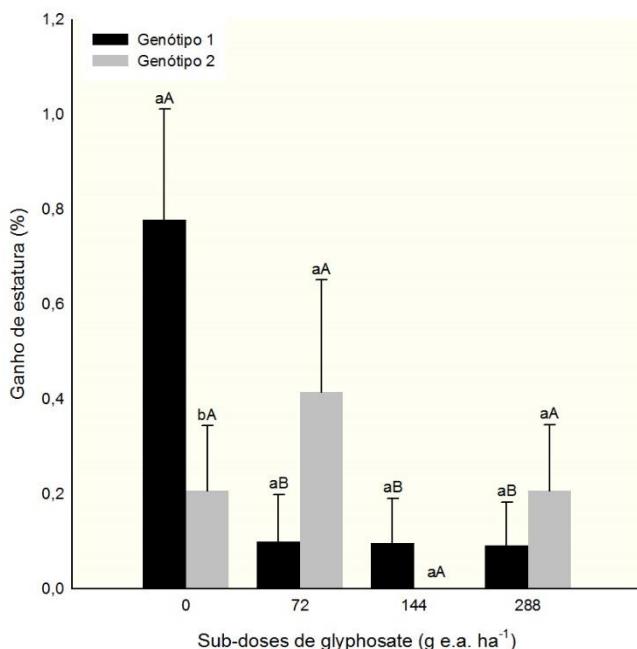


Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Entre 150 e 180 DAT plantas do genótipo 1 registraram ganho de altura 3,7 vezes superior a plantas do genótipo 2, quando tratadas com 0 g e.a. ha^{-1} de

glyphosate. (Figura 31). Os períodos de avaliação anteriores não apresentaram diferenças ($p>0,05$).

Figura 31 – Ganho de altura de plantas de *P. taeda* em função da interação entre genótipos e sub-doses de glyphosate no intervalo entre 150 e 180 DAT, Lages, SC, entre os anos de 2014 e 2015

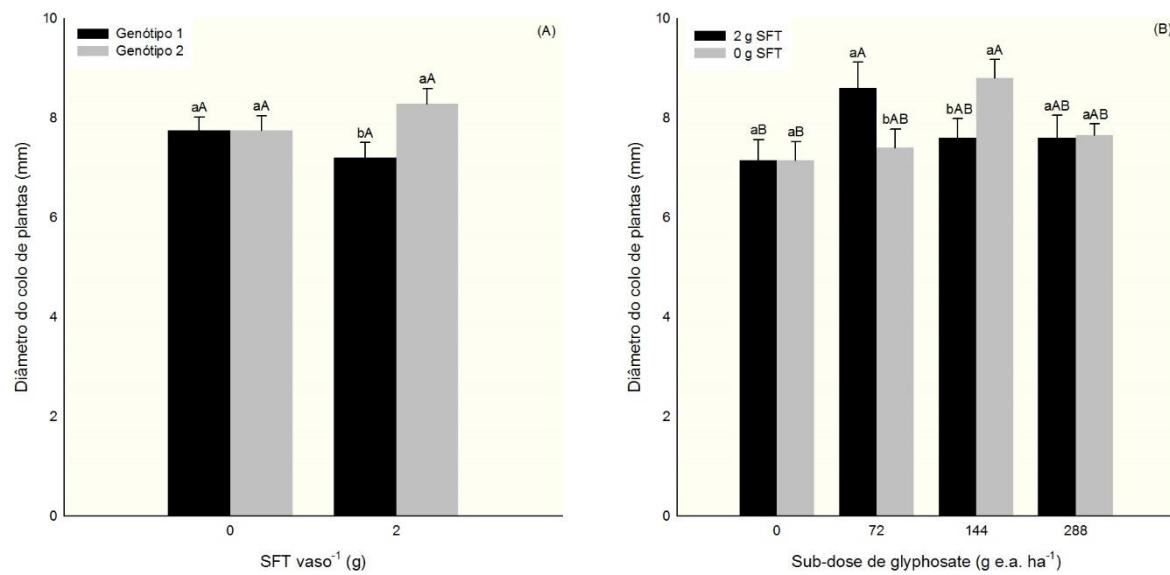


Letras minúsculas diferentes indicam diferença entre genótipos, especificamente para cada ponto da abscissa. Letras maiúsculas diferentes indicam diferença, especificamente de cada genótipo, independente do ponto de abscissa.

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Aos 180 DAT a diferença de diâmetro do colo de plantas do genótipo 2 foi de 10,8% em relação a plantas do genótipo 1, quando adubadas com SFT (Figura 32 A). No mesmo período, a interação entre doses de SFT e sub-doses de glyphosate mostrou que quando adubadas com SFT, e submetidas a aplicação de 72 g e.a. de glyphosate ha^{-1} , plantas de *P. taeda* tiveram média de diâmetro superior em relação a plantas não adubadas. Entretanto, ocorreu situação inversa em plantas tratadas com 144 g e.a. de glyphosate ha^{-1} , quando não adubadas com SFT estas tiveram maior diâmetro de colo em relação as que receberam adubo fosfatado (Figura 32 B).

Figura 32 – Diâmetro do colo de plantas de *P. taeda* em função da interação entre genótipos e doses de SFT (A) e da interação entre doses de SFT e sub-doses de glyphosate (B); aos 180 DAT, Lages, SC, entre os anos de 2014 e 2015

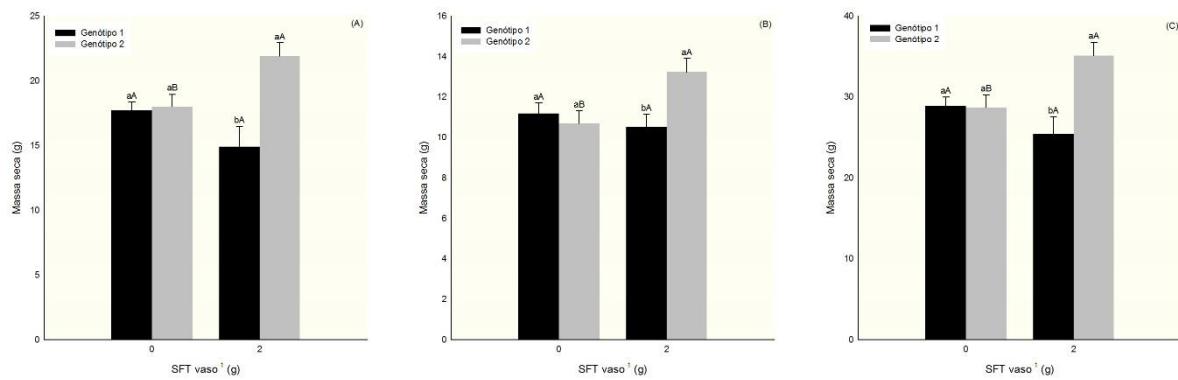


Letras minúsculas diferentes indicam diferença entre genótipos, especificamente para cada ponto de abscissa. Letras maiúsculas diferentes indicam diferença, especificamente de cada genótipo, independente do ponto de abscissa.

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

A produção de massa seca de acículas, caule e da parte aérea em resposta a interação entre genótipos e dose de SFT seguiu o mesmo padrão nas três avaliações. Plantas do genótipo 2, quando adubadas com SFT, produziram maior quantidade de massa seca em relação a plantas do genótipo 1, com diferença de 31,9% para acículas (Figura 33 A); 20,4% para caule (Figura 33 B); e 27,6% para massa seca da parte aérea (Figura 33 C).

Figura 33 – Massa seca de acículas (A), caule (B) e da parte aérea (C) de *P. taeda* em função da interação entre genótipos e doses de SFT, Lages, SC, entre os anos de 2014 e 2015



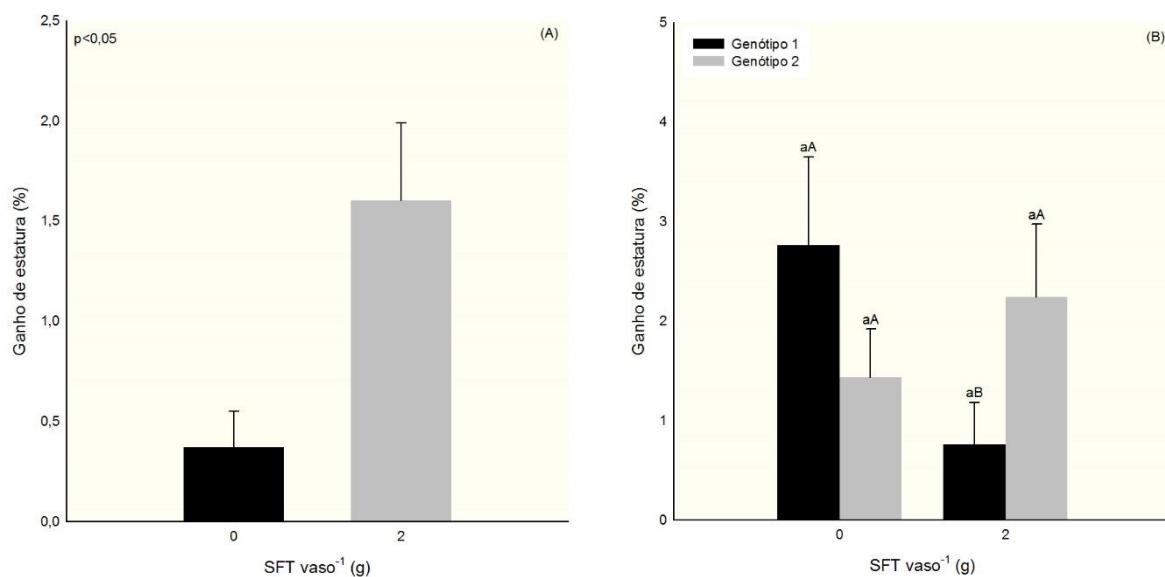
Letras minúsculas diferentes indicam diferença entre genótipos, especificamente para cada ponto de abscissa. Letras maiúsculas diferentes indicam diferença, especificamente de cada genótipo, independente do ponto de abscissa.

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

4.4.2 Experimento II

Em dois momentos de avaliação de ganho de altura ocorreram diferenças entre médias ($p<0,05$). O primeiro, durante o segundo período de avaliação, o ganho de altura foi maior em plantas adubadas com SFT (Figura 34 A). Durante o segundo, último período de avaliação, ocorreu diferença entre plantas do genótipo 1, em que a média de plantas adubadas com SFT foi superior à média de plantas não adubadas (Figura 34 B).

Figura 34 – Ganho de altura de plantas de *P. taeda* em função das doses de SFT entre 7 dias antes da aplicação de tratamentos e 7 DAT (A); e em função da interação entre genótipos e doses de SFT no intervalo entre 63 e 77 DAT (B), Lages, SC, 2016

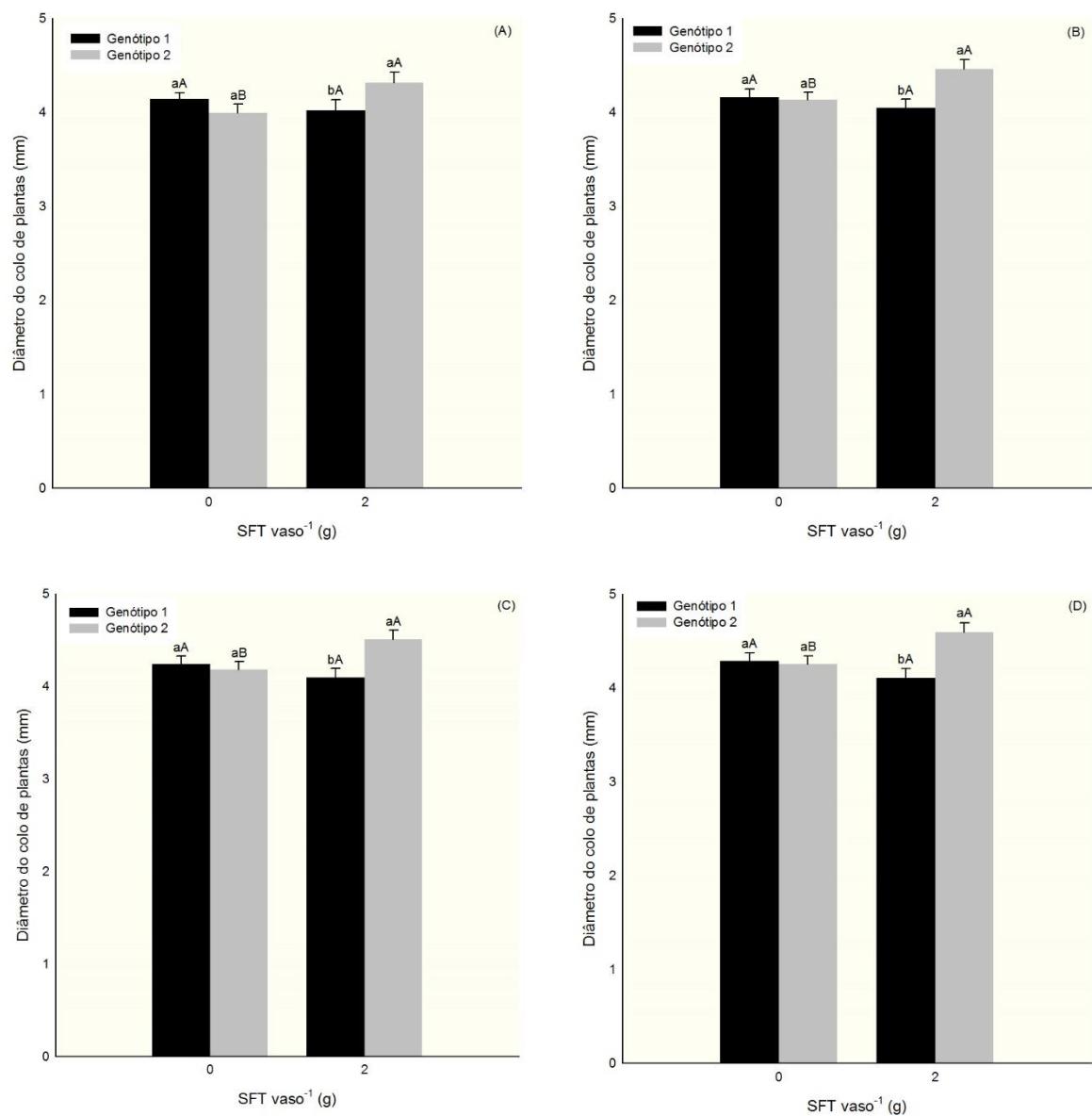


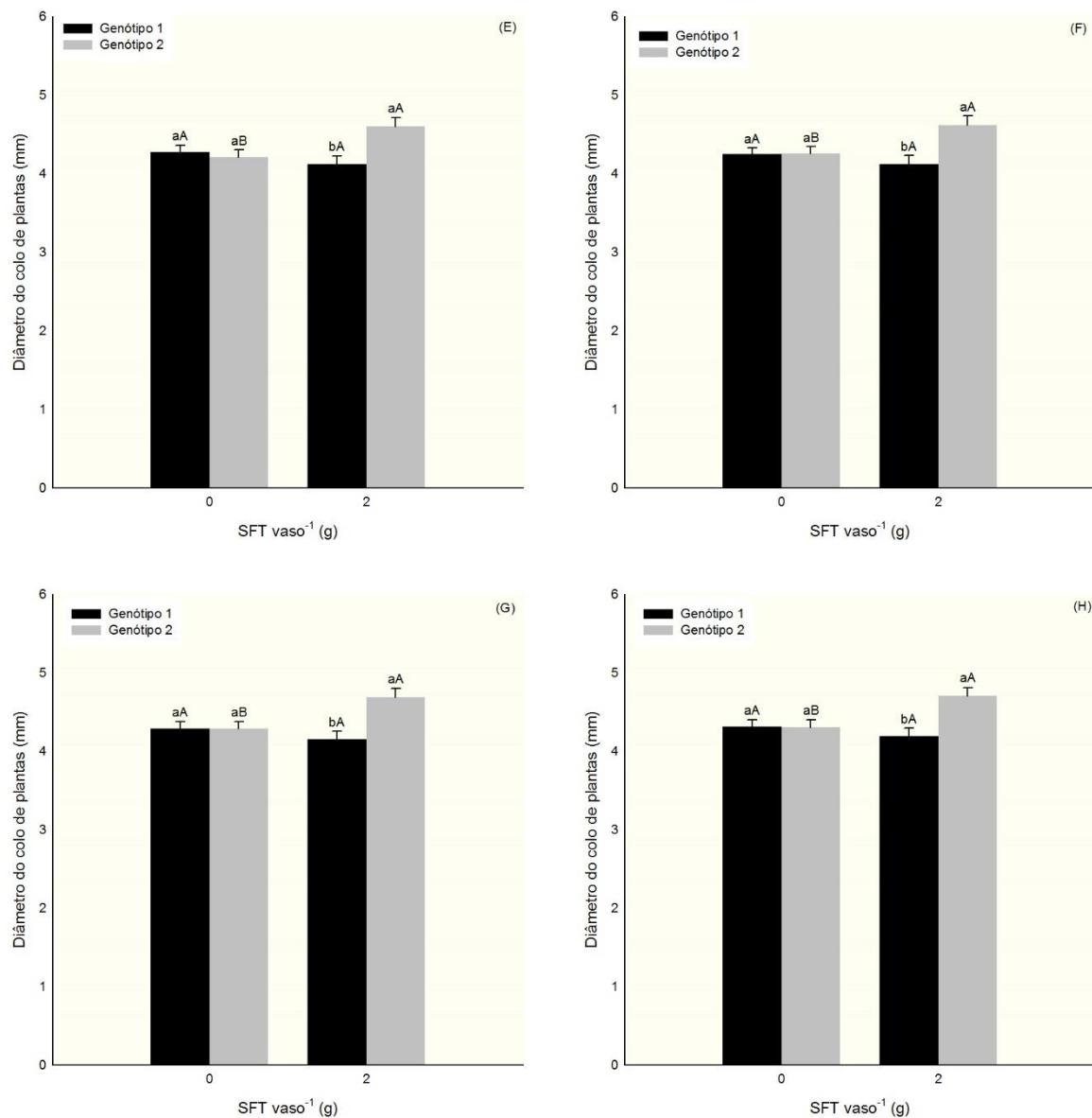
Letras minúsculas diferentes indicam diferença entre genótipos, especificamente para cada ponto de abscissa. Letras maiúsculas diferentes indicam diferença, especificamente de cada genótipo, independente do ponto de abscissa.

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

O diâmetro do colo de plantas respondeu a interação entre genótipos e doses de SFT em todos os períodos de avaliações. A média de diâmetro do colo de plantas do genótipo 2, na presença de SFT, foi superior à média observada em plantas do genótipo 1. Plantas do genótipo 2 adubadas também registraram maior média de diâmetro do colo em relação a plantas de mesmo genótipo, porém não adubadas com SFT (Figura 35 A – H).

Figura 35 - Diâmetro do colo de plantas de *P. taeda* em função da interação entre genótipos e doses de SFT aos 7 DAA (A), 7 DAT (B), 14 DAT (C), 21 DAT (D), 35 DAT (E), 49 DAT (F), 63 DAT (G), e 77 DAT (H), Lages, SC, 2016





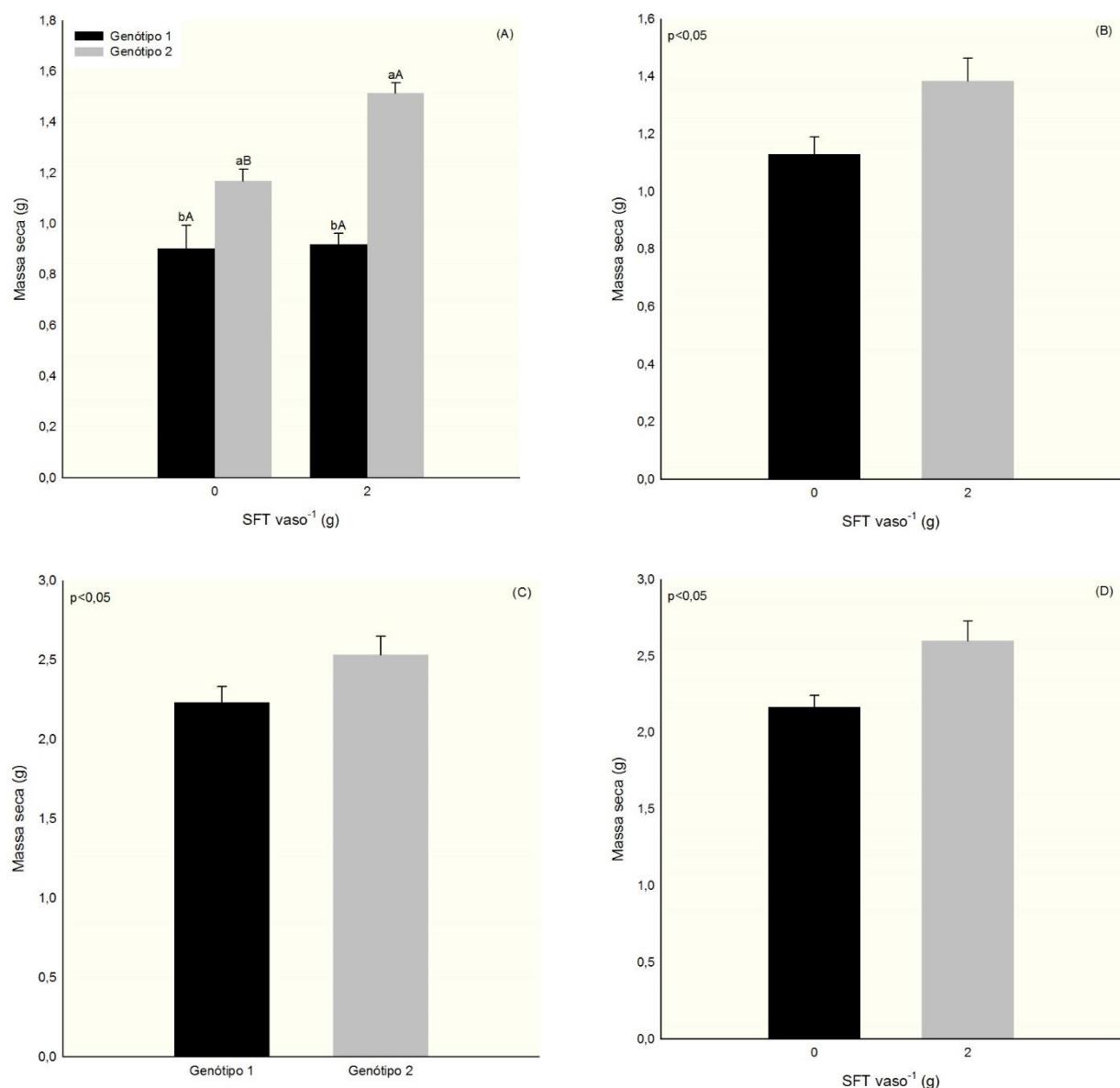
Em todas as épocas de avaliação $p<0,05$. Letras minúsculas diferentes indicam diferença entre genótipos, especificamente para cada ponto de abscissa. Letras maiúsculas diferentes indicam diferença, especificamente de cada genótipo, independente do ponto de abscissa.

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

A produção de massa seca em resposta a interação entre fatores genótipos e SFT foi registrada apenas para acículas. Neste caso, plantas do genótipo 2 acumularam 39,38% e 22,87% mais biomassa que plantas do genótipo 1, respectivamente em condição de adubação e sem adição de SFT (Figura 36 A). A massa seca do caule de plantas adubadas foi 18,33% superior em relação a plantas não adubadas (Figura 36 B). Ocorreram ainda, duas situações de significância para massa seca da parte aérea, a primeira, plantas do genótipo 2 acumularam 11,90% mais massa seca em relação a plantas do genótipo 1 (Figura 36 C); e a segunda,

média de plantas adubadas com SFT foi 16,71% maior em relação as não adubadas (Figura 36 D).

Figura 36 - Massa seca de acículas de *P. taeda* em função da interação entre genótipos e doses de SFT (A); Massa seca de caule de *P. taeda* em função de doses de SFT (B); Massa seca da parte aérea de *P. taeda* em função de genótipos (C); Massa seca da parte aérea de *P. taeda* em função de doses de SFT (D); Lages, SC, 2016



Médias das figuras A, C e D foram transformadas por arco seno $\sqrt{x/100}$. Letras minúsculas diferentes indicam diferença entre genótipos, especificamente para cada ponto de abscissa. Letras maiúsculas diferentes indicam diferença, especificamente de cada genótipo, independente do ponto de abscissa.

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

4.5 DISCUSSÃO

As respostas observadas com maior frequência foram interações entre genótipos e doses de superfosfato triplo. Também foram observadas interação entre doses de SFT e sub-doses de glyphosate, interação entre genótipos e sub-doses de glyphosate, além de efeitos isolados de genótipos e doses de SFT sobre o crescimento de *P. taeda*.

A adubação fosfatada é de extrema importância para o desenvolvimento inicial de *P. taeda* (VOGEL et al., 2005). E como tal, os efeitos deste nutriente sobre o crescimento das plantas foram observados sobre altura (Figura 30), diâmetro de colo (Figuras 32 A e 35 A a H), ganho de altura (Figuras 34 A e B) e massa seca de acículas, caule e da parte aérea (Figuras 33 A a C e 36 A a D). Quando o fósforo está disponível em quantidades adequadas e em uma forma biológica facilmente absorvível, o resultado geralmente é o incremento das taxas de crescimento das plantas (VITOUSEK et al., 2010).

A influência do nutriente fósforo no crescimento em altura e produção de massa seca de acículas também foi notado em *Pinus maestrensis*, no qual o fósforo desempenhou papel de maior importância (MOLINA et al., 1987). Como se nota na produção de massa seca de acículas, em ambos experimentos, plantas do genótipo 2 produziram maior quantidade de biomassa deste componente. Neste aspecto, plantas do genótipo 2 registraram maior diâmetro, nos dois experimentos em condição de aplicação de fósforo. Maior quantidade de acículas, verificada através da produção de massa seca, reflete a capacidade da planta em interceptar maior quantidade de radiação fotossinteticamente ativa, e consequentemente disponibilizar mais fotoassimilados, resultando em acumulo de maiores quantidades de massa seca da planta (SANQUETTA et al., 2014).

Tanto no experimento I, quanto no experimento II, é possível observar que os genótipos 1 e 2 tiveram desenvolvimento diferenciado, estando ambos em mesma condição de crescimento, ou seja, adubação extra de SFT. Principalmente para diâmetro (Figuras 32 A e 35 A a H) e massa seca de acículas (Figuras 33 A e 36 A), caule (Figuras 33 B e 36 B) e da parte aérea (Figuras 33 C e 36 C), as médias do genótipo 2 foram superiores às do genótipo 1. Este comportamento diferenciado de materiais cultivados sob mesma condição pode indicar, diferenças em fatores

internos responsáveis pela eficiência nutricional (MARTINEZ et al., 1993), principalmente para genótipos do experimento I.

Apesar de não ter sido calculada a eficiência nutricional dos genótipos neste estudo, supõem-se que haja melhor capacidade de aproveitamento do nutriente fósforo pelo genótipo 2. Nota-se que na ausência da adubação extra de SFT, ambos genótipos foram estatisticamente semelhantes entre si (Figuras 32 A; 33 A a C; e 35 A a H), como descrito acima, ocorreram diferenças entre genótipos em condição de adução extra com SFT.

Quanto à deriva simulada de glyphosate, foram observadas respostas apenas no experimento I, somente no último período de avaliação. Nota-se incremento na altura de plantas do genótipo 1 na ausência de glyphosate, 0 g e.a. ha⁻¹, em relação as demais doses. Enquanto que plantas do genótipo 2 não apresentaram diferenças em relação as doses avaliadas (Figura 30).

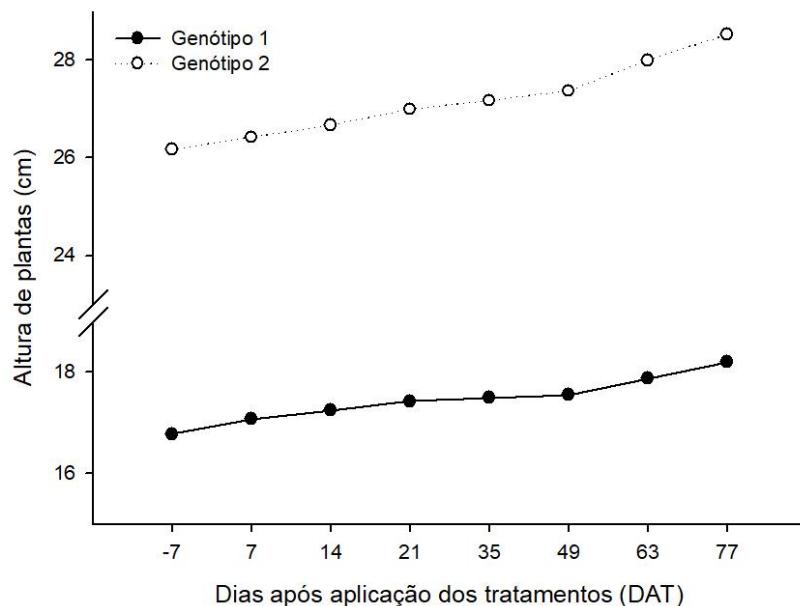
Tal fato pode estar relacionado com melhor utilização de fósforo por plantas do genótipo 2, uma vez que menores quantidades de fósforo disponíveis podem estimular o aumento da expressão de genes transportadores de fósforo de alta afinidade (PEREIRA, 2016). As plantas podem reduzir a deficiência de fósforo através da coordenação da expressão dos genes envolvidos em seu transporte. Acredita-se na existência de dois sistemas de absorção de fósforo na forma inorgânica, sendo um de alta afinidade, ativado em condições de baixa disponibilidade de fósforo, e outro de baixa afinidade, expresso constitutivamente (RAGHOTHAMA, 1999). Nesta condição, plantas do genótipo 1 podem ter absorvido maiores quantidades de glyphosate em relação a plantas do genótipo 2, o que justificaria menor crescimento observado durante o experimento I.

Durante o experimento II foi observado ganho de altura apenas em dois momentos, na primeira e última avaliação (Figura 33), ou seja, no início do repouso vegetativo e ao final deste período, quando o crescimento foi retomado pelas plantas. Este período de repouso vegetativo relaciona-se com o ritmo de crescimento de determinadas espécies de coníferas, que decresce no inverno e aumenta na primavera e verão (MACHADO et al., 2010).

No caso de *P. taeda*, ocorre redução e estabilização do crescimento entre abril e junho, devido ao período de quase repouso vegetativo ou dormência das gemas apicais nos meses mais frios do ano. Com relação ao diâmetro, ocorre redução das taxas de crescimento, porém sem que haja paralisação total do

crescimento (MACHADO et al., 2014). A Figura 37 ilustra esta situação de baixo crescimento vegetativo observada durante o outono e inverno. Neste caso não foram realizados testes estatísticos para comparação de médias, sendo, portanto, apresentada apenas a média geral da altura de cada genótipo.

Figura 37 – Altura de dois genótipos de *P. taeda*, Lages, SC, 2016



Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

Neste intervalo, danos causados por glyphosate em *P. taeda* são baixos, sendo recomendado, inclusive o controle de plantas daninhas através da aplicação de herbicidas em área total, diretamente sobre as plantas (RADOSEVICH et al., 1980; PALEY; RADOSEVICH, 1984; KING; RADOSEVICH, 1985; GOODALL; DENNY; DICKS, 1991). Uma possível explicação para reduzidos danos causados por herbicidas, como glyphosate, é que durante este período existe elevada concentração de açúcar nas acículas, resultando em maiores quantidades de açúcar disponíveis para se ligar ao glyphosate, através de conjugação bioquímica, tornando-o menos tóxico, indicando um dreno fraco para fotoassimilados das folhas (D'ANIERI et al., 1990), reduzindo portanto, a translocação do glyphosate.

4.6 CONCLUSÕES

- i) Nas doses testadas houve seletividade de glyphosate para *P. taeda* em ambas as épocas de aplicação;
- ii) Houve efeito pontual da adubação fosfatada no genótipo 2;
- iii) Genótipos tem respostas diferentes ao fósforo, porém sem evidência de interação com glyphosate;
- iv) Não houve evidência de que a adubação fosfatada influencie na seletividade de glyphosate.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos neste trabalho ressaltam a seletividade diferenciada de *Pinus taeda* para glyphosate, de acordo com a formulação e dose utilizada, idade das plantas e período de aplicação, outono e inverno.

Aplicação de herbicidas em área total, diretamente sobre dossel de *P. taeda*, se mostrou viável e promissora para a região de estudo, desde que observada as condições climáticas ideais, predominantes no início do outono, curto fotoperíodo e baixas temperaturas.

Genótipos de *P. taeda* apresentaram respostas diferentes à adubação com superfosfato triplo. Porém não houve evidência de que a adubação fosfatada interaja com glyphosate.

Este estudo suscita novos questionamentos, que podem ser encarados como futuras oportunidades de trabalhos de pesquisa. Dentre eles o comportamento de gemas apicais de *P. taeda*, responsáveis pelo processo de repouso fisiológico das plantas, suas peculiaridades considerando o outono e inverno da região, mais cálidos que o outono e inverno do hemisfério norte, onde a modalidade de aplicação *over-the-top* é mais comum. Além da investigação do comportamento de herbicidas, principalmente o glyphosate, aplicados em área total durante este período.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABEL, S.; TICCONI, C. A.; DELATORRE, C. A. Phosphate sensing in higher plants. **Physiologia Plantarum**, v. 115, n. 1, p. 1–8, maio 2002.

AGROFIT. **Sistema de agrotóxicos fitossanitários. Herbicidas**. Disponível em: <<http://agrofit.agricultura.gov.br>>. Acesso em: 15 jan. 2017.

AHRENS, J. F. Tolerance of dormant Fraser fir to post-emergence herbicides. **Proceedings Northeastern Weed Science Society**, v. 35, p. 203–206, 1981.

ALAM - ASOCIACIÓN LATINO AMERICANA DE MALEZAS. Recomendaciones sobre unificación de los sistemas de evaluación en ensayos de control de malezas. **ALAM**, v. 1, n. 1, p. 35–38, 1974.

ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013.

AMIM, R. T. et al. Controle de plantas daninhas pelo indaziflam em solos com diferentes características físico-químicas. **Planta Daninha**, v. 32, n. 4, p. 791–800, 2014.

ASSMANN, E. **The principles of forest yield studies - Studies in the organic production, structure, increment and yield of forest stands**. Braunschweig: Pergamon Press, 1970. 506 p.

AZANIA, C. A. M.; AZANIA, A. A. P. M. Seletividade de herbicidas. In: MONQUERO, P. A. (Ed.). **Aspectos da biologia e manejo das plantas daninhas**. São Carlos: RIMA, 2014. p. 217–233.

BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F. Eucalypt nutrition and fertilizer regimes in Brazil. In: ATTIWILL, P. M.; ADAMS, M. A. (Ed.). **Nutrition of Eucalyptus**. Collingwood: CSIRO, 1996. p. 335–355.

BELL, F. W. et al. Studies in the organic production, structure, increment and yield of forest stands. **Northern Journal of Applied Forestry**, v. 17, n. 4, p. 141–148, 2000.

BIGRAS, F. J.; COLOMBO, S. J. **Conifer Cold Hardiness**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2001. 596 p.

BROSNAN, J. T. et al. Pre and post control of annual bluegrass (*Poa annua*) with indaziflam. **Weed Technology**, v. 26, n. 1, p. 48–53, 2012.

BROWN, C. L. Growth and form. In: ZIMMERMANN, M. H.; BROWN, C. L. (Ed.). **Trees structure and function**. New York: Spring-Verlag, 1971. 348 p.

CALABRESE, E. J.; BALDWIN, L. A. Applications of hormesis in toxicology, risk assessment and chemotherapeutics. **Trends in Pharmacological Sciences**, v. 23, n. 7, p. 331–337, 2002.

CAMPBELL, M. H.; NICOL, H. I. Tolerance of tree seedlings to pre - and post - emergence herbicides. In: Proceedings of the 9th Australian Agronomy Conference, 20-23 July 1998, Charles Sturt University, Wagga, June 1998, **Anais...1998**. Disponível em <http://www.regional.org.au/au/asa/1998/3/053campbell.htm#P1_65>. Acesso em: 08 de mar. 2016.

CARVALHO, L. B.; ALVES, P. L. C. A.; DUKE, S. O. Hormesis with glyphosate depends on coffee growth stage. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 85, n. 2, p. 813–822, 2013.

CATANEO, A. C. et al. Atividade de glutationa S-transferase na degradação do herbicida glyphosate em plantas de milho (*Zea mays*). **Planta Daninha**, v. 21, n. 2, p. 307–312, 2003.

COSTA, A. G. F. et al. Efeito da intensidade do vento, da pressão e de pontas de pulverização na deriva de aplicações de herbicidas em pré-emergência. **Planta Daninha**, v. 25, n. 1, p. 203–210, 2007.

D'ANIERI, P. et al. Glyphosate translocation and efficacy relationships in red maple, sweetgum, and loblolly pine seedlings. **Forest Science**, v. 36, n. 2, p. 438–447, 1990.

DENIS, M. H.; DELROT, S. Carrier-mediated uptake of glyphosate in broad bean (*Vicia faba*) via a phosphate transporter. **Physiologia Plantarum**, v. 87, p. 569–575, 1993.

EZELL, A. W.; YEISER, J. L. Use of carfentrazone for control of natural pine in

forestry site preparation areas. **Faculty publications.** Paper 193. 2010. Disponível em: <<http://scholarworks.sfasu.edu/forestry/193>>. Acesso em: 08 mar. 2016.

_____; _____. Herbaceous weed control in loblolly pine plantations using flazasulfuron. In: HOLLEY, A. G; CONNOR, K. F.; HAYWOOD, J. D. (Ed.). Proceedings of the 17th Biennial Southern Silvicultural Research Conference, Asheville. **Anais...** Asheville: Department of Agriculture, Forest Service, Southern Research Station, 2015. p. 256-262.

FENG, P. C. C.; SANDBRINK, J. J.; SAMMONS, R. D. Retention, uptake, and translocation of ^{14}C -glyphosate from track-spray applications and correlation to rainfastness in velvetleaf (*Abutilon theophrasti*). **Weed Technology**, v. 14, n. 1, p. 127–132, 2000.

FITZGERALD, C. H.; FORTSON, J. C. Herbaceous weed control with hexazinone in loblolly pine (*Pinus taeda*) plantations. **Weed Science**, v. 27, n. 6, p. 583–588, 1979.

FOELKEL, C. **Combate à matocompetição em povoamentos de pinus.** Pinus Latter, v.4, 2008. Disponível em: <http://celso-foelkel.com.br/pinus_04.html#dois>. Acesso em: 19 jan. 2017.

GALON, L. et al. Tolerância de culturas e plantas daninhas a herbicidas. In: AGOSTINETO, D.; VARGAS, L. (Ed.). **Resistência de plantas daninhas a herbicidas no Brasil.** Passo Fundo: Berthier, 2009. p. 37–74.

GALON, L.; MATTEI, V. L.; FALCK, G. L. Implantação de povoamento de *Pinus elliottii* Engelm por semeadura direta a campo utilizando herbicidas. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 13, n. 2, p. 261–266, 2007.

GAUVRIT, C. et al. Ethoxylated rapeseed oil derivatives as non-ionic adjuvants for glyphosate. **Pest Management Science**, v. 63, n. 7, p. 707–713, 2007.

GAZZIERO, D. L. P. Misturas de agrotóxicos em tanque nas propriedades agrícolas do Brasil. **Planta Daninha**, v. 33, n. 1, p. 83–92, 2015.

GOODALL, J. M.; DENNY, R. P.; DICKS, H. M. The effects of five herbicides on *Pinus patula* saplings when applied “over-the-top” for woody weed control. **South African Forestry Journal**, v. 157, n. 1, p. 38–46, 1991.

GREEN, T. H. et al. Absorption and translocation of [^{14}C] glyphosate in four woody

plant species. **Canadian Journal of Forestry Research**, v. 22, p. 785–789, 1992.

HAMPP, R. Comparative evaluation of the effects of gaseous pollutants, acidic deposition, and mineral deficiencies on the carbohydrate metabolism of trees. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 42, p. 333–364, 1992.

HEIDE, O. M. Growth and dormancy in norway spruce ecotypes (*Picea abies*) I. Interaction of photoperiod and temperature. **Physiologia Plantarum**, v. 30, p. 1–12, 1974.

HINESLEY, L. E. et al. Foliar raffinose and sucrose in four conifer species: relationship to seasonal temperature. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 117, n. 5, p. 852–855, 1992.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção da extração vegetal e silvicultura 2013**. Rio de Janeiro: IBGE, 2015. 46 p.

INMET - INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP)**. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>>. Acesso em: 21 abr. 2017.

JHALA, A. J.; RAMIREZ, A. H. M.; SINGH, M. Tank mixing saflufenacil, glufosinate, and indaziflam improved burndown and residual weed control. **Weed Technology**, v. 27, n. 2, p. 422–429, 2013.

JHALA, A. J.; SINGH, M. Leaching of indaziflam compared with residual herbicides commonly used in Florida citrus. **Weed Technology**, v. 26, n. 3, p. 602–607, 2012.

JOHNSEN, Ø. et al. Daylength and temperature during seed production interactively affect adaptive performance of *Picea abies* progenies. **New Phytologist**, v. 168, n. 3, p. 589–596, 2005a.

JOHNSEN, Ø. et al. Climatic adaptation in *Picea abies* progenies is affected by the temperature during zygotic embryogenesis and seed maturation. **Plant, Cell and Environment**, v. 28, n. 9, p. 1090–1102, 2005b.

JORDAN, D. L. et al. Defining interactions of herbicides with other agrochemicals applied to peanut. In: SOLONESKI, S.; LARRAMENDY, M. L. (Ed.). **Herbicides, Theory and Applications**. Rijeka: InTech, 2011. p. 73–94. Disponível em:

<<http://www.intechopen.com/books/herbicides-theory-and-applications>>. Acesso em 09 jan. 2016.

JORDAN, D. L. et al. Influence of application variables on efficacy of glyphosate. **Weed Technology**, v. 11, n. 2, p. 354–362, 1997.

JOSE, S.; RANASINGHE, S.; RAMSEY, C. L. Restoration using herbicides: overstory and understory vegetation responses on a coastal plain flatwoods site in Florida, U.S.A. **Restoration Ecology**, v. 18, n. 2, p. 244–251, 2010.

JUNTTILA, O. Regulation of annual shoot growth cycle in northern tree species. In: TAULAVUORI, E.; TAULAVUORI, K. (Ed.). **Physiology of northern plants under changing environment**. Kerala: Research Signpost, 2007. p. 177–210.

KAAPRO, J.; HALL, J. Indaziflam - a new herbicide for pre-emergent control of weeds in turf, forestry, industrial vegetation and ornamentals. **Pakistan Journal of Weed Science Research**, v. 18, p. 267–270, 2012.

KAINULAINEN, P.; HOLOPAINEN, J. K.; OKSANEN, J. Effects of SO₂ on the concentrations of carbohydrates and secondary compounds on Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) and Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst) seedlings. **New Phytologist**, v. 130, p. 231–238, 1995.

KING, S. P.; RADOSEVICH, S. R. Herbicide tolerance in relation to growth and stress in conifers. **Weed Science**, v. 33, n. 4, p. 472–478, 1985.

KLABIN. **Plano de manejo florestal**: resumo público. Otacílio Costa, SC. Klabin, 2015. 29 p. Disponível em: <https://www.klabin.com.br/media/1477/resumo_sc_web.pdf>. Acesso em: 11 nov. 2016.

KLINGMAN, G. C.; ASHTON, F. M.; NOORDHOFF, L. J. **Weed Science**: principles and practices. New York: Jhon Wiley & Sons, Inc., 1975. 431 p.

KNAPP, B. O. et al. Effects of overstory retention, herbicides, and fertilization on sub-canopy vegetation structure and functional group composition in loblolly pine forests restored to longleaf pine. **Forest Ecology and Management**, v. 320, p. 149–160, 2014.

KOGAN, M.; ALISTER, C. Glyphosate use in forest plantations. **Chilean Journal of Agricultural Research**, v. 70, n. 4, p. 652–666, 2010.

KUSHLA, J. D. The effect of herbaceous weed control on planted loblolly pine during a drought. In: HOLLEY, A. G.; CONNOR, K. F.; HAYWOOD, J. D. (Ed.) Proceedings of the 17th biennial southern silvicultural research conference, Asheville. **Anais...** Asheville: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Research Station, 2015. p. 272-275.

LIPAVSKÁ, H.; SVOBODOVÁ, H.; ALBRECHTOVÁ, J. Annual dynamics of the content of non-structural saccharides in the context of structural development of vegetative buds of Norway spruce. **Journal of Plant Physiology**, v. 157, p. 365–373, 2000.

LÜTTGE, U.; HERTEL, B. Diurnal and annual rhythms in trees. **Trees**, v. 23, n. 4, p. 683–700, 2009.

LUX, D. et al. Effects of ambient ozone concentrations on contents of non-structural carbohydrates in young *Picea abies* and *Fagus sylvatica*. **New Phytologist**, v. 137, n. 3, p. 399–409, 1997.

MACHADO, S. A. et al. Dinâmica de crescimento de plantios jovens de *Araucaria angustifolia* e *Pinus taeda*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 30, n. 62, p. 165–170, 2010.

MACHADO, S. A. et al. Efeito de variáveis climáticas no crescimento mensal de *Pinus taeda* e *Araucaria angustifolia* em fase juvenil. **Floresta e Ambiente**, v. 21, n. 2, p. 170–181, 2014.

MARTINEZ, H. E. P. et al. Comportamento de variedades de soja cultivadas em diferentes doses de fósforo: II. Translocação do fósforo absorvido e eficiência nutricional. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 17, p. 239–244, 1993.

MEROTTO JR., A.; VIDAL, R. A. Herbicidas inibidores de PROTOX. In: VIDAL, R. A.; MEROTTO JR., A. (Ed.). **Herbicidologia**. Porto Alegre: Evangraf, 2001. p. 69–87.

MOLIN, W. T.; HIRASE, K. Effects of surfactants and simulated rainfall on the efficacy of the Engame formulation of glyphosate in johnsongrass, prickly sida and yellow nutsedge. **Weed Biology and Management**, v. 5, n. 3, p. 123–127, 2005.

MOLINA, G. et al. Efecto de NPK sobre las posturas de *Pinus maestrensis* em viveiro y en campo. **Revista Forestal Baracoa**, v. 17, n. 2, p. 85–96, 1987.

MORIN, F. et al. Glyphosate uptake in *Catharanthus roseus* cells : role of a phosphate transporter. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 58, p. 13–22, 1997.

ÖGREN, E. Relationship between temperature, respiratory loss of sugar and premature dehardening in dormant Scots pine seedlings. **Tree Physiology**, v. 17, n. 1, p. 47–51, 1997.

ÖGREN, E.; NILSSON, T.; SUNDBLAD, L.G. Relationship between respiratory depletion of sugars and loss of cold hardiness in coniferous seedlings over-wintering at raised temperatures: indications of different sensitivities of spruce and pine. **Plant, Cell and Environment**, v. 20, p. 247–253, 1997.

OLIVEIRA JR., R. S.; INOUE, M. H. Seletividade de herbicidas para culturas e plantas daninhas. In: OLIVEIRA JR., R. S. de; CONSTANTIN, J.; INOUE, M. H. (Ed.). **Biologia e Manejo de Plantas Daninhas**. Curitiba: OMNIPAX, 2011. p. 243–262.

OSIECKA, A.; MINOGUE, P. J. **Considerations for developing effective herbicide prescriptions for forest vegetation management**. FOR 273. Florida Cooperative Extension Service, IFAS, University of Florida, Gainesville, FL. 2014. 7 p. Disponível em: <<http://edis.ifas.ufl.edu/>>. Acesso em: 27 dez. 2016.

PALEY, S. M.; RADOSEVICH, S. R. Effect of physiological status and growth of ponderosa pine (*Pinus ponderosa*) and greenleaf manzanita. **Weed Science**, v. 32, n. 3, p. 395–402, 1984.

PEACE, E. A.; LEA, P. J.; DARRALL, N. M. The effect of open-air fumigation with SO₂ and O₃ on carbohydrate metabolism in Scots pine (*Pinus sylvestris*) and Norway spruce (*Picea abies*). **Plant, Cell and Environment**, v. 18, p. 277–283, 1995.

PEREIRA, F. C. M. **Efeitos do glyphosate e do fósforo em eucalipto**. 2016. 183 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2016.

PERRY, D. H. et al. Indaziflam utilization for controlling problematic turfgrass weeds. **Applied Turfgrass Science**, v. 8, n. 1, 2011. Disponível em: <<https://www.agronomy.org/publications/ats/abstracts/8/1/2011-0428-01-RS>>. Acesso em: 22 nov. 2016.

PIPKE, R.; SCHULZ, A.; AMRHEIN, N. Uptake of glyphosate by an *Arthrobacter* sp. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 53, n. 5, p. 974–978, 1987.

PUHAKAINEN, T. et al. Short-day potentiation of low temperature-induced gene expression of a C-repeat-binding factor-controlled gene during cold acclimation in silver birch. **Plant Physiology**, v. 136, n. 4, p. 4299–4307, 2004.

RADOSEVICH, S. R. et al. Seasonal tolerance of six coniferous species to eight foliage-active herbicides. **Forest Science**, v. 26, n. 1, p. 3–9, 1980.

RAGHOTHAMA, K. G. Phosphate acquisition. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v. 50, n. 1, p. 665–693, 1999.

REISSMANN, C. B.; WISNIEWSKI, C. Aspectos nutricionais de plantios de Pinus. In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. (Ed.). **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2000. p. 135–165.

RINNE, P.; WELLING, A.; KAIKURANTA, P. Onset of freezing tolerance in birch (*Betula pubescens* Ehrh.) involves LEA proteins and osmoregulation and is impaired in an ABA-deficient genotype. **Plant, Cell and Environment**, v. 21, n. 6, p. 601–611, 1998.

RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F. S. **Guia de Herbicidas**. 6. ed. Londrina: GRAFMARK, 2011. 697 p.

RUTTINK, T. et al. A molecular timetable for apical bud formation and dormancy induction in poplar. **The Plant Cell**, v. 19, p. 2370–2390, 2007.

SANQUETTA, C. R. et al. Crescimento de área e índice de área foliar de mudas de *Eucalyptus dunnii* Maiden. em diferentes condições de cultivo. **Revista Biociências**, v. 20, n. 2, p. 82–89, 2014.

SBCPD - SOCIEDADE BRASILEIRA DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS. **Procedimentos para instalação avaliação e análise de experimentos com herbicidas**. Londrina: SBCPD, 1995. 42 p.

SCHERNER, A. et al. Suscetibilidade de duas gramas-boiadeiras a diferentes formulações de glyphosate. **Ciência Rural**, v. 44, n. 3, p. 400–406, 2014.

SILVA, W.; FERREIRA, L. R.; MELO, H. B. Tolerância de cinco espécies de pinus a herbicidas. **Revista Árvore**, v. 24, n. 1, p. 21–25, 2000.

SILVA, W. et al. Eficiência dos herbicidas oxadiazil, oxadiaxon, oxyfluorfen e imazapyr sobre a cultura do pinus. **Planta Daninha**, v. 17, n. 2, p. 281–287, 1999.

SINGH, M. et al. Tank mix of saflufenacil with glyphosate and pendimethalin for broad-spectrum weed control in Florida citrus. **HortTechnology**, v. 21, n. 5, p. 606–615, 2011.

STARKE, R. J.; OLIVER, L. R. Interaction of glyphosate with chlorimuron, fomesafen, imazethapyr, and sulfentrazone. **Weed Science**, v. 46, n. 6, p. 652–660, 1998.

SUTINEM, M.-L. Lipid changes during cold-acclimation and de-acclimation of herbaceous and woody species. In: TAULAVUORI, E.; TAULAVUORI, K. (Ed.). **Physiology of northern plants under changing environment**. Kerala: Research Signpost, 2007. p. 19–37.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 918 p.

TAULAVUORI, E.; LÜTTGE, U. Membrane responses under stress in relation to seasonal environmental dynamics in northern eco-systems. In: TAULAVUORI, E.; TAULAVUORI, K. (Ed.). **Physiology of northern plants under changing environment**. Kerala: Research Signpost, 2007. p. 1–17.

TOMPKINS, J. **Pesticide Fact Sheet**: indaziflam. Environmental Protection Agency. 2010. Disponível em: <https://www3.epa.gov/pesticides/chem_search/reg_actions/registration/fs_PC-080818_26-Jul-10.pdf>. Acesso em: 05 maio 2017.

TUFFI SANTOS, L. D. et al. Intoxicação de espécies de eucalipto submetidas à deriva do glyphosate. **Planta Daninha**, v. 24, n. 2, p. 359–364, 2006.

VELINI, E. D. et al. Glyphosate applied at low doses can stimulate plant growth. **Pest Management Science**, v. 64, p. 489–496, 2008.

VELINI, E. D. et al. A. Modo de ação do glyphosate. In: VELINI, E. D. et al. (Ed.). **Glyphosate**. Botucatu: FEPAF, 2009. p. 113–133.

VELINI, E. D. et al. Growth Regulation and Other Secondary Effects of Herbicides. **Weed Science**, v. 58, n. 3, p. 351–354, 2010.

VIDAL, R. A. et al. Mecanismos de ação dos herbicidas. In: MONQUERO, P. A. (Ed.). **Aspectos da biologia e manejo das plantas daninhas**. São Carlos: RIMA,

2014. p. 236–256.

VITOUSEK, P. M. et al. Terrestrial phosphorus limitation: mechanisms, implications, and nitrogen–phosphorus interactions. **Ecological Applications**, v. 20, n. 1, p. 5–15, 2010.

VOGEL, H. L. M. et al. Crescimento inicial de *Pinus taeda* L. relacionado a doses de N, P e K. **Ciência Florestal**, v. 15, n. 2, p. 199–206, 2005.

WEISER, C. J. Cold resistance and injury in woody plants. **Science (New York, N.Y.)**, v. 169, n. 3952, p. 1269–1278, 1970.

WELLING, A. et al. Independent activation of cold acclimation by low temperature and short photoperiod in hybrid aspen. **Plant Physiology**, v. 129, n. 4, p. 1633–1641, 2002.

WELLING, A. et al. Photoperiod and temperature differentially regulate the expression of two dehydrin genes during overwintering of birch (*Betula pubescens* Ehrh.). **Journal of Experimental Botany**, v. 55, n. 396, p. 507–516, 2004.

WERLANG, R. C.; SILVA, A. A. Interação de glyphosate com carfentrazone-ethyl. **Planta Daninha**, v. 20, n. 1, p. 93–102, 2002.

WIEMKEN, V.; INEICHEN, K. Effect of temperature and photoperiod on the raffinose content of spruce roots. **Planta**, v. 190, n. 3, p. 387–392, 1993.

WILLIS, R. G. et al. Seasonal variations in jack pine (*Pinus banksiana*) and white spruce (*Picea glauca*) tolerance to glyphosate and triclopyr. **Weed Technology**, v. 3, n. 1, p. 33–38, 1989.

WOCH, R. Manejo de plantas daninhas em florestas plantadas. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE SILVICULTURA, 3., 2014, Campinas. **Anais...** 2014. p. 221-232.