

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON**

KARINA HEBERLE

**APLICAÇÃO DE ÁCIDO JASMÔNICO NA RUSTIFICAÇÃO EM MUDAS DE IPÊ
ROXO E GUAJUVIRA**

MARECHAL CÂNDIDO RONDON - PARANÁ

2016

KARINA HEBERLE

**APLICAÇÃO DE ÁCIDO JASMÔNICO NA RUSTIFICAÇÃO EM MUDAS DE IPÊ
ROXO E GUAJUVIRA**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, para obtenção do título de Magister Scientiae.

Orientador: Ubirajara Contro Malavasi

Co-orientadores: Marlene de Matos Malavasi e João Alexandre Lopes Dranski

MARECHAL CÂNDIDO RONDON - PARANÁ

2016

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

H445a

Heberle, Karina

Aplicação de ácido jasmônico na rustificação em mudas de ipê roxo e guajuvira. Karina Heberle. Marechal Cândido Rondon, 2016.

54 f.

Orientador: Prof. Dr. Ubirajara Contro Malavasi

Coorientadora: Prof^a. Dr^a. Marlene de Matos Malavasi

Coorientador: Prof. Dr. João Alexandre Lopes Dranski

Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná,
Campus de Marechal Cândido Rondon, 2016

Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Agronomia

1. Regulador de crescimento. 2. Lignina. 3. Qualidade de mudas. I. Malavasi, Ubirajara Contro, II. Malavasi, Marlene de Matos. III. Dranski, João Alexandre Lopes. IV. Universidade Estadual do Oeste do Paraná. V. Título.

CDD 21.ed. 634.95

CIP-NBR 12899

KARINA HEBERLE

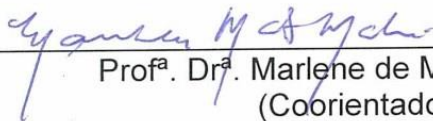
APLICAÇÃO DE ÁCIDO JASMÔNICO NA RUSTIFICAÇÃO EM MUDAS DE
IPÊ ROXO E GUAJUVIRA

Dissertação apresentada à
Universidade Estadual do Oeste do
Paraná, como parte das exigências
do Programa de Pós-Graduação em
Agronomia, para obtenção do título
de Magister Scientiae.

APROVADA: 08 de julho de 2016



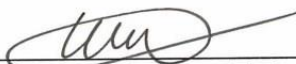
Profª. Drª. Deisinara Giane Schulz
(IFPR)



Profª. Drª. Marlene de Matos Malavasi
(Coorientadora)
(UNIOESTE)



Prof. Dr. João Alexandre Lopes Dranski
(Coorientador)
(FAG)



Prof. Dr. Ubirajara Contro Malavasi
(Orientador)
(UNIOESTE)

Dedico este trabalho a você que sempre me fez acreditar na realização dos meus sonhos e trabalhou muito para que eu pudesse realizá-los, minha mãe, Mariane Heberle.

AGRADECIMENTOS

Minha gratidão, em primeiro lugar, a Deus, por estar comigo em todos os momentos.

À Universidade Estadual do Oeste do Paraná, onde pude concluir minha graduação, especialização e por fim o tão sonhado mestrado.

Ao prof. Dr. Ubirajara Contro Malavasi, pela orientação, paciência e pelos ensinamentos transmitidos.

Aos Co-orientadores Dra. Marlene de Matos Malavasi e Dr. João Alexandre Lopes Dranski, por dedicar seu tempo e atenção a orientar este trabalho.

Às professoras Rose Meire (Unioeste), Edicléia e Rejane (UTFPR) por toda ajuda e contribuição nas diversas etapas de elaboração deste trabalho.

À solicitude dos técnicos de laboratório Neusa e Nei.

Aos colegas e professores do mestrado, por tudo o que com eles aprendi e por partilhar a construção do meu estudo. Em especial, Danielle, Pablo e Jaqueline pela amizade e por estarem sempre dispostos a ajudar.

Agradeço à minha família, especialmente à minha mãe pelo apoio para que esse trabalho pudesse ser concretizado e irmã pelo incentivo e ajuda durante a realização do ensaio.

Aos meus amigos que são essenciais em minha vida e auxiliaram nas diversas etapas do experimento: Michelle, Deisnara, Michele, Débora, Thiago, Fabrício, Andreine, Mariana, João e Luis Henrique. Aos alunos da UTFPR Sandro e Daniel sempre dispostos a ajudar.

Ao meu namorado Vagner pelo carinho e motivação nos momentos de incerteza e dificuldade, auxiliando também na implantação do experimento a campo e nas análises em laboratório.

À UTFPR Câmpus Santa Helena por disponibilizar a área onde pude instalar o experimento e aos funcionários que colaboraram de alguma forma.

A todos os docentes que fizeram parte do meu processo de formação, sou imensamente grata, pelos ensinamentos que ficarão eternizados em minha vida.

Obrigada!

RESUMO

HEBERLE, Karina, M. S. Universidade Estadual do Oeste do Paraná, abril - 2016. **Aplicação de ácido jasmônico na rustificação em mudas de ipê roxo e guajuvira.** Orientador: Ubirajara Contro Malavasi. Co-orientadores: Marlene de Matos Malavasi e João Alexandre Lopes Dranski.

A lignina é uma biomolécula indispensável a diversos processos biológicos das plantas, dentre eles o mais importante é conferir rigidez necessária à manutenção da verticalidade do caule e assegurar a existência de vias rápidas de circulação da água e minerais. Nesse sentido, a busca de sistemas moduladores da biossíntese da lignina pode ser alcançada com a aplicação de reguladores de crescimento. Esta pesquisa teve como objetivo avaliar o efeito da pulverização exógena de ácido jasmônico na biossíntese de lignina em mudas de *Handroanthus impetiginosus* e *Patagonula americana*, onde foram aplicadas diferentes concentrações do regulador vegetal ácido jasmônico ($0,5 \mu\text{mol L}^{-1}$, $1 \mu\text{mol L}^{-1}$ e $1,5 \mu\text{mol L}^{-1}$). O experimento foi composto por delineamento inteiramente casualizado em viveiro e em blocos casualizados a campo, contando com quatro tratamentos e cinco repetições. A quantificação da lignina foi realizada pelo método de Van Soest. A campo também foram realizadas análises morfométricas (altura, diâmetro, número de folhas) para avaliar a qualidade das mudas, além de índices de qualidade, como a relação altura da parte aérea/diâmetro do coleto, a relação do peso de matéria seca da parte aérea/ peso de matéria seca das raízes e o índice de qualidade de Dickson (IQD). A análise dos dados foi realizada com o auxílio do programa estatístico Statistics e os gráficos gerados a partir da análise de variância, considerando significância em nível de 5% de probabilidade do erro. Após a imposição dos tratamentos as mudas de *H. impetiginosus* externaram menor incremento em altura e relação altura e diâmetro para as três doses de AJ, comparadas à testemunha. Houve aumento no índice de qualidade de Dickson, na concentração de lignina da parte aérea e da raiz, nas doses de $1 \mu\text{mol L}^{-1}$ e $1,5 \mu\text{mol L}^{-1}$. Para as mudas de *P. americana*, as doses de $1 \mu\text{mol L}^{-1}$ e $1,5 \mu\text{mol L}^{-1}$ colaboraram para o aumento do incremento no diâmetro do coleto. Houve redução da relação altura da parte aérea/ diâmetro do coleto para as três concentrações de AJ. Na avaliação do IQD e do teor de lignina da parte aérea, houve aumento com a concentração de $1 \mu\text{mol L}^{-1}$ de AJ. No campo, 90 dias após o plantio, o percentual de sobrevivência das mudas de *H. impetiginosus* e *P. americana* foi 100%. Para as mudas de *H. impetiginosus* houve diferenças apenas no incremento do diâmetro do coleto na concentração de $1,5 \mu\text{mol L}^{-1}$ de AJ. As mudas de *P. americana* externaram menores valores para a relação H/D nas concentrações de $1 \mu\text{mol L}^{-1}$ e $1,5 \mu\text{mol L}^{-1}$. Os resultados indicam que dependendo da concentração utilizada de ácido jasmônico pode ser eficiente em promover a rustificação e melhorar o desempenho inicial a campo de mudas de *H. impetiginosus* e *P. americana*.

Palavras-chave: Regulador de crescimento. Lignina. Qualidade de mudas.

ABSTRACT

HEBERLE, Karina, M. S. Universidade Estadual do Oeste do Paraná, april – 2016. **Application of jasmonic acid in hardening of seedlings from purple ipe and guajuvira.** Advisor: Ubirajara Contro Malavasi. Co-Advisors: Marlene de Matos Malavasi and João Alexandre Lopes Dranski.

Lignin is an indispensable biomolecule for many biological processes of plants. It is one of the most important is to contribute to stem verticality and to ensure the transport of water and minerals. Thus, the search for modulatory ways of lignin biosynthesis is important especially with the application of growth regulators. This research was conducted with *Handroanthus impetiginosus* seedlings and *American patagonula* subjected to concentrations of acid jasmonic ($0,5 \mu\text{mol L}^{-1}$, $1 \mu\text{mol L}^{-1}$ e $1,5 \mu\text{mol L}^{-1}$). The experiment was conducted as a completely randomized design in the nursery and in a randomized block in the field, with four treatments and five replications. The quantification of lignin was performed by the Van Soest method. In the field, measurements included seedling height, diameter, and number of leaves to evaluate seedling quality. In addition, I calculated the ratio of height to stem diameter, the ratio of above ground dry biomass to weight of the dry roots and Dickson quality index (DQI). Data analysis and graphs from the analysis of variance were performed with Statistics, considering a confidence level of 5%. After the imposition of treatments seedlings of *H. impetiginosus* externalized the smallest increment in height and the ratio between height and diameter for the three doses of AJ, compared to the control. There was an increase in the Dickson quality index, in lignin concentration in the above ground tissues and root in seedlings that received $1 \mu\text{mol L}^{-1}$ and $1,5 \mu\text{mol L}^{-1}$. For *P. americana* seedlings, the doses of $1 \mu\text{mol L}^{-1}$ and $1,5 \mu\text{mol L}^{-1}$ resulted in increased growth of stem diameter. There was a reduction of the ratio of height to diameter for all tested AJ concentrations. DQI and lignin percentage of the above ground tissues increased as a result of application of $1 \mu\text{mol L}^{-1}$ de AJ. In the field, the percentage of seedling survival of *H. impetiginosus* and *P. americana* was 100% 90 days after planting. *H. impetiginosus* seedlings showed increased stem diameter with application of $1,5 \mu\text{mol L}^{-1}$. *P. americana* seedlings resulted in small values for H/D as a result of application of $1 \mu\text{mol L}^{-1}$ and $1,5 \mu\text{mol L}^{-1}$ of AJ. The results indicated that jasmonic acid may be an effective way of promoting seedling rustification in order to improve the initial seedling performance of *H. impetiginosus* and *P. americana* seedlings after planting.

Keywords: Growth Regulator. Lignin. Quality seedlings.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Via esquemática da biossíntese do ácido jasmônico	09
Figura 2	Incremento em altura em mudas de <i>H. impetiginosus</i> em função da concentração de ácido jasmônico	23
Figura 3	Relação altura e diâmetro em mudas de <i>H. impetiginosus</i> em função da concentração de ácido jasmônico	24
Figura 4	Valor do IQD em mudas de <i>H. impetiginosus</i> em função da concentração de ácido jasmônico	25
Figura 5	Teor de lignina na parte aérea em mudas de <i>H. impetiginosus</i> em função da concentração de ácido jasmônico	26
Figura 6	Teor de lignina da raiz em mudas de <i>H. impetiginosus</i> em função da concentração de ácido jasmônico	27
Figura 7	Incremento em diâmetro em mudas de <i>P. americana</i> em função da concentração de ácido jasmônico	29
Figura 8	Relação altura e diâmetro em mudas de <i>P. americana</i> em função da concentração de ácido jasmônico	30
Figura 9	Valor do IQD em mudas de <i>P. americana</i> em função da concentração de ácido jasmônico	31
Figura 10	Teor de lignina da parte aérea em mudas de <i>H. impetiginosus</i> em função da concentração de ácido jasmônico	32
Figura 11	Temperatura média, umidade relativa do ar média e precipitação acumulada de fevereiro de 2015 a maio de 2015 em Santa Helena – PR	33
Figura 12	Incremento em diâmetro em mudas de <i>H. impetiginosus</i> em função da concentração de ácido jasmônico	35
Figura 13	Relação altura e diâmetro em mudas de <i>P. americana</i> em função da concentração de ácido jasmônico	37

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Resumo da análise de variância para os parâmetros quantificados em mudas de <i>H. impetiginosus</i> ao final da fase de crescimento viveiro em função das concentrações de ácido jasmônico	22
Tabela 2	Resumo da análise de variância para os parâmetros quantificados em mudas de <i>P. americana</i> ao final da fase de viveiro em resposta a aplicação de diferentes concentrações de ácido jasmônico	28
Tabela 3	Valores médios iniciais das variáveis morfométricas em mudas de <i>H. impetiginosus</i> e <i>P. americana</i> antes do plantio a campo	33
Tabela 4	Resumo da análise de variância em mudas de <i>H. impetiginosus</i> aos 90 dias após plantio a campo em função da aplicação de ácido jasmônico	34
Tabela 5	Resumo da análise de variância para os parâmetros quantificados em mudas de <i>P. americana</i> após 90 dias de crescimento a campo em resposta a aplicação de diferentes concentrações de ácido jasmônico	36

SUMÁRIO

RESUMO	IV
ABSTRACT	V
LISTA DE FIGURAS	VI
LISTA DE TABELAS	VII
1 INTRODUÇÃO GERAL	01
2 CAPÍTULO I: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	03
2.1 O SETOR FLORESTAL	03
2.1.1 Ipê Roxo	03
2.1.2 Guajuvira	04
2.2 QUALIDADE DE MUDAS	05
2.3 RUSTIFICAÇÃO	06
2.4 REGULADORES DE CRESCIMENTO	07
2.4.1 Ácido Jasmônico	08
2.5 LIGNINA	10
3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	12
4 CAPÍTULO II: ALTERAÇÕES MORFOMÉTRICAS E NA LIGNIFICAÇÃO COM A APLICAÇÃO DE ÁCIDO JASMÔNICO EM MUDAS DE IPÊ ROXO E GUAJUVIRA	15
4.1 RESUMO	15
4.2 ABSTRACT	15
4.3 INTRODUÇÃO	16
4.4 MATERIAL E MÉTODOS	17
4.4.1 Desenvolvimento experimental em viveiro	17
4.4.2 Desenvolvimento experimental a campo	19
4.4.3 Variáveis analisadas	20
4.4.4 Delineamento experimental	20
4.4.5 Análise dos dados	21
4.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	21

4.5.1 Desenvolvimento experimental em viveiro	21
4.5.1.1 <i>Handroanthus impetiginosus</i>	21
4.5.1.2 <i>Patagonula americana</i>	28
4.5.2 Desenvolvimento experimental a campo	33
4.5.2.1 <i>Handroanthus impetiginosus</i>	34
4.5.2.2 <i>Patagonula americana</i>	35
4.6 CONCLUSÕES	37
5 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	38
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	42

1 INTRODUÇÃO GERAL

A cadeia produtiva com base no setor florestal é considerada uma atividade econômica complexa e diversificada devido à grande quantidade de produtos de aplicações energéticas e industriais. No Brasil, o setor florestal tem grande importância comercial em virtude de o País estar entre os principais detentores de recursos florestais abundantes, sendo que o mesmo possui extensa área de florestas tropicais, além de ter excelente clima e solo para o cultivo de florestas. Contudo, o Brasil ainda enfrenta dificuldades para estruturar políticas industriais e ambientais que atendam todos os segmentos da cadeia produtiva (BRASIL, 2007).

Além da importância comercial, no Brasil, assim como em todo mundo, existe uma demanda crescente por espécies florestais nativas, devido a sua utilização na conservação e recuperação da biodiversidade de áreas que se encontram em situação de risco. Diante deste cenário ocorre uma necessidade de pesquisas sobre recuperação de áreas degradadas e melhor manejo em áreas produtivas (THEBALDI, 2011).

Para garantir o sucesso no processo de restauração e/ou recuperação florestal é necessário que se utilizem mudas de boa qualidade, através da escolha do material genético (árvore matriz e qualidade das sementes) e durante o manejo da produção no viveiro. Assim, a utilização de cultivares com quaisquer tipos de resistência deve ser estimulada, em virtude das vantagens em relação ao meio ambiente, limitando o uso de agroquímicos e redução da população de patógenos a nível local e regional (REZENDE et al., 2005).

A produção de mudas para plantio em áreas ou ambientes adequados e que possuam características específicas, é essencial para a sobrevivência após o plantio, uma vez que as mudas geralmente são frágeis e necessitam de maior proteção inicial e de manejos especiais. Essas medidas visam obter maior uniformização no crescimento, tanto da altura quanto do sistema radicular, que, após o plantio, permitam que as mesmas possam tolerar as condições adversas do local de plantio, sobrevivam e se desenvolvam adequadamente (GOMES et al., 2002).

Para tornar as plantas mais tolerantes às variações nas condições ambientais, o setor de produção de mudas florestais vem utilizando a chamada rustificação de mudas, processo que ocorre ainda no viveiro onde as mudas são submetidas a uma série de práticas, como alterações no regime de luz e

temperatura, redução da frequência de regas, a redução da fertilização, ou ainda a poda da raiz ou da parte aérea com vistas a potencializar o balanço entre aquelas. Além disso, a escolha da prática adotada deve refletir as condições ambientais e edáficas em que as mudas estarão propensas após o plantio (JACOBS; LANDIS, 2009).

Portanto, o principal objetivo da rustificação de mudas é aumentar a tolerância das mesmas aos estresses resultantes do transporte, do manejo, do plantio e do pós-plantio, induzindo as mesmas a ativar seus mecanismos de defesa contra os fatores abióticos e bióticos que possam causar algum dano a muda (JACOBS; LANDIS, 2009).

Esses mecanismos de defesa podem estar presentes endógenamente ou então se manifestar somente quando a planta é atacada por um agente agressor e/ou fator biótico, dentre estes mecanismos destaca-se a lignificação (AGRIOS, 2005).

As características da lignina atuando como agente de resistência e defesa é importante principalmente em plantas jovens, pois, nessa fase, a planta está mais suscetível a interferências bióticas e abióticas que podem afetar o seu pleno desenvolvimento (ABREU, 1994).

A lignificação pode ser induzida através da aplicação simples ou conjugada de reguladores de crescimento. Dentre os reguladores, destaca-se o ácido jasmônico, pelo seu importante papel na ativação de enzimas associado ao sistema de lignificação das plantas (DAVIES, 1995).

A escolha das espécies propagadas para o ensaio justifica-se pelo fato de ambas possuírem importância econômica e florestal. *H. impetiginosus* é a espécie de ipê-roxo mais utilizada na arborização urbana de cidades por ser ornamental quando em floração e indicada em trabalhos de restauração de ecossistemas florestais (LORENZI, 2014). *P. americana* é considerada de alto valor comercial, indicada para construção civil, obras externas, cabos de ferramentas, no paisagismo em geral, assim como, para reflorestamento (CARVALHO, 2003).

Diante do exposto, objetivou-se avaliar o efeito da pulverização com ácido jasmônico sobre a qualidade de mudas e na modulação da biossíntese de lignina em mudas de *H. impetiginosus* e *P. americana*.

2 CAPÍTULO I: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 O SETOR FLORESTAL

As florestas no mundo somam cerca de 4 bilhões de hectares, cobrindo 30% da superfície terrestre do globo (FAO, 2015). No Brasil, a área florestal possui aproximadamente 463 milhões de hectares de florestas naturais e plantadas, ficando atrás apenas da Rússia (BRASIL, 2013).

De forma geral, as florestas nativas são empregadas nas serrarias, para laminação, fábricas de compensado e como lenha, enquanto que as florestas plantadas são destinadas à produção de celulose, madeira serrada, lâminas, compensados, painéis reconstituídos, carvão vegetal, lenha e na construção civil (BRASIL, 2002).

Além do fator econômico, as florestas também oferecem os chamados serviços ambientais, pois tem um papel importante na manutenção do ar limpo, regulando os efeitos do aquecimento global devido à captação do carbono da atmosfera, protegendo os rios, os igarapés e os solos e garantindo abrigo e alimentação para diversas espécies de animais (LORENZI, 2014).

Apesar de toda importância do setor florestal e do país possuir a flora arbórea mais diversificada do mundo, falta direcionamento técnico e conscientização ecológica durante a exploração dos recursos florestais. São prejuízos imensuráveis que podem ocorrer, pois além de causar risco de extinção às espécies arbóreas de grande valor, os quais também condenam a fauna que depende delas (LORENZI, 2014).

2.1.1 Ipê Roxo

Handroanthus impetiginosus (Mart. ex DC.) Mattos) pertence à família Bignoniaceae, sendo popularmente conhecida como ipê roxo, pau d'arco-roxo, ipê-roxo-de-bola, ipê-una, ipê-preto, pau-cachorro, ipê-de-minas, ipê-roxo-do-grande, piúna e piúna-roxa. A espécie possui porte arbóreo, com aproximadamente 15 m de altura, podendo atingir até 30 m no interior da floresta e o tronco pode chegar a 90 cm de diâmetro, sendo reto, com casca levemente fissurada. As folhas do ipê roxo são compostas, 5-folioladas e suas flores são agrupadas em inflorescência em

panículas roxas e sustentadas por um ramo. Quanto aos frutos, são em forma de cápsulas septicidas grossas (LORENZI, 2014).

O ipê roxo é caracterizado como uma planta secundária tardia, passando a clímax, heliófila, mas tolerante a sombra no estágio juvenil. Devido ao porte, a espécie faz parte do extrato superior da floresta, possuindo alta longevidade. Quanto à sua ocorrência, estende-se desde o Estado do Piauí até o de São Paulo, tanto na floresta pluvial atlântica como na semidecídua, sendo ocasional no cerrado (LORENZI, 2014).

H. impetiginosus passou a ser muito estudada devido a seu valor ornamental e econômico. Quanto ao aspecto paisagístico, o de ipê roxo é largamente utilizada, principalmente pela coloração rósea das flores e à beleza de sua floração, que aparece desde o segundo ano de vida. O interesse econômico por essa espécie reside no fato de possuir madeira de alta qualidade, pesada, dura e altamente resistente e flexível, empregada por indígenas na confecção de arcos, o que justifica seu nome popular. Além disso, essa espécie é utilizada em construções, confecção de móveis, e instrumentos musicais (CASTRO; CAVALCANTE, 2010).

A casca e a madeira do ipê roxo são utilizadas para fins medicinais por apresentarem atividade anti-inflamatória, antimicrobiana, antialérgica, cicatrizante e antitumoral. Ainda de acordo com a medicina popular, algumas partes da planta são utilizadas contra febre, disenteria, úlceras, artrite, reumatismo, no tratamento de doenças venéreas, micoses e sarna. O próprio nome *impetiginosus* deriva de impetigo, que significa sarna (CASTRO; CAVALCANTE, 2010).

Devido ao constante interesse do setor madeireiro e da utilização para fins medicinais, associada a dificuldade no armazenamento de suas sementes, a espécie tem contribuído para a diminuição considerável do número de indivíduos encontrados em áreas naturais. Sendo assim, o ipê roxo encontra-se na lista das espécies ameaçadas de extinção, considerada pelo IBAMA, embora esteja avaliada na categoria internacional de menor preocupação (IUCN, 2014).

2.1.2 Guajuvira

Patagonula americana L. pertence à Família Boraginaceae. No Brasil, a espécie ocorre nos Estados de Mato Grosso do Sul, Paraná, Santa Catarina, Rio Grande do Sul e São Paulo. Quanto ao grupo sucessional, é uma espécie

secundária inicial a secundária tardia. A espécie pode apresentar diversos nomes comuns, como guajuvira-branca, guaiuvira, guaraiúva, guajibira, guatuvira, guaiabira, guaiuíra, guarapuvira, goarapovira, guativira, ipê-branco (RS), guaibi, guaibi-branco e guaibi-moroti. O nome deriva de Patagônia, região austral e semi-árida da Argentina, atribuída equivocadamente por Linnaeus como sendo o lugar de origem do tipo da guajuvira (CARVALHO, 2004).

A espécie pode chegar a uma altura de 25 m e diâmetro de 80 cm. A guajuvira possui folhas simples, elíptica, a inflorescência em panícula terminal, com flores pentâmeras, brancas, hermafroditas e frutos do tipo pseudosâmara (LORENZI, 2014).

A guajuvira é classificada como planta decídua, heliófita, com hábito arbóreo e possui copa densa que favorece à nidificação das aves. Sua madeira é considerada pesada e dura (780 kg m³). Devido a essa última característica, a madeira é largamente empregada em construções, obras expostas como vigas de pontes e moirões, cabos de ferramentas, remos, selas, tacos de bilhar e golfe. A espécie de *P. americana* apresenta crescimento lento a moderado, sendo empregada no paisagismo em geral e é excelente para o reflorestamento heterogêneo de áreas degradadas. Por muito tempo a espécie foi utilizada por indígenas do Sul na construção de seus arcos, devido à sua flexibilidade e elasticidade (LORENZI, 2014).

Devido ao fato da guajuvira suportar inundações periódicas de curta duração, foi recomendado o plantio para proteção das barrancas dos rios, devido ao vasto sistema radicular (CARVALHO, 2003).

Na medicina popular, a casca da guajuvira é utilizada para o preparo de chás pois fortifica os nervos, combate o colesterol, os males do fígado, as diarreias e os tumores intestinais, enquanto que o cataplasma das folhas é aplicado externamente, e age como um antibiótico natural em feridas sifilíticas e cancerosas (FRANCO; FONTANA, 1997).

2.2 QUALIDADE DE MUDAS

As técnicas de produção de mudas de espécies florestais tornam-se cada vez mais avançadas, resultando na melhoria da qualidade das mesmas. Uma muda pode ser definida de alto padrão de qualidade se for capaz de suportar as

adversidades do meio, apresentar altos percentuais de sobrevivência no campo, possibilitar a diminuição da frequência dos tratos culturais do povoamento recém implantado e produzir árvores com volume e qualidades desejáveis (NOVAES, 1998).

A qualidade da muda é fator essencial para o sucesso do povoamento florestal. Porém, o conceito de qualidade pode ser relativo, pois fatores como espécie e o local de implantação das mudas interferem totalmente nessa definição, pois uma muda pode ser considerada de boa qualidade para uma determinada região e ao mesmo tempo pode não ser adequada para outra (RUBIRA; BUENO, 1996).

Quando a produção de mudas ocorre em áreas bem definidas e com características específicas controladas, a tendência é de aumento na sobrevivência do povoamento florestal, pois mudas geralmente são frágeis e necessitam de maior proteção inicial e de manejos especiais. Essas medidas visam obter a uniformização no crescimento, tanto da altura quanto do sistema radicular, além de enrijecimento tal que, após o plantio, seja possível que as mesmas tolerarem as condições adversas do local de plantio, sobrevivam e se desenvolvam da forma esperada (GOMES et al., 2002).

Para que possam ir a campo, as mudas devem ter rusticidade, ou seja, devem apresentar aparência lenhosa, textura rígida e diâmetro compatível com o peso da parte aérea da muda, ou seja, o colo deve ser robusto, não pode ser fino, principalmente nas mudas mais altas (DIAS, 2006).

Portanto, o principal objetivo da fase de rustificação é aumentar a tolerância das mudas aos estresses resultantes do transporte, do manejo, do plantio, e do pós-plantio. A rustificação abrange uma série de técnicas, onde a escolha da prática adotada deve refletir as condições ambientais e edáficas em que as mudas estarão propensas após o plantio (JACOBS; LANDIS, 2009).

2.3 RUSTIFICAÇÃO

A fase de rustificação compreende o processo de preparo das mudas para o plantio a campo, para que se tornem tolerantes aos estresses, como a falta de água, a retirada dos tubetes e o transporte até o local do plantio (D'AVILA et al., 2011).

Durante a fase de rustificação, parte da energia que seria destinada ao crescimento da parte aérea é direcionada ao desenvolvimento do sistema radicular, isso acarreta no engrossamento e aumento da biomassa das raízes, fato importante, pois atua como órgão de armazenamento de fotoassimilados provenientes do metabolismo primário que devem ser utilizados durante a fase de estabelecimento e o crescimento após o plantio (JACOBS; LANDIS, 2009).

Dessa forma, para que se possa obter um alto índice de sobrevivência das mudas após o plantio a campo, as mudas precisam ter duas características essenciais: sanidade e alto grau de tolerância. De acordo com Schorn e Formento (2003), a rustificação pode ser alcançada por várias técnicas de manejo que são comumente empregadas nos viveiros, podendo ocorrer em conjunto, através da poda da parte aérea; redução de folhas dos 2/3 inferiores das mudas; movimentos frequentes das mudas nos canteiros, por meio de remoções, seleções e classificações; cortes graduais na irrigação, cerca de 20 dias antes da expedição das mudas para o plantio.

Uma maneira alternativa capaz de conferir maior rusticidade durante a formação de mudas é fazendo a aplicação de reguladores vegetais, que são substâncias sintéticas e aplicadas exogenamente e que possuem ações similares aos grupos de hormônios vegetais conhecidos que atuam como sinalizadores químicos na regulação do crescimento e no desenvolvimento das plantas (RODRIGUES et al., 2003).

2.4 REGULADORES DE CRESCIMENTO

O crescimento e o desenvolvimento dos vegetais são controlados por fatores intrínsecos e extrínsecos. Para o crescimento e o desenvolvimento das plantas, atuam fatores extrínsecos como temperatura, luz, gravidade, entre outros e fatores intrínsecos como os hormônios vegetais. De acordo com Raven et al (2014), hormônios vegetais são substâncias orgânicas que são sintetizadas em um tecido e transportadas para outro, onde provocam respostas fisiológicas e podem ser ativas em pequenas quantidades, geralmente concentrações em torno de $1,0 \mu\text{mol L}^{-1}$ são suficientes para induzir algum efeito.

Na definição de Ferri (1986), hormônios são substâncias produzidas pela própria planta que, em concentrações baixas, promovem, inibem ou modificam quali-

e quantitativamente o crescimento, geralmente em um local diferente daquele onde foi produzido. Existem ainda os reguladores de crescimento, que são substâncias químicas sintéticas, que possuem efeitos similares ao de fitormônios sobre o metabolismo vegetal, causando alguma resposta fisiológica das plantas.

A grande maioria dos reguladores de crescimento atua como sinalizador químico, na regulação do crescimento e no desenvolvimento de plantas. É comum ocorrer sua ligação com receptores específicos, desencadeando uma série de mudanças celulares, as quais podem afetar a iniciação ou modificação do desenvolvimento de órgãos ou tecidos (RODRIGUES et al., 2003).

Por muito tempo, acreditou-se que os cinco grupos, ou classes, de hormônios vegetais (auxinas, giberelinas, citocininas, etileno e ácido abscísico) comandavam o desenvolvimento das plantas, por serem os mais pesquisados. Porém, evidências da existência de outros grupos foram confirmadas, são os chamados brassinosteróides, poliaminas, ácido salicílico e ácido jasmônico (TAIZ; ZEIGER, 2013).

2.4.1. Ácido jasmônico

O ácido jasmônico (AJ) pertence ao grupo dos jasmonatos, sendo um derivado do ácido linolênico que proporciona defesa da planta contra insetos herbívoros e muitos patógenos microbianos (RAVEN, 2014). Além do AJ, seu metil éster aromático e volátil, o metil jasmonato (MeJa), também está envolvido em vários processos fisiológicos. Além disso, o MeJa é bastante aplicado na indústria de perfumes (KERBAUY, 2013).

Geralmente a concentração endógena do ácido do AJ e do MeJa é muito similar à observada para o ácido abscísico (ABA). Assim como o ABA, o AJ inibe o crescimento e a germinação de sementes, além de promover a senescência e abscisão foliar. A aplicação de AJ também inibe o crescimento de raízes e de caules. Outro efeito fisiológico proporcionado pelo AJ é o processo inibitório contra organismos patógenos e herbívoros (KERBAUY, 2013).

De acordo com Kerbauy (2013) os processos da biossíntese do ácido jasmônico em plantas podem ser descritos da seguinte forma:

“A via biossintética do ácido jasmônico (Figura 1) depende da ação sequencial de várias enzimas. A lipoxigenase promove a oxigenação do ácido linolênico até a formação do ácido 13-hidroperoxilinolênico. O ácido 12-oxo-fitodienólico é formado a partir da ciclização do anel ciclopentanona e reações de β -oxidações que encurtam a cadeia lateral, com a produção final do ácido jasmônico.”

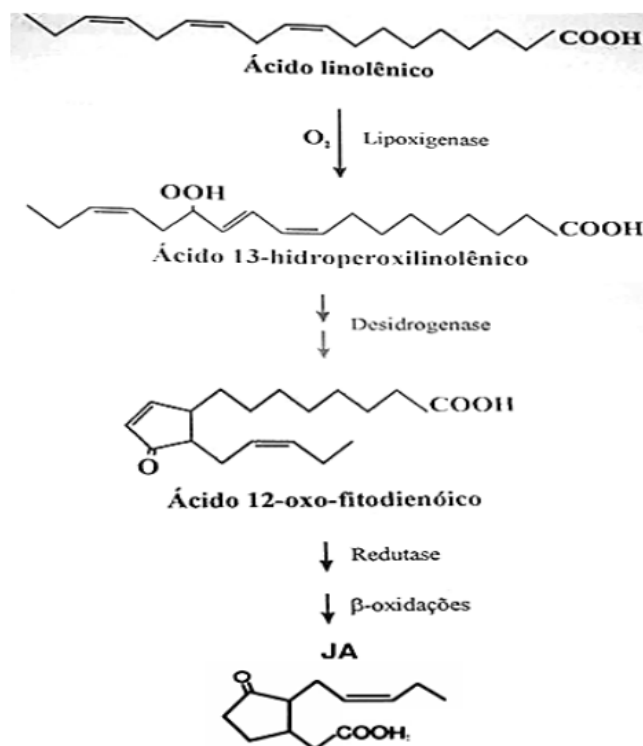


FIGURA 1: Via esquemática da biossíntese do ácido jasmônico.
Fonte: Kerbaui (2013).

Algumas pesquisas realizadas com aplicação exógena de AJ na agricultura demonstraram diversos resultados positivos, por exemplo, no aumento do rendimento de diversas culturas, como de morango, soja e cana-de-açúcar e na estimulação da formação de tubérculos em inhame e batata (KODA, 1992).

O ácido jasmônico estimula o crescimento celular e promove mudanças genéticas que alteram a formação do xilema. De forma geral, os jasmonatos inibem muitos processos vegetais como crescimento e germinação de sementes, e também promovem senescência, abscisão, formação de tubérculo, amadurecimento de fruto, formação de pigmento e enrolamento de gavinha. Portanto, o AJ possui um importante papel na ativação de enzimas associado ao sistema de lignificação das plantas (DAVIES, 1995).

2.5 LIGNINA

Lignina é um termo que vem do latim, da palavra “lignun” e significa madeira, por ser um dos componentes majoritários da madeira. Depois da celulose, é a substância macromolecular mais abundante no reino vegetal. Este é um componente estrutural que dá à madeira propriedades de elasticidade e resistência bastante únicas; tem como principais funções nas plantas o aumento da rigidez da parede celular, a propriedade de unir as células umas às outras, a redução da permeabilidade da parede celular à água, e a proteção da madeira contra microrganismos (ABREU et al., 2009).

As ligninas, superadas apenas pela celulose em termos de composto orgânico mais abundante da Terra, são polímeros formados de três tipos de monômeros, sendo que a quantidade de cada monômero depende da lignina ser proveniente de gimnospermas, angiospermas lenhosas ou gramíneas. Além disso, há uma diferença na composição monomérica de ligninas de diferentes espécies, órgãos e tecidos (RAVEN, 2014).

As ligninas depositam-se nas camadas S2 e S1 da parede celular e não no vacúolo, como nos outros compostos fenólicos. Sua importância se deve ao fato de proporcionarem resistência à compressão e pela rigidez que é conferida à parede celular; impermeabilizar a parede celular, facilitando o transporte de água pelo xilema; devido à sua deposição em resposta a lesões e ataques de parasitas, acaba aumentando a resistência das paredes à penetração mecânica e à ação de enzimas e toxinas produzidas (RAVEN, 2014).

O processo metabólico de deposição de lignina na parede celular é necessário em todos os tecidos das plantas, e é uma etapa importante durante a expansão celular e o crescimento da raiz. Além de desempenhar papel importante na absorção, transporte e secreção de substâncias, a lignina é responsável pela resistência mecânica de vegetais e é uma das principais formas de defesa da planta (BUCHANAN et al., 2000).

A parede celular torna-se lignificada, geralmente, quando ocorre um decréscimo da expansão celular. Além disso, o processo de lignificação pode ser desencadeado quando a planta está sob estresse, seja ele biótico ou abiótico, ou

ainda quando as células, principalmente do xilema, se diferenciam para uma especialização particular (CHRISTENSEN et al., 1998).

3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, H. S. **Biossíntese de lignificação**. 1.ed. Itaguaí-RJ: EDUR-UFRRJ, 1994.

ABREU, H. S.; LATORRACA, J. V. F.; PEREIRA, R. P. W.; MONTEIRO, M. B. O.; ABREU, F. A.; AMPARADO, K. F. **Supramolecular proposal of lignina struture and its relation with the wood proprieties**. Academia Brasileira de Ciência. v.1 n. 1. 2009.

AGRIOS, G. N. **Plant pathology**. Burlington, MA: Elsevier Academic, 2005.

BRASIL. **O setor florestal no Brasil e a importância do reflorestamento**. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 16, 2002.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Cadeia produtiva de madeira**. Secretaria de Política Agrícola, Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura ; coordenadores Antonio Márcio Buainain e Mário Otávio Batalha. – Brasília : IICA : MAPA/SPA, 2007.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Serviço Florestal Brasileiro. **Florestas do Brasil em resumo**. Brasília: SFB, 2013.

BUCHANAN, B. B.; GRUISSEM, W.; JONES, R. L. **Biochemistry and molecular biology of plants**. Rockville: American Society of Plant Physiologists, 2000.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. 1. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2003. v. 1.

CARVALHO, P. E. R. **Guajuvira: *Patagonula americana***. Colombo: Embrapa Florestas, 2004. Circular técnica, 97.

CASTRO, A. S.; CAVALCANTE, A. **Flores da caatinga**. Campina Grande: Instituto Nacional do Semiárido, 2010.

CHRISTENSEN, A. B. et al. A chalcone synthase with an unusual substrate preference is expressed in barley leaves in response to UV light and pathogen attack. **Plant Molecular Biology**. Berlin, v. 37, n. 5, 1998.

DAVIES, P.J. The Plant Hormones: Their Nature, Occurrence, and Functions. In: DAVIES, P.J. (Ed.) Plant hormones: Physiology. **Biochemistry and Molecular Biology**. 2.ed. Estados Unidos, Kluwer Academic Publishers, 1995.

D'AVILA, F. S.; PAIVA, H. N.; LEITE, H. G.; BARROS, N. F.; LEITE, F. P. Efeito do potássio na fase de rustificação de mudas clonais de Eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa, 2011.

DIAS, E.; BATTILANI, J. L.; SOUZA, A. L. T. DE; PEREIRA, S. R.; KALIFE, C.; SOUZA, P. R. de; JELLER, H. **Manual de produção de sementes de essências florestais nativas**. Série: Rede de Sementes do Pantanal, nº 1. Campo Grande: Editora UFMS, 2006.

FAO. **Global forest resources assessment 2015**: main report. Rome, 2015.

FERRI, M. G. **Fisiologia vegetal 1**. 2. ed. São Paulo: EPU, 1986.

FRANCO, I. J.; FONTANA, V. L. **Ervas e plantas**: a medicina dos simples. Erechim: Imprimax, 1997.

GOMES, J. M. et al. Parâmetros morfológicos na avaliação de qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, v.26, n.6, Viçosa, 2002.

IUCN 2001. **The IUCN Red List of Threatened Species**. Disponível em <<http://www.iucnredlist.org/details/32024/0>> Acesso em: 23 de jun. de 2014.

JACOBS, D. F.; LANDIS, T. D. **Nursery manual for native plants**: Guide for tribal nurseries. v. 1. United States Department of Agriculture, Forest Service, 2009.

KERBAUY, G. B. **Fisiologia vegetal**. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2013.

KODA Y. The role of jasmonic acid and related compounds in the regulation of plant development. **International**. Review of Cytology. 1992.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Saraiva: Plantarum, v. 1, 6. ed., 2014.

NOVAES, A. B. Avaliação morfológica da qualidade de mudas de *Pinus taeda* L. produzidas em raiz nua e em diferentes tipos de recipientes. Curitiba : Universidade Federal do Paraná, 1998. 116p. **Tese** (Doutorado) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1998.

RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. **Biologia vegetal**. 8. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2014.

REZENDE, J. A. M.; MARTINS, M. C. Doenças do mamoeiro. In: KIMATI, H., AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIM FILHO, A.; CAMARGO, L. E. A. (Ed). **Manual de fitopatologia**. Doença das plantas cultivadas. São Paulo: v. 2, 2005.

RODRIGUES, O. et al. **Redutores de crescimento**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2003.

RUBIRA, J. L. P., BUENO, L. O. **Cultivo de plantas forestales em contenedor**. Madrid: Ministério de Agricultura, Pesca y Alimentación. Secretaria General Técnica Centro de Publicaciones, 1996.

SCHORN, L. A.; FORMENTO, S. **Silvicultura I: Produção de mudas florestas**. Blumenau: Universidade Regional de Blumenau, Centro de Ciências Tecnológicas, Departamento de Engenharia Florestal, 2003.

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

THEBALDI, M. S. **Irrigação de mudas de espécies florestais nativas produzidas em tubetes**. Lavras: UFLA, 2011.

4 CAPÍTULO II: ALTERAÇÕES MORFOMÉTRICAS E NA LIGNIFICAÇÃO COM A APLICAÇÃO DE ÁCIDO JASMÔNICO EM MUDAS DE IPÊ ROXO E GUAJUVIRA

4.1 RESUMO

A rustificação é uma técnica adotada em viveiros com o objetivo de expor as mudas a condições mais severas que aquelas submetidas na fase de crescimento. O presente trabalho objetivou avaliar o efeito da aplicação do regulador vegetal ácido jasmônico nas concentrações $0,5 \mu\text{mol L}^{-1}$, $1 \mu\text{mol L}^{-1}$ e $1,5 \mu\text{mol L}^{-1}$ em mudas de ipê-roxo (*H. impetiginosus*) e guajuvira (*P. americana*). O experimento foi composto por delineamento inteiramente casualizado em viveiro e em blocos casualizados a campo, com quatro tratamentos e cinco repetições. Foram realizadas análises morfométricas (incremento em altura, incremento em diâmetro, número de folhas e biomassa da parte aérea e radicular), índice SPAD, além de índices de qualidade, como a relação altura da parte aérea/diâmetro do coleto, a relação do peso de matéria seca da parte aérea/ peso de matéria seca das raízes e o índice de qualidade de Dickson (IQD). As mudas de *H. impetiginosus* externaram menor incremento em altura e relação altura e diâmetro para as três doses de AJ, comparadas à testemunha. Houve aumento no IQD, na concentração de lignina da parte aérea e da raiz, nas doses de $1 \mu\text{mol L}^{-1}$ e $1,5 \mu\text{mol L}^{-1}$. Para as mudas de *P. americana*, as doses de $1 \mu\text{mol L}^{-1}$ e $1,5 \mu\text{mol L}^{-1}$ colaboraram para o aumento do incremento no diâmetro do coleto. Houve redução da relação altura da parte aérea/diâmetro do coleto para as três concentrações de AJ. Na avaliação do IQD e do teor de lignina da parte aérea, houve aumento com a concentração de $1 \mu\text{mol L}^{-1}$ de AJ. No campo, 90 dias após o plantio, o percentual de sobrevivência das mudas foi 100%. Para as mudas de *H. impetiginosus* houve aumento apenas no incremento do diâmetro do coleto e para as mudas de *P. americana* menores valores para a relação H/D.

Palavras-chave: Regulador de crescimento. Lignina. Qualidade de mudas.

4.2 ABSTRACT

The rustification is a technique used in nurseries aiming to expose the seedlings to more severe conditions than those submitted in the growth phase. The target of this study was to evaluate the effect of the application of plant growth regulator jasmonic acid in concentrations of $0,5 \mu\text{mol L}^{-1}$, $1 \mu\text{mol L}^{-1}$ e $1,5 \mu\text{mol L}^{-1}$ in purple ipe seedlings (*H. impetiginosus*) and Guajuvira (*P. americana*). The experiment was composed by completely randomized lineation in nursery and in a randomized block in field, with four treatments and five replications. Morphometric analysis were performed (increment in height, diameter growth, leaf number and biomass), SPAD index, as well as quality indicators, such as the height proportion of aerial/stem diameter, the relation of dry matter weight of the aerial part/weight of the dry roots and the Dickson quality index (DQI). The seedlings of *H. impetiginosus* externalized smaller increment in height and relation height and diameter for the three doses of AJ, compared to the evidence. There was an increase in the DQI, in the lignin

concentration of the aerial part and the root, in doses of 1 $\mu\text{mol L}^{-1}$ e 1,5 $\mu\text{mol L}^{-1}$. For *P. americana* seedlings, doses of 1 $\mu\text{mol L}^{-1}$ e 1,5 $\mu\text{mol L}^{-1}$ contributed to the increase of growth in stem diameter. There was a reduction of the relation height of the aerial part/stem diameter for the three AJ concentrations. In the evaluation of the DQI and the content of lignin of the aerial part, there was an increase with the concentration of 1 $\mu\text{mol L}^{-1}$ de AJ. In the field, 90 days after planting, the percentage of survival of seedlings was 100% of live plants. For *H. impetiginosus* seedlings there was an increase only in the growth of stem diameter and the *P. American* seedlings lower values for H/D.

Keywords: Growth Regulator. Lignin. Quality seedlings.

4.3 INTRODUÇÃO

A escolha das espécies propagadas para o ensaio justifica-se pelo fato de ambas possuírem importância econômica e florestal. *H. impetiginosus* é a espécie de ipê-roxo mais utilizada na arborização urbana de cidades por ser ornamental quando em floração e indicada em trabalhos de restauração de ecossistemas florestais (LORENZI, 2014). *P. americana* é considerada de alto valor comercial, indicada para construção civil, obras externas, cabos de ferramentas, no paisagismo em geral, assim como, para reflorestamento (CARVALHO, 2003).

O crescente aumento na demanda de mudas de espécies florestais nativas deve-se em grande parte à necessidade de reflorestamento e/ou recomposição de áreas desmatadas a fim de minimizar os impactos ambientais e promover a manutenção da biodiversidade (FERNANDES et al., 2000).

Diante dessa situação, a escolha da espécie e as características das mudas a serem utilizadas são parâmetros essenciais para o êxito de um programa de reflorestamento. As técnicas de produção de mudas adotadas nos viveiros objetivam a obtenção de mudas de alto padrão de qualidade, para que possam suportar as adversidades do meio e garantir altos percentuais de sobrevivência no campo (NOVAES et al., 2002).

A rustificação é a adoção de uma série de práticas que podem ser aplicadas isoladas ou conjuntamente durante a produção das mudas no viveiro e que tem por finalidade aumentar a tolerância aos estresses decorrentes do transporte, manejo, plantio e do pós-plantio. A rustificação é um processo de aclimatação das mudas à condição de plantio, que desencadeia alterações em mecanismos morfológicos, fisiológicos e bioquímicos de defesa, para tolerar a

condição limitante ao estabelecimento (JACOBS; LANDIS, 2009).

As práticas comumente adotadas em viveiros durante a rustificação das mudas compreendem a redução de sua densidade, diferentes regimes de luz e temperatura, redução da frequência de regas, suspensão da fertilização nitrogenada e poda de raízes ou da parte aérea (JACOBS; LANDIS, 2009).

Alternativamente, uma das formas encontradas para propiciar maior rusticidade durante a formação de mudas é a aplicação de reguladores vegetais. O ácido jasmônico e seus derivados jasmonatos são reguladores endógenos do crescimento vegetal que modulam a senescência de plantas, abscisão foliar, desenvolvimento de embriões e mecanismo de defesa, agindo como sinalizadores de estresse (KERBAUY, 2013).

A busca por sistemas que induzem a lignificação pode ser alcançada com a aplicação de reguladores de crescimento que têm efeito sobre xilogênese. O ácido jasmônico, por exemplo, além de estimular o crescimento celular, promove mudanças genéticas que alteram a formação do xilema. A ativação dessas enzimas é associada à lignificação das plantas (DAVIES, 1995).

Diante do exposto, este trabalho foi proposto com o objetivo de avaliar o efeito da pulverização exógena de ácido jasmônico na biossíntese de lignina em mudas de *H. impetiginosus* e *P. americana*.

4.4 MATERIAL E MÉTODOS

4.4.1 Desenvolvimento experimental em viveiro

Para o ensaio foram utilizadas 80 mudas de *H. impetiginosus* e 80 de *P. americana*, obtidas do viveiro da Itaipu Binacional, localizado em Foz do Iguaçu, PR, em outubro de 2014 e posteriormente encaminhadas até o viveiro do Refúgio Biológico de Santa Helena, PR.

O município de Santa Helena está localizado na região Oeste do Paraná, tem altitude média de 258 m, latitude de 24° 51' 37''S e longitude de 54° 19' 58''O. O clima é caracterizado como subtropical úmido, com verões quentes, geadas pouco frequentes e tendência à concentração de chuvas nos meses de verão.

As mudas produzidas pela Itaipu foram obtidas a partir de sementes colhidas de no mínimo dez árvores matrizes de cada espécie, em diferentes locais da região oeste.

Assim que recebidas, em setembro de 2014, as mudas que tinham em média 11 cm, foram transferidas para tubetes de 180 cm³, preenchidos com substrato comercial e fertilizadas com 4 kg m⁻³ da formulação N-P-K (18-05-09) de liberação controlada incorporado ao substrato e mantidas sob sombrite com 50% de sombreamento. Regas manuais foram realizadas uma vez ao dia de forma permanente no período da manhã até a capacidade de campo.

Ao atingirem uma altura entre 15 cm e diâmetro do coleto maior do que 2 mm, as mudas de ambas as espécies foram submetidas a sete pulverizações com diferentes concentrações de ácido jasmônico (AJ) e adição de 3 µL⁻¹ de tensoativo não iônico, em intervalos de dez dias. As pulverizações ocorreram entre novembro e janeiro de 2014/2015, com o auxílio de um pulverizador manual, antes do ponto de escorrimento da calda sobre a folha, sendo aplicado em média 3 mL por muda.

As soluções de aplicação do regulador de crescimento ácido jasmônico foram preparadas a partir da diluição do mesmo em 500 µmol L⁻¹ de etanol P.A. Posteriormente foram feitas as diluições para obter as concentrações de cada tratamento: tratamento 1 sem adição de AJ, tratamento 2 com 0,5 µmol L⁻¹ de AJ, tratamento 3 com 1 µmol L⁻¹ e tratamento 4 com 1,5 µmol L⁻¹ de AJ.

Os valores de umidade relativa e temperatura do ar durante a aplicação dos tratamentos foram obtidos diariamente com o auxílio de um termo higrômetro digital. A temperatura média do ambiente no momento da aplicação dos tratamentos variou entre 22,8 a 30°C, e a umidade relativa do ar entre 55 e 87%.

No término da imposição dos tratamentos, houve um intervalo de 10 dias para a realização da coleta de material vegetal e mensuração das variáveis analisadas.

Na fase de viveiro, o delineamento experimental foi o inteiramente ao acaso constando de quatro tratamentos, com cinco repetições de 20 mudas por tratamento, totalizando 80 mudas por espécie.

4.4.2 Variáveis analisadas em viveiro

Ao término da rustificação, realizou-se a mensuração dos incrementos na altura, através de régua graduada, a partir do nível do substrato até a inserção da última folha; no diâmetro do coleto, mensurado por um paquímetro digital; e foi contabilizado o número de folhas e a determinação da biomassa, onde foram separados os tecidos radiculares e aéreos, postos para secagem em estufa a 65°C, com circulação de ar, por um período de 48 h em dez mudas por tratamento.

Foi avaliado também o índice SPAD, através de medidor portátil, sendo que as leituras foram realizadas na face adaxial das folhas totalmente expandidas de cada muda, em número de três: no terço superior, médio e inferior da folha, em três folhas por muda, sendo utilizada a média desses valores.

Além dessas variáveis morfométricas, foram calculados os seguintes índices de qualidade: relação altura da parte aérea/diâmetro do coleto (índice de robustez), relação do peso de matéria seca da parte aérea/ peso de matéria seca das raízes e índice de qualidade de Dickson (IQD).

A lignina dos tecidos aéreos e radiculares foi quantificada através do método de extração de lignina por detergente ácido (LDA), proposto por Van Soest (1994).

O preparo da amostra consistiu na secagem dos tecidos aéreos e radiculares de 40 mudas de cada espécie, 10 de cada tratamento, em estufa de circulação de ar a 60°C por 72 h, posteriormente moídas em moinho tipo Willye. Amostras de 0,5 g de tecido vegetal foram acondicionadas em sacos de TNT e selados em máquina seladora. Os sacos foram alocados em frascos plásticos com capacidade para 1000 mL e posteriormente preenchidos com a solução FDA (20 g de brometo de cetiltrimetil amônio + 27,4 mL de H₂SO₄ concentrado, diluídos em 1000 mL de água), na proporção de 40 mL por saco, e acondicionados em autoclave a 100°C por 20 min. Em seguida, os sacos foram lavados em água corrente e posteriormente, imersos por 5 min em acetona P. A. na proporção de 30 mL por saco. Após a lavagem em água e acetona, o material foi exposto à secagem em estufa à 105°C por 8 h, seguida da pesagem.

Para a extração, os sacos de TNT foram imersos em H₂SO₄ a 72% por 3 h. A lavagem em água corrente ocorreu de forma repetitiva, assim como a secagem em estufa, seguindo os mesmos procedimentos descritos acima. Após a pesagem, os sacos de TNT foram acondicionados em cadinhos de porcelana e submetidos à

carbonização em mufla a 550°C por 3 h. Em seguida, o resíduo resultante da carbonização foi pesado. Os resultados do teor de lignina foram obtidos através da equação:

$$\text{Lignina (\%)} = \frac{[(\text{Res}_{\text{As}} - \text{Res}_{\text{c}}) * (100/2 * \text{MA})]}{\text{MA}}$$

Res_{As} = massa seca resultante da digestão sulfúrica;

Res_c = massa seca resultante da carbonização;

MA = massa seca inicial.

4.4.3 Desenvolvimento experimental a campo

Dez dias após a última aplicação dos tratamentos em viveiro, em fevereiro de 2015, foi realizado o plantio de 40 mudas de cada uma das espécies a campo, em uma área de 0,56 ha e com perímetro de 363 m (Figura 2) no município de Santa Helena.

De acordo com a EMATER (2006), a tipologia do solo em Santa Helena é composta por Latossolo roxo eutrófico (45%), terra roxa estruturada eutrófica (45%) e solos litólicos eutróficos (10%).

Para a implantação do experimento foi realizada roçada mecânica da área. No plantio utilizou-se um espaçamento de 3 m entre linhas e 2 m entre plantas, em covas de aproximadamente 0,30 m de profundidade. Foi aplicada fertilização de base com 100 g por cova de 5 N - 25 P₂O₅ - 25 K₂O.

Os tratos silviculturais de controle da vegetação oportunista foram realizados através de roçada mecânica e coroamento das mudas num raio de 0,60 m a cada 30 dias.

O delineamento experimental realizado foi em blocos casualizados, com cinco blocos e quatro repetições de 10 mudas por tratamento, totalizando 40 mudas por espécie. As mudas foram avaliadas através de análises morfométricas transcorridos três meses do plantio.

4.4.4 Variáveis analisadas a campo

Na avaliação do desempenho em campo, mensurou-se os incrementos na altura, através de régua graduada, a partir do nível do substrato até a inserção da

última folha; no diâmetro do coleto, mensurado por um paquímetro digital; e foi contabilizado o número de folhas.

Aos 90 dias após o plantio a campo foram avaliados a porcentagem de sobrevivência e os incrementos na altura e no diâmetro do coleto das mudas sobreviventes, bem como calculado o índice de robustez.

4.4.5 Análise dos dados

Os dados foram submetidos aos testes de normalidade e homogeneidade (Barlett e qui-quadrado), para posterior análise de variância. A análise dos dados foi realizada com o auxílio do programa estatístico Statistics e os gráficos gerados a partir da análise de variância e as médias, quando significativas, comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

4.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.5.1 Desenvolvimento experimental em viveiro

4.5.1.1 *Handroanthus impetiginosus*

As pulverizações de ácido jasmônico (AJ) em mudas de *H. impetiginosus* demonstraram efeito significativo para as variáveis: incremento em altura (IH), relação altura/diâmetro (H/D), índice de qualidade de Dickson (IQD) e nos teores de lignina (Tabela 1). Entretanto, os resultados obtidos não externaram significância ($p > 0,05$) para o incremento em diâmetro (ID), massa seca da parte aérea e raiz e sua razão, número de folhas e índice SPAD, que apresentaram uma massa de 1,39 e 3,10 g para os tecidos aéreos e radiculares, respectivamente, com uma taxa de crescimento em diâmetro de 0,8 mm, 9,7 folhas, com índice relativo de clorofila de 10,73 unidades SPAD.

Tabela 1: Resumo da análise de variância para os parâmetros quantificados em mudas de *H. impetiginosus* ao final da fase de viveiro em função das concentrações de ácido jasmônico.

Variável	QMR	F _{calc}	P _{valor}	CV
MSPA (g)	0,0854	0,8717	0,4762	20,93
MSR (g)	0,7609	0,3808	0,7682	28,07
H (cm)	0,5223	6,2004	<0,0001	35,97
NF (por muda)	12,4511	1,0437	0,4175	36,08
DC (mm)	0,0625	2,8681	0,0495	30,18
SPAD	6,7025	5,9424	0,063	24,12
H/D	1,5336	16,5069	<0,0001	40,51
MSPA/MSR	0,0182	1,1684	0,3526	28,22
IQD	0,7162	8,1569	0,0010	43,58
LPA	0,1728	41,5816	<0,0001	4,57
LR	7,8642	7,5387	0,0119	22,61

QMR: quadrado médio do resíduo; F_{calc}: valor calculado para tratamentos; P_{valor}: significância do teste; CV: coeficiente de variação; MSPA: Massa seca de parte aérea; MSR: massa seca de raiz; H: altura; NF: número de folhas; DC: diâmetro de coleto; SPAD: índice SPAD; H/D: Relação altura diâmetro; MSPA/MSR: Relação massa seca da parte aérea e massa seca de raiz; IQD: Índice de qualidade de Dickson; LPA: Lignina de parte aérea; LR: Lignina de raiz.

O índice relativo de clorofila (SPAD) pode ser relacionado ao monitoramento do aporte de nutrientes das mudas, pois através da medida dos teores de pigmentos pode-se ter uma noção dos teores de nitrogênio da planta, pela intensidade do verde e o teor de clorofila estar relacionado com a concentração de N na folha (MARENCO; LOPES, 2007). Portanto, a redução do teor de clorofilas medido pelo índice SPAD nas mudas com ou sem tratamento com AJ, pode estar ligada à deficiência desse nutriente no solo.

A análise dos resultados revelou uma redução no incremento em altura de de 54,05% em mudas da espécie com as concentrações de 0,5 $\mu\text{mol L}^{-1}$, 1 $\mu\text{mol L}^{-1}$ e 1,5 $\mu\text{mol L}^{-1}$ de AJ (Figura 2), pois não existem evidências de diferenças significativas entre os tratamentos com ácido jasmônico.

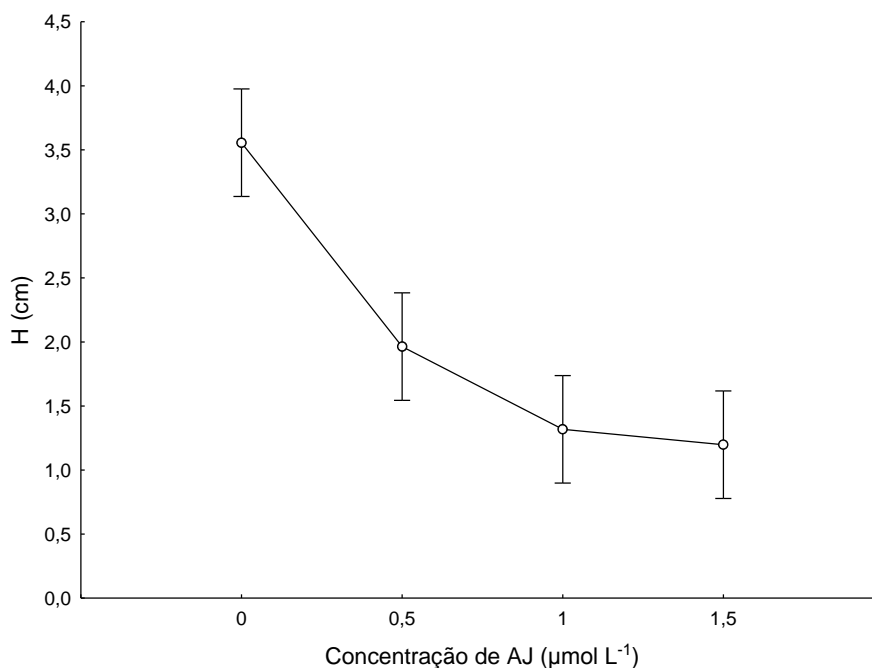


FIGURA 2: Incremento em altura em mudas de *H. impetiginosus* em função da concentração de ácido jasmônico.

Os resultados reportados são similares aos publicados por Cadorin et al. (2015), ao pulverizarem mudas de louro-pardo [*Cordia trichotoma* ((Vell.) Arrab. ex Steud)] com metil jasmonato, na concentração de $50 \mu\text{mol L}^{-1}$ durante quatro ou oito semanas, obtiveram uma redução de 42% do incremento em altura em relação ao tratamento controle.

A altura das mudas exerce importante papel na sobrevivência e desenvolvimento nos primeiros anos após o plantio, sendo que durante a rustificação as mudas são condicionadas para o campo através da redução da velocidade de crescimento aéreo para promover equilíbrio com o sistema radicular. Portanto, mudas que sejam muito altas apresentam desempenho insatisfatório, além disso, o diâmetro de coleto deve ser compatível com a altura para que seu desempenho no campo corresponda às expectativas de crescimento e sobrevivência (CARNEIRO,1995).

O ácido jasmônico ao promover a síntese de etileno, induz a alteração da conformidade da parede celular, por inibir o transporte de auxinas na região do alongamento celular, resultando em caules mais curtos (BJÖRKLUND 2007).

Fonseca (2006) corroborou afirmando que a rustificação de mudas visa a redução na altura da muda sem que haja prejuízos na biomassa produzida, tanto aérea como radicular, o que foi constatado neste trabalho, visto que houve redução

do incremento em altura, porém a biomassa aérea e radicular não foram afetadas pelos tratamentos.

Quanto à relação altura e diâmetro do coleto (H/D), houve redução de 70,06% em relação a testemunha, independente da concentração aplicada, visto que não há evidências de diferenças significativas entre as concentrações de ácido jasmônico (Figura 3). A redução dos valores da relação H/D é resultado da redução na taxa de crescimento em altura, que foi significativamente reduzida com a pulverização de ácido jasmônico, tendo em vista que a taxa de crescimento em diâmetro não foi afetada pela pulverização com o fitoregulador.

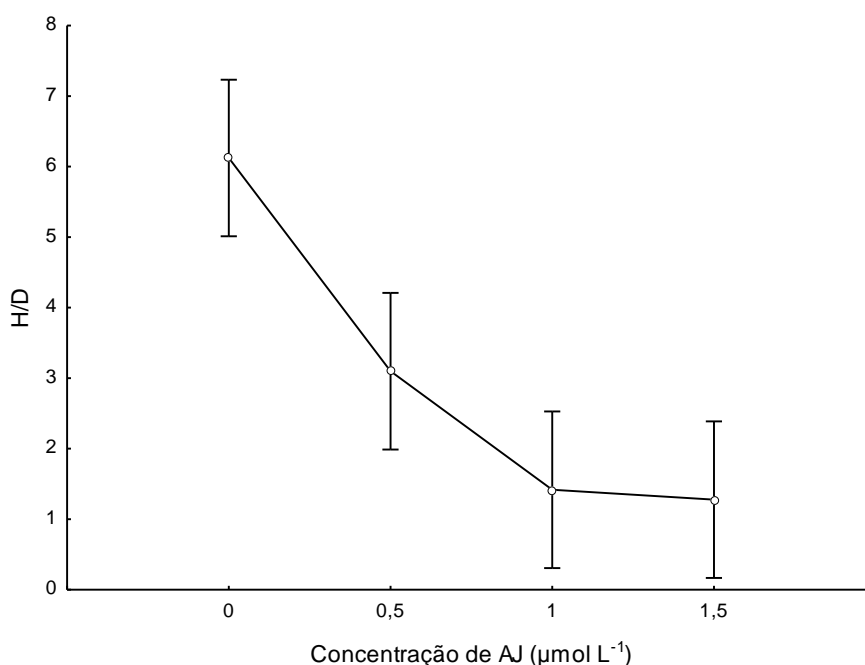


FIGURA 3: Relação altura e diâmetro em mudas de *H. impetiginosus* em função da concentração de ácido jasmônico.

O índice de qualidade de Dickson resultou em diferenças entre a testemunha e os tratamentos com $1 \mu\text{mol L}^{-1}$ e $1,5 \mu\text{mol L}^{-1}$ comparados ao tratamento controle (Figura 4), resultando em um aumento de 311,76% quando pulverizadas essas doses.

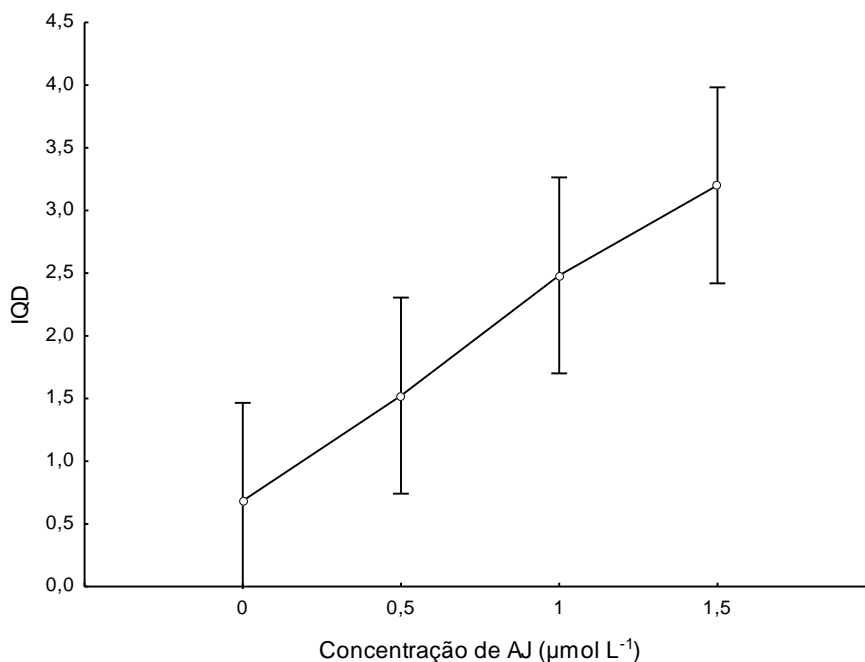


FIGURA 4: Valor do IQD em mudas de *H. impetiginosus* em função da concentração de ácido jasmônico.

Dentre os diversos parâmetros utilizados para avaliar a qualidade de mudas como os utilizados, o índice de qualidade Dickson (IQD) também é um bom indicador, pois na sua interpretação é considerada a robustez e o equilíbrio da distribuição da biomassa na muda, ponderando os resultados de vários parâmetros importantes, empregados na avaliação da qualidade das mudas (FONSECA, 2002).

As aplicações de AJ contribuíram para o aumento do teor de lignina nos tecidos aéreos de *H. impetiginosus*. O AJ mostrou ter efeito significativo nas concentrações de 1 e 1,5 $\mu\text{mol L}^{-1}$ aumentando a lignina em média 23,65% comparada à testemunha, conforme Figura 5.

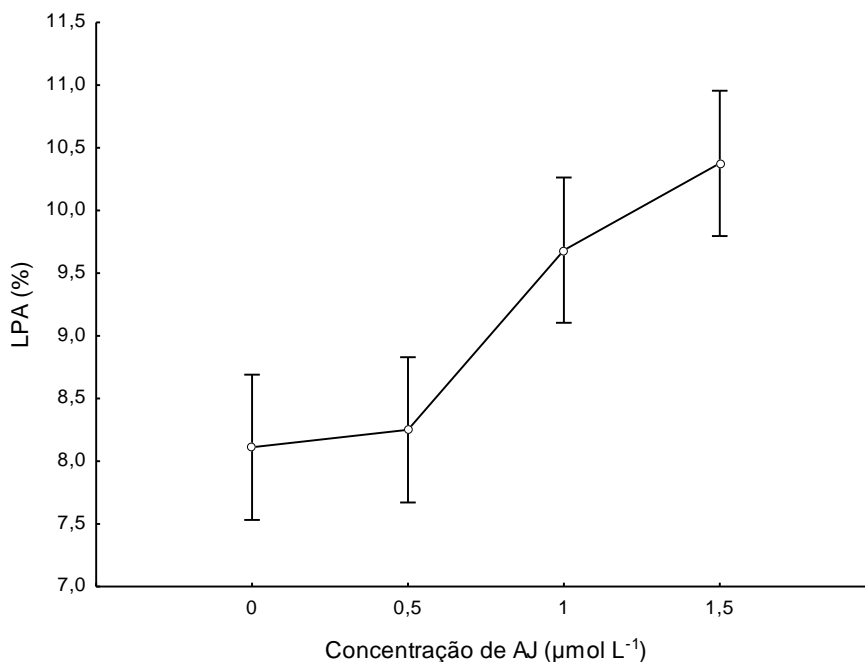


FIGURA 5: Teor de lignina na parte aérea em mudas de *H. impetiginosus* em função da concentração de ácido jasmônico.

A lignificação é um mecanismo comum de defesa das plantas, por liberarem em resposta aos estresses fenilpropanóides que provocam enrijecimento das paredes celulares, além de causarem diversos processos de oxidações com formação de espécies reativas de oxigênio (ROS) diminuindo o crescimento vegetal (JUNG, 2004).

Além de desempenhar papel importante na absorção, transporte e secreção de substâncias, a deposição de lignina na parede celular é responsável pela resistência mecânica de vegetais e é uma das principais formas de defesa da planta. Em geral, a parede celular se torna lignificada quando há um decréscimo da expansão celular (BUCHANAN et al., 2000).

Em relação aos resultados do teor de lignina na raiz, na concentração de 0,5 $\mu\text{mol L}^{-1}$ não foi constatada diferença significativa quando comparada à testemunha. Nas concentrações entre 1 e 1,5 $\mu\text{mol L}^{-1}$ houve aumento médio no teor de lignina de 23,65% comparada à testemunha (Figura 6).

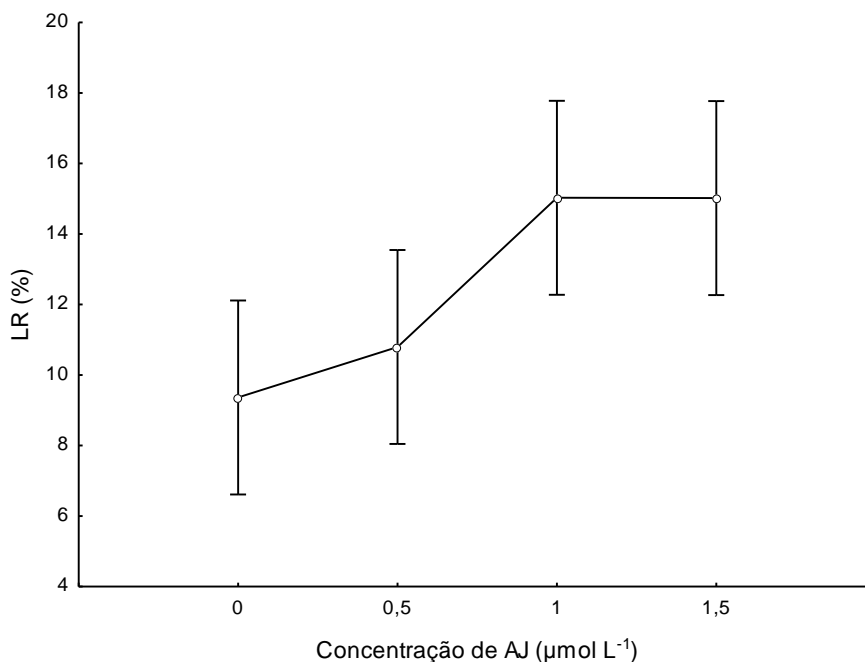


FIGURA 6: Teor de lignina da raiz em mudas de *H. impetiginosus* em função da concentração de ácido jasmônico.

O processo metabólico de deposição de lignina na parede celular é necessário em todos os tecidos das plantas, e é uma etapa importante durante a expansão celular e o crescimento da raiz (BUCHANAN et al., 2000).

O ácido jasmônico é uma das moléculas sinalizadoras que promove a ativação da expressão da PAL (fenilalanina amonialiase). A PAL é uma a primeira enzima da via fenilpropanóides, que converte o aminoácido fenilalanina em ácido cinâmico, sendo relacionada com a síntese de lignina nas paredes celulares da maioria das 17 espécies vegetais (TAIZ; ZIEGER, 2013).

Kavalier (2000) estudou o efeito do metil jasmonato na ativação e no aumento da concentração da PAL em *Brassica rapa*, borrifando $2 \mu\text{mol L}^{-1}$ resultou no aumento de antocianina. Com o aumento na síntese de dímeros de ácidos fenólicos na parede celular ocorrem ligações de polissacarídeos, ocasionando aumento da rigidez e síntese de lignina nas raízes (SANTOS et al., 2004).

Nas plantas a presença de lignina é essencial para as junções entre células vizinhas, expansão e enrijecimento dos tecidos, pois dessa forma promove uma barreira física eficiente contra a invasão de microrganismos (BOUDET, 2000). Levando em conta a quantidade de lignina na raiz, pressupõe-se que em maior quantidade ofereça à planta maior sustentação no solo.

4.5.1.2 *Patagonula americana*

Com as aplicações de ácido jasmônico (AJ) em mudas de *P. americana*, houve efeito significativo ($p < 0,05$) para as variáveis: incremento no diâmetro do coleto, relação altura/diâmetro (H/D), índice de qualidade de Dickson (IQD), e teor de lignina da parte aérea (Tabela 2). Entretanto, os resultados obtidos não externaram significância estatística em relação às variáveis incremento em altura, massa seca de parte aérea e raiz, bem como sua razão, número de folhas, índice SPAD e teor de lignina nas raízes.

As mudas externaram uma massa seca média de 2,37 e 2,45 g para os tecidos aéreos e radiculares, respectivamente, além de incremento em altura de 2,8 cm, 14,9 folhas, com índice relativo de clorofila de 16,31 unidades SPAD e teor de lignina da raiz de 12,55%.

Tabela 2: Resumo da análise de variância para os parâmetros quantificados em mudas de *P. americana* ao final da fase de viveiro em resposta a aplicação de diferentes concentrações de ácido jasmônico.

Variável	QMR	F _{calc}	P _{valor}	CV
MSPA (g)	0,2706	0,7561	0,5349	21,95
MSR (g)	0,4556	0,3094	0,8183	27,55
H (cm)	1,6714	3,4656	0,0492	44,60
NF (por muda)	30,3753	1,3310	0,2992	36,97
DC (mm)	0,0903	6,4752	0,0044	27,16
SPAD	10,2121	1,1190	0,3707	19,59
H/D	2,2768	11,8894	0,0002	46,46
MSPA/MSR	0,0545	0,5429	0,6599	23,49
IQD	0,3569	5,9846	0,0061	39,54
LPA	0,6878	3,9857	0,0268	11,09
LR	6,5533	3,0084	0,0611	13,92

QMR: quadrado médio do resíduo; F_{calc}: valor calculado para tratamentos; P_{valor}: significância do teste; CV: coeficiente de variação; MSPA: Massa seca de parte aérea; MSR: massa seca de raiz; H: altura; NF: número de folhas; DC: diâmetro de coleto; SPAD: índice SPAD; H/D: Relação altura diâmetro; MSPA/MSR: Relação massa seca da parte aérea e massa seca de raiz; IQD: Índice de qualidade de Dickson; LPA: Lignina de parte aérea; LR: Lignina de raiz.

Mudas da espécie *P. americana* responderam aos tratamentos com ácido jasmônico, resultando em um aumento no incremento em diâmetro em 110,7% para os tratamentos com 1 e com 1,5 $\mu\text{mol L}^{-1}$ em relação ao tratamento controle (Figura 7), porém, não diferindo estatisticamente da concentração de 0,5 $\mu\text{mol L}^{-1}$.

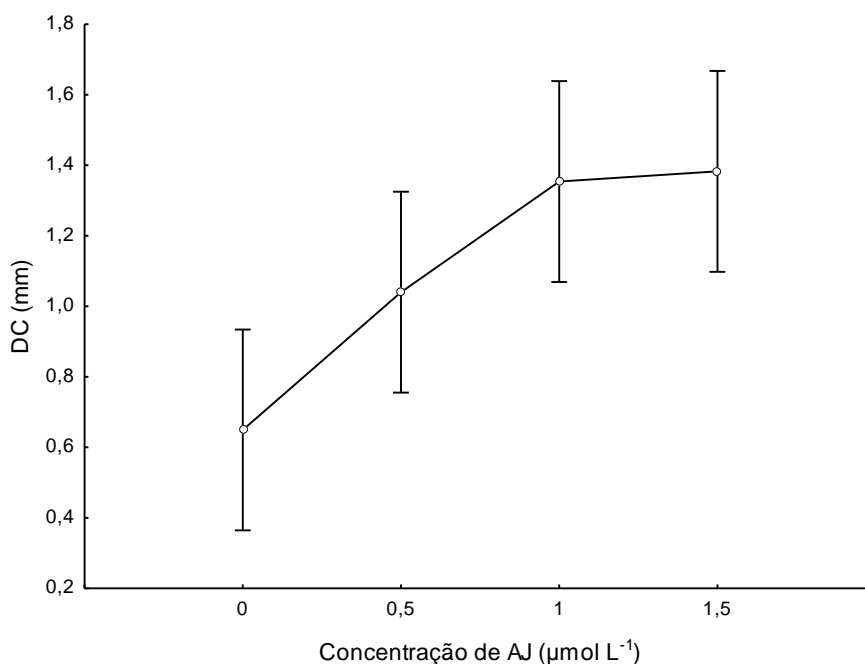


FIGURA 7: Incremento em diâmetro em mudas de *P. americana* em função da concentração de ácido jasmônico.

Mudas que possuem diâmetro muito pequeno tendem a apresentar dificuldades em se estabelecer à campo, pois encontram maior dificuldade em se manter eretas. Há ainda um agravante em mudas que apresentam diâmetro de colo muito menor em relação às mudas com alturas maiores, pois são consideradas com menor qualidade em relação às com maiores diâmetros e menores alturas (CARNEIRO, 1995).

Sendo assim, o diâmetro do coleto é um dos parâmetros mais importantes para determinar a qualidade de mudas, e com o qual pode-se obter uma correlação positiva com a porcentagem de sobrevivência das mudas em campo (STURION; ANTUNES, 2000).

Del Campo et al. (2010), reportam que mudas de *Quercus ilex* L. com maior diâmetro de coleto, em geral, apresentaram maior sobrevivência, principalmente por apresentarem maior capacidade de formação de novas raízes.

Cadorin et al. (2015) verificaram que independentemente do método rustificativo que foi aplicado por quatro ou oito semanas (doses de metil jasmonato e flexões caulinares), foi observado um aumento médio de 102% no crescimento em diâmetro do coleto em mudas de *C. trichotoma*, quando comparado ao tratamento controle. Os autores observaram ainda que o tratamento controle por externar maior velocidade de crescimento em altura e menor taxa de crescimento em diâmetro resultou em maior valor para o índice de robustez.

A relação altura da parte aérea e diâmetro do coleto (H/D), resultou em diferenças significativas ($p < 0,05$) em função das concentrações de AJ aplicadas, sendo que houve redução de 46,9% no tratamento com $0,5 \mu\text{mol L}^{-1}$ de AJ, 74,84% no tratamento com $1 \mu\text{mol L}^{-1}$ e 77,46% no tratamento com $1,5 \mu\text{mol L}^{-1}$ comparados ao tratamento controle (Figura 8).

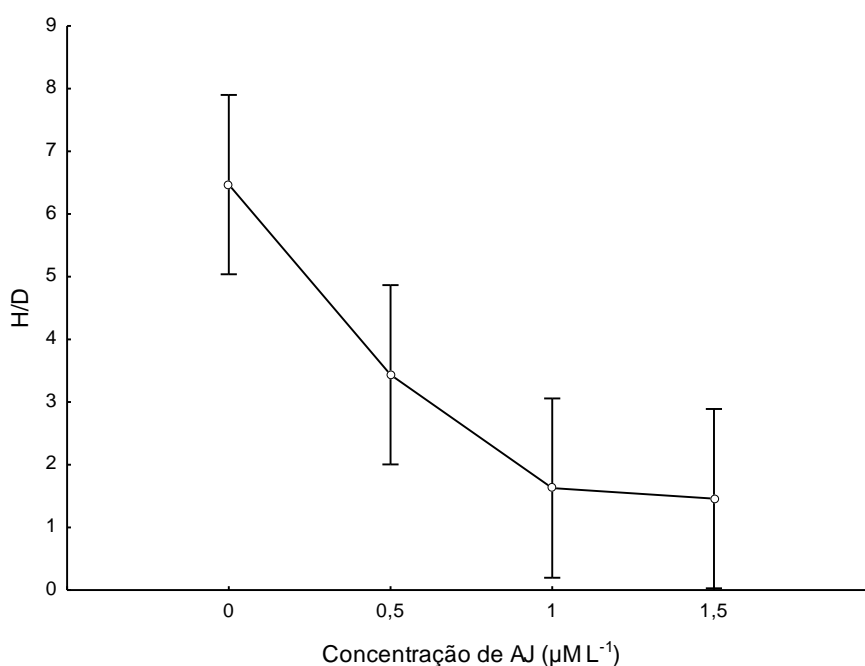


FIGURA 8: Relação altura e diâmetro em mudas de *P. americana* em função da concentração de ácido jasmônico.

De acordo com Gomes et al. (2002), a qualidade da muda pode ser analisada com base nos resultados obtidos pelo diâmetro e altura da muda, pois são esses parâmetros utilizados em conjunto que contribuem com aproximadamente 33% para a qualidade das mudas, sendo recomendado também por ser um método de fácil avaliação e não destrutivo.

De acordo com Haase (2008), a relação H/D pode ser definida também como coeficiente de robustez, sendo que a qualidade é relacionada aos menores valores, pois quanto maior o valor maior a falta de proporcionalidade altura e diâmetro das mudas.

O cálculo do índice de qualidade de Dickson resultou em diferenças entre a testemunha e os demais tratamentos de aplicação de ácido jasmônico para *P. americana*, aumentando de forma significativa no tratamento com $1 \mu\text{mol L}^{-1}$, à semelhança do tratamento com $1,5 \mu\text{mol L}^{-1}$ de AJ. O tratamento com aplicação de $1 \mu\text{mol L}^{-1}$ teve aumento de 191,95% em relação ao tratamento controle (Figura 9).

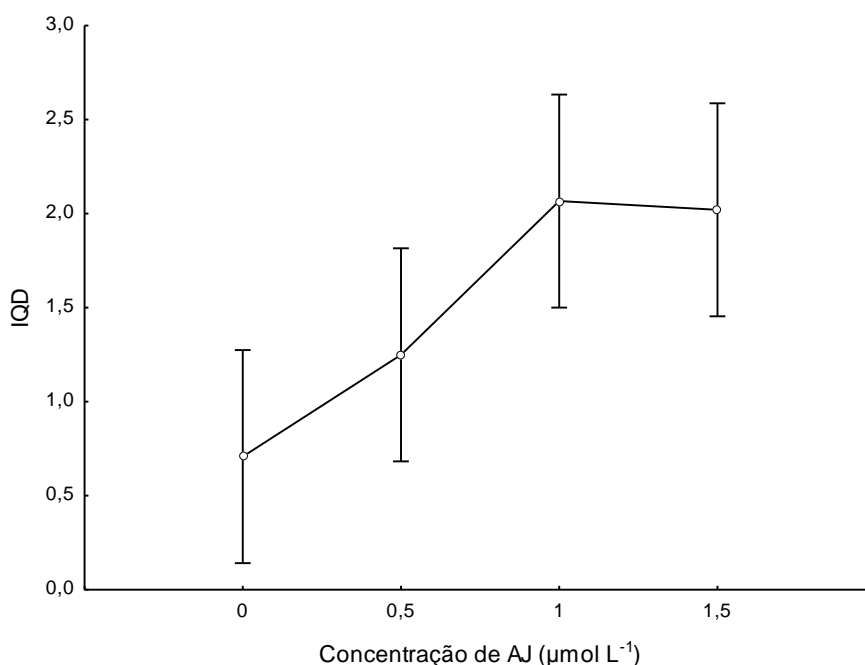


FIGURA 9: Valor do IQD em mudas de *P. americana* em função da concentração de ácido jasmônico.

O IQD é caracterizado como um bom indicador de qualidade de mudas pois o mesmo utiliza a robustez (relação H/D) e o equilíbrio da distribuição da biomassa (relação MSPA/MSR), ponderando os resultados de várias características morfológicas importantes empregadas para avaliação da qualidade. Quanto maior o índice de qualidade de Dickson, melhor a qualidade das mudas. A literatura evidencia que o IQD é uma característica variável, em função da espécie, do manejo, do substrato, do volume do recipiente, da idade da muda avaliada (CALDEIRA et al., 2007).

Com as aplicações de AJ houve aumento do teor de lignina na parte aérea em mudas de *P. americana* (Figura 10). O AJ quando aplicado na sua menor concentração de $0,5 \mu\text{mol L}^{-1}$ não resultou em efeito significativo, enquanto a concentração de $1 \mu\text{mol L}^{-1}$ expressou um aumento de 27,55% de lignina quando comparada à testemunha.

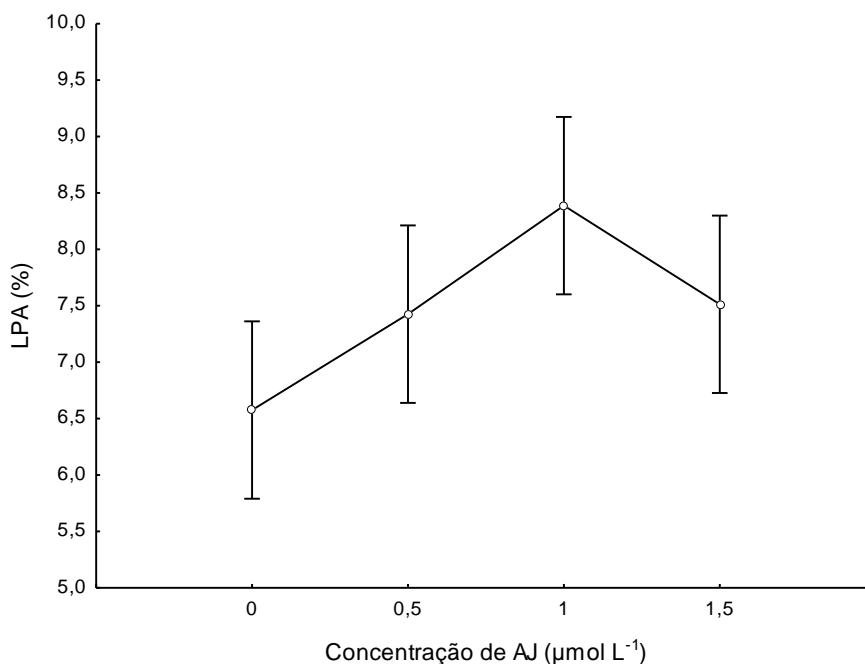


FIGURA 10: Teor de lignina da parte aérea em mudas de *P. americana* em função da concentração de ácido jasmônico.

Em trabalho realizado por Monteiro, Pereira e Abreu (2012) com aplicação de AJ em mudas de *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake, quando aplicado na menor concentração de $1 \mu\text{mol L}^{-1}$ reportaram resultado relevante aumentando consideravelmente o teor de lignina para 41,56 % em relação à testemunha com 26,43%. Na concentração de $2 \mu\text{mol L}^{-1}$, o AJ incitou efeito inibitório reduzindo a lignina para 20,49%, abaixo da testemunha.

A rigidez mecânica da lignina promove fortalecimento do caule e do tecido vascular, possibilitando que a água e os sais minerais sejam conduzidos através do xilema sob pressão negativa, sem que haja colapso do tecido (YAMADA; CASTRO, 2007).

Para a lignificação no sistema radicular, não houve aumento significativo para essa espécie, provavelmente pelo fato das concentrações utilizadas não serem suficientes para a indução da biossíntese de lignina nesse local.

4.5.2 Desenvolvimento experimental a campo

Na fase do experimento a campo a temperatura média variou de 19,1 a 26,6 °C, a umidade média de 75 a 80,6% e a precipitação de 83 a 239,2 mm (Figura 11). Esses dados foram fornecidos pelo Instituto Meteorológico do Paraná (SIMEPAR, 2016).

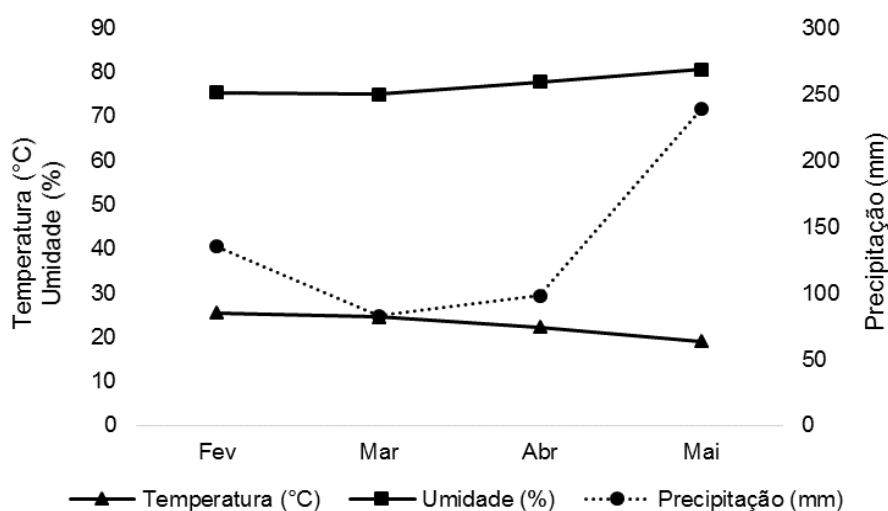


FIGURA 11: Temperatura média, umidade relativa do ar média e precipitação acumulada de fevereiro de 2015 a maio de 2015 em Santa Helena – PR.

Os dados morfométricos iniciais de *H. impetiginosus* e *P. americana* após aplicação dos tratamentos de rustificação estão listados na Tabela 3.

TABELA 3: Valores médios iniciais das variáveis morfométricas em mudas de *H. impetiginosus* e *P. americana* antes do plantio a campo.

Variável	H (cm)	DC (mm)	NF
<i>H. impetiginosus</i>	16,7	4,2	29,6
<i>P. americana</i>	17,7	6,5	47,0

H: altura; DC: diâmetro de coleto; NF: número de folhas.

A sobrevivência das mudas de *H. impetiginosus* e *P. americana* após os três meses de plantio a campo foi de 100%, pois não havia concorrência com ervas daninhas e as condições meteorológicas não foram limitantes.

De acordo com Carneiro (1995), a qualidade das mudas tem influência direta sobre o estabelecimento e o desenvolvimento inicial das mudas. Além disso, Voelker

et al. (2011) relataram a relação entre lignificação e sobrevivência a campo, em que híbridos de *Populus* spp que possuíam baixo teor de lignina tiveram alta taxa de mortalidade a campo.

A correlação entre teor de lignina e sobrevivência de mudas a campo também foi constatado por Dranski, Malavasi e Malavasi (2015), que induziram a lignificação por tigmomorfogênese em mudas de *Pinus taeda* L. e obtiveram alta taxa de sobrevivência após o plantio. O estímulo mecânico aplicado no viveiro acionou mecanismos de tolerância, resultando em maior sucesso no estabelecimento de mudas de *P. taeda*, sendo que estes resultados sustentam a hipótese de que o teor de lignina das mudas influenciou na maior sobrevivência e crescimento inicial. Desta forma, plantas com maior teor de lignina são mais propensas a estabelecer-se a campo.

4.5.2.1 *Handroanthus impetiginosus*

A avaliação de desempenho das mudas de *H. impetiginosus* em campo, aos 90 dias do plantio indicou que as pulverizações com AJ afetaram apenas a taxa de crescimento em diâmetro do coleto (Tabela 4). Para os demais parâmetros não houve significância ($p > 0,05$), que externaram uma altura média de 18,1 cm, com 50,3 folhas, além de possuir um índice de esbeltez de 4,38.

Tabela 4 - Resumo da análise de variância em mudas de *H. impetiginosus* aos 90 dias após plantio a campo em função da aplicação de ácido jasmônico.

Variável	QMR	F _{calc}	P _{valor}	CV
H (cm)	73,4614	0,4775	0,7038	47,15
DC (mm)	0,4513	7,4957	0,0043	14,57
NF (por muda)	226,3666	1,9126	0,1814	29,88
H/D	8,3784	0,7249	0,5564	69,56

QMR: quadrado médio do resíduo; F_{calc}: valor calculado para tratamentos; P_{valor}: significância do teste; CV: coeficiente de variação; H: altura; DC: diâmetro de coleto; NF: número de folhas; H/D: Relação altura diâmetro.

Na avaliação do incremento em diâmetro do coleto em mudas de *H. impetiginosus* após 90 dias do plantio a campo, resultou em aumento de 56,59% nas

mudas submetidas ao tratamento com $1,5 \mu\text{mol L}^{-1}$ de AJ, comparado ao tratamento controle (Figura 12).

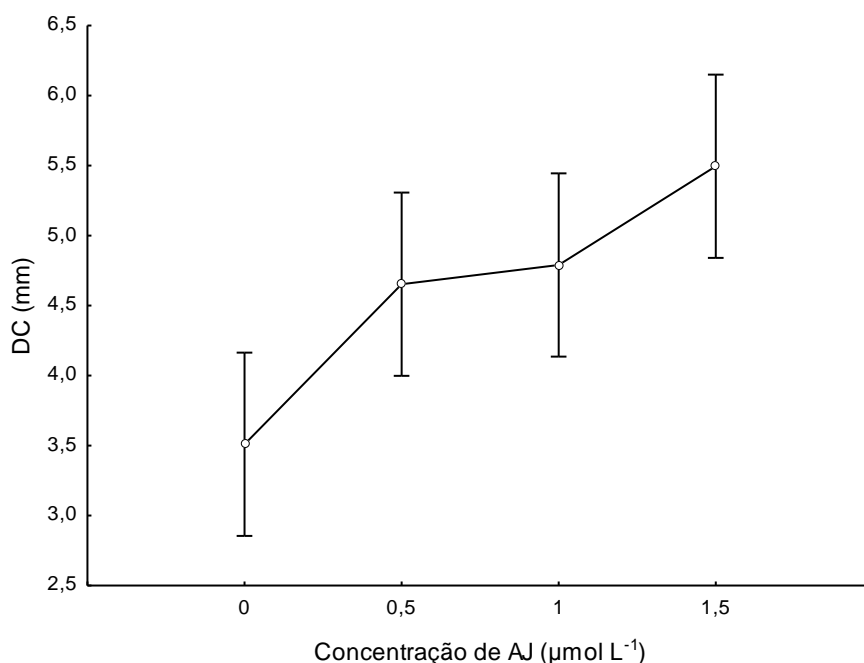


FIGURA 12: Incremento em diâmetro em mudas de *H. impetiginosus* em função da concentração de ácido jasmônico.

Segundo Sturion e Antunes (2000), o diâmetro do coleto é um parâmetro importante para determinar a qualidade das mudas por estar diretamente associado ao desenvolvimento do sistema radicular, o que garante o sucesso no estabelecimento a campo.

Vários autores que trabalharam com metil jasmonato observaram que o mesmo induz a produção de etileno em diversos órgãos das plantas. Um dos efeitos do etileno é a redução do crescimento de plantas pois promove redução no transporte de auxinas, reorganização de microtúbulos e microfibrilas de celulose da parede celular para uma posição longitudinal, resultando em redução de altura e espessamento do caule (KERBAUY, 2013). Dranski et al. (2013) ao aplicarem etefon em mudas de *Pachystroma longifolium* (Ness). I.M. Johnst., obtiveram aumento no diâmetro de coleto de até 44% com aplicação de 600 mg.L^{-1} .

4.5.2.2 *Patagonula americana*

As aplicações de ácido jasmônico (AJ) em mudas de *P. americana* resultaram em efeito significativo na análise de desempenho em campo para a

variável relação altura/diâmetro (H/D). Quanto às variáveis incremento em altura, incremento em diâmetro do coleto e número de folhas, os resultados obtidos não externaram significância (Tabela 5). As mudas externaram uma altura média de 23,2 cm e 7 mm de diâmetro do coleto, com 141,6 folhas.

Tabela 5 - Resumo da análise de variância para os parâmetros quantificados em mudas de *P. americana* após 90 dias de crescimento a campo em resposta a aplicação de diferentes concentrações de ácido jasmônico.

Variável	QMR	F _{calc}	P _{valor}	CV
H (cm)	82,3091	3,1685	0,0638	38,97
DC (mm)	3,4379	1,2986	0,3199	26,38
NF (por muda)	1989,7979	1,1644	0,3637	31,49
H/D	1,7938	6,4842	0,0074	37,67

QMR: quadrado médio do resíduo; F_{calc}: valor calculado para tratamentos; P_{valor}: significância do teste; CV: coeficiente de variação; H: altura; DC: diâmetro de coleto; NF: número de folhas; H/D: Relação altura diâmetro.

A análise dos resultados da relação H/D indicou que os menores valores foram calculados em mudas que receberam as maiores concentrações de ácido jasmônico durante as pulverizações em viveiro, sugerindo que as mudas submetidas a maior concentração de ácido jasmônico apresentaram maior qualidade em comparação às demais (Figura 13).

Comparando com o tratamento controle, houve uma redução de 53,14% no tratamento com 1 $\mu\text{mol L}^{-1}$ de AJ e de 59,62% no tratamento com a concentração de 1,5 $\mu\text{mol L}^{-1}$ de AJ.

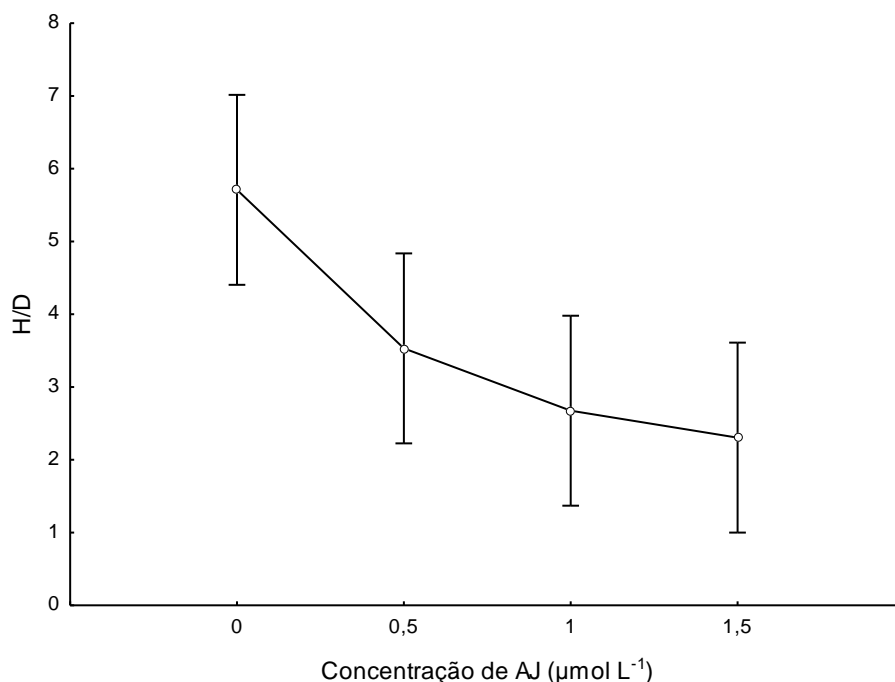


FIGURA 13: Relação altura e diâmetro em mudas de *P. americana* em função da concentração de ácido jasmônico.

Segundo com Sturion e Antunes (2000) um dos parâmetros de qualidade de mudas de espécies florestais considerado importante é a relação altura/diâmetro do coleto da muda, pois o mesmo reflete o acúmulo de reservas, o que assegura maior resistência e melhor fixação no solo. Mudas que apresentam baixo diâmetro do coleto geralmente possuem dificuldades de se manterem eretas após o plantio. Portanto, essa variável é reconhecida como um dos melhores, se não o melhor indicador do padrão de qualidade de mudas (MOREIRA; MOREIRA, 1996).

Além disso, a altura, combinada com o diâmetro do coleto, é considerada uma das mais importantes características para estimar o crescimento das mudas após o plantio a campo (GOMES; PAIVA, 2004). Johnson e Cline (1991) acrescentaram ainda que uma baixa relação altura/diâmetro do coleto garante às mudas maior sobrevivência e crescimento.

4.6 CONCLUSÕES

A avaliação do efeito da pulverização exógena de ácido jasmônico na biossíntese de lignina resultou em aumento da concentração nos tecidos aéreos e

radiculares em mudas de *H. impetiginosus* e nos tecidos aéreos de mudas de *P. americana*.

Os resultados indicam que dependendo da concentração utilizada de ácido jasmônico pode ser eficiente em promover a rustificação e melhorar o desempenho inicial a campo, sendo que a concentração de 1,5 $\mu\text{mol L}^{-1}$ resultou em maior qualidade das mudas de *H. impetiginosus* e a concentração de 1 $\mu\text{mol L}^{-1}$ resultou em maior qualidade para mudas de *P. americana* no viveiro e com ganho no desenvolvimento inicial.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BJÖRKLUND, S. Plant hormones in wood formation, novel insights into the roles of ethylene and gibberellins. 2007. 53f. **Thesis** (Doctoral in Forest Sciences) - Swedish University Swedish of Agricultural Sciences, Umeå, SWE, 2007.

BOUDET, A. M. Lignins and lignification: selected issues. **Plant Physiology and Biochemistry**, v.38, p.81-96, 2000.

BUCHANAN, B. B.; GRUISSEM, W.; JONES, R. L. **Biochemistry and molecular biology of plants**. Rockville: American Society of Plant Physiologists, 2000.

CADORIN, D. A.; MALAVASI, U. C.; COUTINHO, P. W. R.; DRANSKI, J. A. L.; MALAVASI, M. M. Metil jasmonato e flexões caulinares na rustificação e crescimento inicial de mudas de *Cordia trichotoma*. **Cerne**, v. 21, n. 4, Lavras, 2015, pp. 657-663.

CALDEIRA, M. V. W.; MARCOLIN, M.; MORAES, E.; SCHAADT, S. S. Influência do resíduo da indústria do algodão na formulação de substrato para produção de mudas de *Schinus terebinthifolius* Raddi, *Archontophoenix alexandrae* Wendl. et Drude e *Archontophoenix cunninghamiana* Wendl. et Drude. **Ambiência**, Guarapuava, v. 3, p. 1 - 8, 2007.

CARNEIRO, J. G. de A. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais**. Curitiba: UFPR/UENF/FUPEF, 1995. 415p.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. 1. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2003. v. 1, 1039 p.

DA FONSECA, L. A.; PEIL, R. M. N.; STRASSBURGER, A. S.; AUMONDE, T. Z. Crescimento de mudas de pimentão para cultivo sem solo sob o efeito de estimulação mecânica e pulverização de etileno. **XV Congresso de Iniciação Científica**, VIII Encontro de Pós graduação. Pelotas, UFPEL, 2006. 3p.

DAVIES, P. J. The plant hormones: their nature, occurrence, and functions. In: DAVIES, P. J. (Ed.) **Plant hormones**: physiology, biochemistry and molecular biology. 2.ed. Estados Unidos: Kluwer Academic Publishers, 1995.

DEL CAMPO, A. D.; NAVARRO, R. M.; CEACERO, E. C. J. Seedling quality and field performance of commercial stocklots of containerized holm oak (*Quercus ilex*) in Mediterranean Spain: an approach for establishing a quality standard. **New Forests**, v.39, n.1, p.19-37, 2010.

DRANSKI, J. A. L.; MALAVASI, U.C.; MALAVASI, M. M.; JACOBS, D. F. Effect of ethephon on hardening of *Pachystroma longifolium* seedlings. **Revista Árvore**, v.37, n.3, p.401-407, Viçosa, 2013.

DRANSKI, J. A. L.; MALAVASI, U.C.; MALAVASI, M. M. Relationship between lignin content and quality of *Pinus taeda* seedlings. **Revista Árvore**, v.39, n.5, p.905-913, Viçosa, 2015.

EMATER - Instituto Paranaense de Assistência Técnica e Extensão Rural do Paraná. 2006. Disponível em: <http://www.emater.pr.gov.br>. Acesso em: 26/09/2015.

FERNANDES, L. A. FURTINITI NETO, A. E.; FONSECA, F. C.; VALE, F. R. do. Crescimento inicial, níveis críticos de fósforo e frações fosfatadas em espécies florestais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n.6, p.1191-1198, 2000.

FONSECA, E. P. et al. Padrão de qualidade de mudas de *Trema micrantha* (L.) Blume, produzidas sob diferentes períodos de sombreamento. **Revista Árvore**. v. 26. n. 4. Viçosa, 2002.

GOMES, J. M. et al. Parâmetros morfológicos na avaliação de qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, vol.26, n.6, Viçosa, 2002.

GOMES, J. M.; PAIVA, H. N. **Viveiros florestais**: (propagação sexuada). 3.ed. Viçosa: UFV-Universidade Federal de Viçosa, 2004. 116p.

HAASE, D. L. Understanding forest seedling quality: measurements and interpretation. **Tree Planters Notes**, v. 52, n. 2, p. 24-30, 2008.

IPARDES. Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social. **Caderno estatístico: município de Santa Helena**. Curitiba, IPARDES, 2008.

JACOBS, D. F.; LANDIS, T. D. **Nursery manual for native plants**: Guide for tribal nurseries. v. 1. United States Department of Agriculture, Forest Service, 2009.

JOHNSON, J. D.; CLINE, M. L. Seedling quality of southern pines. In: DURYEA, M. L.; DOUGHERTY, P. (eds.). **Forest regeneration manual**. Netherlands: Klumer Academics Publishers, 1991. p.143-162.

JUNG, S. Effect of chlorophyll reduction in *Arabidopsis thaliana* by methyl jasmonate or norflurazon on antioxidant systems. **Plant Physiology and Biochemistry**, n. 42. 2004. 225-231.

KAVALIER, A. **The effects of methyl jasmonate on the anthocyanin content and growth rates of the Wisconsin fast plants *Brassica rapa***. Research performed at the College of Charleston. 2000.

KERBAUY, G. B. **Fisiologia vegetal**. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2013.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Saraiva: Plantarum, v. 1, 6. ed., 2014.

MARENCO, R. A.; LOPES, N. F. **Fisiologia vegetal: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral**. 2 ed. Viçosa: Editora UFV, 469 p. 2007

MONTEIRO, M. B. O.; PEREIRA, R. P. W.; ABREU, H. S. Análise composicional por espectrometria de infravermelho da lignina de *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake tratados com reguladores de crescimento. **Biochemistry and Biotechnology Reports**. Jul./Dez., v.1, n.2, p. 48-56, 2012.

MOREIRA, F. M. S.; MOREIRA, F. W. Característica de germinação de 64 espécies de leguminosas florestais nativas da Amazônia, em condições de viveiro. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 26, n. 1/2, p. 3-16, 1996.

NOVAES, A. B.; CARNEIRO, J. G. A.; BARROSO, D. G.; LELESP. S. S. Avaliação do potencial de regeneração de raízes de mudas de *Pinus taeda* L. produzidas em diferentes tipos de recipientes e seu desempenho a campo. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.26, n.6, p.675-681, 2002.

SANTOS, W. D.; FERRARESE, M. L. L.; FINGER, A.; TEIXEIRA, A. C. N.; FERRARESEFILHO, O. **Lignification and related enzymes in soybean root growth-inhibition by ferulic acid**. J. Chem. Ecol., New York, v. 30, p.1199-1208, 2004.

STURION; J.A.; ANTUNES, B.M.A. **Produção de mudas de espécies florestais**. In: GALVÃO, A.P.M. Reflorestamento de propriedades rurais para fins de produtivos e ambientais, Colombo: 2000. p.125-150.

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

van SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2.ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994. 476p.

VOELKER, S. L.; LACHENBRUCH, B.; MEINZER, F. C.; KITIN, P.; STRAUSS, S. H. Transgenic poplars with reduced lignin show impaired xylem conductivity, growth efficiency and survival. **Plant, Cell and Environment**, v. 34, n. 4, p. 655-668, 2011.

YAMADA, T.; CASTRO, P. R. C. **Efeitos do glifosato nas plantas:** implicações fisiológicas e agronômicas. Encarte do Informações Agronômicas, Nº 119, Setembro, 2007. 32p.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A padronização na produção das mudas, desde a emergência, favorece uma uniformização no seu desenvolvimento, possibilitando a saída de mudas padrão do viveiro para o campo, admitindo iguais condições de desempenho após plantio.

Dos métodos de rustificação alternativos, a aplicação do regulador de crescimento ácido jasmônico por pulverização destaca-se pela facilidade de aplicação em viveiros.

A aplicação de ácido jasmônico em mudas de *H. impetiginosus* e *P. americana* em viveiro pode aumentar a tolerância aos estresses do ambiente, por induzirem a rustificação. O entendimento do papel desempenhado pelos reguladores de crescimento abre uma nova perspectiva na melhora da qualidade de mudas.

Após a avaliação conjunta dos parâmetros morfológicos e dos índices de qualidade observados para as espécies *H. impetiginosus* e *P. americana*, considera-se importante, ensaios futuros que possam avaliar outras concentrações de AJ a fim de melhorar a qualidade da muda.

As aplicações de ácido jasmônico promoveram alterações na relação altura/diâmetro sem influenciar na biomassa de ambas espécies, o que pode ser explicada pela possível inibição da ação e translocação das auxinas na parte aérea no vegetal, o que acarretou no menor crescimento aéreo das plantas. Portanto, a ausência de significância para as variáveis MSPA e MSR foi influenciada pela translocação orgânica das folhas para o caule e raízes das mudas.

O conhecimento do processo de formação da lignina ainda requer muitas pesquisas de natureza teórica e experimental, principalmente relacionando a lignificação, visando melhorar a qualidade da muda.