



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO SCRICTO-SENSU EM
AGRONOMIA
NÍVEL MESTRADO E DOUTORADO**

MICHELLE CRISTINA AJALA

**ALTERAÇÕES MORFOFISIOLÓGICAS POR ESTÍMULO MECÂNICO E
QUÍMICO EM MUDAS DE *Cordia trichotoma* Vell. Arrab. Ex. Steud E *Guazuma
ulmifolia* Lamarck.**

MARECHAL CÂNDIDO RONDON

2015

MICHELLE CRISTINA AJALA

**ALTERAÇÕES MORFOFISIOLÓGICAS POR ESTÍMULO MECÂNICO E
QUÍMICO EM MUDAS DE *Cordia trichotoma* Vell. Arrab. Ex. Steud E *Guazuma
ulmifolia* Lamarck**

Tese apresentada a Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, para obtenção do título de Doctor Scientiae.

Orientador:

Prof. Dr. Ubirajara Contro Malavasi

Co-Orientadores:

Prof. Dr. Pedro Villar-Salvador

Prof. Dra. Marlene de Matos Malavasi

Prof. Dr. Vandeir Francisco Guimarães

MARECHAL CÂNDIDO RONDON

2015

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
(Biblioteca da UNIOESTE – Campus de Marechal Cândido Rondon – PR., Brasil)

A312a	Ajala, Michelle Cristina Alterações morfofisiológicas por estímulo mecânico e químico em mudas de <i>Cordia trichotoma</i> Vell. Arrab. Ex. Steud e <i>Guazuma ulmifolia</i> Lamarck / Michelle Cristina Ajala. - Marechal Cândido Rondon, 2015. 107 p.
	Orientador: Prof. Dr. Ubirajara Contro Malavasi Coorientadores: Prof Dr. Pedro Villar-Salvador Prof ^a . Dr ^a . Marlene de Matos Malavasi Prof. Dr. Vandeir Francisco Guimarães
	Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus de Marechal Cândido Rondon, 2015.
	1. Árvores - Brasil. 2. Silvicultura. 3. I. Malavasi, Ubirajara Contro. II. Villar-Salvador, Pedro. III. Malavasi, Marlene de Matos. IV. Guimarães, Vandeir Francisco. V. Título.
	CDD 22. ed. 634.95 CIP-NBR 12899

Ficha catalográfica elaborado por Marcia Elisa Sbaraini Leitzke CRB-9/539

MICHELLE CRISTINA AJALA

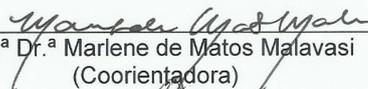
ALTERAÇÕES MORFO-FISIOLOGICAS POR ESTÍMULO MECÂNICO E
QUÍMICO EM MUDAS DE *Cordia trichotoma* Vell. Arrab. Ex. Steud e
Guazuma ulmifolia Lamarck

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

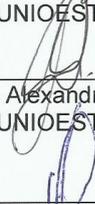
APROVADA: 10 de junho de 2015



Prof. Dr. Pedro Villar-Salvador
(Coorientador – Programa de Doutorado Sanduíche no Exterior - PDSE)
(Universidad de Alcalá, Espanha)



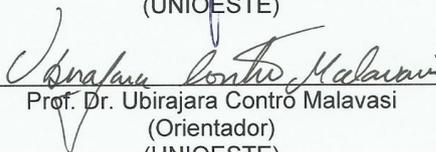
Prof.^a Dr.^a Marlene de Matos Malavasi
(Coorientadora)
(UNIOESTE)



Pesq. Dr. João Alexandre Lopes Dranski
(UNIOESTE)



Prof. Dr. Vandeir Francisco Guimarães
(Coorientador)
(UNIOESTE)



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

A Deus, meu filho Breno e meu marido Gerson, os quais foram grandes contribuintes emocionalmente para que esta etapa fosse concluída. Nada é por acaso, mas o acaso de tê-los a meu lado foi imprescindível para seguir minha caminhada.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa.

Ao prof. Dr. Ubirajara Contro Malavasi, por todos os ensinamentos e pela confiança em todos os momentos.

Aos Co-orientadores Dra. Marlene de Matos Malavasi e Dr. Vandeir Francisco Guimarães, pela atenção e ensinamentos em todo o decorrer do curso.

Ao Programa Ciência sem Fronteiras, por oportunizar o estágio no exterior – PDSE.

Ao professor Dr. Pedro Villar-Salvador pelos ensinamentos e carinho despendidos desde o primeiro contato.

Ao Prof. Dr. Edmar Soares de Vasconcelos pela contribuição com as análises estatísticas.

A todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, que transmitiram seus conhecimentos contribuindo tanto para o crescimento pessoal quanto para o desenvolvimento profissional dos alunos.

Ao colega João pelo auxílio e apoio.

Aos meus colegas de classe, pelos agradáveis momentos passados durante o curso, em especial Fabi, Alice, Cris e Sidi, amigas que levarei por toda vida.

A minha amiga/companheira/irmã Deise por toda ajuda durante este período. O laço criado nesta fase de nossas vidas foi fortalecido pela amizade e assim permanecerá.

A todos os funcionários da Unioeste e da Universidad Alcalá de Henares que contribuíram de forma direta ou indireta, em especial ao pessoal do viveiro e laboratórios, por toda ajuda no processo de execução do experimento, tornando possível a realização deste trabalho.

A todos os amigos latinos e europeus que fizeram os dias cada vez melhores durante o estágio no exterior.

A minha mãe e avó. Mulheres fortes que serviram para embasar minha conduta e busca pelo caminho certo diariamente. Meus exemplos de vida!

A toda minha família por desafiar meu caminho e me mostrar que sempre posso ir além do que imagino.

A todos, meu muito obrigada!

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

CAPÍTULO II	36
FIGURA 1: Temperatura e umidade relativa no local ensaio e durante os trinta dias de para a espécie <i>Cordia trichotoma</i> , Marechal Cândido Rondon, outubro/novembro, 2013.....	40
FIGURA 2: Temperatura média e umidade relativa no local e durante os trinta dias de ensaio com a espécie <i>Guazuma ulmifolia</i> , Marechal Cândido Rondon, novembro/dezembro, 2013.	40
FIGURA 3: Incremento em altura de mudas de <i>G. ulmifolia</i> em função de flexões caulinares diárias e aplicação foliar de etileno.....	44
FIGURA 4: Incremento em diâmetro em mudas de <i>G. ulmifolia</i> em função de flexões caulinares diárias e aplicação foliar de etileno.	45
FIGURA 5: Número de folhas em mudas de <i>G. ulmifolia</i> em função de flexões caulinares diárias e aplicação foliar de etileno semanal.	48
FIGURA 6: Índice SPAD em mudas de <i>G. ulmifolia</i> em função de flexões caulinares diárias e aplicação foliar de etileno semanal.	49
FIGURA 7: Massa seca aérea em mudas de <i>G. ulmifolia</i> em função de flexões caulinares diárias.....	51
FIGURA 8: Massa seca total em mudas de <i>G. ulmifolia</i> em função de flexões caulinares diárias.....	51
FIGURA 9: Relação MSR:MSPA em mudas de <i>G. ulmifolia</i> em função de flexões caulinares diárias.....	52
FIGURA 10: Incremento em altura em mudas de <i>C. trichotoma</i> em função de flexões caulinares diárias e aplicação foliar de etileno semanal.....	55
FIGURA 11: Massa seca da raiz em mudas de <i>C. trichotoma</i> em função de flexões caulinares diárias.....	56
FIGURA 12: Massa seca seca total em mudas de <i>C. trichotoma</i> em função de flexões caulinares diárias.....	56
FIGURA 13: Sobrevivência de mudas de <i>C. trichotoma</i> em função de flexões caulinares diárias e aplicação foliar de etileno semanal.	57
CAPITULO III	63
FIGURA 1: Temperatura e umidade relativa do ar no local durante o ensaio com mudas de <i>C. trichotoma</i> , Marechal Cândido Rondon, outubro/novembro, 2013.....	67

FIGURA 2: Temperatura média e umidade relativa do ar no local durante o o ensaio com mudas de <i>G. ulmifolia</i> , Marechal Cândido Rondon, novembro/dezembro, 2013.	67
FIGURA 3: Concentração de lignina no caule em mudas de <i>G. ulmifolia</i> em função de flexões caulinares diárias.	74
FIGURA 4: Perda de eletrólitos radiculares em mudas de <i>G. ulmifolia</i> em função do número de flexões caulinares diárias.	75
FIGURA 5: Concentração de carboidratos não estruturais em mudas de <i>G. ulmifolia</i> em função de flexões caulinares diárias e aplicações de etileno semanais.	77
FIGURA 6: Concentração de nitrogênio em caules (A) e raízes (B) em mudas de <i>G. ulmifolia</i>	80
FIGURA 7: Concentração de fósforo em caules de <i>G. ulmifolia</i>	81
FIGURA 8: Concentração de potássio em caules (A) e raízes (B) em mudas de <i>G. ulmifolia</i>	83
FIGURA 9: Concentração de cálcio (A) e magnésio (B) em caules de mudas de <i>G. ulmifolia</i> em função de flexões caulinares.	85
FIGURA 10: Concentração de lignina no caule em mudas de <i>C. trichotoma</i> em função de tratamentos de intensidades de flexão caulinar diária.	88
FIGURA 11: Teste da perda de eletrólitos em tecidos radiculares em mudas de <i>C. trichotoma</i> em função de tratamentos de intensidades de flexão caulinar diária e aplicações de etileno semanais.	89
FIGURA 12: Concentração de carboidratos não estruturais em mudas de <i>C. trichotoma</i> em função de tratamentos de intensidades de flexão caulinar diária e aplicações de etileno semanais.	90
FIGURA 13: Concentração de nitrogênio em caules (A) e raízes (B) de mudas de <i>C. trichotoma</i>	93
FIGURA 14: Concentração de fósforo em caules (A) e raízes (B) de mudas de <i>C. trichotoma</i>	94
FIGURA 15: Concentração de potássio em caules (A) e raízes (B) de mudas de <i>C. trichotoma</i>	95
FIGURA 16: Concentração de cálcio em caules (A) e raízes (B) em mudas de <i>C. trichotoma</i>	97
FIGURA 17: Concentração de magnésio em raízes de mudas de <i>C. trichotoma</i>	98

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO II	36
TABELA 1: Valores médios iniciais em mudas de <i>Guazuma ulmifolia</i> . 2013.....	43
TABELA 2: Incremento em altura e coleto, número de folhas, índice SPAD e porcentagem de sobrevivência de mudas de <i>Guazuma ulmifolia</i> submetida a flexão caulinar e aplicação foliar de etileno. 2013.....	44
TABELA 3: Resumo da análise de variância em mudas de <i>G. ulmifolia</i> em função de flexões caulinares diárias e aplicação foliar de etileno semanal. 2013.....	50
TABELA 4: Comparação da massa seca aérea, total e da relação entre massa seca da raiz e aérea em mudas de <i>G. ulmifolia</i> em função da aplicação foliar de etileno. 2013.....	53
TABELA 5: Valores médios iniciais das variáveis morfométricas em mudas de <i>C. trichotoma</i> antes da aplicação dos tratamentos.	53
TABELA 6: Resumo da análise de variância para a interação entre flexão caulinar e etileno e para o fator flexões caulinares da espécie <i>C. trichotoma</i> em função de flexões caulinares diárias e aplicação foliar de etileno semanal. 2013.	54
CAPITULO III	63
TABELA 1: Resumo da análise de variância para a perda de eletrólitos radiculares e teor de lignina da espécie <i>G. ulmifolia</i> em função de flexões caulinares diárias e aplicação foliar de etileno semanal. 2013.....	73
TABELA 2: Concentração de lignina no caule e valor do teste PER em mudas de <i>G. ulmifolia</i> em função da presença ou ausência da aplicação foliar de etileno.....	76
TABELA 3: Resumo da análise de variância dos teores de nutrientes em mudas de <i>G. ulmifolia</i> em função de flexões caulinares diárias e da aplicação foliar de etileno semanal. ..	79
TABELA 4: Concentrações de fósforo nas raízes de mudas de <i>G. ulmifolia</i> em função da aplicação de etileno.....	82
TABELA 5: Valores das concentrações de cálcio e magnésio em caules de mudas de <i>G. ulmifolia</i> em função da aplicação de etileno	86
TABELA 6: Resumo da análise de variância para a perda de eletrólitos radiculares das espécies <i>C. trichotoma</i> em função de intensidades de flexões caulinares diárias e aplicações de etileno semanais, 2013.....	87
TABELA 7: Resumo da análise de variância em função de flexões caulinares diárias e aplicação foliar de etileno semanal em caules e raízes de mudas de <i>C. trichotoma</i>	91

TABELA 8: Valores das concentrações de magnésio em caules de <i>C. trichotoma</i> em função da aplicação de etileno	99
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

Ca: Cálcio

g: gramas

i.a: ingrediente ativo

K: Potássio

Kg: Quilo

L: litros

MSPA: Massa seca de parte aérea

MSR: massa seca de raiz

MST: massa seca total

Mg: Magnésio

mg: miligramas

N: Nitrogênio

P: fósforo

PER: perda de eletrólitos radiculares

°C: grau centígrado

SUMÁRIO

LISTA DE ILUSTRAÇÕES	vii
LISTA DE TABELAS	ix
LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS	xi
CAPÍTULO I	xiv
1. INTRODUÇÃO GERAL	15
2. OBJETIVOS GERAIS	18
3. REVISÃO DE LITERATURA GERAL	19
3.1 ESPÉCIES DE ESTUDO.....	19
3.2 PRODUÇÃO DE MUDAS	21
3.3 RUSTIFICAÇÃO: FASE FINAL DA PRODUÇÃO DE MUDAS	24
3.4 ESTÍMULO MECÂNICO	26
3.5 ETILENO	28
3.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	31
CAPÍTULO II: EFEITOS DA APLICAÇÃO DE ESTÍMULO QUÍMICO E FÍSICO EM MUDAS DE CORDIA TRICHOTOMA E GUAZUMA ULMIFOLIA NA ÚLTIMA FASE DA PRODUÇÃO DE MUDAS	36
1. INTRODUÇÃO	37
2. MATERIAIS E MÉTODOS	39
2.1 CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL	39
2.2 PRODUÇÃO DE MUDAS	39
2.3 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	41
2.4 VARIÁVEIS ANALISADAS	41
2.5 ESTRESSE HÍDRICO	42
2.6 ANÁLISE DOS DADOS	43
3. RESULTADO E DISCUSSÃO	43
3.1 <i>Guazuma ulmifolia</i>	43
3.2 <i>Cordia trichotoma</i>	53
4. CONCLUSÃO	58
5. REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO	59
CAPÍTULO III: QUANTIFICAÇÃO DE LIGNINA, CARBOIDRATOS SOLÚVEIS TOTAIS, MACRONUTRIENTES E ELETRÓLITOS RADICULARES EM MUDAS	

DE <i>Guazuma ulmifolia</i> E <i>Cordia trichotoma</i> APÓS A RUSTIFICAÇÃO POR ESTÍMULOS MECÂNICO E QUÍMICO.	634
1 INTRODUÇÃO	64
2 MATERIAIS E MÉTODOS	66
2.1 CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL.....	66
2.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	68
2.3 QUANTIFICAÇÃO DOS ELETRÓLITOS RADICULARES.....	68
2.4 DETERMINAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE LIGNINA.....	69
2.5 QUANTIFICAÇÃO DE CARBOIDRATOS SOLÚVEIS TOTAIS.....	70
2.6 DETERMINAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DOS MACRONUTRIENTES N, P, K, Ca E Mg.....	71
2.7 ANÁLISE DOS DADOS.....	72
3 RESULTADO E DISCUSSÃO	72
3.1 <i>Guazuma ulmifolia</i>	73
3.2 <i>Cordia trichotoma</i>	87
4 CONCLUSÃO	99
5 REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO	100
CAPITULO IV:	104
1 DISCUSSÕES GERAIS	104
2. CONSIDERAÇÕES FINAIS	106
3 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	107

CAPÍTULO I

AJALA, Michelle. Doutoranda, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Junho – 2015. **Alterações morfofisiológicas por estímulo mecânico e químico em mudas de *Cordia trichotoma* Vell. Arrad. ex. Steuds e *Guazuma ulmifolia* Lamarck.** Orientador: Dr. Ubirajara Contro Malavasi. Coorientador: Dr. Pedro Villar-Salvador; Dra. Marlene de Matos Malavasi; Dr. Vandeir Francisco Guimarães.

AJALA, Michelle, Mcc, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Junho – 2015. **Mechanical stimulation and application of ethylene in seedlings of *Cordia trichotoma* Vell. Arrab. Ex. Steud and *Guazuma ulmifolia* Lamarck in the final stage of production of seedlings.** Advisor: Ubirajara Contro Malavasi. Co-Advisors: Pedro Villar-Salvador; Marlene de Matos Malavasi; Vandeir Francisco Guimarães.

RESUMO GERAL: A última fase da produção de mudas, a rustificação, é uma técnica adotada em viveiros que visa expor as mudas a condições mais severas que aquelas submetidas na fase de crescimento, com o objetivo de prepará-las para o campo. Com base no exposto, objetivou-se no presente trabalho avaliar, o efeito da aplicação de etileno e flexão caulinar em duas espécies florestais nativas (em épocas distintas) *Cordia trichotoma* e *Guazuma ulmifolia*. Os tratamentos consistiram na aplicação de flexões caulinares de 0, 10, 20 e 40 flexões diárias e pulverizações (0 e 4) com etileno em esquema fatorial em duas espécies florestais nativas. Assim, subdividiu-se este trabalho em três partes. Na primeira parte, avaliaram-se parâmetros morfológicos das mudas e sua sobrevivência. As variáveis analisadas foram: altura da parte aérea do vegetal, diâmetro de colo, número de folhas, índice SPAD e massa seca das mudas. Na segunda parte, avaliou-se a concentração de carboidratos solúveis totais em folhas, o dano celular através da perda de eletrólitos radiculares e a concentração de lignina em caules de ambas as espécies. Na terceira parte, avaliou-se a concentração dos macronutrientes N, P, K, Ca e Mg. Nos parâmetros morfológicos avaliados constatou-se que a espécie *G. ulmifolia* apresentou redução no incremento em altura superior a 60 % e 35 % no diâmetro de coleto quando submetida à flexão caulinar comparado a mudas controle. Os resultados mais expressivos ocorreram com 20 flexões caulinares. Em *C. trichotoma* ocorreu uma diminuição significativa no incremento em altura, e a aplicação destes fatores em conjunto diminuiu a sobrevivência da espécie. Nos parâmetros fisiológicos a espécie *G. ulmifolia* apresentou uma redução linear na concentração de lignina e aumento na perda de eletrólitos radiculares (PER) quando submetida a flexões. A concentração de carboidratos aumentou em 55% quando associado a fatores flexão caulinar e pulverização com etileno. Na espécie *C. trichotoma* houve redução na concentração de lignina, PER e carboidratos (com a aplicação de flexões caulinares e pulverizações com etileno). Quanto aos macronutrientes, verificou-se que foi reduzida a concentração de N (13,2 %) e P (20 %) em caules de *G. ulmifolia*, enquanto o K aumentou com até 23 flexões quando aplicado o etileno. A concentração de Ca e Mg mostrou um acréscimo com 26 flexões caulinares. Já a aplicação de etileno diminuiu a concentração em 21,6 % e 14 % para cálcio e magnésio *G. ulmifolia* respectivamente. A espécie *C. trichotoma* revelou um aumento linear na concentração de N em caules em mudas estimuladas mecanicamente e pulverizadas com etileno. Em raízes, esse aumento foi de 45 % em mudas flexionadas 10 vezes ao dia com aplicação de etileno. O teor de cálcio foi reduzido em caules e raízes quando comparadas à mudas controle em ambos os tratamentos com flexões caulinares e etileno em *C. trichotoma*. A concentração de magnésio foi elevada em mudas sem pulverização com etileno em até 25 flexões caulinares, enquanto,

mudas pulverizadas reduziram linearmente a concentração de Mg a medida que se elevaram as flexões caulinares na referida espécie.

Palavras-chave: Parâmetros morfológicos. Parâmetros fisiológicos. Estímulo físico. Estímulo químico. Rustificação.

ABSTRACT: The last phase of seedling production, the hardening is a technique used in nurseries which aims to expose the seedlings to more severe conditions than those submitted in the growth phase, in order to prepare them for the field. Based on the above, the aim of the present study was to evaluate the effect of the application of ethylene and bending stem in two native forest species (at different times) *Cordia trichotoma* and *Guazuma ulmifolia*. The treatments consisted in the application of stem pushups 0, 10, 20 and 40 daily crunches and sprays (0 to 4) with ethylene in a factorial design in two native species. Thus, this study was subdivided into three parts. In the first part were evaluated morphological parameters of the seedlings and their survival. The variables were height of the aerial part of the plant, stem diameter, number of leaves, SPAD index and dry mass of seedlings. In the second part, we evaluated the concentration of soluble carbohydrates in leaves, cell damage through the loss of root electrolytes and the lignin content in stems of both species. In the third part evaluated the concentration of macronutrients N, P, K, Ca and Mg. The evaluated morphological parameters was found that the *G. ulmifolia* species decreased in the increase in height of more than 60% and 35% in diameter collect when subjected to bending stem compared to control seedlings. The most significant results occurred with 20 pushups shoot. *C. trichotoma* a significant decrease in the increase in height, and the application of these factors together decreased the survival of the species. In physiological parameters *G. ulmifolia* species showed a linear reduction in the lignin content and increased loss of electrolytes root (REL) when subjected to bending. The concentration of carbohydrates increased by 55% when combined with stem bending factors and spraying with ethylene. The species *C. trichotoma* there was a reduction in the concentration of lignin, REL and carbohydrates (with the application of stem crunches and spraying with ethylene). Concerning macronutrients, it was found to be reduced to N concentration (13.2%) and P (20%) in *G. ulmifolia* stems, while K increased with up to 23 ethylene flexing when applied. The concentration of Ca and Mg showed an increase with 26 pushups shoot. Since the application ethylene concentration decreased by 21.6% and 14% for calcium and magnesium *G. ulmifolia* respectively. The species *C. trichotoma* revealed a linear increase in the concentration of N in stems of seedlings mechanically stimulated and sprayed with ethylene. In roots, the increase was 45% flexed 10 times a day with ethylene seedlings application. The calcium content was reduced in the stems and roots when compared to control seedlings in both treatments stem and ethylene flexing *C. trichotoma*. The magnesium concentration was high in no spray seedlings with ethylene until stem 25 flexing while plants sprayed linearly reduced Mg concentration is increased as the stem flexing in said species.

Keywords: Morphological parameters. Physiological parameters. Physical stimulation. Chemical stimulation. Hardening.

1. INTRODUÇÃO GERAL

As plantações florestais começaram a ganhar espaço no campo da pesquisa a partir da segunda década do século XX, quando a produção para fins comerciais demonstrou significativa diferença em relação a florestas nativas (MAZOYER e ROUDART, 2010). Vários fatores contribuíram neste processo, entre eles estão a qualidade da madeira obtida com padrões homogêneos, a proximidade entre o produtor e o consumidor, a possibilidade de maior controle na produção, a redução dos custos e a possibilidade de estabelecimento em áreas selecionadas (GARLIPP e FOELKEL, 2009).

Além do fator econômico, o fator ambiental também tem sido levado em consideração em áreas que devem ser revegetadas. Contudo, áreas onde não existe uma adequada fonte de propágulos não podem ser revegetadas com facilidade, aumentando a dependência do plantio de mudas. Todavia, a recomposição vegetal com espécies nativas a partir de mudas encontra muita dificuldade na sobrevivência e desenvolvimento da espécie pós-plantio por várias condições ambientais a que são expostas (CONTARDI e GONDA, 2012).

Assim, para que o processo de produção de mudas em viveiro possa atender as expectativas de sobrevivência e minimizar as perdas pós-plantio é necessário que as mudas sejam expostas a condições semelhantes às aquelas encontradas no local de plantio. O bom crescimento e desenvolvimento do vegetal no viveiro e sua preparação para o campo não só permite a programação da produção como também o planejamento da implantação do talhão (para fins econômicos ou conservacionistas) facilitando o manejo, diminuindo os gastos com tratamentos culturais e minimizando as perdas em todo o processo da produção e plantio de mudas. Em resumo, a contribuição e os potenciais impactos de florestas plantadas dependem da quantidade e práticas operacionais adotadas na produção de mudas (GARLIPP e FOELKEL, 2009).

Uma área crítica na produção de mudas e que deve receber especial atenção refere-se aos fatores que determinam sua qualidade, uma vez que a qualidade da muda pode predizer seu desempenho a campo. Há vários estudos que demonstram alguns aspectos que exprimem esta qualidade, de acordo com a estrutura e condição fisiológica do vegetal (MEXAL, 2012a).

Apesar de que o sucesso de plantios florestais dependerem em grande parte das mudas utilizadas, a escolha dos parâmetros de avaliação da qualidade de mudas ainda não está bem definida, principalmente para espécies lenhosas nativas. Os critérios na seleção das mudas

para o plantio são baseados em parâmetros que na maioria das vezes não quantificam as “reais” qualidades, visto que a qualidade da muda depende do tipo de transporte ao campo, da distribuição e do conjunto de fatores ambientais do local de plantio.

Tanto a qualidade morfológica quanto a fisiológica das mudas dependem da carga genética, da procedência das sementes, das condições ambientais, dos métodos e técnicas de produção.

Mexal (2012b) considera que de um ponto de vista fisiológico na pesquisa de espécies florestais é importante que se avalie o estado nutricional, a tolerância a períodos com escassez de água, da técnica utilizada para a rustificação e a acumulação de hidratos de carbono.

Mudas com boa relação entre altura e diâmetro, bem nutridas e com raízes bem desenvolvidas são consideradas com “maior qualidade” que as demais. Uma muda é classificada com boa qualidade quando possui a capacidade para crescer e se desenvolver logo após seu plantio (MEXAL, 2012a).

A avaliação da qualidade de mudas é um componente importante em programas de reflorestamento. O uso de mudas de baixa qualidade pode resultar em baixas taxas de crescimento e estabelecimento de plantações (SAMPSON et al. 1996). Mudas vigorosas desenvolvem-se muito melhor a campo se comparadas com mudas de baixo vigor, bem como o estabelecimento a campo de mudas de alta qualidade pode vir a exigir menos manutenção (Burdett, 1990) e são mais resistentes a insetos, doenças e condições de estresse (LANDIS et al. 2010).

No planejamento da produção de mudas é necessário considerar que a região Sul do Brasil é uma região com frequentes chuvas, principalmente no verão e ventos com rajadas de 60 a 90 km/h (MACHADO, 2014). Todavia, poucos estudos foram realizados com o objetivo de estudar os efeitos do vento sobre o crescimento de plantas (BONNESOUER et al. 2013).

Uma vez que a maioria das pesquisas de avaliação de qualidade de mudas tem sido sobre as espécies de coníferas (Moulton e Hernandez, 2000; King e Keeland 1999) faz-se necessário à expansão destas pesquisas também com espécies nativas, pois além de fornecer produtos madeireiros e não madeireiros, fundamentam a restauração de áreas degradadas.

Na avaliação da qualidade de mudas são utilizados tanto parâmetros morfológicos quanto fisiológicos. Desta forma, o objetivo da produção de mudas é reunir características morfológicas e fisiológicas que possam relacionar-se e assegurar o êxito da plantação (ROSE et al. 1990). Embora a avaliação da qualidade de mudas tenha como base, principalmente os atributos morfológicos (Gomes et al. 2002) essa avaliação é insuficiente, fazendo com que

atributos fisiológicos também sejam considerados (SILVA, 2004). Colombo et al. (2001) acrescentaram ainda que além de atributos morfológicos é necessária a avaliação de parâmetros fisiológicos e químicos na construção do conceito “planta-alvo”.

Desta forma, objetivou-se com este trabalho avaliar alguns parâmetros morfológicos, fisiológicos e bioquímicos na aplicação de flexões caulinares e pulverizações foliares com etileno em duas espécies florestais nativas.

1 OBJETIVOS GERAIS

O presente trabalho objetivou mensurar os efeitos do estímulo mecânico e de frequências da aplicação de etileno na fase final da produção de mudas de duas espécies florestais nativas, utilizando como estratégias:

a) Quantificar os efeitos de flexões caulinares e aplicações de etileno nas características morfológicas em um período de 30 dias.

b) Aferir os efeitos de flexões caulinares e aplicações de etileno nas respostas fisiológicas como na concentração de lignina nas paredes celulares, na concentração de carboidratos não estruturais e na concentração de macronutrientes N, P, K, Ca e Mg,

c) Mensurar o estresse sofrido pela muda a partir da aplicação destes tratamentos através da perda de eletrólitos radiculares (PER) na fase final da produção de mudas;

d) Avaliar a sobrevivência das mudas após um período de 15 dias sem irrigação através de análise visual e porcentagem de sobrevivência.

2 REVISÃO DE LITERATURA GERAL

2.1 ESPÉCIES DE ESTUDO

Grande parte das espécies arbóreas cultivadas pelo mundo não é nativa das regiões em que se encontram. Espécies nativas lenhosas são naturalmente adaptadas às regiões onde ocorrem, sendo muito importantes para o equilíbrio ambiental, pois existem complexas relações dos demais seres vivos com essas árvores. Entre as várias vantagens no plantio de espécies nativas estão o fornecimento de madeira para diversos fins, plantio em consórcio com pastagens e agricultura promovendo benefícios a ambas as culturas, recuperação e adubação do solo, auxílio no desenvolvimento de atividades turísticas, entre outras (SEMA, 2015).

No presente estudo foram utilizadas as espécies nativas *Cordia trichotoma* Vell. Arrab. ex. Steud e *Guazuma ulmifolia* Lamarck.

Cordia trichotoma pertence à família das Boraginaceae. A ocorrência da *Cordia trichotoma* inclui a Argentina, o Paraguai e o Brasil, estendendo-se da Bahia ao Rio Grande do Sul. O nome vulgar da espécie varia de acordo com a região, sendo conhecida por louro-pardo, amora do mato, louro-da-serra e ipê-de-tabaco (PR), canela-batata, ipê-louro, juretê, louro-batata e pau-cachorro (SP), capoeira (BA), louro-negro (SC), louro-preto (RS), malvão (DF) e petevy – Py (CARVALHO, 2002).

A espécie é uma árvore caducifólia que quando adulta possui entre 8 a 35 m de altura, sendo que o tronco pode atingir 15 metros e 40 a 100 cm de diâmetro a altura do peito. O processo reprodutivo inicia ao redor de 5 anos de idade (CARVALHO, 2002).

A floração é abundante de fevereiro a junho, com maior intensidade durante os meses de março a abril. O fruto apresenta-se cilíndrico com superfície lisa, indeiscente, monocárpico de cor bege-esverdeado a marrom. Possui semente elipsoidal, sendo que o modo de dispersão é o perianto, com fruto e a semente. “A semente propriamente dita, encontra-se presa às paredes do fruto, pela base do estigma” (CARVALHO, 2003 p. 648; FILIPPI et al. 2012).

A espécie apresenta rápido crescimento inicial e capacidade de regenerar-se facilmente via semente. A madeira da espécie é amplamente empregada na produção mobiliária, em revestimentos decorativos e na fabricação de portas e janelas, possui resistência à flexão e boa

estabilidade, caracterizando-se como atraente e agradável com excelentes atributos estéticos e decorativos, é leve a moderadamente densa (Carvalho, 2002) sendo altamente valorizada no mercado internacional (PARAGUAY, 2015).

O comportamento silvicultural da espécie ainda é pouco conhecido (CARVALHO, 2006), no entanto, a mesma espécie tem se mostrado exigente nutricionalmente, desenvolvendo-se melhor em solos de média a alta fertilidade (CARVALHO, 1988).

Para Reitz et al. (1983) *apud* Scheeren et al. (2002), a *C. trichotoma* é uma espécie passível de combinação com a agricultura tanto para cultivos como para pastoreios controlados, pois a árvore não exerce competição sobre os campos naturais nem sobre as áreas cultivadas.

A *Cordia trichotoma* possui também qualidades ornamentais e pode ser utilizada no paisagismo em geral (LORENZI, 1998). A espécie é recomendada para reflorestamentos heterogêneos destinados à recomposição de áreas degradadas de preservação permanente (CARVALHO, 2002).

Outra espécie que faz parte do presente estudo é a *G. ulmifolia*, pertencente à família das Sterculiaceae popularmente conhecida como mutamba, mutambo, fruta-de-macaco, embira, embireira e mutamba verdadeira. A *G. ulmifolia* de acordo com Lorenzi (1998) é uma espécie nativa brasileira frequente em quase todo o país, desde a Amazônia até o Paraná, principalmente na floresta latifoliada semidecídua.

A *G. ulmifolia* adapta-se a uma variedade de locais úmidos e secos. A espécie é característica das formações secundárias e capoeiras abertas, cresce em lugares abertos, margem de rios, bosques explorados e ambientes alterados, não é exigente quanto ao solo, e cresce rapidamente quando não tem competição. Considerada como uma espécie perenifólia, sua dispersão é ampla, mas irregular e descontínua, exercendo um papel ecológico como espécie pioneira (CARVALHO, 2007; PARAGUAY, 2015).

G. ulmifolia apresenta sementes arredondadas de coloração acinzentada e tegumento duro, as folhas são alternas, pecioladas com nervura principal e secundárias evidentes. O sistema radicular é constituído pela raiz principal, raízes secundárias e terciárias com comprimento similar a parte aérea, o caule é reto e de coloração verde-escura (PAIVA SOBRINHO e SIQUEIRA, 2008).

Quando adulta, a espécie apresenta altura entre 8 m a 16 m e tronco entre 30 cm e 50 cm de diâmetro (LORENZI, 1998).

A importância de estudo da *G. ulmifolia* justifica-se por suas possibilidades de plantios energéticos, sendo considerado um excelente combustível, principalmente para a lenha, uma vez que, o lenho produz ótimo carvão que pode ser transformado em pólvora de excelente qualidade. Já a casca desta espécie, produz material para a fabricação de cordas (LORENZI, 1998; CARVALHO, 2007).

“Pode-se dizer que a *G. ulmifolia* é uma espécie pioneira na regeneração de áreas, logo, conhecer o desenvolvimento inicial desta espécie é um passo importante para auxiliar um programa de recuperação de áreas degradadas” (PAIVA SOBRINHO e SIQUEIRA, 2008, p.115).

2.2 PRODUÇÃO DE MUDAS

O aumento no consumo de madeira, tanto na área energética quanto no beneficiamento e transformação, demonstra a necessidade na geração de novas tecnologias para a produção de mudas. Produção esta, que vise o estabelecimento de florestas cada vez mais produtivas (ELOY et al. 2013). A produção de mudas de alta qualidade, seja com o propósito econômico ou conservacionista, necessita de conhecimentos morfológicos e silviculturais de cada espécie florestal (FILIPPI et al. 2012).

As florestas plantadas (FP) são responsáveis por fornecer matéria-prima para diferentes usos industriais e não industriais contribuindo para o suprimento de diversos serviços ambientais e sociais. As FP são responsáveis também por minimizar os danos ocorridos na extração dos recursos naturais, pois de certo modo repõe, mesmo que parcialmente, os recursos extraídos de matas nativas (GARLIPP e FOLKEL, 2009).

Além de reverter processos de desertificação, as FP dão suporte para produção de lenha, produtos não madeireiros e subsistência de pessoas e de comunidades locais, evitando correntes migratórias (GARLIPP e FOLKEL, 2009. p. 5).

Todavia, apesar da imensa riqueza da flora brasileira, a maior parte das atividades florestais econômicas nacionais se baseia em espécies exóticas, com eucaliptos e pinheiros. “Este paradoxo traz à tona uma ideia premente: é fundamental que o Brasil intensifique as pesquisas em busca de um melhor aproveitamento da biodiversidade brasileira” (BRASIL, 2015).

Contudo, quando se trata de reflorestamento é muito importante que se conheça a espécie que se pretende cultivar para uma efetiva utilização de técnicas em reflorestamentos com interesses econômicos. Porém, quando se trata de espécies nativas, o desconhecimento dessas informações é característico para a grande maioria das espécies (SCHEEREN et al. 2002).

Salienta-se que independente da espécie, o êxito na formação de talhões florestais de alta produtividade está diretamente relacionado à qualidade das mudas plantadas. Entende-se com isso que estas mudas devem possuir como principais características a resistência às condições adversas pós-plantio e um crescimento volumétrico desejável (SANTOS et al. 2000). As dificuldades no estabelecimento de padrões e de recomendações para a obtenção de mudas de boa qualidade acarretam mortalidade pós-plantio, e conseqüentemente um maior custo com mudas face às extensas áreas a serem reflorestadas (FLORES-AYLAS et al. 2003).

Produção mais uniforme de mudas, ou seja, com menor variação nos parâmetros morfológicos, além de facilitar o manejo em qualquer estágio da produção reduz a necessidade de classificação de mudas (CARNEIRO, 1995).

Difícilmente um viveiro poderia produzir plantas que pudessem ter um bom comportamento em condições edafoclimáticas muito diferentes. O normal ou aconselhável é que sejam produzidas mudas com atributos morfofisiológicos e de comportamento de acordo com os fatores limitantes de cada ambiente ou local de plantio (ESCOBAR, 2012).

O cultivo de espécies florestais assim como qualquer outra atividade deve possuir algumas generalidades, além da quantidade, a busca por um produto de qualidade deve ser o mais eficiente possível. As plantas são consideradas com qualidade se cumprirem dois requisitos básicos de comportamento, uma vez estabelecidas a campo, o primeiro - a sobrevivência e o segundo - o crescimento (CONTARDI e GONDA, 2012).

Assim, a produção de mudas resistentes e capacitadas a sobreviver a períodos de seca é uma das possíveis alternativas para minimizar as perdas pós-plantio (CÂNDIDO et al. 1982).

O bom crescimento destas mudas é obtido quando se segue uma metodologia adequada de produção, desde a semeadura até a pós-colheita. Para que isso ocorra, é necessário que as pessoas encarregadas destas atividades estejam capacitadas para aplicar as técnicas mais apropriadas. Por outro lado, antes de realizar a semeadura em viveiro é necessário que esteja claro qual sistema produtivo será empregado, pois do mesmo, dependerá

do tipo de plantas a ser produzido, o custo final e seu desenvolvimento posterior em seu local de plantio (CONTARDI e GONDA, 2012).

Pode ocorrer que o mesmo lote de mudas, instaladas em terrenos diferentes, desenvolvam-se de maneira distinta. Quando isto ocorre significa que algum atributo da planta, morfológico ou fisiológico não era adequado para o local, geralmente em condições mais limitantes. Por este motivo é comum que viveiristas optem por produzir plantas para locais específicos (ESCOBAR, 2012).

Um dos principais problemas encontrados por viveiristas na produção de mudas de espécies florestais é determinar quais fatores, durante a fase de viveiro, irão alterar a sobrevivência e o desenvolvimento inicial das mudas no campo e quais as características da planta que se correlacionam melhor com essas variáveis (FONSECA et al. 2002).

A qualidade de mudas florestais é muito específica e geralmente implica maiores exigências que mudas destinadas a jardinagem ou horticultura, uma vez que aquelas mudas deverão estar em condições de enraizar-se em um ambiente natural, geralmente adverso e diferente das condições ótimas que recebe no viveiro (CONTARDI e GONDA, 2012).

Para Gomes et al. (2002 p. 656) “na determinação da qualidade das mudas prontas para o plantio, os parâmetros utilizados baseiam-se ou nos aspectos fenotípicos, denominados de morfológicos, ou nos internos das mudas, denominados de fisiológicos”.

Eloy et al. (2013) complementaram que na determinação da qualidade das mudas, podem ser utilizadas características tanto morfológicas e/ou fenotípicas, quanto fisiológicas e/ou internas da planta. As características morfológicas ainda são as mais utilizadas para determinar qualidade das mudas, uma vez que apresentam maior aceitação por parte dos viveiristas. Todavia, essas informações ainda carecem de definições para que possam responder à sobrevivência e ao crescimento inicial, em função das adversidades que são encontradas a campo após o plantio.

Habitualmente, consideram-se no emprego do controle de qualidade de mudas de espécies florestais alguns caracteres. São considerados caracteres morfológicos de natureza quantitativa o tamanho da planta ou de alguma de suas partes bem como a proporção entre elas, à altura e o diâmetro do colo (MEXAL, 2012 a). Entretanto, estes caracteres quantitativos têm sido pensados para coníferas e algumas espécies arbóreas. Assim, algumas características poderão levar em conta outras qualificações para serem aplicadas a espécies lenhosas, especialmente as não arbóreas (VILLAR-SALVADOR, 2003).

Portanto, o principal objetivo da produção de mudas de espécies florestais é a obtenção de mudas de boa qualidade para o plantio a campo, no menor espaço de tempo possível (GUERRA et al. 1982). Porém o que é essa qualidade? De maneira geral, a qualidade da muda depende de vários fatores como um todo. Entre estes fatores estão a qualidade morfológica e fisiológica das mudas que é função da qualidade da genética e da procedência das sementes, das condições ambientais do viveiro, dos métodos utilizados na produção das mudas, das estruturas e dos equipamentos utilizados no viveiro e do armazenamento e transporte das mudas (MEXAL. 2012 a; 2012b). Sendo que é importante salientar que não existe um único modelo de qualidade de mudas, ou seja, a qualidade de uma planta determinada pode ser válida para certos objetivos de restauração, mas não para outros.

Adicionalmente, na busca por qualidade, espera-se que a muda esteja preparada para as condições adversas do campo. Esta resistência ou preparação para que ocorra resistência aos estresses pós-plantio ocorre na última fase de produção de mudas, também conhecida por rustificação, que consiste no preparo ou condicionamento das plantas ao estresse (VILLAR-SALVADOR, 2003).

A rustificação é uma fase fundamental na produção de plantas em viveiro, pois é nesta fase que o viveirista estabelece ou induz os diferentes tipos de atributos que qualificam as plantas para vencer os diferentes fatores limitantes em um local específico de plantação. Desta forma, as falhas que ocorrem nesta fase podem acarretar em plantas mal preparadas para as condições do local de plantio (ESCOBAR, 2012).

2.3 RUSTIFICAÇÃO: FASE FINAL DA PRODUÇÃO DE MUDAS

A produção de mudas em viveiro geralmente encontra uma grande dificuldade, que é a necessidade de produzir mudas que serão destinadas para áreas bem definidas e com características específicas e controladas. Assim, procura-se obter uma maior uniformização no crescimento tanto em altura quanto em sistema radicular, desta forma, quando as mudas atingem um tamanho adequado é suprimida a adubação e reduzida à irrigação, conduzindo a rustificação (REIS, 2006).

A rustificação é uma prática adotada habitualmente por viveiristas e aplicada durante as últimas semanas de cultivo. Geralmente, esta fase coincide com o período final do crescimento vegetativo das mudas, ou seja, quando as mudas já alcançaram os padrões de

crescimento desejável para a espécie (VILAGROSA et al. 2006). Até este período as plantas são cultivadas em ótimas condições, como irrigação e fertilização adequadas (GOMES, 2002; REIS, 2006; VILAGROSA et al. 2006).

No período que antecede a rustificação, as plantas apresentam geralmente ótima qualidade morfofisiológica e sanitária. Contudo, estão muito vulneráveis para ser submetidas a condições de estresse que podem ocorrer durante e pós-plantio, pois se encontram com crescimento ativo. É neste momento que a planta deve ser rustificada, para que seus mecanismos de resistência a estresse sejam potencializados (VILAGROSA et al. 2006).

Vilagrosa et al (2006) complementaram que o processo de rustificação não deve ser considerado como uma fase separada do cultivo e sim como uma fase complementar. Todavia, para que uma planta possa ser rustificada é necessário que as condições em que ela foi cultivada tenham sido propícias para seu desenvolvimento.

Existem vários procedimentos para rustificar as mudas em viveiro e as condições edafoclimáticas do local de plantio devem determinar o método rustificativo. Por exemplo, em regiões frias convém promover rustificação por métodos que exponham a muda ao frio e o contrário, para regiões mais quentes. Regiões com baixa precipitação, convencionalmente utilizam-se técnicas que potencializem a sobrevivência da planta a períodos secos (LANDIS et al. 2010).

Para Landis et al. (2010) a ideia de conduzir o cultivo de mudas baseando-se nas condições de plantio iniciou-se no fim dos anos 70 e início de 1980 quando a fisiologia das mudas começou a determinar as condições de cultivo. Pesquisadores florestais começaram a averiguar os efeitos da adoção de práticas culturais no desempenho destas mudas a campo. Por volta de 1990, foi adotado o conceito de planta- alvo, do inglês *target plant*, termo que passou a ser tratado em viveiros durante a produção de mudas, pois a qualidade da muda dependerá do destino final da mesma, ou seja, com base nas condições do local em que será plantada.

A utilização de técnicas de rustificação com redução na irrigação justifica-se pelo déficit de umidade do solo ter sido relatado como um dos principais fatores que limitam o crescimento de plantas e a produtividade dos ecossistemas em todo o mundo (CHAVES et al. 2004). Conforme relataram Gloger e Giron (2011) as variações anuais de pluviosidade na região oeste paranaense são muito instáveis de um ano para outro.

Floriani et al. (2011) avaliaram o efeito da rustificação através da aclimação ao frio em mudas de *Eucalyptus dunnii* Maiden e a relação entre a tolerância ao frio e as

concentrações foliares de carboidratos solúveis totais e de prolina. Aqueles autores expuseram as mudas a diferentes períodos de aclimação (0, 7, 21 e 42 dias de exposição às plantas a temperaturas diurnas de 5 °C e noturnas de 1 °C) e após cada período as mudas foram submetidas a quatro gradientes de temperatura negativas (-2 °C, -4 °C, -6 °C e -8 °C), por 3 h.

Os resultados do ensaio proposto por Floriani et al. (2011) demonstraram que em até 28 dias de aclimação houve um aumento nos teores de carboidratos solúveis totais em mudas de *Eucalyptus dunnii* e maior tolerância ao frio.

Strassburger et al. (2003) comparando a rustificação de plantas através do estímulo mecânico e estímulo químico por aplicação foliar de etileno em tomate, verificaram que a pulverização foliar das plantas, com ethrel causou uma redução significativa na altura das mudas, sem afetar o número de folhas, área foliar, diâmetro do colo, produção e distribuição de matéria seca entre os diferentes órgãos da planta. Já, o estímulo mecânico nas mudas não teve nenhum efeito sobre o crescimento, e na produção e distribuição de matéria seca das plantas.

2.4 ESTÍMULO MECÂNICO

Na natureza, a sobrevivência das plantas é ameaçada constantemente por condições naturais tais como ventos, chuvas, herbivoria e outras perturbações mecânicas severas. Ao longo de milhares de anos de evolução, as plantas desenvolveram a capacidade de perceber e responder a estes estímulos. A resposta a estes estímulos externos foi relatada pela primeira vez por Charles Darwin em 1881, mas foi Mark Jaffe em 1973 que introduziu o termo “thigmomorphogênese” para descrever estas respostas induzidas mecanicamente (ZHANG et al. 2009; SAIDI et al. 2010; DÍAZ et al. 2014).

De acordo com Díaz et al. (2014) algumas plantas respondem aos estímulos em questão de segundos, devido à presença de células especializadas em respostas tácteis, enquanto outras mostram suas alterações morfogênicas durante longos períodos de tempo, que podem ser desde dias até semanas, uma vez que não possuem estas células especializadas.

De acordo com Chehab et al. (2009) e Díaz et al. (2014) como resultado, ao longo de muitos anos de evolução as plantas desenvolveram mecanismos muito sensíveis que percebem e respondem a estímulos, sendo que a resposta aos mesmos estímulos ocorrem em vários graus, dependendo da espécie de planta analisada. Esta resposta pode ser imediata como no

caso de *Mimosa pudica* L. ou no caso de plantas que não possuem células sensoriais especializadas, a resposta ocorre lentamente ao longo do tempo, alterando sua morfologia e padrões de crescimento.

Portanto, a tigmomorfogênese é a soma das alterações bioquímicas, morfológicas e fisiológicas em respostas aos estímulos mecânicos. Aquelas modificações são mediadas por diversos fatores como fitormônios (jasmonatos, etileno, ácido abscísico) e concentrações de íons, incluindo o cálcio intracelular, sendo que, os tecidos jovens possuem uma forte alteração tigmomorfogenética quando comparado a tecidos mais velhos (Díaz et al. 2014), pois, tecidos diferentes mostram variações na magnitude de modificações a estímulos mecânicos.

Uma possível explicação para que ocorram estas modificações é que os tecidos mais novos podem ser mais frágeis e susceptíveis a tensões e, portanto, devem responder fortemente para sobreviver a estímulos ambientais adversos (BIDDINGTON, 1987 apud CHEHAB, et al. 2009). Ou seja, tecidos mais jovens são mais frágeis e susceptíveis as tensões e por tanto devem responder fortemente para sobreviver aos duros estímulos ambientais que a planta possa encontrar durante seu estabelecimento a campo (DÍAZ et al. 2014).

A resposta característica mais comum da tigmomorfogênese ocorre no caule. Em várias espécies vegetais a aplicação de estímulos mecânicos resulta em uma diminuição no alongamento celular enquanto o incremento em expansão radial é favorecido. Essas mudanças no crescimento são provavelmente processos adaptativos, uma vez que, permitem que a planta possa suportar estresses mecânicos (CASSAB e GUEVARA, 2006).

Alguns componentes de sinalização inter - e intracelular já foram relacionados com as respostas induzidas pelo toque na morfologia vegetal. Entretanto, o sinal primário que controla por completo as respostas mecânicas ainda não foi identificado (CASSAB e GUEVARA, 2006).

A resposta tigmomorfogenética é saturável e sistemática, ou seja, chega um momento em que a planta não pode criar mais as mesmas quantidades de respostas ou ainda pode transferir essas respostas a outras partes da planta que não tenha sido perturbada (DÍAZ et al. 2014).

Em geral, os estímulos mecânicos são aplicados diretamente em zonas de alongamento celular. Entretanto, ainda não está claro se a resposta a estes estímulos ocorrem na área que recebeu o estímulo ou se são geradas em outra parte da planta (COUTAND et al. 2000).

Em experimento realizado com *Arabidopsis*, tocado três vezes ao dia, foi demonstrado que os estímulos provocados através de toque provocaram alterações nos níveis de clorofila,

nos níveis hormonais na resistência a estresses bióticos e abióticos, bem como atrofia no crescimento, inibição do alongamento da inflorescência, e ainda um atraso no momento da transição para a floração em comparação com plantas não estimuladas (CHEHAB et al. 2009).

Volkweis et al (2014), trabalharam com frequências de estímulos mecânicos de 0, 5, 10, 20, e 40 flexões caulinares diárias por um período de 30 dias em mudas de *Maytenus ilicifolia* Scharad. Planch. (espinheira santa). Os autores supra evidenciaram que o aumento no número de flexões caulinares promoveu a redução do incremento em altura e aumento no incremento em diâmetro do coleto e na biomassa de raízes. Com base nesses e em outros resultados apresentados por aqueles autores, concluiu-se que estímulos mecânicos por meio de flexões caulinares é uma opção para promover a rustificação e a qualidade de mudas de *Maytenus ilicifolia*.

Em mudas de *Ulmus americana* L. com seis semanas após germinação submetidas a flexões caulinares (0, 5, 10, 20, 40 e 80) por 3 semanas, em casa de vegetação, os resultados demonstraram que mudas não flexionadas tinham alturas maiores e diâmetros menores que todas as mudas que sofreram flexões (TELEWSKI e PRYUN, 1996).

O crescimento em altura diminuiu exponencialmente com o aumento da flexão, com diferenças significativas entre os extremos dos tratamentos. Todos os tratamentos de flexão aumentaram significativamente o diâmetro do caule em relação às plantas não flexionadas. A área foliar média diminuiu com o aumento da flexão, sendo que mudas com 40 e 80 flexões tiveram área foliar significativamente menor que mudas em todos os outros tratamentos (TELEWSKI e PRYUN, 1996).

Estímulos externos a planta, como ventos, por exemplo, podem ser replicados como forma de rustificação das mudas uma vez que estes visam alterar a variação de turgor das plantas e os padrões de crescimento e desenvolvimento do vegetal (SAIDI et al. 2010; RAVEN et al. 1996).

2.5 ETILENO

Outra forma de promover o desenvolvimento radicular pelo vegetal é através da promoção da síntese de etileno. O etileno é capaz de induzir a formação de raízes adventícias em vários órgãos vegetais, como folhas, caules e raízes (TAIZ e ZEIGER, 2009). Por vários anos foi proposto que o etileno regula alguns aspectos da tigmomorfogênese, de modo que

aplicações exógenas de etileno podem resultar em alterações morfológicas e fisiológicas na planta muito semelhantes a plantas que são estimuladas mecanicamente, uma vez que plantas estimuladas mecanicamente produzem etileno (CASSAB e GUEVARA, 2006).

O etileno, um composto simétrico de dois carbonos com 1 dupla ligação e 4 hidrogênios, é um fitohormônio gasoso que regula uma série de processos da planta incluindo aspectos do metabolismo e do desenvolvimento de mecanismos de defesa. Em plantas superiores, o etileno é sintetizado em quase todas as partes da planta e em função do estágio de desenvolvimento a partir do aminoácido metionina. A L-metionina é convertida em S-adenosilmetionina (SAM), pela enzima metionina adenosil transferase e após convertida a ácido-1-aminociclopropano-1-carboxílico (ACC) pela enzima ACC-sintase. A ACC-oxidase por fim catalisa a conversão do ACC para etileno (TAIZ e ZEIGER, 2009; KERBAUY, 2004).

Dentre os diversos efeitos fisiológicos, o etileno promove o crescimento de raízes e pelos radiculares bem como inibe a síntese das auxinas na parte aérea do vegetal, o que altera o padrão de crescimento através da redução do alongamento celular vertical e aumento no alongamento celular no sentido horizontal (TAIZ e ZEIGER, 2009).

As mudanças tigmomorfogenéticas são semelhantes às que ocorrem após a exposição ao etileno. O ácido (ACC) que codifica uma enzima chave na biossíntese de etileno, a 1-aminociclopropano-1-carboxílico sintase (ACS) é regulada seguindo estímulos mecânicos, ou seja, a ACS provoca um aumento na produção de etileno. Essas mudanças transcricionais podem ser um importante passo na regulação da indução precoce à tigmomorfogênese (DÍAZ et al. 2014).

Uma vez que o etileno é responsável por regular vários processos fisiológicos no vegetal, seu uso na agricultura é constantemente estudado. Porém, por se tratar de um fitormônio gasoso, sua aplicação a campo é bastante limitada, sendo favorecida por compostos que promovem sua liberação. O composto mais bem utilizado é o etefon, ou ácido-2-cloroetilfosfônico, descoberto na década de 60. Vários são os nomes comerciais para este composto, entre eles está o Etrell, Ethepron, ou CEPA (TAIZ e ZEIGER, 2009; FELIPE, 1986).

O etefon, aspergido em solução aquosa, é rapidamente absorvido e transportado no interior do vegetal. Ele libera lentamente o etileno por meio de uma reação química, permitindo que o hormônio exerça seus efeitos (TAIZ e ZEIGER, 2009).

Há várias evidências que demonstram relação direta entre enzimas do metabolismo da parede celular e a síntese de etileno. Sendo que, além do amadurecimento, apodrecimento, senescência e danos mecânicos também promovem a produção auto-catalítica do etileno desencadeando em modificação da parede celular, principal componente responsável pela firmeza do vegetal (WAKABAYASHI et al. 2000 *apud* GALLON, 2010).

O etefon (ácido 2-cloroetifosfônico) estimula a produção endógena do etileno, sem, contudo romper a função do meristema apical e, conseqüentemente, a dominância apical, além de promover a liberação de etileno nos tecidos, através da conjugação do etefon para etileno mediado pela alcalinidade do citoplasma (WANG et al. 2002).

Oro et al. (2012) testaram a aplicação de etefon na aclimatização de *Cariniana estrellensis* (Raddi) Kuntze nas concentrações de 0, 100, 200 e 300 i.a mg L⁻¹. As aplicações ocorreram em dois momentos, no dia da implantação e após 15 dias da primeira aplicação. Aos 30 dias de ensaio realizaram-se mensurações para avaliar os efeitos da aplicação de etefon. Aqueles autores evidenciaram que as concentrações utilizadas não foram suficientes para a paralisação do crescimento e aumento do diâmetro do coleto. Porém, as diferentes dosagens culminaram em maior alongamento e expansão celular radicular.

Hudgins e Franceschi (2004) aplicaram metil jasmonato (MJ) e etileno em mudas de *Pseudotsuga menziesii* Mirbel Franco, demonstrando que a aplicação de MJ promoveu uma lignificação precoce em todas as células do parênquima, enquanto o etileno também induziu a ativação celular e lignificação celular. Aqueles autores salientaram que o acúmulo de compostos fenólicos foi observado também em regiões em que não houve a aplicação de MJ e etileno.

2.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Ministério do meio Ambiente. Biodiversidade brasileira. 2015. Disponível, em: <http://www.mma.gov.br/biodiversidade/biodiversidade-brasileira>. Acesso em 20/1/2015.

BONNESOEUR, V.; et al. **Efectos del viento en el crecimiento radial del pino carrasco (*P. halepensis* Mill.) a escala intra-anual.**, In: 6º Congreso Forestal español, Vitoria-Gasteiz, 2013. ISBN: 978-84-937964-9-5. Disponível em: <http://www.congresoforestal.es/actas/doc/6CFE/6CFE01-005.pdf>. Acesso em 02/01/2015.

BURDETT, A.N.; BRAND, D.G. Physiological processes in plantation establishment and the development of specifications for forest planting stock. Canadian **Journal of Forest Research**. v. 20, pp 415-427, 1990.

CÂNDIDO, J.F. et al. Influência de turnos de rega no endurecimento de mudas de guapuruvu (*Schizolobium parahyba* (Vell.) Blake). **Revista Árvore**, Viçosa, v.6, n.2, p. 111-120, 1982.

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

CARVALHO, P. E. R. **Louro-pardo**. Boletim de Pesquisa Florestal, Colombo, n. 17, p.63-66, 1988.

CARVALHO, P.E.R. **Louro Pardo**. Circular Técnica. Colombo – Pr, 2002. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/284077/1/CT0066.pdf>. Acesso em 07/09/2014.

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

CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo: Embrapa Florestas, v. 2, 2006, 628 p.

CARVALHO, P.E.R. **Mutamba. *Guazuma ulmifolia***. Circular Técnica Embrapa Florestas. Colombo, 2007.

CASSAB, G.I.; GUEVARA, Y.S. Diferenciación y Crecimiento Diferencial: La Capacidad motriz de las plantas. In: Ediciones Universidad de La Serena, La Serena, Cap. XVII, Chile, 2006. Disponível em: http://www.biouls.cl/librofv/web/pdf_word/Capitulo%2017.pdf. Acesso: 13/01/2015.

CHAVES, J.H. et.al., Seleção precoce de clones de eucalipto para ambientes com disponibilidade diferenciada de água no solo: relações hídricas de plantas em tubetes. **Revista Árvore**, v. 28, n. 3, p. 333-341, 2004.

CHEHAB, E.W.; EICH, E.; BRAMM, J. Thigmomorphogenesis: a complex plant response to mechano-stimulation. **Journal of experimental botany**. v. 60, n.1, pp. 43-56. 2009.

COLOMBO, S.J. et al. **Assessment of nursery stock quality on Ontario**. In: Regenerating Ontario's Forests., Publisher: Fitzhenry & Whiteside Ltd., Editors: B. Wagner, S.J. Colombo, p. 307-323. 2001.

CONTARDI, L.T.; GONDA, H.E. **La producción de plantines forestales em el mundo y em la Patagonia Andina**. In: BUMSCHA, M.G. et al. Producción de plantas em viveros forestales. Consejo Federal de Inversiones. Argentina. 2012. 220 p.

COUTAND, C. et al. Biomechanical study of the effect of a controlled bending on tomato stem elongation: local strain sensing and spatial integration of the signal. **Journal of Experimental Botany**, v. 51, n. 352, pp 1813-1824, 2000, P.1825–1842.

DÍAZ, S.A.G.; DOMÍNGUEZ, C.C.; SIGUERO, N.D. **Tigmomorfogénesis**. 2014. Disponível em: <http://pendientedemigracion.ucm.es/info/cvicente/seminarios/tigmomorfogenesis.pdf>. Acesso em 21/12/2014.

ELOY, E. et al. Avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis* utilizando parâmetros morfológicos. **FLORESTA**, Curitiba, PR, v. 43, n. 3, p. 373 - 384, 2013.

ESCOBAR, R. **Extracción y manejo de poscosecha**. In: BUMSCHA, M.G. et al. Producción de plantas em viveros forestales. Consejo Federal de Inversiones. Argentina. 2012. 220 p.

FELIPE, G. M. Etileno. In: Fisiologia vegetal 2. 2. ed. São Paulo: EPU, p. 163-192. 1986. In: CARVALHO, G.R. et al. Eficiência do Ethephon na uniformização e antecipação da maturação de frutos de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) e na qualidade da bebida. **Ciência Agrotécnica**. [online], vol.27, n.1, pp. 98-106. 1986

FILIPPI, M. et al. Fenologia, morfologia e análise de sementes de *Cordia trichotoma* (Vell.) Arrab. ex Steud. **Ciência Florestal**. Santa Maria, v. 22, n. 3, p. 631-641, 2012.

FONSECA, E. de p. Padrão de qualidade de mudas de *Trema micranta* (L.) Blume produzidas sob diferentes períodos de sombreamento. **Revista Árvore**, Viçosa – Mg, v. 26, n. 4, p. 515-523. 2002.

FLORES-AYLAS, W.W.; SAGGIN-JUNIOR, O.J.; SIQUEIRA, J.O.; DAVIDE, A.C. Efeito de *Glomus etunicam* e fósforo no crescimento de espécies arbóreas em semeadura direta. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.18, n.2, p.257-266, 2003.

FLORIANI, M.M.P.; STEFFENS, C.A.; CHAVES, D. Miler. Rustificação de plantas de *Eucalyptus dunnii* Maiden e a relação entre as concentrações de carboidratos solúveis totais e de prolina foliar e a tolerância ao frio. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 35, n. 1, 2011 . <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622011000100003>.

GALLON, C. Z. **Amolecimento precoce da polpa e sua relação com as modificações da parede celular em mamões “Golden”**. Tese apresentada a Universidade de São Paulo: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Piracicaba, 2010. 112 p.

GARLIPP, R.; FOELKEL, C. **O papel das florestas para atendimento das demandas futuras da sociedade.** Sociedade Brasileira de Silvicultura. In: XIII Congresso florestal mundial/FAO. Argentina, 2009. Disponível em: http://www.sbs.org.br/destaques_POSITIONPAPER.pdf. Acesso em 13/10/2014.

GOMES, J.M. et al. Parâmetros morfológicos na avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*. *Revista Árvore*. Viçosa-MG, v.26, n.6, p.655-664, 2002.

GLOGER, C.S.T.; GIRON, S. L. **Avaliação sobre possíveis efeitos do aquecimento global na precipitação pluviométrica e na temperatura média da região oeste do Paraná.** Trabalho de conclusão de curso – Tecnologia superior em Gestão Ambiental., UTFPR, 2011.

GUERRA, M.P. et al. Comportamento da canafístula (*Peltophorum dubium* (Sprengel) Taubert) em viveiro, submetida a diferentes métodos de quebra de dormência e semeadura. **Boletim de Pesquisa Florestal**. Colombo, n.5, p.1-18,1982.

HUDGINS, J.W.; FRANCESCHI, V.R. Methyl Jasmonate-induced ethylene production is responsible for conifer fhloem defense responses and reprogramming of stem cambial zone for traumatic resin duct formation. **Plant Physiology**. v.135, pp. 2134-2149. 2004.

KERBAUY, G.B. **Fisiologia vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan S.A, 2004.

KING S.L.; KEELAND, B.D. Evaluation of reforestation in the Lower Mississippi River Alluvial Valley. **Restoration Ecology**. v. 7, p. 348-359. 1999.

LANDIS, T.D.; DUMROESE, R.K.; HAASE, D.L. **Seedling Processing, Storage, and Out planting**, v.7. In: The Container Tree Nursery Manual. Agric. Handbk. 674. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture Forest Service. 2010. 200 p.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 2. ed. São Paulo: Editora Plantarum, 1998. 368p.

MACHADO, M. **Climas que ocorrem no Brasil**. 2014. Disponível em: <http://www.brcactaceae.org/clima.html#sul>. Acesso em: 20/12/2014.

MAZOYER, M.; ROUDART, L. Histórias da agricultura no mundo: do neolítico as à crise contemporânea. São Paulo: Editora UNESP, 2010. 588 p.

MEXAL. G. Calidad de plantines: atributos morfológicos. In: BUMSCHA, M.G. et al. Producción de plantas em viveros forestales. Consejo Federal de Inversiones. Argentina. 2012a. 220 p.

MEXAL. G. Calidad de plantines: atributos fisiológicos. In: BUMSCHA, M.G. et al. Producción de plantas em viveros forestales. Consejo Federal de Inversiones. Argentina. 2012b. 220 p.

MOULTON, R.J.; HERNANDEZ, G. Tree planting in the United States - 1998. **Tree Planting Notes**, v. 49, p. 23-36. 2000

ORO, P. et al. Aplicação de regulador vegetal na aclimação de mudas de *Cariniana estrellensis*. **Cultivando o saber**. Cascavel, v.5, n.4, p.103-112, 2012.

PAIVA SOBRINHO, S. de. P.; SIQUEIRA, A. G. de. Caracterização morfológica de frutos, sementes, plântulas e plantas jovens de mutamba (*Guazuma ulmifolia* Lam. - Sterculiaceae). **Revista brasileira de sementes** [online]. 2008, vol.30, n.1, pp. 114-120. ISSN 0101-3122. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-31222008000100015>.

PARAGUAY. Catálogo Web de Espécies Forestales. 2015. Disponível em: <http://www.agr.una.py/cgi-cef/cef.cgi?rm=inicio>. Acesso em 26/01/2015.

RAVEN, P.H. EVERT, R.F. EICHORN, S.E. **Biologia Vegetal**. 5ª ed, Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1996. 728 p.

REIS, E.R.dos. **Variação espacial e temporal dos parâmetros morfológicos em mudas de pinus e eucalipto**. Dissertação de mestrado. UFSM. Santa Maria -RS, 2006. 62 p.

REIS, E.R.dos. **Variação espacial e temporal dos parâmetros morfológicos em mudas de pinus e eucalipto**. Dissertação de mestrado. UFSM. Santa Maria -RS, 2006. 62 p.

ROSE, R.; CARLSON. W.C.; MORGAN, P. The target seedling concept. **Target seedling symposium**, p.1-8, 1990.

SAIDI et al. Thigmomorphogenesis in *Solanum lycopersicum*: Morphological and biochemical responses in stem after mechanical stimulation. **Plant Signal Behavior**. 2010 February; 5(2): 122–125.

SAMPSON, P.H.; TEMPLETON, C.W.G.; COLOMBO, S.J. An overview of Ontario's stock quality assessment program. **New Forest**. v. 13: pp. 469-487, 1996.

SANTOS, C.B et al. Efeito do volume de tubetes e tipos de substratos na qualidade de mudas de *Cryptomeria japonica* (L.F.) D. Don. **Ciência Florestal**. Santa Maria, v.10, n.2, 2000. P. 1-15. ISSN: 0103-9954.

SCHEEREN, L.W. SCHNEIDER, P.S.P. SCHNEIDER, P.R. FINGER, C.A.G. Crescimento do louro-pardo, *Cordia trichotoma* (Vell.) Arrab. ex Steud., na depressão central do estado do Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**. Santa Maria, v. 12, n. 2, 2002. p. 169-176. ISSN: 0103-9954.

SEMA. Árvore Nativa: biodiversidade também se planta. 2015. Disponível em: http://www.rge-rs.com.br/gestao_ambiental/download_manual/manual_pdf/Cartilha_Sema_RGE.pdf. Acesso em 21/01/2015.

SILVA, M.R.; KLAR, A.E.; PASSOS, J.R. Efeitos do manejo hídrico na aplicação de potássio nas características morfofisiológicas de mudas de *Eucalyptus grandis* W. (Hill ex. Maiden). **Irriga**, v.9, n. 1, p. 31-40, 2004.

STRASSBURGER, A.S. et al. **Crescimento de mudas para o cultivo sem solo do tomateiro sob o efeito de estimulação mecânica e pulverização com etileno**. Trabalho apresentado no 43º Congresso Brasileiro de Olericultura, 2003. Publicado também como

resumo em: Horticultura Brasileira, Brasília, v. 21, n. 2, p. 285-286, jul. 2003. Suplemento 1. Embrapa Hortaliças, 2003.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal.**, 4ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

TELEWSKI, F.W.; PRYUN, M. Thigmomorphogenesis: a dose response to flexing in *Ulmus americana* seedlings. **Tree Physiology**, v. 18, n.1, pp. 65-68, 1996.

VILLAR-SALVADOR, P. Importância de la calidad de planta en los proyectos de revegetación. En: Restauración de Ecosistemas Mediterráneos, Rey-Benayas, J.M.; Espigares Pinilla, T. y Nicolau Ibarra, J.M. (Editores), Universidad de Alcalá / Asociación Española de Ecología Terrestre, 2003.

VOLKWEIS, C.R. et al. Efeito da tigmomorfogênese na morfometria de mudas de estímulo mecânico na morfometria em mudas de *Maytenus ilicifolia* (Scharad.) Planch. **Ciência Florestal**. Santa Maria, vol 24, n.2, p. 339- 342 2014.

VILAGROSA, A.; VILLAR-SALVADOR, P.; PUÉRTOLAS, J. **El endurecimiento en vivero de especies forestales mediterráneas**. In: Cortina, J., Peñuelas, J.L., Puértolas, J., Savé, R., Vilagrosa, A. (Eds). Calidad de planta forestal para la restauración en ambientes mediterráneos. Estado actual de conocimientos. DGB. Ministerio de Medio Ambiente, Serie forestal., Madrid. pp.119-140. 2006.

WANG, K.L.C., LI, H., ECKER, J.R. Ethylene Biosynthesis and Signaling Networks. **Plantcell**. V. 14: S131-S151. 2002.

ZHANG, J. et.al. RUM based calcium pulse modeling. In: 6th International Conference on Information Technology and Applications (ICITA), 2009.

CAPÍTULO II

EFEITOS DA APLICAÇÃO DE ESTÍMULO QUÍMICO E FÍSICO EM MUDAS DE *Cordia trichotoma* E *Guazuma ulmifolia* NA ÚLTIMA FASE DA PRODUÇÃO DE MUDAS.

Effects of ethylene application and stimulus in mechanical *Cordia trichotoma* and *Guazuma ulmifolia* seedlings in hardening phase.

Resumo: Na última fase da produção de mudas, 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. Com base no exposto objetivou-se no presente trabalho, avaliar o efeito da aplicação de etileno e flexão caulinar em duas espécies arbóreas nativas (em épocas distintas). Avaliou-se os incrementos em altura, diâmetro de coleto, número de folhas, índice SPAD e a massa seca de raiz. Posterior ao ensaio, verificou-se a influência destes tratamentos na sobrevivência das mesmas. A espécie *Guazuma ulmifolia* quando submetida a 20 flexões caulinares apresentou redução no incremento em altura superior a 60 % e 35 % no diâmetro de coleto comparado com mudas controle. Flexões caulinares associadas ao etileno diminuíram o índice SPAD e o número de folhas, enquanto que 20 flexões caulinares sem aplicação de etileno aumentaram em até 56% o número de folhas. Os resultados mais expressivos ocorreram com 20 flexões caulinares, embora não tenha sido observado diferença na sobrevivência. A aplicação de flexões caulinares e etileno em mudas de *Cordia trichotoma* promoveu uma diminuição significativa no incremento em altura e promoção no índice SPAD. Verificou-se que a aplicação destes fatores em conjunto diminuiu a sobrevivência da espécie com 20 e 40 flexões caulinares.

Palavras-chave: Parâmetros morfológicos. Espécies nativas. Rustificação.

Abstract: The hardening is a technique used in nurseries in order to expose the seedlings to stricter conditions than those submitted in the growth phase. Based on the above objective in the present study was to evaluate the effect of ethylene and stem bending in two native forest species (at different times). Were noted in this experiment height, shoots, leaves number, SPAD index and root dry weight. Later it was found to test the influence of such treatments on survival. The species *Guazuma ulmifolia* decreased the increase in height of more than 60 % compared with control seedlings and 35 % diameter collect when subjected to bending shoot. Pushups stem associated with ethylene decreased SPAD index and the number of leaves, while 20 pushups shoot without ethylene application increased by up to 56 % the number of sheets. SPAD index compared witnesses. The most significant results occurred with 20 pushups shoot. Although, the results proved to be unsatisfactory to ensure the quality of the change was not observed difference in survival. The application of stem and ethylene pushups in *Cordia trichotoma* seedlings was also detrimental to the species. Although there was a significant decrease in height and increase in promoting the SPAD index, it was found that the application of these factors together decreased the survival rate.

Keywords: Morphological Parameters. Native species. Hardening.

1. INTRODUÇÃO

O aumento no consumo de madeira, tanto na área energética quanto no beneficiamento e transformação, demonstra a necessidade na geração de novas tecnologias para a produção de mudas, visando o estabelecimento de florestas cada vez mais produtivas (ELOY et al. 2013).

As florestas plantadas são responsáveis por fornecer matéria-prima para diferentes usos industriais e não industriais contribuindo para o suprimento de diversos serviços ambientais e sociais e também minimizam os danos ocorridos na extração dos recursos naturais, pois de certo modo repõe, mesmo que parcialmente, os recursos extraídos de matas nativas (GARLIPP e FOLKEL, 2009).

Quando levadas a campo, as mudas por muitas vezes encontram condições diferentes do viveiro, que podem gerar estresse na muda impedindo seu desenvolvimento e muitas vezes extremamente prejudicial. Assim, na última fase da produção de mudas, após a fase de crescimento exponencial há uma exposição das mudas a condições diferentes da fase de crescimento, como exposição direta ao sol, diminuição da irrigação e de fertilização.

Na natureza, a sobrevivência das plantas é ameaçada constantemente por condições naturais tais como ventos, chuvas, herbívoros e outras perturbações mecânicas severas. Ao longo de milhares de milhares de anos de evolução, as plantas terrestres desenvolveram a capacidade de perceber e responder a aqueles estímulos. A resposta a estímulos exógenos foi relatada pela primeira vez por Charles Darwin em 1881, mas foi Mark Jaffe em 1973 que introduziu o termo “thigmomorphogenesis” para descrever estas respostas induzidas mecanicamente (ZHANG et al. 2009; SAIDI et al. 2010; DÍAZ et al. 2014).

Ao submeter mudas às condições que possam ser vivenciadas a campo pode funcionar como um estímulo para que as plantas desenvolvam mecanismos para detectar e responder a estes estímulos exógenos (CHEHAB et al. 2009). A circulação atmosférica (Sentelhas e Angelocci, 2009) tem a capacidade de modificar o crescimento das árvores, seja por estímulos mecânicos (tigmomorfogênese), ou por alguma alteração no processo de fotossíntese. Todavia, poucos estudos foram realizados com o objetivo de estudar os efeitos do vento sobre o crescimento de plantas (BONNESOUER et al. 2013).

O estímulo mecânico, entre os vários efeitos, tende a aumentar a síntese de etileno na planta. Uma vez que o etileno é responsável por regular vários processos fisiológicos no vegetal, seu uso na agricultura é constantemente estudado. Porém, por se tratar de um

fitohormônio gasoso, sua aplicação a campo é bastante limitada, sendo favorecida por compostos que promovem sua liberação. O composto mais bem utilizado é o etefon, ou ácido-2-cloroetilfosfônico, descoberto na década de 60 (TAIZ e ZEIGER, 2009; FELIPE, 1986). Portanto, resolveu-se trabalhar com ambos os estímulos adotando como hipótese de que o uso de etileno em plantas estimuladas potencializaria as respostas tigmomorfogenéticas.

Para testar os efeitos da imposição de fatores de estresse na última fase da produção são utilizados alguns parâmetros que podem predizer a sobrevivência da muda. Os parâmetros mais utilizados na avaliação da qualidade da muda são os parâmetros morfológicos (GOMES, 2002).

Muitas espécies florestais nativas são potencialmente aptas para o cultivo, servindo para diversos fins, incluindo o madeireiro ou de preservação (SCALON, et al. 2011). Adicionalmente, é válido acrescentar que projetos que visam à manutenção dos remanescentes naturais priorizam o uso de espécies nativas. Todavia, há a necessidade da utilização de espécies que possuam usos condizentes com a região em que estão inseridas.

Cordia trichotoma é uma espécie caducifólia de ocorrência natural na América do Sul e destaca-se principalmente por sua madeira ser de alta qualidade e características melíferas (LORENZI, 2002). *Guazuma ulmifolia* ocorre em quase toda a extensão nacional. Sua madeira é empregada nas confecções de tonéis, construções internas e pastas celulósicas. O lenho produz ótimo carvão que pode ser transformado em pólvora de excelente qualidade (LORENZI, 2002).

A produção de mudas necessita de técnicas que assegurem o crescimento e desenvolvimento a campo, pois os gastos com replantios são ainda muito grandes.

Diante do exposto, o objetivo do presente trabalho foi o de avaliar os efeitos de estímulos mecânicos por meio de flexões caulinares diárias e a aplicação de etileno como técnicas na promoção da qualidade morfológica de mudas de *Guazuma ulmifolia* e *Cordia trichotoma*.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL

O ensaio foi conduzido em casa de sombra localizada em Marechal Cândido Rondon – PR no período de 2013 a 2014. O município está localizado na região Oeste do Paraná, tem altitude média de 420 m, latitude de 24 ° 33' 40''S e longitude de 54 ° 04' 12''O. O clima é caracterizado segundo Köppen como subtropical úmido com verões quentes, geadas pouco frequentes e tendência à concentração de chuvas nos meses de verão.

2.2 PRODUÇÃO DE MUDAS

O ensaio utilizou mudas de *Cordia trichotoma* (Vell.) Arrab. ex Steud (louro pardo) com 12 meses após sementeira e de *Guazuma ulmifolia* Lamarck (mutamba) com aproximadamente 4 meses após sementeira, ambas utilizadas regionalmente para revegetação em áreas de domínio ciliar.

As mudas de louro-pardo foram obtidas no viveiro da Itaipu, localizado em Foz do Iguaçu-PR. Essas mudas foram produzidas através de sementeira direta em setembro de 2012 em tubetes de 120 cm³, preenchidos com substrato comercial e fertilizadas com 4 kg m⁻³ da formulação N-P-K (18-05-09) de liberação lenta incorporado ao substrato e adubação de cobertura, composta por 1.000 g por 100 L de ureia.

As mudas de *Guazuma ulmifolia* foram produzidas de sementes coletadas pelo viveiro municipal de Foz do Iguaçu e semeadas conforme procedimentos normalmente utilizados no viveiro com a utilização de substrato comercial Humusfértil – Florestal[®], composto por casca de pinus, areia para substrato, vermicomposto e vermiculita, com adição de fertilização de liberação lenta Osmocote[®] 14-14-14 acompanhado por fertilização a cada 15 dias com NPK 10-10-10 após três meses de sementeira.

As duas espécies receberam irrigação por aspersão duas vezes ao dia durante 15 minutos e foram fertilizadas com NPK (10-10-10) de 15 em 15 dias no período que antecedeu o ensaio, ou seja, durante a fase de crescimento exponencial das espécies que correspondeu a 12 meses para a espécie *C. trichotoma* e 4 meses para *G. ulmifolia*.

Já no período do ensaio, foram regadas manualmente até a percepção do escoamento pelos tubetes uma vez ao dia no período da manhã e a fertilização foi suspensa.

O ensaio com a espécie *Cordia trichotoma* ocorreu entre 07/10/2013 a 06/11/2013, enquanto o ensaio com a espécie *Guazuma ulmifolia* ocorreu entre 19/11/2013 a 19/12/2013. As médias de temperatura e umidade verificadas no período em que transcorreu o ensaio com mudas de *C. trichotoma* e *G. ulmifolia* podem ser visualizadas nas figuras 1 e 2, respectivamente.

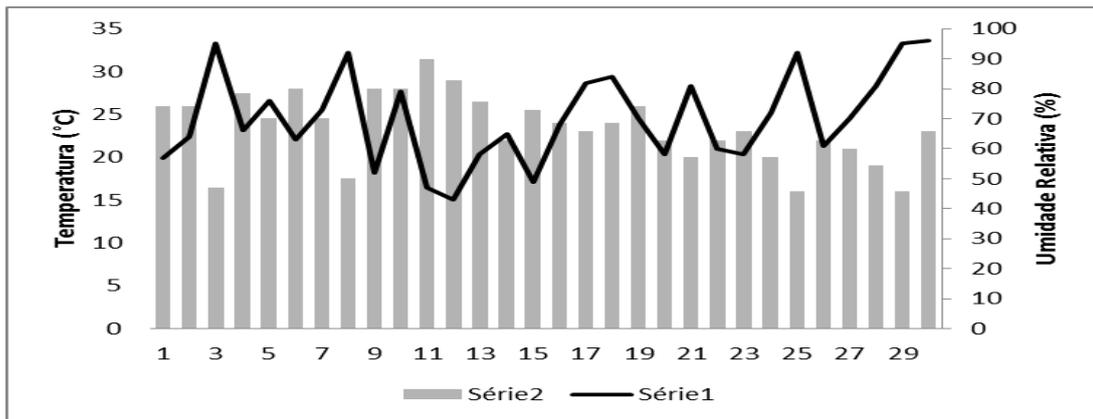


FIGURA 1: Temperatura e umidade relativa no local ensaio e durante os trinta dias de para a espécie *Cordia trichotoma*, Marechal Cândido Rondon, outubro/novembro, 2013.

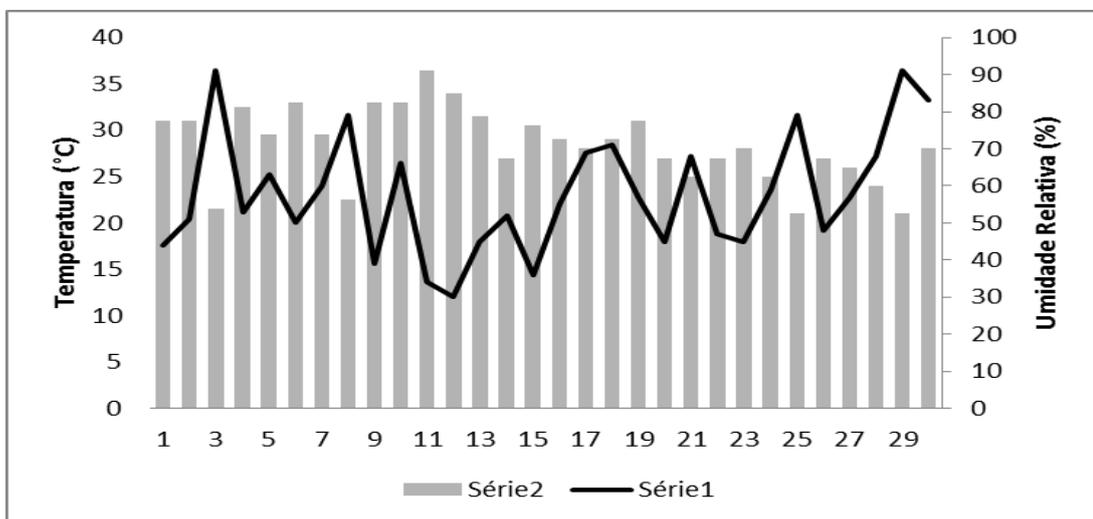


FIGURA 2: Temperatura média e umidade relativa no local e durante os trinta dias de ensaio com a espécie *Guazuma ulmifolia*, Marechal Cândido Rondon, novembro/dezembro, 2013.

2.3 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Cada uma das espécies foi conduzida seguindo um delineamento em blocos ao acaso, em esquema fatorial 4 x 2 composto por quatro frequências de flexões caulinares, e com ou sem pulverizações foliares com etileno, distribuídas em 5 blocos por tratamento. Cada bloco foi formado por cinco mudas úteis e duas utilizadas para a bordadura.

Os tratamentos com estímulos mecânicos consistiram de flexões caulinares aplicadas em quatro frequências diárias: 0 (controle), 10, 20 e 40 flexões por um período de 30 dias. Cada frequência foi executada uma vez ao dia pela manhã sempre no mesmo horário utilizando uma estrutura metálica sobre rolamentos na qual um cano de PVC posicionado horizontalmente a 15 cm da borda dos tubetes a a qual movimentava o caule das mudas em uma direção pendular.

As aplicações de etileno foram realizadas por meio de pulverizações foliares que ocorreram semanalmente. Todas as 280 mudas foram submetidas a flexões caulinares, sendo que destas, 140 mudas foram pulverizadas com etileno.

O produto utilizado nas pulverizações foi o etefon (ácido 2-cloroetilfosfônico) comercializado como Ethrel®. As aplicações ocorreram na primeira, segunda, terceira e quarta semana do ensaio respectivamente, totalizando quatro aplicações no período.

Mudas de *Cordia trichotoma* receberam em cada pulverização a dosagem de 2000 mg L⁻¹, enquanto que a espécie *Guazuma ulmifolia* recebeu a dosagem de 4488 mg L⁻¹ parceladas em 4 aplicações (a cada 7 dias).

O valor entre as dosagens diferiu para cada espécie, em face de ensaio preliminar com mudas de *Guazuma ulmifolia* (dados não apresentados). Em ensaio preliminar estimou-se a partir da equação $0,2434 + 0,0015 x + 6,685 e^{-7} x^2$ a dosagem de 1122 mg L⁻¹, obtida através de análise de regressão com os valores do diâmetro de coleto, enquanto que com mudas de *Cordia trichotoma* o ensaio preliminar não pode ser executado devido o número reduzido de mudas disponíveis.

2.4 VARIÁVEIS ANALISADAS

As variáveis analisadas para ambas as espécies, em viveiro, basearam-se em parâmetros morfológicos, nos quais se considerou o incremento em altura e no diâmetro do coleto, número de folhas e índice de clorofila (unidades SPAD), mensuradas no início e final

da imposição dos tratamentos (intervalo de 30 dias). A altura das mudas foi mensurada com régua graduada avaliando a partir da borda do tubete até a última bifurcação do caule, o diâmetro do coleto foi avaliado com paquímetro digital, o número de folhas foi obtido a partir de contagem manual. O índice SPAD foi avaliado através do clorofilômetro Minota 502, que quantifica a intensidade do verde das folhas.

Em laboratório, avaliou-se a massa seca da raiz (MSR), da parte aérea (MSPA), massa seca total (MST) e a relação entre raiz e parte aérea (MSR:MSPA) de ambas as espécies. Para avaliar a massa seca, as mudas foram separadas em raiz e parte aérea e colocadas para secagem em estufa a 65 °C, com circulação de ar, por um período de 48 h e pesadas em balança digital.

2.5 DÉFICIT HÍDRICO

Para simular a análise de sobrevivência com mudas submetidas aos tratamentos de estímulo mecânico e estímulo químico, procedeu-se ao transplante das mudas para vasos de polietileno com volume de 14 Litros preenchidos com Latossolo Vermelho Distrófico umedecido com 73 % de sua capacidade de campo. Foram utilizadas quatro repetições com cinco mudas por tratamento.

A irrigação foi completamente suspensa e as mudas foram visualmente avaliadas por um período de 30 dias. A metodologia adaptou metodologia reportada por Garcia (2012), a qual avaliou a cada 3 dias as mudanças nos aspectos visuais das mudas de acordo com a seguinte classificação: FV1: mais de 50% de folhas verdes; FV2: menos de 50% de folhas verdes; FA: folhas amarelas; FS: folhas secas; FM: folhas marrom; CT: caule tortuoso.

Mudas com classificação FM e CT foram consideradas mortas, enquanto as demais foram contabilizadas como vivas. Após 30 dias sem irrigação, as mudas foram colocadas em condições irrigadas para observar se ocorriam rebrotas.

Em mudas de *C. trichotoma* foi observada rebrota, as quais foram contabilizadas como vivas e os valores obtidos foram convertidos em porcentagem para posterior análise. Já em mudas de *G. ulmifolia* não se observou rebrota nas mudas reidratadas. Portanto, utilizou-se a análise visual com os dados obtidos aos 15 dias após o plantio para determinação da porcentagem de sobrevivência, quando as mudas ainda apresentavam características de “muda viva”.

2.6 ANÁLISE DOS DADOS

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.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 *Guazuma ulmifolia*

Os dados morfométricos iniciais de *G. ulmifolia* antes da aplicação dos tratamentos de rustificação estão listados na TABELA 1.

TABELA 1: Valores médios iniciais em mudas de *Guazuma ulmifolia*. 2013.

Variável	Mínimo	Máximo	Média
H (cm)	15,8	28,3	20,05
DC (mm)	1,7	4,53	2,75
NF (por muda)	5	13	6
SPAD	24,3	37,8	28,8
MSR (g por muda)	0,0477	1,2647	0,6220
MSPA (g por muda)	0,1928	2,2277	1,0667

H: altura; DC: diâmetro de coleto; NF: número de folhas e SPAD: índice SPAD; MSR: massa seca de raiz; MSPA: massa seca de parte aérea.

A análise descritiva dos dados foi agrupada em TABELA 2, todavia, deve-se acrescentar que quando não houve significância na interação e/ou fatores individuais, a variável foi colocada junto aos dados de interação.

Os resultados obtidos no ensaio com mudas de *Guazuma ulmifolia* externaram interação significativa entre os tratamentos com aplicação de etileno e flexões caulinares no incremento em altura, número de folhas e índice SPAD. Porém, o incremento em diâmetro revelou efeito na aplicação de flexões caulinares. A análise de sobrevivência não revelou efeito significativo em função do estímulo físico ou químico (TABELA 2).

TABELA 2: Incremento em altura e coleto, número de folhas, índice SPAD e porcentagem de sobrevivência de mudas de *Guazuma ulmifolia* submetida a flexão caulinar e aplicação foliar de etileno. 2013.

	GL	IH		IDC		NF		SPAD		SOB	
		F _{calc}	P	F _{calc}	P	F _{calc}	P	F _{calc}	P	F _{calc}	P
Bloco	4										
Flexão	3	35,184	0,01	4,827	0,008	12,53	0,02	1,24	0,34	0,11	0,53 ^{ns}
Etileno	1	10,212	0,03	4,067	0,05 ^{ns}	9,11	0,05 ^{ns}	41,77	0,01	0,04	0,51 ^{ns}
F x E	3	4,2909	0,013	1,502	0,07 ^{ns}	4,06	0,016	5,7342	0,034	0,6435	0,594 ^{ns}
Média		4,09		0,84		7,93		27,54		73,34	
CV (%)		35,46		28,76		14,56		6,02		11,21	

IH: incremento em altura (cm); DC: incremento em diâmetro de coleto (mm); NF: número de folhas e SPAD: índice SPAD; SOB: sobrevivência (%); CV: coeficiente de variação (5).

Os resultados obtidos revelaram uma redução no incremento em altura de mudas de *G. ulmifolia* com o aumento no número de flexões caulinares diárias em mudas pulverizadas e não pulverizadas com etileno (FIGURA 3). Resultados similares foram observados no incremento em diâmetro.

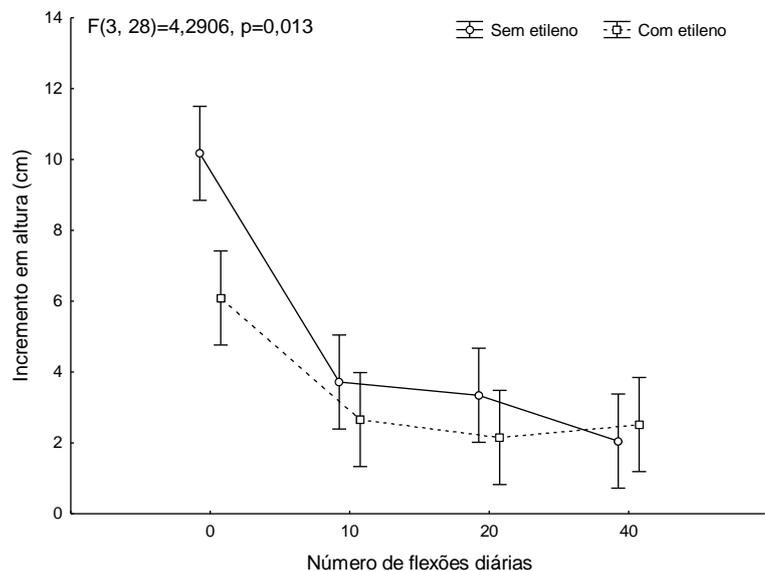


FIGURA 3: Incremento em altura de mudas de *G. ulmifolia* em função de flexões caulinares diárias e aplicação foliar de etileno.

Com 20 flexões caulinares diárias observou-se uma redução de 67,2% no incremento em altura em mudas que não foram pulverizadas com etileno enquanto que em mudas pulverizadas e com a mesma quantidade de flexões a redução foi de 64,6%, a redução no

crescimento em altura foi contínua até 35 flexões caulinares em mudas não pulverizadas e aproximadamente 30 flexões em mudas com aplicação de etileno (FIGURA 3).

Porém, pulverizações com etileno não promoveram efeitos no incremento em diâmetro de mudas de *G. ulmifolia* (FIGURA 4). Mesmo com a redução no incremento em altura, o incremento no diâmetro do coleto mostrou uma redução de 35 % quando submetido a 20 flexões caulinares em relação as mudas controle.

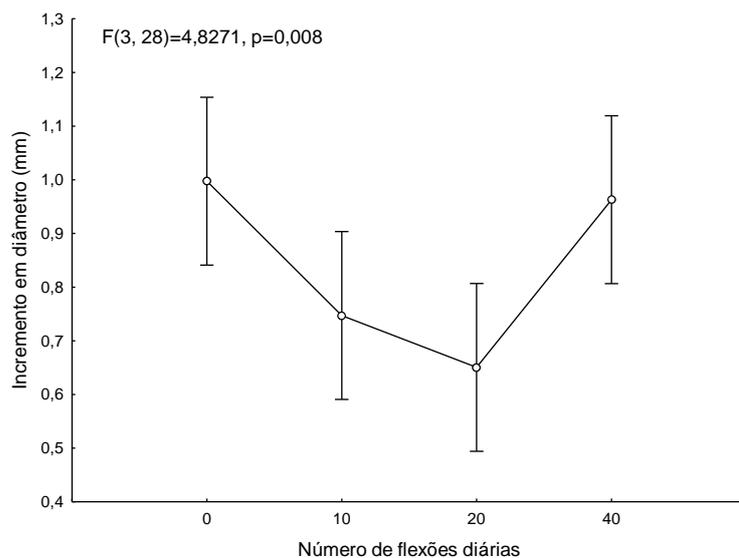


FIGURA 4: Incremento em diâmetro em mudas de *G. ulmifolia* em função de flexões caulinares diárias e aplicação foliar de etileno.

A altura de uma muda não possui correlação com a sobrevivência quando o local de plantio possui condições favoráveis a seu desenvolvimento, porém, em condições não favoráveis mudas menores tendem a uma maior taxa de sobrevivência (MEXAL, 2012). Da Fonseca (2006) acrescentou que a rustificação de mudas visa a redução na altura da muda sem prejudicar a biomassa produzida, tanto aérea como radicular.

Dranski et al. (2013) verificaram que aplicações de até 600 mg L⁻¹ de etileno promoveu uma redução de até 50 % no incremento em altura em mudas de *Pachylostroma longifolium* (Ness) I. M. Johnst. De acordo com Reis (2006) a altura das mudas no final do ciclo de produção exerce importante papel na sobrevivência e desenvolvimento nos primeiros anos após o plantio. Desta forma, altura de mudas fora dos limites de crescimento em viveiro, apresentam desempenho insatisfatório considerando também que complementa que 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).

Erner et al. (1980) compararam o estímulo mecânico através de flexões caulinares e o estímulo químico através de aplicações de etileno em mudas de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.).

Aqueles autores relataram que o estímulo mecânico promoveu uma redução no alongamento celular com conseqüente aumento no incremento em diâmetro variando de acordo com a idade dos entrenós e a intensidade de perturbação mecânica. Pulverizações foliares com etileno externaram resultados similares aqueles observados para o estímulo mecânico, confirmando que o etileno “imita” os efeitos do estímulo mecânico. Os autores acrescentam ainda que as respostas tigmomorfogenéticas foram evidenciadas mesmo em plantas que tiveram sua parte aérea removida.

De acordo com Erner et al. (1980), a parte aérea da planta não exerce controle sobre resposta à perturbações mecânicas, sendo que o transporte do fator de perturbação não é feito pela célula perturbada e sim por outra que não recebeu o estímulo direto.

Os resultados expostos pela pesquisa não concordam com os trabalhos de Volkweis et al. (2014), que trabalhando com intensidades similares às utilizadas no presente ensaio, também em um período de 30 dias observaram uma redução na altura em mudas de *Maytenus ilicifolia*, porém, com conseqüente aumento no diâmetro de coleto.

Dranski (2013) também trabalhou com estímulos mecânicos através de flexões caulinares diárias em um período de 60 dias, com a espécie *Pinus taeda* L. Todavia, o que foi observado para a espécie foi um aumento no incremento em diâmetro com até 20 flexões diárias, em um percentual de 34 % quando comparado a mudas não estimuladas.

De modo geral, a maioria dos estudos com exposição de plantas a perturbações mecânicas, demonstram uma promoção no aumento no diâmetro do colo (TELEWSKI 1995, BONNESOUER et al. 2013, TELEWSKI e PRYUN, 1996; ROBINSON et al. 2013; DRANSKI, 2013; VOLKWEIS et al. 2014).

A redução no incremento em altura não favoreceu o incremento em diâmetro. Resultados similares foram relatados por Henry e Thomas (2002) em mudas de *Abutilon theophrasti* Medik, cultivadas em estufa quando exposta ao vento.

Sturion e Antunes (2006) corroboram que mudas com diâmetro muito pequeno apresentarão dificuldades em se estabelecer à campo, pois encontrarão mais dificuldades em se manter eretas. Um fator mais agravante ocorre em mudas que apresentam o diâmetro de colo muito menor em relação à mudas com alturas maiores, consideradas com menor qualidade em relação às com maiores diâmetros e menores alturas.

Essa redução no incremento em altura observada no presente ensaio era esperada, porém não com o diâmetro. A redução no incremento de mudas submetidas aos tratamentos quando comparadas ao controle pode ser resultado da diminuição da irrigação durante o

período do ensaio (uma vez ao dia) pois o estudo foi desenvolvido entre os meses de novembro e dezembro com média superior a 30 °C. Scalon et al. (2011) em ensaio com estresse hídrico com a espécie *G. ulmifolia*, relataram que a redução na disponibilidade de água promoveu redução no incremento em todas as variáveis avaliadas como altura, diâmetro, comprimento da maior raiz e área foliar.

Assim, pode-se perceber com base nas FIGURAS 3 e 4 que em mudas de *G. ulmifolia* o estímulo mecânico, mesmo associado a pulverizações com etileno não foi capaz de expressar a alteração hipotetizada no crescimento de mudas estimuladas mecanicamente, que é uma redução no incremento em altura com proporcional aumento no incremento em diâmetro.

Os resultados obtidos no presente ensaio indicaram que não foi possível confirmar que a redução no crescimento primário acarretará em aumento no crescimento secundário e/ou radial em mudas de *G. ulmifolia* como exposto por Bonnesouer et al. (2013), Telewski e Pryun, (1996); Robinson et al. (2013); Dranski, (2013); Volkweis et al. (2014).

Essa redução no incremento em altura e no diâmetro sob condições de estresse em mudas de *G. ulmifolia* indica que a espécie ainda não estava no período de rustificação. Pois, de acordo com Carvalho (2007) essa espécie possui um crescimento rápido, atingindo uma produção volumétrica estimada de até 31 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ aos 8 anos de idade e em um intervalo de 30 dias ainda apresentou um incremento médio de 4,9 cm em altura e 0,84 mm em diâmetro (TABELA 2), sendo que mudas controle apresentaram im incremento médio em altura de 10 cm (FIGURA 3).

O número de folhas em mudas de *G. ulmifolia* revelou interação entre os estímulos físicos e químicos. Mudas que não receberam a aplicação de etileno mostraram um comportamento polinomial quadrático em que a aplicação de estímulos mecânicos induziu a formação de novas folhas. Porém, quando da pulverização com etileno, o número de folhas foi reduzido linearmente à medida que se intensificaram as flexões caulinares (FIGURA 5).

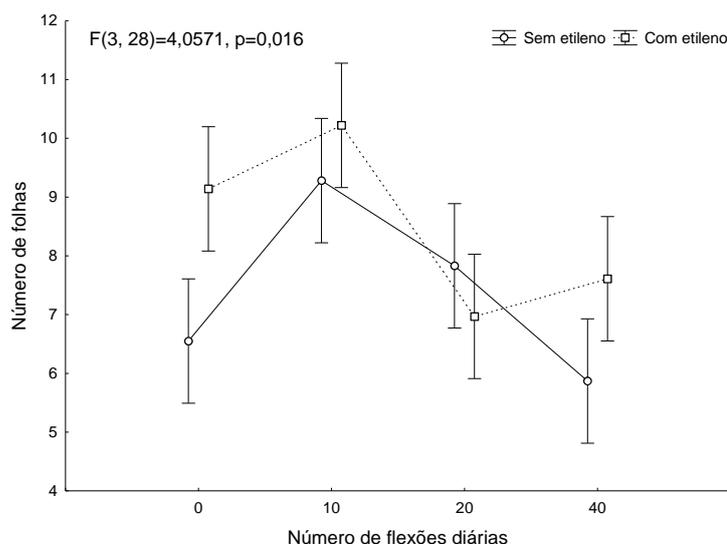


FIGURA 5: Número de folhas em mudas de *G. ulmifolia* em função de flexões caulinares diárias e aplicação foliar de etileno semanal.

Verificou-se com o presente estudo em mudas estimuladas mecanicamente sem a aplicação de etileno, o número de folhas apresentou um acréscimo de 56 % com 20 flexões caulinares diárias quando comparadas com mudas do tratamento controle, enquanto que a pulverização de etileno em mudas estimuladas mecanicamente resultou em uma redução no número de folhas. Os dados ajustaram-se ao modelo linear externando uma redução de 10,3 % no número de folhas com até 40 flexões caulinares.

O etileno é o principal regulador do processo de abscisão (Taiz e Zeiger, 2009), o que pode explicar a redução no número de folhas na presença de etileno. Os resultados observados com o índice SPAD (Figura 6) revelaram diferença entre os tratamentos testados, sendo que a aplicação de etileno mostrou maiores médias em relação a mudas não pulverizadas, tanto para as mudas controle quanto para mudas flexionadas mecanicamente. Os resultados externados no índice SPAD, revelaram interação significativa entre os estímulos físicos e químicos.

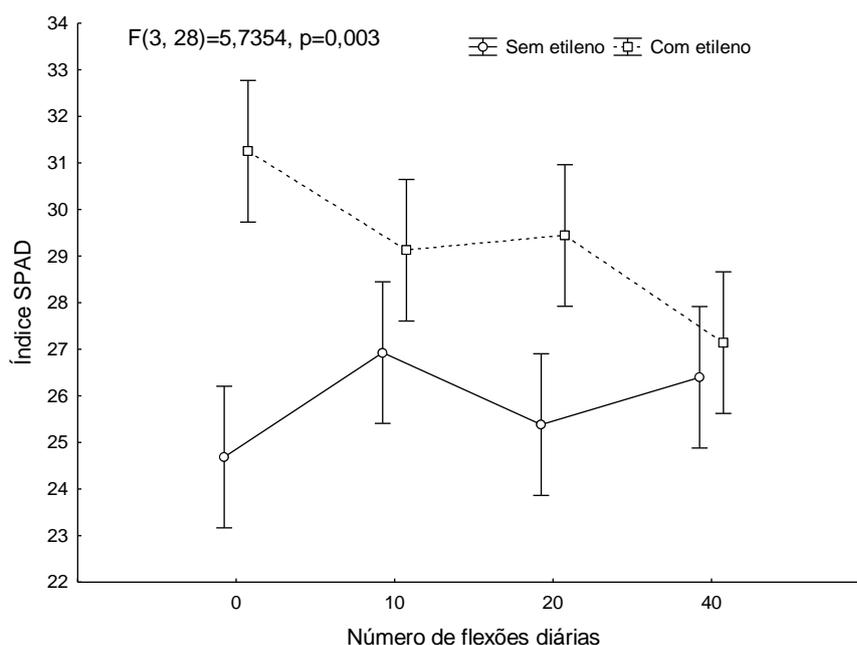


FIGURA 6: Índice SPAD em mudas de *G. ulmifolia* em função de flexões caulinares diárias e aplicação foliar de etileno semanal.

Em ensaios realizados com folhas pecioladas de feijoeiros com zonas de abscisão, foi demonstrado que o etileno e a auxina controlam o processo de abscisão (KERBAUY, 2004). Como colocou Felipe (1986) a produção de etileno aumenta em órgãos feridos, como folhas, por exemplo, promovendo a abscisão de tecidos foliares.

O índice SPAD avalia quantitativamente, a intensidade do verde da folha, sendo altamente correlacionado com o teor de clorofila. Para Taiz e Zeiger (2009) o aumento na concentração de etileno é associado à degradação da clorofila. Não obstante, também ficou comprovado em tubérculos de batata, que este índice pode ser relacionado à produtividade da cultura (GIL et al. 2002). Fontes (2001) acrescentou que o teor de nitrogênio na folha é correlacionado positivamente com a taxa fotossintética da planta, tendo a clorofila como pigmento que atua diretamente no processo de fotossíntese.

Assim, essa redução no número de folhas e no índice SPAD em resposta a quantidades crescentes de estresse mecânico pode resultar numa diminuição na fotossíntese, resultando em uma muda de menor estatura em comparação com mudas expostas a menores quantidades de carga mecânica (TELEWSKI e PRYUN, 1996). Resultados similares foram evidenciados no presente ensaio (FIGURA 3), que mostrou uma maior redução no incremento em altura em mudas estimuladas.

Conforme salientou Dranski, (2013) a redução no crescimento em altura relaciona-se diretamente à redução do número de folhas e conseqüentemente da área foliar.

Ao final de 15 dias, não foi verificado nenhum efeito significativo ($p > 0,05$) de flexões caulinares ou pulverizações com etileno sobre a sobrevivência avaliada por análise visual, bem como destes fatores individuais nas mudas de *G. ulmifolia* (TABELA 2). De acordo com os critérios adotados para análise visual, todas as mudas foram consideradas mortas. Embora a época de ensaio possa ter favorecido este resultado (meses com temperatura média em torno de 30 °C) esse método foi insatisfatório para prever a sobrevivência da planta, pois além das condições da estufa não refletirem verdadeiramente as condições de campo a análise visual sem outros meios de análise quantitativa não confirma a mortalidade do vegetal.

Quando da análise da massa seca (raiz e parte aérea) não foi observada interação entre os tratamentos. Porém, houve diferença significativa na aplicação de flexões caulinares para as variáveis MSPA, MST e para a relação MSR : MSPA e efeito da aplicação de etileno para a variável MSPA (TABELA 3).

Os tratamentos utilizados não promoveram efeitos significativos na MSR (TABELA 3), sendo que resultados semelhantes foram descritos por Rossi et al. (2008) demonstrando que em mudas de *Pinus* não houve estímulo para a produção do etileno a ponto de causar redução ou promoção no crescimento do sistema radicular, concordando com o observado no presente trabalho.

TABELA 3: Resumo da análise de variância em mudas de *G. ulmifolia* em função de flexões caulinares diárias e aplicação foliar de etileno semanal. 2013.

	GL	MSR		MSPA		MST		MSR:MST	
		F _{calc}	P	F _{calc}	P	F _{calc}	P	F _{calc}	P
Bloco	7								
Flexão	3	2,31	0,08 ^{ns}	5,28	0,031	2,81	0,049	5,08	0,004
Etileno	1	4,19	0,049	19,22	0,03	12,29	0,01	4,10	0,048
F x E	3	0,19	0,897 ^{ns}	1,41	0,24 ^{ns}	0,39	0,75 ^{ns}	1,15	0,33 ^{ns}
Média			0,815		0,706		1,521		1,250
CV (%)			38,4		32,9		31,1		38,02

MSR: massa seca de raiz (g por muda); MSPA: massa seca de parte aérea (g por muda); MST: massa seca total (g por muda); MSR:MSPA: relação massa seca de parte aérea e massa seca total.

Como já demonstrado com as variáveis incremento em altura e em diâmetro do coleto, a intensidade de flexões caulinares promoveu uma redução nos incrementos daquelas

variáveis. Esta redução também é evidenciada na massa seca da parte aérea (FIGURA 7) demonstrando um decréscimo de 32,5 % com 20 flexões caulinares e consequente redução na massa seca total (FIGURA 8) das mudas de *Guazuma ulmifolia*.

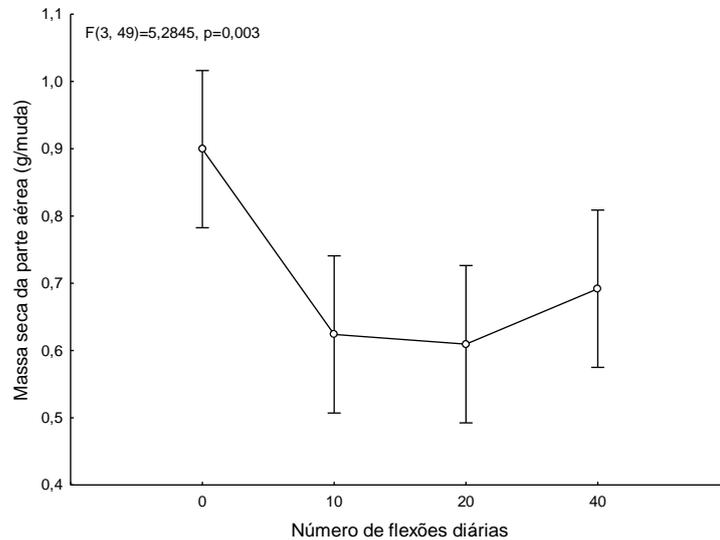


FIGURA 7: Massa seca aérea em mudas de *G. ulmifolia* em função de flexões caulinares diárias.

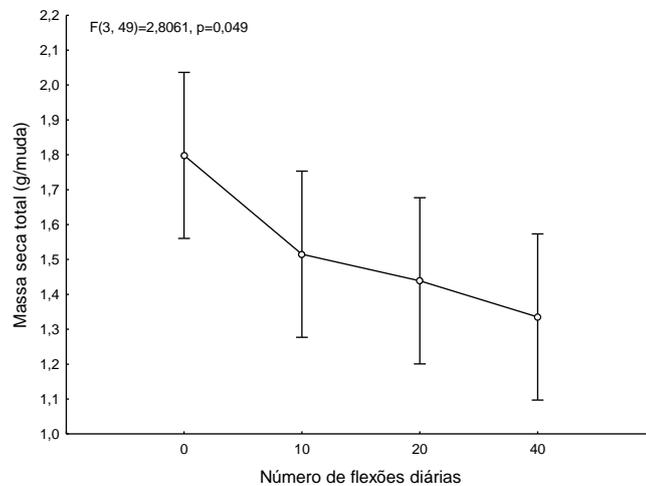


FIGURA 8: Massa seca total em mudas de *G. ulmifolia* em função de flexões caulinares diárias.

Niklas (1998) salientou que plantas que são continuamente expostas a tensões mecânicas mostram alterações morfológicas significativas, incluindo atraso do crescimento, aumento do crescimento radial e incremento de raiz, e redução da produção em massa seca total.

Resultados similares foram expostos por Erner et al. (1980) que verificaram que perturbações mecânicas reduziram a massa seca total de mudas de feijão.

Volkweis et al. (2014) verificaram uma redução linear na MSPA de até 28,7% em mudas com até 40 flexões caulinares, enquanto, Dranski et al. (2013) relataram redução linear na MSPA em mudas pulverizadas com até 600 mg L⁻¹ de etefon.

Os resultados obtidos não evidenciaram diferença entre a aplicação de estímulos físicos ou químicos na massa seca de raíz. Porém, a relação MSR:MSPA apresentou um aumento de 26,4% em mudas flexionadas em até 20 vezes quando comparadas às mudas controle (FIGURA 9).

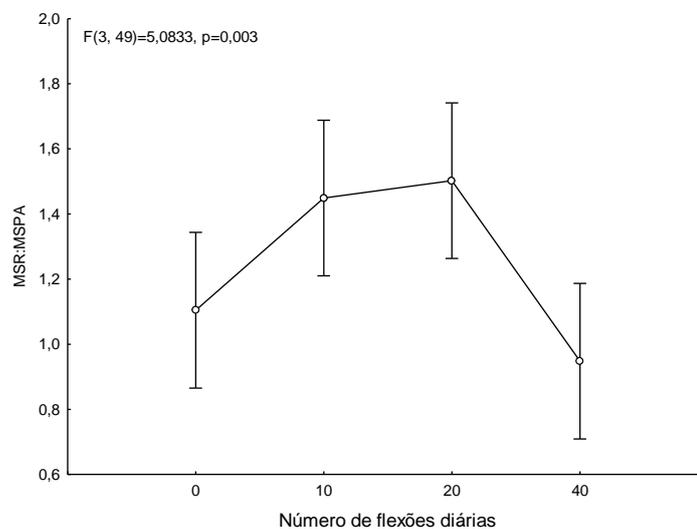


FIGURA 9: Relação MSR:MSPA em mudas de *G. ulmifolia* em função de flexões caulinares diárias.

A relação entre massa seca da raíz e aérea (MSR:MSPA) revelou um aumento de 36% com 20 flexões caulinares se comparadas a mudas controle (FIGURA 9), indicando uma perda de qualidade. Villar-Salvador (2003) colocou que existem evidências que plantas com menores relações de massa seca da raíz e massa seca aérea (MSR:MSPA) possam manter um melhor estado hídrico, com um consumo mais moderado em situações de deficiência hídrica pós-plantio.

Na aplicação de etileno observou-se que a massa seca aérea respondeu significativamente ($P < 0,05$) aos tratamentos com etileno, demonstrando que a aplicação daquele fitohormônio reforçou o efeito das flexões caulinares reduzindo ainda mais o crescimento em altura e o acúmulo de biomassa aérea em mudas de *G. ulmifolia*, refletindo na massa seca total na relação massa seca de raíz e parte aérea (TABELA 4).

TABELA 4: Comparação da massa seca aérea, total e da relação entre massa seca da raiz e aérea em mudas de *G. ulmifolia* em função da aplicação foliar de etileno. 2013.

Tratamento	Massa seca da parte aérea	Massa seca total	MSR:MSPA
Sem aplicação de etileno	0,8337 a	1,729 a	1,13 a
Com aplicação de etileno	0,5786 b	1,314 b	1,37 b

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

A redução na massa seca aérea em mudas de *G. ulmifolia* pulverizadas com etileno pode ser explicada provavelmente pela diminuição na síntese de auxina, que resulta do aumento da síntese de etileno (Taiz e Zeiger, 2009), pois de acordo com Otta (1994) a estimulação mecânica aumenta a produção de etileno na planta com consequente efeito redutor no caule e nas raízes.

3.2 *Cordia trichotoma*

Os valores médios das variáveis morfométricas em mudas de *C. trichotoma* no início do ensaio encontram-se na TABELA 5.

TABELA 5: Valores médios iniciais das variáveis morfométricas em mudas de *C. trichotoma* antes da aplicação dos tratamentos.

Variável	Mínimo	Máximo	Média
H (cm)	12,3	16,5	10,27
DC (mm)	1,9	5,59	3,02
NF (por muda)	2	13	5,35
SPAD	16,5	46,07	31,38
MSR (g/mudas)	0,7223	1,823	1,39242
MSA (g/mudas)	0,2246	0,6567	0,4028

H: altura; DC: diâmetro de coleto; NF: número de folhas e SPAD: índice SPAD; MSR: massa seca de raiz; MSA: massa seca aérea.

Os resultados com mudas de *C. trichotoma* os resultados externaram interação significativa ($P < 0,05$) entre os tratamentos de estímulo mecânico (flexão caulinar) e estímulo químico (aplicação de etileno) no incremento em altura sob déficit hídrico. A aplicação de flexões caulinares revelou efeito significativo ($P < 0,05$) com relação as variáveis MSR e MST (TABELA 6).

TABELA 6: Resumo da análise de variância para a interação entre flexão caulinar e etileno e para o fator flexões caulinares da espécie *C. trichotoma* em função de flexões caulinares diárias e aplicação foliar de etileno semanal. 2013.

	IH			IDC		NF		SPAD		SOB	
	GL	F _{calc}	P	F _{calc}	P	F _{calc}	P	F _{calc}	P	F _{calc}	P
Bloco	4										
Flexão	3	11,57	0,00	1,39	0,26 ^{ns}	2,57	0,74 ^{ns}	3,38	0,32 ^{ns}	108	0,000
Etileno	1	41,44	0,00	0,08	0,77 ^{ns}	2,26	0,18 ^{ns}	0,89	0,35 ^{ns}	2,5	0,131 ⁿ
F x E	3	5,913	0,03	1,89	0,155 ^{ns}	3,018	0,19 ^{ns}	3,07	0,23 ^{ns}	137,9	0,028
Média			0,496		0,274		6,015		27,8		53,09
CV (%)			43,57		43,27		15,85		15,36		10,45
	MSR			MSPA		MST		MSR:MST			
	GL	F _{calc}	P	F _{calc}	P	F _{calc}	P	F _{calc}	P		
Bloco	4										
Flexão	3	11,99	0,00	3,05	0,06 ^{ns}	13,54	0,003	1,70		0,197 ^{ns}	
Etileno	1	0,03	0,87 ⁿ	3,94	0,06 ^{ns}	0,19	0,66 ^{ns}	3,41		0,079 ^{ns}	
F x E	3	3,12	0,05 ⁿ	1,24	0,31 ^{ns}	2,05	0,13 ^{ns}	1,30		0,301 ^{ns}	
Média			1,667		0,8876		2,1322		3,6310		
CV (%)			21,68		27,53		20,17		32,27		

IH: incremento em altura (cm); IDC: incremento em diâmetro (mm); NF: número de folhas; SPAD: índice SPAD; MSR: massa seca de raiz (g por muda); MSPA: massa seca de parte aérea (g por muda); MST: massa seca total; MSR:MSPA: relação massa seca de parte aérea e massa seca total.

Verificou-se no presente trabalho que a aplicação de flexões caulinares e pulverizações com etileno promoveram redução no incremento em altura (FIGURA 10), porém o ajuste polinomial calculado diferiu em mudas pulverizadas com etileno.

Os resultados observados concordam com o exposto por Volkweis et al. (2014) onde foi relatado que em mudas de *Maytenus ilicifolia* a aplicação de flexões caulinares promoveu uma redução no crescimento em altura. Porém, como já relatado no presente ensaio, em mudas de *C. trichotoma* a redução no incremento em altura não foi acompanhada com o incremento no diâmetro de coleto.

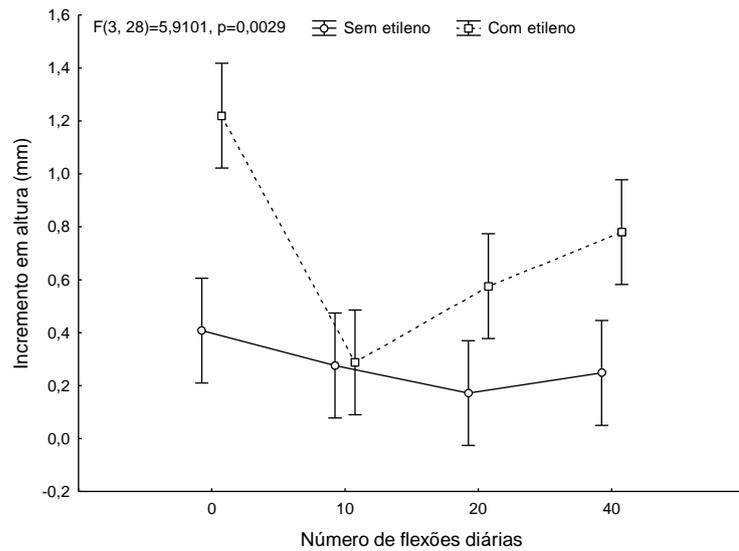


FIGURA 10: Incremento em altura em mudas de *C. trichotoma* em função de flexões caulinares diárias e aplicação foliar de etileno semanal.

Da Fonseca (2006) também relatou redução no incremento em altura em mudas de pimentão sem afetar o diâmetro de coleto quando submetidas à aplicação de estímulos mecânicos e pulverização com etileno quando comparadas ao tratamento controle. Estímulos mecânicos promoveram uma redução de 12,3% enquanto que o estímulo químico reduziu em 53% o crescimento das mudas de pimentão.

Em tomates, o etileno também promoveu a redução da parte aérea sem afetar as demais partes do vegetal, enquanto que, o estímulo mecânico não apresentou diferença significativa quando comparadas as mudas controle (STRASSBURGER et al. 2003). Aqueles estudos, embora realizados com hortaliças e não com espécies arbóreas, demonstraram que os efeitos da aplicação de estímulos mecânicos e químicos podem expressar diferentes alterações morfológicas de acordo com a espécie.

Conforme exposto por Gomes et al. (2002), a qualidade da muda pode ser avaliada com base nos resultados apresentados pelo diâmetro e altura da muda, uma vez que esses dois parâmetros juntos contribuem com 83,19% para a qualidade das mudas, sendo recomendado também por ser um método de fácil avaliação e não destruir a muda. Assim, a redução no incremento em altura sem promover o incremento em diâmetro não pode assegurar a qualidade da muda, pois de acordo com Landis et al. (2010) em mudas de *Pinus elliottii* Engelm var. *elliottii* com diâmetros maiores externaram melhor sobrevivência e crescimento no campo 4 anos após plantio.

Em relação à massa seca da parte aérea, o resultado obtido concorda com o exposto por Volkweis et al. (2014), onde mudas com menos de 15 cm quando estimuladas mecanicamente não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos.

Os resultados obtidos para a massa seca da raiz (Figura 11) e a massa seca total (Figura 12) não revelaram interação significativa entre os estímulos físicos e químicos. Porém, a aplicação de flexões caulinares promoveu uma redução na massa seca em mudas de *C. trichotoma* de 47 % e 45% respectivamente em massa seca de raiz e massa seca total.

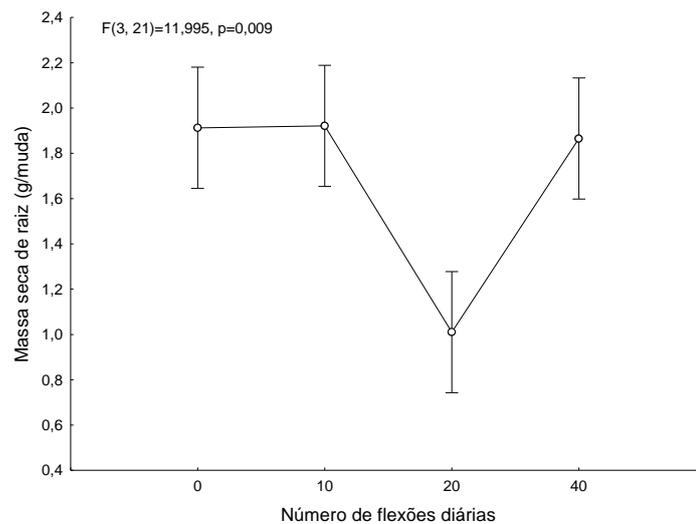


FIGURA 11: Massa seca da raiz em mudas de *C. trichotoma* em função de flexões caulinares diárias.

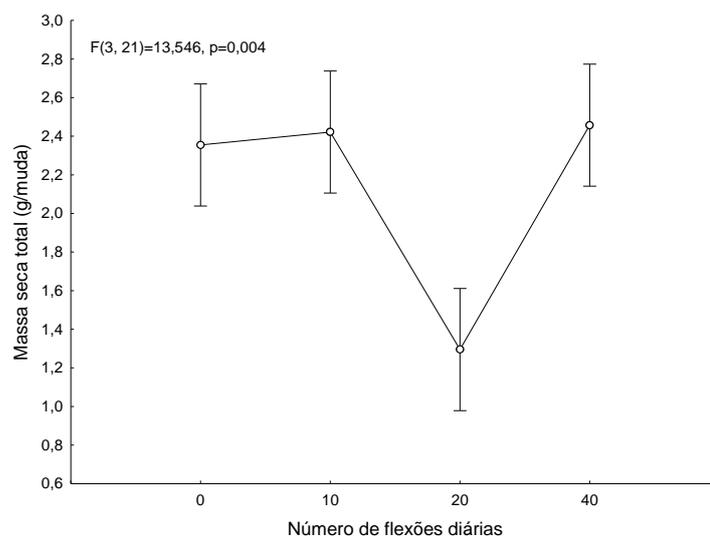


FIGURA 12: Massa seca total em mudas de *C. trichotoma* em função de flexões caulinares diárias.

Os resultados externaram que a aplicação de flexões caulinares e a aplicação de etileno promoveram modificações na alocação de carbono estrutural em mudas de *C. trichotoma*, no entanto, não como esperado.

Um sistema radicular menos desenvolvido pode ser prejudicial à muda quando levada a campo. Alterações morfológicas observadas em mudas de *C. trichotoma* como redução no incremento em altura, massa seca da raiz e massa seca total não indicaram um aumento na qualidade das mudas, uma vez que o decréscimo no incremento em altura não foi acompanhado de incremento em diâmetro nem na massa seca da raiz.

Mesmo que esses estudos apontem informações interessantes sobre a dinâmica da resposta do crescimento de mudas em resposta aos estímulos mecânicos, essas flexões experimentais são extremamente simples se comparadas com os reais estímulos impostos pela ação da natureza, como ventos. Da mesma maneira, condições controladas não permitem estudar os efeitos conjuntos de outros fatores relacionados com o crescimento (BONNESOUER et al. 2013).

Na análise de sobrevivência verificou-se interação entre os tratamentos testados (TABELA 6).

A análise de regressão mostrou uma redução na sobrevivência de mudas de *C. trichotoma* a partir de 20 flexões caulinares comparadas às mudas controle. Mudas flexionadas com até 10 flexões diárias não apresentaram diferença na porcentagem de sobrevivência em relação às mudas controle (FIGURA 13).

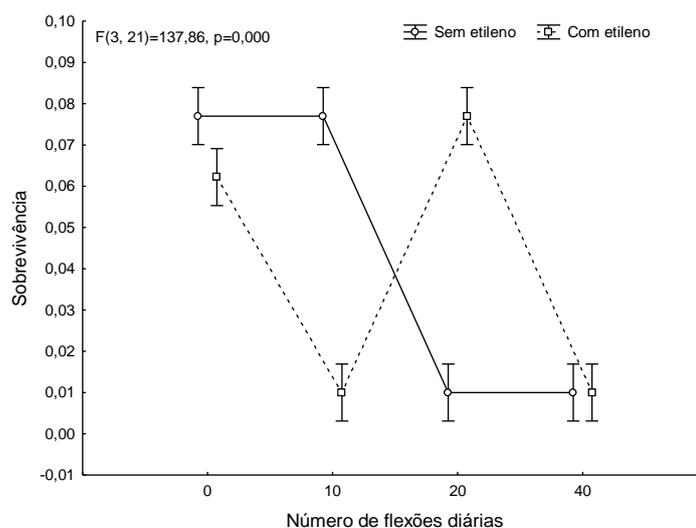


FIGURA 13: Sobrevivência de mudas de *C. trichotoma* em função de flexões caulinares diárias e aplicação foliar de etileno semanal.

Lopes et al. (2011) em ensaio com *E. grandis* e *E. urophylla* em regimes de estresse hídricos na fase de produção de mudas e plantio em vaso com e sem o uso de hidrogel relataram que plantas adaptadas à falta de água (uma irrigação diária) demoraram mais tempo para apresentar sintomas de deficiência hídrica. Garcia (2012) com as mesmas espécies não observou diferença na sobrevivência de mudas de *E. grandis* e *E. urophylla* quando avaliou sintomas moderados de estresse hídrico. Todavia, mudas submetidas ao regime hídrico de maior frequência (5 vezes ao dia) permaneceram por um período maior com sintomas severos de deficiência hídrica.

No presente ensaio, as análises visuais dos sintomas de deficiência hídrica não asseguraram a morte das mudas, sendo necessária a re-hidratação das mudas para verificação da mortalidade. Assim, com os dados de sobrevivência foi possível verificar que a aplicação de estímulos físicos e químicos não promoveram aumento na porcentagem de sobrevivência em mudas de *C. trichotoma*.

Para Carneiro (1995) há um interesse muito grande na qualificação de indicadores para a sobrevivência e o crescimento inicial das mudas no campo. Desta forma, sugere-se em ensaios futuros que a sobrevivência seja testada a campo em período igual ou superior a um ano. Ainda que para Mexal (2012), o propósito de qualificar uma muda deveria ir além da sobrevivência no primeiro ano de plantio, pois o sucesso de uma plantação além de buscar uma alta taxa de sobrevivência, também deve assegurar um crescimento rápido, com redução nos gastos em replantio.

4. CONCLUSÃO

A aplicação de flexões caulinares e pulverizações foliares com etileno revelaram-se detrimenais a mudas de *G. ulmifolia*.

A aplicação de flexões caulinares e etileno em mudas de *C. trichotoma* não externaram a conformação estrutural esperada com redução no incremento altura e conseqüente aumento no incremento em diâmetro.

Pode-se considerar a aplicação de até 10 flexões caulinares para a espécie, pois não demonstrou diferença nas variáveis analisadas com excessão do incremento em altura.

5. REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

BONNESOEUR, V.; et al. **Efectos del viento en el crecimiento radial del pino carrasco (*P. halepensis* Mill.) a escala intra-anual.**, In: 6º Congreso Forestal español, Vitoria-Gasteiz, 2013. ISBN: 978-84-937964-9-5. Disponível em: <http://www.congresoforestal.es/actas/doc/6CFE/6CFE01-005.pdf>. Acesso em 02/01/2015.

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

CARVALHO, P.E.R. **Mutamba. *Guazuma ulmifolia*.** Circular Técnica Embrapa Florestas. Colombo, 2007.

CHEHAB, E.W.; EICH, E.; BRAMM, J. Thigmomorphogenesis: a complex plant response to mechano-stimulation. **Journal of experimental botany.** v. 60, n.1, pp. 43-56. 2009.

CONTARDI, L.T.; GONDA, H.E. **La producción de plantines forestales em el mundo y en la Patagonia Andina.** In: BUMSCHA, M.G. et al. Producción de plantas em viveros forestales. Consejo Federal de Inversiones. Argentina. 2012. 220 p.

DA FONSECA, L.A. et al. **Crescimento de mudas de pimentão para o cultivo sem solo sob o efeito de estimulação mecânica e pulverização de etileno.** Trabalho apresentado no XV Congresso de iniciação científica - UFPEL, 2006.

DÍAZ, S.A.G.; DOMÍNGUEZ, C.C.; SIGUERO, N.D. **Tigmomorfogénesis.** 2014. Disponível em: <http://pendientedemigracion.ucm.es/info/cvicente/seminarios/tigmomorfogenesis.pdf>. Acesso em 21/12/2014.

DRANSKI, J.A.L. Tigmomorfogênese na rustificação sobrevivência em mudas de *Pinus taeda*. Tese de doutorado. Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Marechal Cândido Rondon: Pr, 2013a. 105 p.

DRANSKI, J.A.L. et al. Effect of ethephon on hardening of *Pachystroma longifolium* seedlings. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 37, n. 3, 2013b.

ELOY, E. et al. Avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis* utilizando parâmetros morfológicos. **FLORESTA**, Curitiba, PR, v. 43, n. 3, p. 373-384, 2013.

ERNER, Y.; BIRO, R.; JAFFE, M.J. Thigmomorphogenesis: Evidence for a translatable thigmomorphogenetic factor induced by mechanical perturbation of beans (*Phaseolus vulgaris*). **Physiology Plantarum.** v. 50, pp. 21-25, 1980.

FELIPE, G. M. Etileno. In: Fisiologia vegetal 2. 2. ed. São Paulo: EPU, p. 163-192. 1986. In: CARVALHO, G.R. et al. Eficiência do Ethephon na uniformização e antecipação da maturação de frutos de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) e na qualidade da bebida. **Ciência Agrotécnica.** [online], vol.27, n.1, pp. 98-106.

FONTES, P. C. R. **Diagnóstico do estado nutricional das plantas**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2001. 122 p.

GARCIA, R.D. **Qualidade das mudas clonais de dois híbridos de Eucalipto em função do manejo hídrico**. Dissertação de mestrado. Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2012. 75 p.

GARLIPP, R.; FOELKEL, C. **O papel das florestas para atendimento das demandas futuras da sociedade**. Sociedade Brasileira de Silvicultura. In: XIII Congresso florestal mundial/FAO. Argentina, 2009. Disponível em: http://www.sbs.org.br/destaques_POSITIONPAPER.pdf. Acesso em 13/10/2014.

GIL, P.T. et al. Índice SPAD para o diagnóstico do estado de nitrogênio e para o prognóstico da produtividade da batata. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 4, p. 611-615, dezembro 2002.

GOMES, J.M. et al. Parâmetros morfológicos na avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**. Viçosa-MG, v.26, n.6, p.655-664, 2002.

HENRY, H. A. L., AND S. C. THOMAS. Interactive effects of lateral shade and wind on stem allometry, biomass allocation, and mechanical stability in *Abutilon theophrasti* (Malvaceae). **American Journal of Botany**. v. 89, 2002. pp. 1609-1615.

KERBAUY, G.B. **Fisiologia vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan S.A, 2004.

LANDIS, T.D.; DUMROESE, R.K.; HAASE, D.L. **The container tree nursery manual: seedling, processing, storage and outplanting**. v. 7. Washington: Department of Agriculture Forest Service, 2010. 200p.

LOPES, J.L.W. et.al. Estresse hídrico em plantio de *Eucalyptus grandis* VS *Eucalyptus urophylla*, em função do solo, substrato e manejo hídrico de viveiro. **Revista Árvore**, Viçosa, Minas Gerais , v. 35, n.1, p.31-39, 2011.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil – Vol 2**. 2. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2002. 368 p.

MEXAL, G. Calidad de plantines: atributos morfológicos. In: BUMSCHA, M.G. et al. Producción de plantas em viveros forestales. Consejo Federal de Inversiones. Argentina. 2012a. 220 p.

NIKLAS, K.J. The influence of gravity and wind on land plant evolution. **Review of Palaeobotany and Palynology**. v. 102, pp. 1-14, 1998.

ORO, P. et al. Aplicação de regulador vegetal na aclimação de mudas de *Cariniana estrellensis*. **Cultivando o saber**. Cascavel, v.5, n. 4, p. 103-112, 2012.

OTTA, Y. Technology of mechanical stimulation: its theory and applications. **Farming Japan**, n. 28, p.35-40, 1994.

REIS, E.R.dos. **Variação espacial e temporal dos parâmetros morfológicos em mudas de pinus e eucalipto**. Dissertação de mestrado. UFSM. Santa Maria -RS, 2006. 62 p.

ROBINSON S. et al. Mechanical control of morphogenesis at the shoot apex. **Journal of Experimental Botany**, v. 64, pp. 4729–4744. 2013.

ROSSI, V.L.; AMARANTE, C.V.T.; FLEIG, F.D. Crescimento e qualidade de mudas de *Pinus taeda* submetidas à poda química de raízes. **Ciência Florestal**. Santa Maria, v. 18, n. 4, p. 435-442, 2008.

SAIDI et al. Thigmomorphogenesis in *Solanum lycopersicum*: Morphological and biochemical responses in stem after mechanical stimulation. **Plant Signal Behavior**. 2010 February; 5(2): 122–125.

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.

STRASSBURGER, A.S. et al. **Crescimento de mudas para o cultivo sem solo do tomateiro sob o efeito de estimulação mecânica e pulverização com etileno**. Trabalho apresentado no 43º Congresso Brasileiro de Olericultura, 2003. Publicado também como resumo em: Horticultura Brasileira, Brasília, v. 21, n. 2, p. 285-286, jul. 2003. Suplemento 1. Embrapa Hortaliças, 2003.

SCALON, S.de. P.Q. et al. Estresse hídrico no metabolismo e crescimento inicial de mudas de mutambo (*Guazuma ulmifolia* Lam.). **Ciência Florestal**. Santa Maria, v. 21, n. 4, p. 655-662, 2011.

SENTELHAS, P.C. ANGELOCCI, L.R. Meteorologia Agrícola: a atmosfera terrestre e movimentos atmosféricos. São Paulo: ESALQ/USP, 2009.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

TELEWSKI F.W. Wind induced physiological and developmental responses in trees. In **M. P. Coutts, J. Grace** [eds.], Wind and trees Cambridge University Press, Cambridge, UK. 237-263 1995

TELEWSKI, F.W.; PRYUN, M. Thigmomorphogenesis: a dose response to flexing in *Ulmus americana* seedlings. **Tree Physiology**, v. 18, n.1, pp. 65-68, 1996.

VILLAR-SALVADOR, P. Importância de la calidad de planta en los proyectos de revegetación. En: Restauración de Ecosistemas Mediterráneos, Rey-Benayas, J.M.; Espigares Pinilla, T. y Nicolau Ibarra, J.M. (Editores), Universidad de Alcalá / Asociación Española de Ecología Terrestre, 2003.

VOLKWEIS, C.R. Efeito da tigmomorfogênese na morfometria de mudas de estímulo mecânico na morfometria em mudas de *Maytenus ilicifolia* (Scharad.) Planch. **Ciência Florestal**. Santa Maria, vol 24, n.2, p. 339- 342 2014.

ZHANG, J. et.al. RUM based calcium pulse modeling. In: 6th International Conference on Information Technology and Applications (ICITA), 2009. Disponível em: <http://www.academicinternational.org/events/icita2009/papers/25-au-Tien-209.pdf>. Acesso em 22/12/2014.

CAPITULO III

QUANTIFICAÇÃO DE LIGNINA, CARBOIDRATOS SOLÚVEIS TOTAIS, MACRONUTRIENTES E ELETRÓLITOS RADICULARES EM MUDAS DE *Guazuma ulmifolia* E *Cordia trichotoma* APÓS A RUSTIFICAÇÃO POR ESTÍMULOS MECÂNICO E QUÍMICO.

QUANTIFICATION OF LIGNIN, SOLUBLE CARBOHYDRATES, AND MACRONUTRIENTS ROOT ELECTROLYTES IN *Guazuma ulmifolia* AND *Cordia trichotoma* OF SEEDLINGS AFTER HARDENING FOR MECHANICAL AND CHEMICAL STIMULATION.

RESUMO: A perda de eletrólitos, que é uma medida da intensidade do dano causado por estresse e a concentração de lignina são indicativos da sobrevivência na planta. A concentração de carboidratos e os nutrientes também tem grande importância, pois as reservas vão garantir a sobrevivência do vegetal até que o mesmo tenha condições de se estabelecer. Neste sentido, objetivou-se neste trabalho quantificar a concentração de lignina, carboidratos solúveis totais e macronutrientes, e avaliar o estresse na muda através da perda de eletrólitos radiculares em duas espécies florestais nativas. Os resultados revelaram que a aplicação de até 10 flexões caulinares em mudas de *Guazuma ulmifolia* aumenta a concentração de lignina, porém diminui a concentração de carboidratos solúveis totais quando associado ao etileno, enquanto que em *Cordia trichotoma* as flexões caulinares mostraram-se prejudiciais a espécie. Estes resultados associados a perda de integridade das membranas, revelado pelo teste da perda de eletrólitos demonstra que possivelmente as mudas utilizadas ainda apresentavam características da fase de crescimento.

Palavras-chave: Estresse. Espécies nativas. Lignina. Carboidratos. Macronutrientes

ABSTRACT: The loss of electrolytes, which is a measure of the extent of damage caused by stress and lignin concentration is indicative of the survival in the plant. The concentration of carbohydrates and nutrients also has great importance, because the reserve will ensure the survival of the plant until it is able to establish. In this sense, this study aimed to quantify the concentration and lignin, soluble carbohydrates and macronutrientes, and evaluate stress on the changes through the loss of electrolytes root of two native species. The results showed that application of up to 10 inflections stem in *Guazuma ulmifolia* seedlings increases the concentration of lignin, but it decreases the concentration of soluble carbohydrates when combined with ethylene, while *Cordia trichotoma* the stem bending proved harmful species. These results associated with the loss of membrane integrity revealed by electrolyte test demonstrates that the loss of the possibly used further seedlings exhibited growth phase characteristics.

Keywords: Stress. Native species. Lignin. Carbohydrates. Macronutrients.

1 INTRODUÇÃO

A incapacidade de translocar-se para outros ambientes faz com que as plantas sejam constantemente submetidas a várias situações de estresse, tais como vento, chuva e ferimentos, comprometendo seriamente seu desenvolvimento.

Na última fase da produção de mudas, busca-se justamente técnicas de rustificação das mudas expondo-a condições semelhantes ao local de plantio.

Embora a avaliação da qualidade de mudas baseie-se principalmente em atributos morfológicos (Gomes et al. 2002) essa avaliação é insuficiente, fazendo com que atributos fisiológicos também sejam considerados (SILVA, 2004).

O teste da perda de eletrólitos (PER) em tecidos vegetais tem sido usado como um rápido indicador (Earnshaw, 1993), pois um dos primeiros alvos atingidos em condições de estresse são as membranas biológicas (BAJJI, et al. 2001).

Outros componentes celulares podem indicar a maior ou menor adaptabilidade a condições estressantes normalmente aquelas de origem abiótica. A lignificação é um processo bioquímico que além das funções inerentes a fisiologia das plantas, apresenta-se como uma barreira de defesa física e química protegendo as plantas contra fatores bióticos e abióticos (MONTEIRO et al. 2004).

De acordo com Mexal (2012) os hidratos de carbono são os produtos da fotossíntese e um dos primeiros compostos que devem ser estudados na investigação da qualidade de mudas. Supõe-se que após o plantio, enquanto a parte aérea do vegetal encontra-se em estado de dormência, o crescimento radicular depende dos carboidratos armazenados.

Entre os principais recursos que determinam a distribuição das plantas nos ecossistemas terrestres estão: disponibilidade de água, luz e nutrientes. As concentrações de nutrientes minerais e açúcares de reserva são os atributos fisiológicos que mais se relacionam com o desenvolvimento das plantas a campo. Mudas com elevado conteúdo de nutrientes, especialmente nitrogênio e fósforo, se desenvolvem melhor no pós-plantio (VILLAR-SALVADOR, 2003).

Geralmente, os solos brasileiros possuem baixa fertilidade natural, principalmente em nitrogênio e fósforo que têm limitado o rendimento das culturas (SOUZA et al. 2009). Baixos teores de fósforo no início do ciclo vegetativo podem resultar em restrições no desenvolvimento das raízes e da parte aérea, condições que a planta não se recupera

posteriormente, mesmo aumentando o suprimento de fósforo a níveis adequados no decorrer de seu crescimento (GRANT et al. 2001).

Assim, as modificações no crescimento de plantas, as quais caracterizam a tigmomorfogênese estão relacionados com eventos bioquímicos associados com processos de lignificação e produção de etileno (SAIDI et al. 2010). Além do apoio ao sistema estrutural da parede celular, defesa física e química, a lignina participa no processo de transporte de água no floema vascular e nas células do xilema (MONTEIRO et al. 2004).

As mudanças de crescimento que são induzidas pela tigmomorfogênese relacionam-se com o aumento da produção de tecido de suporte para que possa melhorar a resistência aos danos causados por perturbações mecânicas. Essas repostas irão provocar em algumas espécies um aumento da rigidez do caule enquanto que em outras espécies ocorrerá o aumento da flexibilidade (TELEWSKI e JAFFE, 1986; CASSAB e GUEVARA, 2006).

Neste sentido, buscou-se avaliar no presente trabalho, o efeito de perturbações mecânicas, simuladas através de flexões caulinares e de perturbações químicas por meio da aplicação de etileno no teor de lignina, perda de eletrólitos radiculares e concentração de carboidratos em mudas de *Guazuma ulmifolia* e *Cordia trichotoma*.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL

O ensaio foi conduzido em casa de sombra localizada em Marechal Cândido Rondon – PR no período de 2013 a 2014. O município está localizado na região Oeste do Paraná, tem altitude média de 420 m, latitude de 24 ° 33' 40''S e longitude de 54 ° 04' 12''O. O clima é caracterizado segundo Köppen como subtropical úmido com verões quentes, geadas pouco frequentes e tendência à concentração de chuvas nos meses de verão.

O ensaio utilizou mudas de *Cordia trichotoma* (Vell.) Arrab. ex Steud (louro pardo) com 12 meses após sementeira e de *Guazuma ulmifolia* Lamarck (mutamba) com aproximadamente 4 meses após sementeira, ambas utilizadas regionalmente para revegetação em áreas de domínio ciliar.

As mudas de louro-pardo foram obtidas no viveiro da Itaipu, localizado em Foz do Iguaçu-PR. As mudas foram produzidas através de sementeira direta em setembro de 2012 em tubetes de 120 cm³, preenchidos com substrato comercial e fertilizadas com 4 kg m⁻³ da formulação N-P-K (18-05-09) de liberação lenta incorporado ao substrato e adubação de cobertura, composta por 1000 g por 100 L de ureia.

As mudas de *Guazuma ulmifolia* foram produzidas de sementes coletadas pelo viveiro municipal de Foz do Iguaçu e semeadas conforme procedimentos normalmente utilizados no viveiro como utilização de substrato comercial Humusfértil – Florestal[®], composto por casca de pinus, areia para substrato, vermicomposto e vermiculita, com adição de fertilização de liberação lenta Osmocote[®] 14-14-14 acompanhado por fertilização a cada 15 dias com NPK 10-10-10 após três meses de sementeira.

As mudas das duas espécies receberam irrigação por aspersão duas vezes ao dia durante 15 minutos e foram fertilizadas com NPK (10-10-10) de 15 em 15 dias no período que antecedeu o ensaio, ou seja, durante a fase de crescimento exponencial das espécies que correspondeu a 12 meses para a espécie *C. trichotoma* e 4 meses para *G. ulmifolia*.

Já no período do ensaio, foram regadas manualmente até a percepção do escoamento pelos tubetes uma vez ao dia no período da manhã e a fertilização foi suspensa.

O ensaio com *C. trichotoma* ocorreu no período entre 07/10/2013 e 06/11/2013, enquanto o ensaio com *G. ulmifolia* ocorreu no período entre 19/11/2013 e 19/12/2013. As

médias da temperatura e umidade relativa do ar no período em que transcorreu os ensaios com mudas de *C. trichotoma* e *G. ulmifolia* podem ser visualizadas nas FIGURAS 1 e 2, respectivamente.

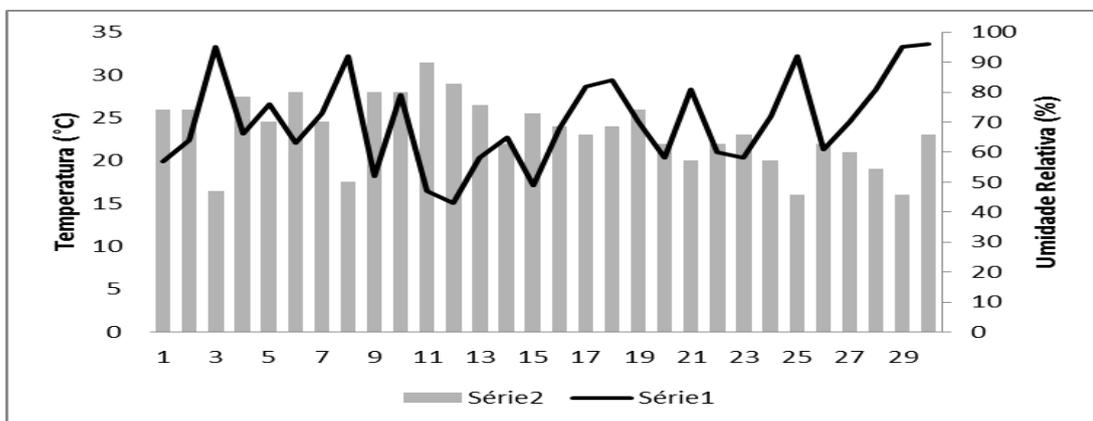


FIGURA 1: Temperatura e umidade relativa do ar no local durante o ensaio com mudas de *C. trichotoma*, Marechal Cândido Rondon, outubro/novembro, 2013.

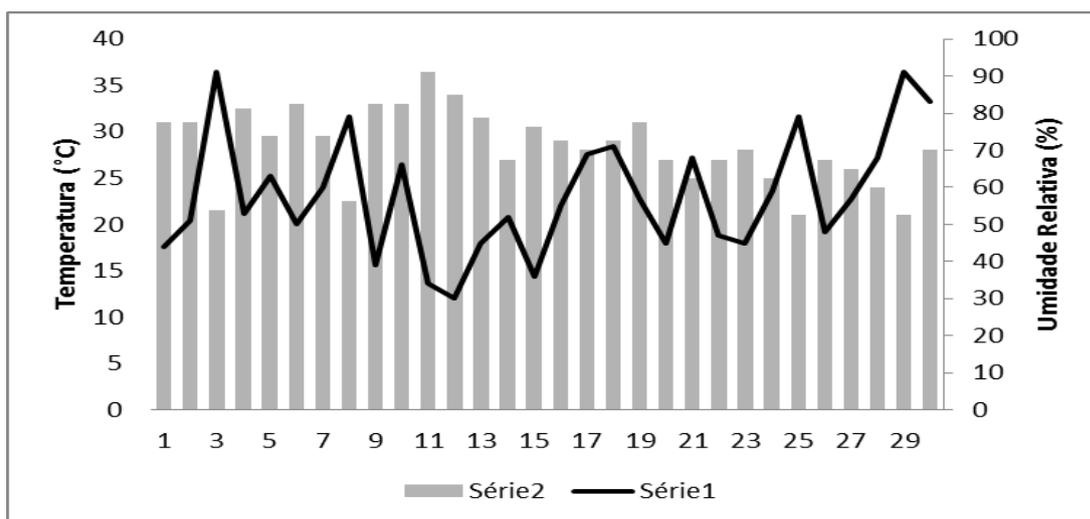


FIGURA 2: Temperatura média e umidade relativa do ar no local durante o o ensaio com mudas de *G. ulmifolia*, Marechal Cândido Rondon, novembro/dezembro, 2013.

2.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O ensaio foi conduzido seguindo um delineamento em blocos ao acaso para cada espécie, em esquema fatorial (4 x 2) composto por quatro frequências de flexões caulinares e presença ou ausência de pulverizações foliares com etileno, distribuídas em 5 blocos por tratamento. Cada bloco foi formado por cinco mudas úteis e duas utilizadas para a bordadura.

Os tratamentos com estímulos mecânicos consistiram de flexões caulinares aplicadas em quatro frequências diárias: 0 (controle), 10, 20 e 40 flexões por um período de 30 dias. Cada frequência foi executada uma vez ao dia pela manhã sempre no mesmo horário utilizando uma estrutura metálica sobre rolamentos na qual um cano de PVC posicionado horizontalmente a 15 cm da borda dos tubetes movimentava o caule das mudas em direção pendular.

As aplicações de etileno foram realizadas por meio de pulverizações foliares que ocorreram semanalmente. Todas as 280 mudas foram submetidas a flexões caulinares, sendo que destas, 140 mudas foram pulverizadas com etileno.

O produto utilizado nas pulverizações foi o etefon (ácido 2-cloroetilfosfônico) comercializado como Ethrel®. As aplicações (realizada com pulverizador) ocorreram na primeira, segunda, terceira e quarta semana do ensaio respectivamente, totalizando quatro aplicações no período.

Mudas de *C. trichotoma* receberam em cada pulverização a dosagem de 2000 mg L⁻¹, enquanto que a espécie *Guazuma ulmifolia* recebeu a dosagem de 4488 mg L⁻¹ parceladas em 4 aplicações semanais.

O valor entre as dosagens diferiu para cada espécie, em face de ensaio preliminar com mudas de *G. ulmifolia* (dados não apresentados). Em ensaio preliminar estimou-se a partir da equação $0,2434 + 0,0015 x + 6,685 e^{-7} x^2$ a dosagem de 1122 mg L⁻¹, obtida através de análise de regressão com os valores do diâmetro de coleto, enquanto que com mudas de *Cordia trichotoma* o ensaio preliminar não pode ser executado devido o número reduzido de mudas disponíveis.

2.3 QUANTIFICAÇÃO DOS ELETRÓLITOS RADICULARES

Para a determinação da perda de eletrólitos radiculares (PER) utilizou-se a metodologia descrita por Wilner (1955). Depois de retiradas do tubete, as raízes das mudas de

cada espécie foram lavadas em água corrente para remoção de partículas do solo e levadas para laboratório. A amostragem constituiu-se de 0,2 g de raízes finas da porção superior do sistema radicular de cada parcela totalizando 32 parcelas.

Anterior à análise, as raízes foram lavadas sucessivamente com água deionizada para remoção de íons superficiais. A porção de 0,2 g de raízes finas foi colocada em recipiente de vidro contendo 40 mL de água deionizada. O recipiente depois de tampado foi mantido em repouso a temperatura de 20 °C por 24 h.

As leituras da condutividade utilizou um condutivímetro (marca Conductivity Meter, modelo CD-4303).

2.4 DETERMINAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE LIGNINA

Para a concentração de lignina foi obtida a partir do método proposto por Peltier et.al. (2009) utilizando 0,5 g de amostra em cada repetição. As amostras foram constituídas de caules secos e moídos de cada espécie.

Para cada amostra realizou-se extrações com (10 mL de solvente) na seguinte ordem: três extrações com etanol P.A – usado para remover açúcares e ácidos orgânicos, uma extração com acetona P.A – para remover flavonóides e pigmentos, uma extração com clorofórmio: metanol (2:1) e duas extrações com acetona. Em cada extração utilizou-se 10 mL de solvente que foi descartado após a centrifugação. Cada amostra foi agitada em vortex e levada a banho de ultrasson por 15 minutos em meio a cada extração. A centrifugação ocorreu a 5.0 RPM durante 10 minutos por extração.

Ao fim das extrações, as amostras foram secas em exaustor por 24 h e levadas para estufa a 55 °C até atingir peso constante.

Com o material completamente seco transferiu-se 0,025 g de amostra para tubos de vidro de 10 mL (125 X 16 mm) com tampas de rosca. A estes tubos foram adicionados: 2,5 mL de brometo de acetila e ácido acético glacial (25 % de brometo de acetila e 75 % de ácido acético glacial). Esta mistura foi levada ao banho-maria por 2 h, agitando as amostras a cada 30 minutos. Resfriando-as posteriormente em água à temperatura ambiente.

Retirou-se 1 mL da amostra obtida no banho-maria transferindo-a para tubos de Eppendorf para centrifugação (14.000 RPM por 1 minuto). Após a centrifugação, 0,5 mL do sobrenadante foi retirado e colocado em tubos de vidro de 20 mL onde se adicionou: 7,15 mL de ácido acético glacial. 2 mL de NaOH a 2 mol L⁻¹ e 0,35 mL de hidroxilamina a 0,5 mol L⁻¹.

As amostras foram congeladas até a leitura espectrofotométrica. As leituras foram realizadas em espectrofotômetro (marca Shimadzu, modelo UVmini-1240) a 280 nm.

Não foi possível construir a curva de calibração de lignina, portanto utilizou-se uma média dos valores obtidos por Fukushima e Kerley (2011) com as espécies florestais pinus e pau-brasil (*Caesalpinia echinata* Lamarck).

2.5 QUANTIFICAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE CARBOIDRATOS SOLÚVEIS TOTAIS

Para a determinação dos carboidratos solúveis totais foram utilizadas folhas frescas de *C. trichotoma* e *G. ulmifolia* congeladas e armazenadas a ± 20 °C. O método utilizado para extração foi o fenol sulfúrico proposto por Moraga et al. (2006).

Aproximadamente 0,3 g de folhas por amostra foram maceradas com ± 25 mL de nitrogênio líquido e transferidas para um tubo falcon, no qual se adicionou 3 mL de etanol (80 %) seguido de agitação. Os tubos foram colocados em banho-maria à temperatura de 60 °C por aproximadamente 30 minutos, agitando as amostras manualmente. Após este período, os tubos foram submetidos à centrifugação a 4000 rpm a 4 °C por 30 min.

Após a centrifugação, retirou-se 1 mL do sobrenadante e transferiu-se para outro tubo. A este tubo adicionou-se 1 mL de clorofórmio e 1ml de água deionizada. Os tubos foram então levados para o freezer para descansar por um período de 45-60 min.

Após este período de descanso a amostra mostrou-se bifásica, sendo uma das fases aquosa e outra esverdeada (contendo os pigmentos foliares). Da fase aquosa (contendo os carboidratos solúveis dissolvidos) pipetou-se 200 μ L e transferiu-se para um Eppendorf no qual se adicionou 1,8 mL de água deionizada. Estas amostras foram armazenadas a ± 20 °C até a leitura.

Para a leitura em espectrofotômetro pipetou-se da amostra armazenada 500 μ L e transferiu-se para um tubo de ensaio. Neste tubo adicionou-se 500 μ L de fenol (5 %) e 2,5 mL de ácido sulfúrico P.A agitando esta mistura em vortex anteriormente a leitura. Em seguida realizou-se a medição da absorbância da amostra em espectrofotômetro (Shimadzu, modelo UVmini-1800) em comprimento de onda de 485 nm. Os valores obtidos para a concentração de carboidratos foi obtido a partir de curva de calibração realizada anteriormente a avaliação.

2.6 DETERMINAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DOS MACRONUTRIENTES N, P, K, Ca E Mg.

As determinações de macronutrientes seguiram duas metodologias distintas: digestão sulfúrica (para a determinação de nitrogênio – N) e digestão nitro-perclórica (para a determinação de fósforo – P, potássio – K, cálcio – Ca e magnésio – Mg).

Para a determinação dos macronutrientes utilizou-se 0,2 g de amostras secas e moídas de caules e raízes de mudas de *C. trichotoma* e *G. ulmifolia* em moinho tipo Willye, passadas em peneira de malha 40 mesh. As amostras foram compostas por caules e raízes separadamente.

Digestão Sulfúrica (N): Inicialmente preparou-se uma mistura digestora com 10 g de sulfato de cobre (CuSO_4) e 100 g de sulfato de sódio (Na_2SO_4). Essa mistura foi colocada em gral e triturada com pistilo até ficar bem fino e mesclar-se completamente.

Posteriormente, colocou-se a amostra de tecido vegetal em tubos micro-Kjeldahl e adicionado entre 5 e 7 g da mistura digestora. Em capela, adicionou-se aos tubos 1 mL de peróxido de hidrogênio (H_2O_2) e 2 mL de ácido sulfúrico colocando-os em bloco de digestão. A temperatura foi aumentada gradualmente até atingir a temperatura de 375 °C, permanecendo nesta temperatura, até que as amostras apresentassem uma coloração verde-amarelado. Após o resfriamento das amostras, adicionou-se aproximadamente 20 L de água deionizada.

Para a destilação do nitrogênio foi utilizado 15 ml de hidróxido de sódio (NaOH) e 5 ml da solução de ácido bórico (H_3BO_3) por amostra. O hidróxido de sódio foi preparado dissolvendo 400 g de NaOH em 1 L de água deionizada e a solução de ácido bórico foi preparada dissolvendo e diluindo em aquecimento 20 g de H_3BO_3 em 500 mL de água deionizada e 200 mL de etanol. Em uma bureta foi adicionado ácido sulfúrico (H_2SO_4) a $0,025 \text{ mol L}^{-1}$ para realizar a titulação, determinando o volume da amostra (LANA et al. 2010).

Digestão Nitro-perclórica (K, Ca, Mg e P): A solução nitro-perclórica foi composta por 750 mL de ácido nítrico (HNO_3) e 250 mL de ácido perclórico (HClO_4). As amostras secas e moídas foram colocadas em tubos de digestão micro-Kjeldahl onde foi adicionado 4 mL da solução nitro-perclórica, deixando-as em repouso para pré-digestão por um período de 12-16 h.

Após esse período as amostras foram levadas para o bloco digestor elevando a temperatura em 50 °C a cada 30 min até atingir a temperatura de 220 °C.

Quando atingida a temperatura de 220 °C esperou-se até que as amostras cessassem consideravelmente a emissão de fumaça branca atentando-se para que as amostras não secassem nos tubos. Após as amostras atingirem a coloração branca ou amarela pálida a digestão teve fim e as amostras foram retiradas do bloco digestor para esfriar.

Com as amostras mornas, adicionou-se aproximadamente 20 mL de água deionizada ainda no tubo. Posteriormente, realizou-se a lavagem destes tubos colocando o material e a água utilizada para lavagem em balão volumétrico e assim conclui-se a constituição da material aferindo para 50 mL de amostra final (LANA et al. 2010). Estas amostras foram guardadas em geladeira até a data da leitura.

Para a realização da leitura de K, Ca e Mg utilizaram-se 0,2 mL da amostra final e 4,8 mL de água deionizada. As amostras foram lidas em espectro de absorção atômica.

Já para a leitura de P utilizou-se 1 mL da amostra final e 6 ml do reagente metavanadato de amônio (NH_4VO_3) e a leitura ocorreu em espectro por determinação colorimétrica, sendo que a leitura ocorreu em absorbância com o comprimento de onda (λ) de 420 nm, zerando o aparelho com a prova em branco.

2.7 ANÁLISE DOS DADOS

A análise dos dados foi realizada com o auxílio do programa estatístico Staistics e os gráficos gerados a partir da análise de variaância, considerando significância em nível de 5% de probabilidade do erro.

3 RESULTADO E DISCUSSÃO

3.1 *Guazuma ulmifolia*

Os resultados obtidos em mudas de *G. ulmifolia* não mostraram interação ($P < 0,05$) entre flexões caulinares e aplicação de etileno para a variável perda de eletrólitos radiculares e concentração de lignina. Todavia, houve interação entre flexões caulinares e aplicação de etileno para a variável concentração de carboidratos não estruturais (TABELA 1).

TABELA 1: Resumo da análise de variância para a perda de eletrólitos radiculares e teor de lignina da espécie *G. ulmifolia* em função de flexões caulinares diárias e aplicação foliar de etileno semanal. 2013.

	GL	PER		LIGNINA		CARBOIDRATOS	
		F _{calc}	P	F _{calc}	P	F _{calc}	P
Bloco	3						
Flexão	3	4,100	0,019	7,915	0,010	5,42	0,006
Etileno	1	6,8926	0,016	9,735	0,005	0,10	0,77 ^{ns}
F x E	3	1,629	0,214 ^{ns}	1,283	0,306 ^{ns}	11,33	0,012
Média			30,321		148,1038		17,4625
CV (%)			20,58		13,08		12,83

Resultados com a variável concentração de lignina externaram que os caules das mudas de *G. ulmifolia* revelaram um aumento na concentração de lignina com até 10 flexões diárias (FIGURA 3).

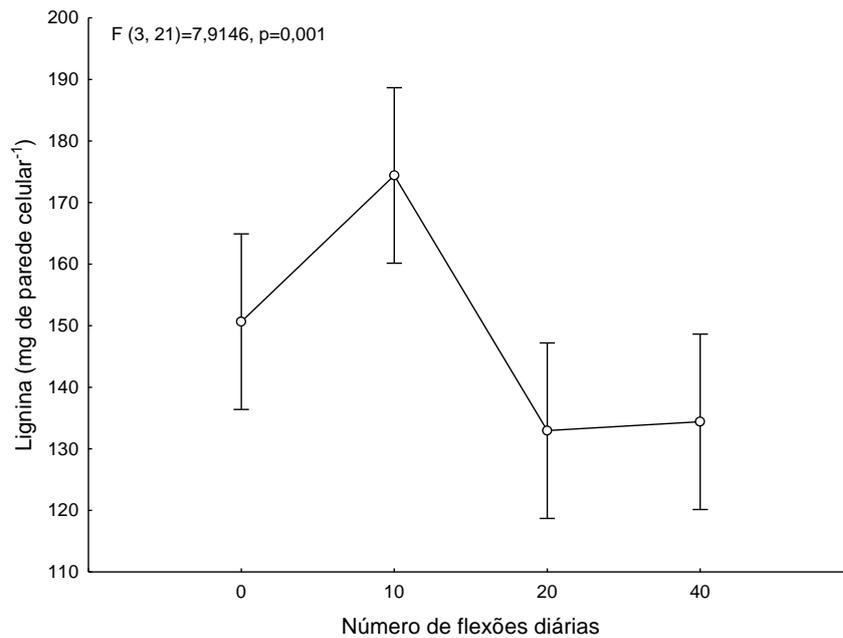


FIGURA 3: Concentração de lignina no caule em mudas de *G. ulmifolia* em função de flexões caulinares diárias.

Hudgins e Franceschi (2004), estudando os efeitos da aplicação de flexões caulinares em mudas de *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco observaram que a aplicação de flexões caulinares induziu a lignificação das células. Jaegher et al. (1985) também afirmaram que o estímulo mecânico em vegetais ativou algumas enzimas envolvidas no processo e níveis de lignificação. Os autores acima demonstraram que a fricção aplicada em entrenós de *Bryonia dioica* (Jacq.) causou um aumento nas atividades de fenilalanina amônia-liase e peroxidases aumentando o teor de lignina.

Souza (2013) complementou que a resposta na redução ou aumento do teor de lignina em situações de estresse é bastante variável de espécie para espécie e mesmo entre gêneros. Aquela autora trabalhou com a rustificação por estresse hídrico e baixas temperaturas em três clones de eucalipto que apresentaram diferentes respostas. Enquanto *Eucalyptus globulus* Labill, mostrou um aumento na biossíntese de lignina quando submetido a condições de estresse, *E. urolobulus* (*Eucalyptus urophylla* S.T.Blake x *Eucalyptus globulus*) mostrou pouca variação e *E. urograndis* (*Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* Hill (ex Maiden)) reduziram os valores de lignina quando submetidos a estresse.

O aumento no número de flexões caulinares promoveu o aumento no extravasamento de eletrólitos em raízes de *G. ulmifolia* em 30,5 % (FIGURA 4). Conforme Landis et al.

(2010) e Radaglou et al., (2007), o teste PER é uma medida da integridade das membranas celulares.

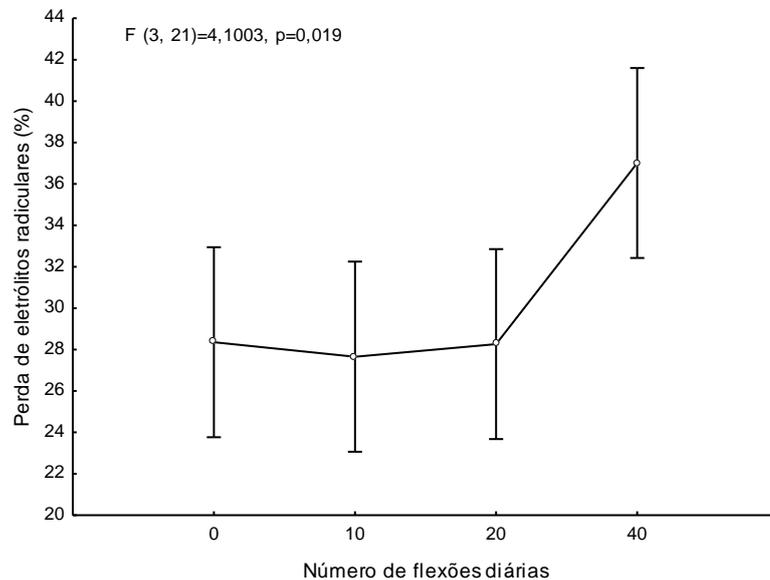


FIGURA 4: Perda de eletrólitos radiculares em mudas de *G. ulmifolia* em função do número de flexões caulinares diárias.

OS resultados indicam que a aplicação de estímulos mecânicos por meio de flexões caulinares pode prejudicar o desenvolvimento pós-plantio das mudas a partir de 20 flexões diárias, uma vez que, o aumento na PER prejudica a absorção de água aumentando o choque pós-plantio. Um valor baixo de PER indica alta viabilidade dos tecidos radiculares permitindo a absorção de água para amenizar o “choque pós-plantio” causado por estresse hídrico.

De acordo com Wilson e Jacobs (2004) em condições de estresse a permeabilidade da membrana é alterada e os íons extravasam nos tecidos circundantes. Todavia, essa resposta a condições de estresse pode variar de acordo com a espécie e/ou tipo de estresse sofrido pela planta.

Em mudas de *Pinus taeda* L. a aplicação de flexões caulinares reduziu o extravasamento de íons em 38% com 19 flexões caulinares quando comparadas a mudas não flexionadas (DRANSKI, 2013). Em mudas de *Maytenus ilicifolia* Mart. ex Reissek, o aumento no número de flexões resultou na redução linear da perda de eletrólitos radiculares acarretando em uma perda da sensibilidade da membrana plasmática. (VOLKWEIS et al. 2014).

Em estudos com restrição hídrica foi verificado que houve redução no extravasamento de eletrólitos em mudas irrigadas a cada três dias em mudas de *Enterolobium contorsitiliquum* (Vell.) Morong e a cada dois dias em mudas de *Peltophorum dubium* (Spreng) Taub em relação à mudas irrigadas diariamente (ORO, 2012).

As mudas de *G. ulmifolia* quando submetidas aos tratamentos de rustificação tinham aproximadamente 120 dias após semeadura. Durante o período de crescimento, foram irrigadas duas vezes ao dia ou até três vezes x ao dia (quando a temperatura foi superior a 30 °C). No período de rustificação, período em que ocorreu o ensaio, as mudas tiveram a irrigação reduzida sendo restrita em uma vez ao dia, com irrigação ocorrendo até o escoamento do tubete. Ao ser estimuladas mecanicamente, a condição de estresse foi mais intensa o que pode ter resultado na perda de sensibilidade da membrana plasmática das células, acarretando no aumento no extravasamento de íons.

Scalon et al. (2011) relataram diminuição no crescimento e desenvolvimento em mudas de *G. ulmifolia* submetidas a déficit hídrico. Contudo, de acordo com Taiz e Zeiger (2009), o déficit hídrico acentua o crescimento em raiz. Assim, não é possível que apenas a redução na irrigação fosse responsável pelo estresse, pois não foi observada diferença na MSR entre os tratamentos testados.

Já quando a condição de estresse foi trabalhada em condições de temperatura de armazenamento Wilson e Jacobs (2004) observaram que em mudas de *Quercus rubra* L, *Juglas nigra* L. e *Prunus serotina* Ehrh, houve um aumento no extravasamento de eletrólitos radiculares à medida que as condições de temperatura de armazenamento foram reduzidas. O mesmo foi observado em raízes de feijão (SÁNCHEZ-URDANETA et al. 2003) e milho (TSOUGKRIANIS et al. 2007).

A aplicação de etileno promoveu maior lignificação em mudas de *G. ulmifolia*, porém, também foi evidenciado maior extravasamento de eletrólitos (TABELA 2). Como a aplicação de etileno também promoveu a lignificação, o método se sobressai em relação à aplicação de flexões caulinares por ser mais prático e facilmente aplicado.

TABELA 2: Concentração de lignina no caule e valor do teste PER em mudas de *G. ulmifolia* em função da presença ou ausência da aplicação foliar de etileno.

	Lignina	PER (%)
Sem aplicação de etileno	137,41 b	27,42 b
Com aplicação de etileno	158,79 a	33,22 a

PER: perda de eletrólitos radiculares

Com base nos resultados obtidos pode-se inferir que a aplicação de etileno pode favorecer a lignificação, porém causa maior estresse a muda, e que 40 flexões caulinares promoveram maiores danos às mudas quando submetidas a condições de rustificação.

Carneiro (1995) colocou que a mudança na forma de irrigação, necessária e sugerida na fase de rustificação, pode produzir um incremento do fluxo passivo de íons através da membrana celular devido à perda de sua integridade, uma vez que a proporção de eletrólitos eliminada é normalmente proporcional à intensidade do estresse (VILLAR-SALVADOR, 2003). Porém, percebeu-se que com a aplicação de até 20 flexões caulinares o extravasamento de eletrólitos foi similar ao tratamento controle, aumentando consideravelmente com 40 flexões (FIGURA 4).

Mudas de *G. ulmifolia* demonstraram efeitos da interação entre estímulos físicos e químicos na concentração de carboidratos solúveis totais (TABELA 1).

Mudas estimuladas mecanicamente, sem a aplicação de etefon apresentaram um declínio na concentração de carboidratos solúveis totais a partir de 10 flexões caulinares. Com 20 flexões essa redução alcançou 22 %. Em contrapartida, mudas estimuladas com 20 flexões e com aplicação de etileno mostraram um aumento de 55% na concentração de carboidratos solúveis totais (FIGURA 5).

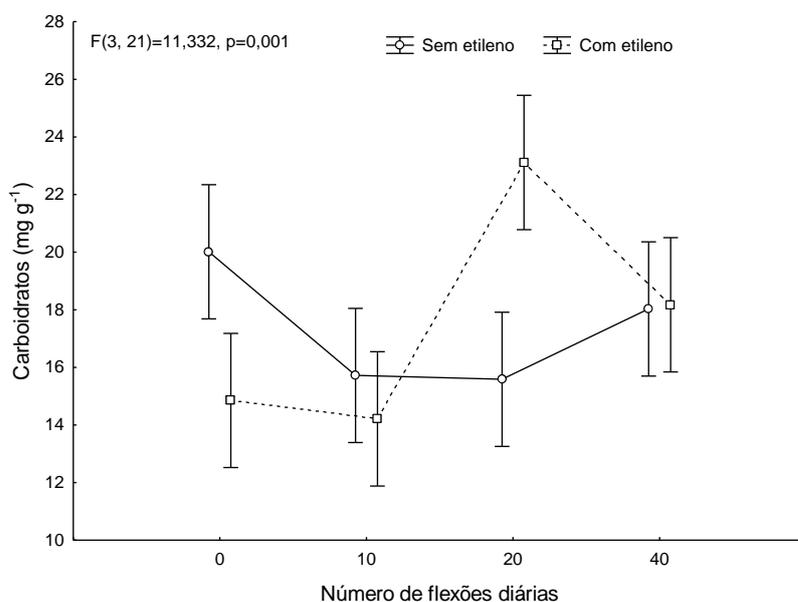


FIGURA 5: Concentração de carboidratos não estruturais em mudas de *G. ulmifolia* em função de flexões caulinares diárias e aplicações de etileno semanais.

O aumento na concentração de carboidratos solúveis também foi reportado por Eklund e Little (1998) em mudas de *Abies balsamea* (L.) Mill. após a aplicação de Ehtrel nas concentrações 0, 1 e 10 mg g⁻¹, e por Schenato et al. (2007) em videiras. Esses últimos autores reportaram que a aplicação de etileno aumentou consideravelmente a concentração de amido nas folhas no primeiro ciclo de produção quando comparadas àquelas que não receberam aplicação.

A carência de trabalhos que quantifiquem a concentração de carboidratos e aplicação de flexões caulinares e/ou a aplicação de etileno dificultam a comparação com outras espécies. Com *Eucalyptus* sp. Floriani et al. (2013) demonstraram uma correlação linear na concentração de carboidratos solúveis totais e a exposição ao estresse em baixas temperaturas. Os autores acima mencionados afirmaram que quanto maior a exposição ao estresse maior a concentração de carboidratos solúveis totais.

O aumento na perda de eletrólitos radiculares (FIGURA 4) e a redução na concentração de carboidratos não estruturais em mudas sem aplicação de etileno (FIGURA 5) corroboram com o exposto por Larcher (2000), o qual mencionou que os carboidratos solúveis totais são grandes contribuintes na proteção das biomembranas e das proteínas contra possíveis danos que podem ocorrer na concentração iônica gerada pelo estresse, principalmente hídrico. Adicionalmente, as concentrações de carboidratos podem refletir diretamente nas taxas de fotossíntese (EARNSHAW, 1993).

A análise dos tecidos em mudas de *G. ulmifolia* demonstrou haver interação ($P < 0,05$) entre flexões caulinares e aplicação de etileno com os valores de nitrogênio (raiz e caule), fósforo (caule) e potássio (raiz e caule). Os teores de cálcio e magnésio mostraram significância apenas no caule, tanto para os tratamentos de flexões caulinares como para aplicação de etileno (TABELA 3).

Em estudos com adubação em mudas de *G. ulmifolia*, Oliveira (2012) obteve concentrações de 9,7; 1,4; 3,3; 4,2 e 7,0 g Kg⁻¹ de N, P e K, Ca e Mg respectivamente na parte aérea e de 5,13; 0,43; 0,83; 4,46 e 5,00 g Kg⁻¹ em raízes. Dessa forma, no presente ensaio, os valores médios revelaram inexistir carência de macronutrientes, com exceção do magnésio (TABELA 3).

TABELA 3: Resumo da análise de variância dos teores de nutrientes em mudas de *G. ulmifolia* em função de flexões caulinares diárias e da aplicação foliar de etileno semanal.

	N raiz			N caule		P raiz	
	GL	F _{calc}	P	F _{calc}	P	F _{calc}	P
Bloco	3						
Flexão	3	41,7	0,000	21,0	0,000	1,60	0,219 ^{ns}
Etileno	1	699,3	0,000	381,2	0,000	7,80	0,011
F x E	3	24,8	0,000	21,5	0,000	1,34	0,287 ^{ns}
Média			7,79		6,44		1,9584
CV (%)			3,96		6,44		28,34
	P caule			K raiz		K caule	
	GL	F _{calc}	P	F _{calc}	P	F _{calc}	P
Bloco	3						
Flexão	3	71,0	0,000	3,113	0,048	2,841	0,062
Etileno	1	497,7	0,000	0,902	0,353	6,213	0,021
F x E	3	65,8	0,000	4,359	0,015	5,090	0,008
Média			2,64		13,46		11,85
CV (%)			3,34		42,69		21,72
	Ca raiz			Ca caule		Mg raiz	
	GL	F _{calc}	P	F _{calc}	P	F _{calc}	P
Bloco	3						
Flexão	3	2,455	0,091 ^{ns}	12,24	0,000	0,886	0,465
Etileno	1	1,178	0,290 ^{ns}	31,29	0,000	1,357	0,257
F x E	3	0,516	0,676 ^{ns}	1,28	0,306	1,497	0,244
Média			6,80		9,32		1,82
CV (%)			19,16		12,21		22,74
	Mg caule						
	GL	F _{calc}	P				
Bloco	3						
Flexão	3	31,02	0,000				
Etileno	1	29,12	0,000				
F x E	3	1,39	0,273				
Média			2,44				
CV (%)			8,06				

N: nitrogênio; P: fósforo; K: Potássio; Ca: Cálcio; Mg: Magnésio.

A redução nos teores de N e P nos caules foi observada apenas quando da aplicação de etileno (FIGURA 6 e 7) com até 20 flexões caulinares. A redução de N foi de 13,2 %, enquanto que a de P foi de 20 %.

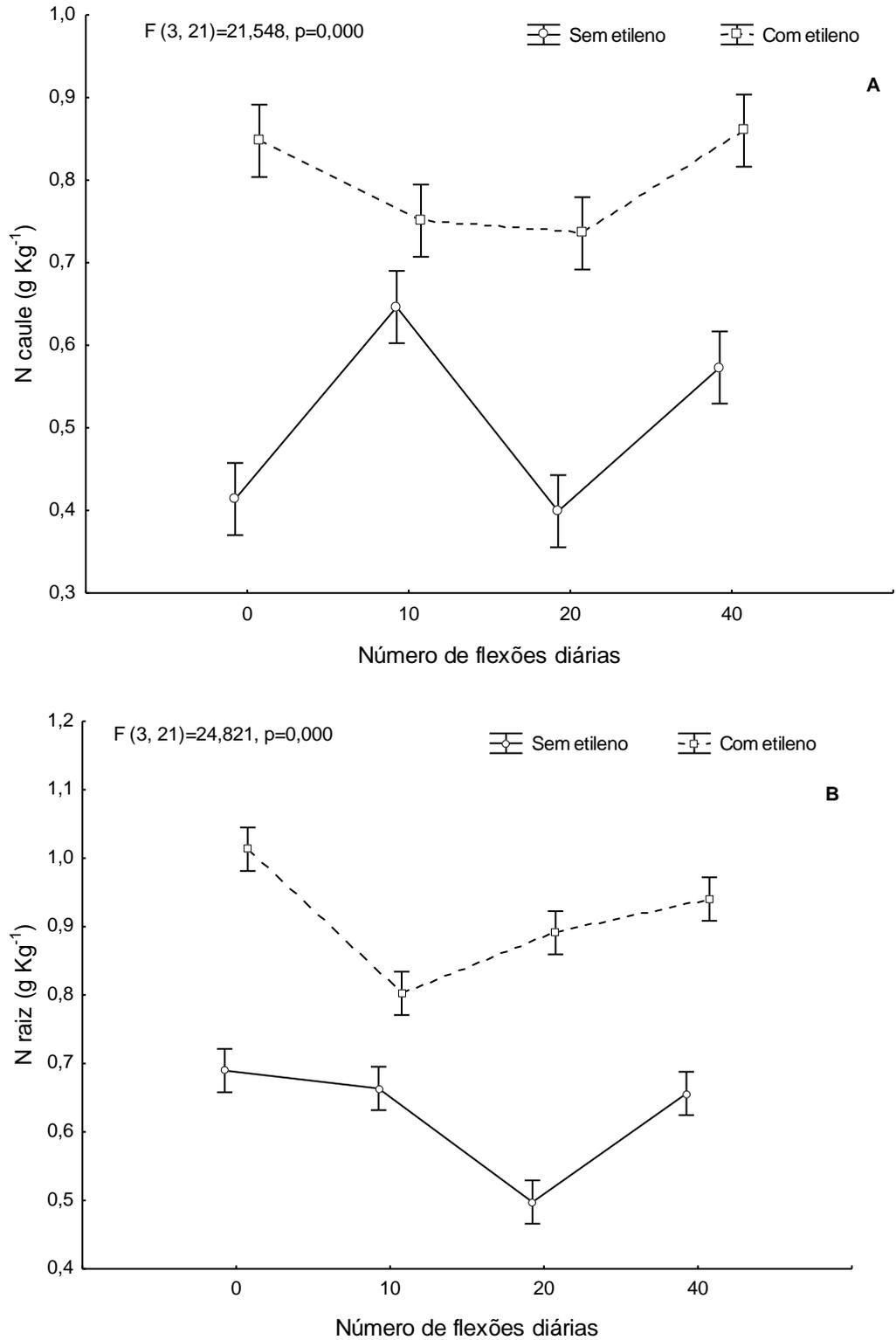


FIGURA 6: Concentração de nitrogênio em caules (A) e raízes (B) em mudas de *G. ulmifolia*.

Em raízes, observou-se o mesmo comportamento daqueles nos caules. Porém, mudas com aplicação de etileno evidenciaram maiores médias quando comparadas às mudas sem a aplicação do produto. Essa redução também ocorreu com a aplicação de 20 flexões diárias com valor de 27,8% e 12,8 % sem e com a aplicação de etileno, respectivamente (FIGURA 6).

O nitrogênio (N) é o nutriente mineral mais exigido pelas plantas. O N absorvido pelas raízes é transportado para a parte aérea da planta através dos vasos do xilema, via corrente transpiratória (FAQUIN, 2005). Porém, observou-se que com flexões caulinares houve um decréscimo no incremento em altura e diâmetro em mudas de *G. ulmifolia* (dados mostrados no capítulo II). Portanto, percebe-se que os teores de N e P (FIGURA 7) em mudas estimuladas mecanicamente foram menores quando comparadas ao controle.

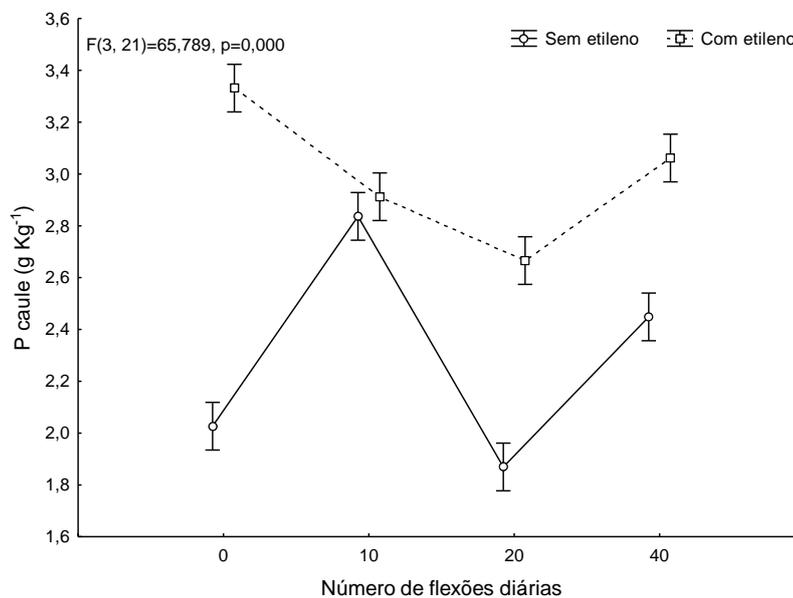


FIGURA 7: Concentração de fósforo em caules de *G. ulmifolia*.

Segundo Iqbal et al. (2013) a absorção de N é inibida por adição de etileno exógeno. No presente ensaio observou-se que o teor de N nas raízes de mudas de *G. ulmifolia* quando pulverizadas com etileno foi maior se comparado às mudas não pulverizadas (FIGURA 6).

De acordo com Schenato et al. (2007) em estudos com a aplicação de etefon em videiras foi observado que plantas pulverizadas com etileno demonstraram maior redução na concentração de N nas folhas, sugerindo uma possível translocação deste nutriente para as raízes do vegetal, justificando que raízes de *G. ulmifolia* pulverizadas com etileno apresentassem maiores teores de N. Contudo, no presente ensaio, mudas flexionadas e com

aplicação de etileno resultaram em redução de N no caule como nas raízes quando comparadas as mudas não flexionadas.

Em folhas de videira tratadas com aplicações de etileno foi observado um aumento na concentração de P. Porém, em outros órgãos da planta não foi observada diferença entre a aplicação e não aplicação do etileno (SCHENATO et al. 2007). Embora o presente ensaio tenha trabalhado com espécies lenhosas, essa diferença na concentração de P foi observada no caule, porém, com uma redução com até 20 flexões. Essa alteração no teor de P pode estar envolvida na síntese de etileno (LAMBAIS et al. 2013).

Todavia, os teores de N e P foram maiores em mudas controle inferindo que a aplicação de flexões caulinares promoveram uma redução na absorção desses nutrientes. Essa redução no teor de N pode ser considerada prejudicial às plantas, pois o N participa como constituinte de muitos componentes da célula vegetal, incluindo aminoácidos, proteínas e ácidos nucleicos (TAIZ e ZEIGER, 2009).

Quando o N é inibido resulta na redução do processo de divisão celular (MALAVOLTA et al. 1980). Já uma deficiência na concentração de fósforo pode promover reduções nas taxas de respiração e fotossíntese. Porém, uma vez que respiração atinja taxas muito menores em relação a fotossíntese, os carboidratos se acumularão, deixando as folhas com coloração verde-escura (GRANT et al. (2001).

A aplicação de etileno promoveu maior concentração de fósforo nas raízes em mudas de *G. ulmifolia* (TABELA 4).

TABELA 4: Concentrações de fósforo nas raízes de mudas de *G. ulmifolia* em função da aplicação de etileno

	P raiz
Sem aplicação de etileno	1,68 b
Com aplicação de etileno	2,23 a

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

A deficiência de P resultou em uma redução no crescimento, paralisando-o potencialmente, diminuindo o crescimento em altura da muda, atraso na emergência das folhas, redução na brotação e desenvolvimento de raízes secundárias e na produção de matéria seca (GRANT et al. 2001).

Os resultados obtidos com a concentração de K demonstraram que a aplicação de etileno, associado aos estímulos mecânicos, aumentou a concentração em mudas de *G. ulmifolia*. No caule, foi constatado que o aumento no teor de K ocorreu com até

aproximadamente 20 flexões caulinares (FIGURA 8), enquanto nas raízes o aumento foi proporcional ao aumento da frequência das flexões caulinares. Contudo, flexões caulinares sem a aplicação de etileno resultaram em um decréscimo no teor de K nas raízes com até 26 flexões caulinares (FIGURA 8).

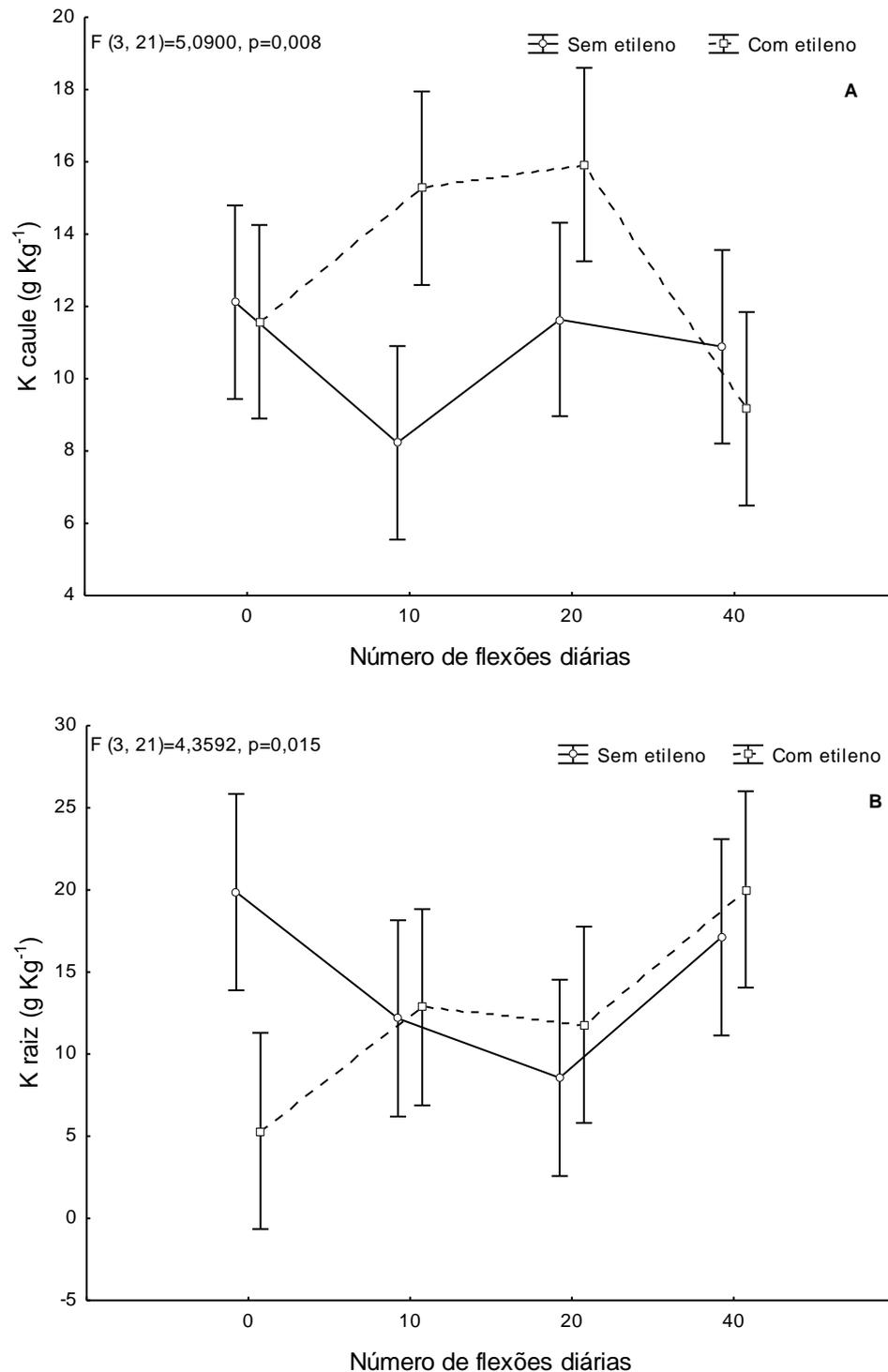


FIGURA 8: Concentração de potássio em caules (A) e raízes (B) em mudas de *G. ulmifolia*.

O potássio não desempenha função estrutural na planta (Faquin, 2005), mas é responsável pela ativação de muitas enzimas envolvidas na transpiração, regulação e abertura dos estômatos e também por mantém turgor celular em plantas. A elevação no teor de K em mudas estimuladas mecanicamente com a adição de etileno via foliar demonstrou o proposto por Iqbal et al. (2013) que relacionaram o etileno ao aumento na concentração de K (FIGURA 8).

Já as análises das concentrações de cálcio (Ca) e magnésio (Mg) em tecidos caulinares revelaram efeito significativo para ambos os fatores isolados. Tanto a concentração de cálcio como de magnésio atingiu seu ponto de máxima com 26 flexões caulinares diárias (FIGURA 9).

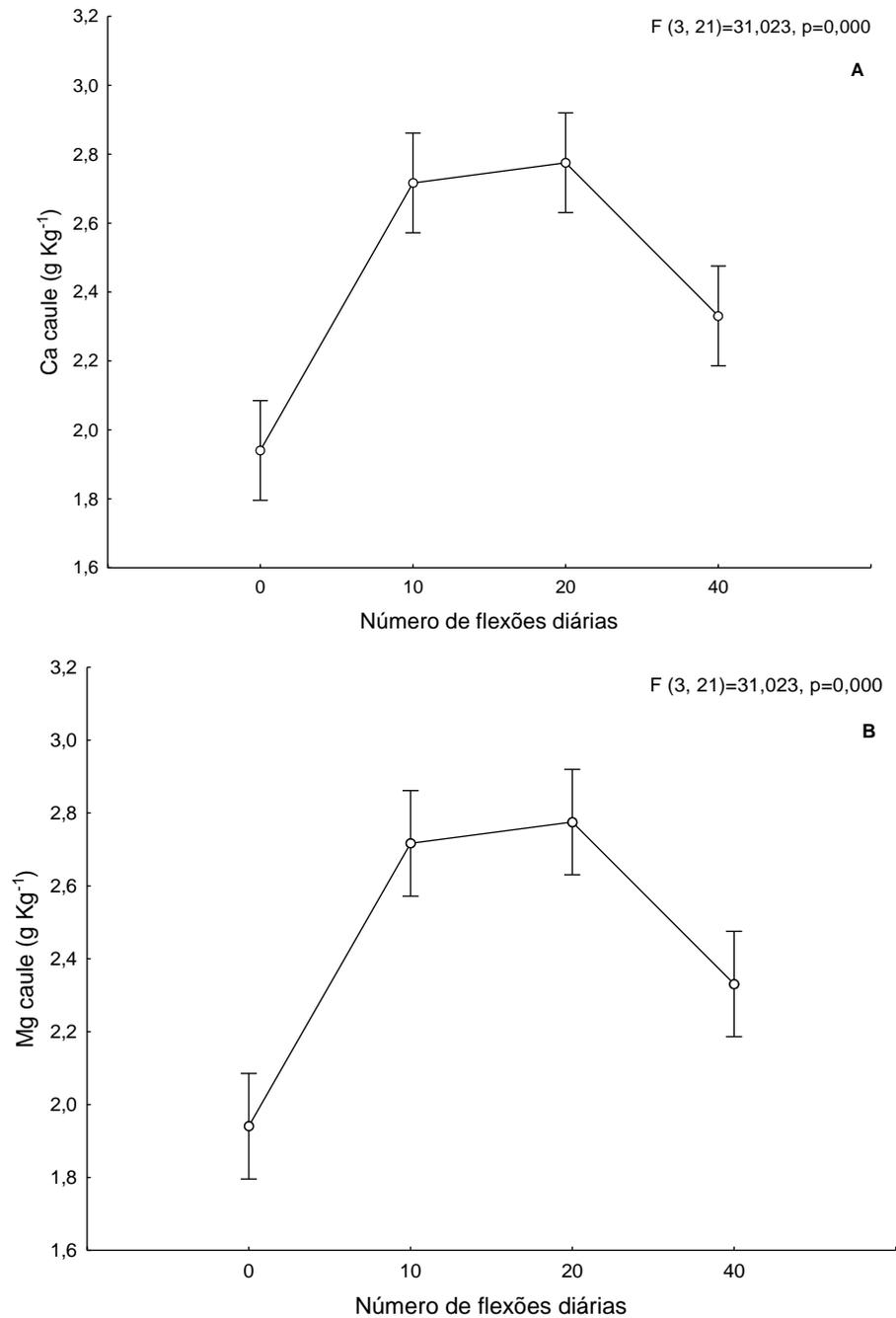


FIGURA 9: Concentração de cálcio (A) e magnésio (B) em caules de mudas de *G. ulmifolia* em função de flexões caulinares.

Conforme Díaz et al. (2014) o cálcio é um íon de transdução de sinal que está ligado à resposta das plantas a diversos estímulos. Assim, quando a planta sofre perturbações, ou seja, passa por um período de estresse a transição de Ca no citosol aumenta rapidamente. No presente ensaio, o acima ocorreu, pois mudas estimuladas mecanicamente demonstraram elevação na concentração de cálcio no caule (FIGURA 9).

Os aumentos de Ca intracelular provocam a expressão de certos genes que codificam proteínas como, por exemplo, a calmodulina. Com o aumento de Ca intracelular essas proteínas podem ativar enzimas para mediar respostas fisiológicas apropriadas.

Os teores de Ca e Mg foram reduzidos no caule de mudas de *Guazuma ulmifolia* quando da aplicação de etileno em 21,6 % e 14 % respectivamente em comparação à mudas controle (TABELA 5).

TABELA 5: Valores das concentrações de cálcio e magnésio em caules de mudas de *G. ulmifolia* em função da aplicação de etileno

	Ca caule (g Kg ⁻¹)	Mg caule (g (Kg ⁻¹))
Sem aplicação de etileno	10,45 a	2,62 a
Com aplicação de etileno	8,19 b	2,25 b

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

Os resultados obtidos demonstraram que a aplicação de aproximadamente 10 ou 20 flexões caulinares (FIGURA 9) promoveu um aumento nos teores de Mg, em relação as mudas controle, enquanto que a aplicação de etileno reduziu o teor em caules de *G. ulmifolia* (TABELA 5).

Embora as amostras da parte aérea utilizada tenham sido compostas apenas por caules Cakmak e Yazici (2010) afirmaram que muitos processos fisiológicos e bioquímicos críticos da planta dependem da concentração ótima de Mg, ou seja, a aplicação foliar de etileno pode promover sérios problemas à planta, uma vez que afeta diretamente os cloroplastos e consequentemente a fotossíntese.

Segundo Mclaughlin e Wimmer (1999), a variação no conteúdo de Ca relatada em diversos trabalhos indica que as plantas podem exibir uma grande variedade de condições com relação à disponibilidade de Ca, ou ainda, que as plantas apresentam adaptações que promovem a absorção diferenciada de Ca. Dessa forma, verificou-se no presente ensaio que a aplicação de etileno promoveu uma redução na absorção de Ca.

Entre os várias hormônios e nutrientes que influenciam a sinalização e o aumento da disponibilidade de nutrientes, o etileno desempenha um proeminente papel. Há uma evidência emergente de apoio ao efeito do etileno na deficiência de minerais (IQBAL et al. 2013).

Hipotetizou-se anteriormente ao ensaio que a aplicação de estímulos mecânicos e pulverizações com etileno promoveriam a formação de raízes adventícias, aumentando o volume radicular do vegetal. Malavasi (1994) expôs que há uma relação significativa entre a

nutrição mineral e o enraizamento em coníferas. Porém, não foi observado efeito significativo na formação de novas raízes.

3.2 *Cordia trichotoma*

As mudas de *C. trichotoma* não demonstraram efeito da interação entre os tratamentos para a variável lignina. Os efeitos individuais revelaram resposta significativa para o fator flexão caulinar (TABELA 6).

TABELA 6 Resumo da análise de variância para a perda de eletrólitos radiculares das espécies *C. trichotoma* em função de intensidades de flexões caulinares diárias e aplicações de etileno semanais, 2013.

	GL	PER		LIGNINA		CARBOIDRATOS	
		F _{calc}	P	F _{calc}	P	F _{calc}	P
Bloco	3						
Flexão	3	13,67	0,000	23,8746	0,000	4,130	0,019
Etileno	1	6,94	0,015	0,5157	0,48 ^{ns}	6,485	0,020
F x E	3	26,9477	0,000	2,24	0,113 ^{ns}	5,879	0,004
Média			23,74		173,5503		16,8039
CV (%)			9,46		16,34		6,42

A análise com os valores de lignina no caule revelou um decréscimo na concentração com até 20 flexões caulinares diárias (FIGURA 10).

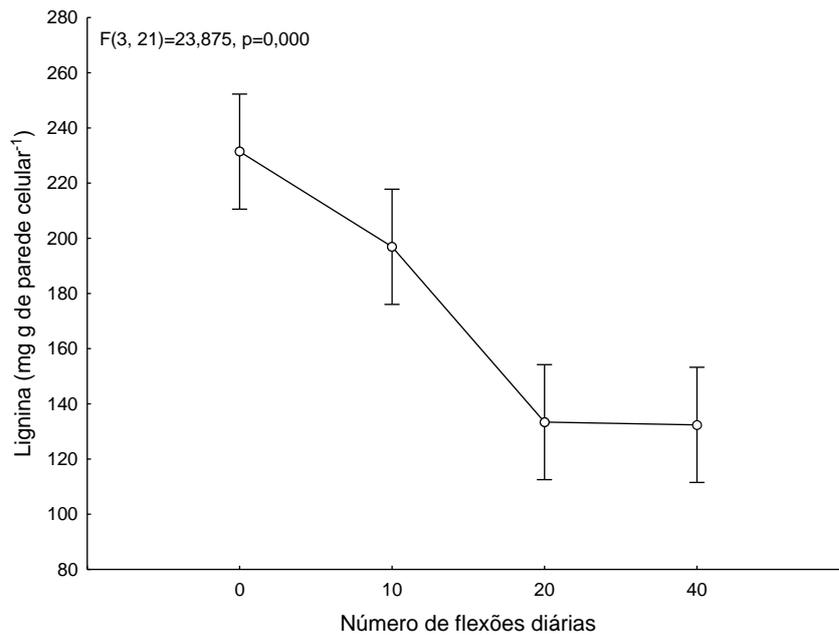


FIGURA 10: Concentração de lignina no caule em mudas de *C. trichotoma* em função de tratamentos de intensidades de flexão caulinar diária.

Os resultados observados em mudas de *C. trichotoma* diferem dos relatados por Dranski (2013) que reportou um aumento de 16% na concentração de lignina na parte aérea de mudas de *Pinus taeda* L. com até 28 flexões caulinares. Visto que a espécie *C. trichotoma* possui uma madeira de alta qualidade, e que a espécie pode atingir 35 m de altura, a redução no teor de lignina é considerado prejudicial à espécie, pois a lignina é indispensável em diversos processos biológicos como a circulação da água, minerais e ao conferir rigidez necessária à manutenção da verticalidade do caule a vários metros de altura (MONTEIRO et al. 2004). Assim, acredita-se que a redução no conteúdo de lignina na parede celular poderá comprometer o crescimento da planta (NOVAES et al. 2010).

A redução na porcentagem de dano celular foi maior com 10 flexões caulinares em plantas pulverizadas com etileno, sendo que plantas não pulverizadas com etileno não demonstraram efeito significativo entre os tratamentos após a imposição de flexões caulinares (FIGURA 11).

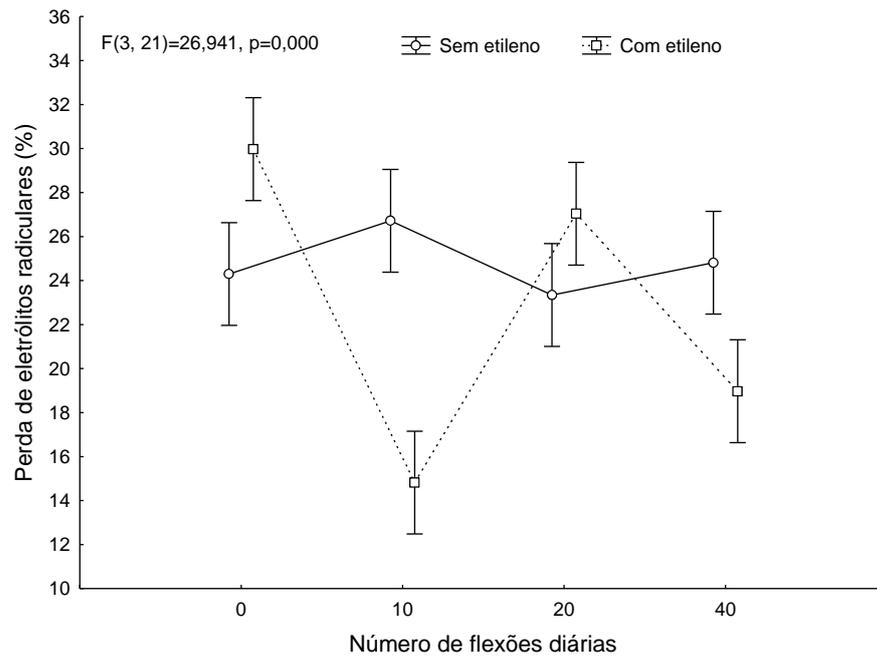


FIGURA 11: Teste da perda de eletrólitos em tecidos radiculares em mudas de *C. trichotoma* em função de tratamentos de intensidades de flexão caulinar diária e aplicações de etileno semanais.

Os resultados da PER obtidos no presente ensaio corroboram com o exposto por Volkweis et al. (2014), que demonstraram que mudas de *Maytenus ilicifolia* Mart. ex Reissek estimuladas mecanicamente apresentaram uma redução no extravasamento de eletrólitos radiculares com o aumento na frequência de flexões.

Segundo aqueles autores esta diminuição no extravasamento celular de íons indica que os tecidos radiculares permitirão maior absorção de água, o que possivelmente amenizará o choque pós-plantio, enquanto que sugere uma maior rusticidade das mudas frente a estresses abióticos (VOLKWEIS et al. 2014).

A análise da variável concentração de carboidratos não estruturais em mudas de *C. trichotoma* mostrou existir interação entre o fator flexões caulinares e a aplicação de etileno (TABELA 6).

A aplicação de etileno em mudas estimuladas mecanicamente reduziu a concentração de carboidratos não estruturais em 13,5 % em mudas flexionadas 10 vezes por dia (FIGURA 12).

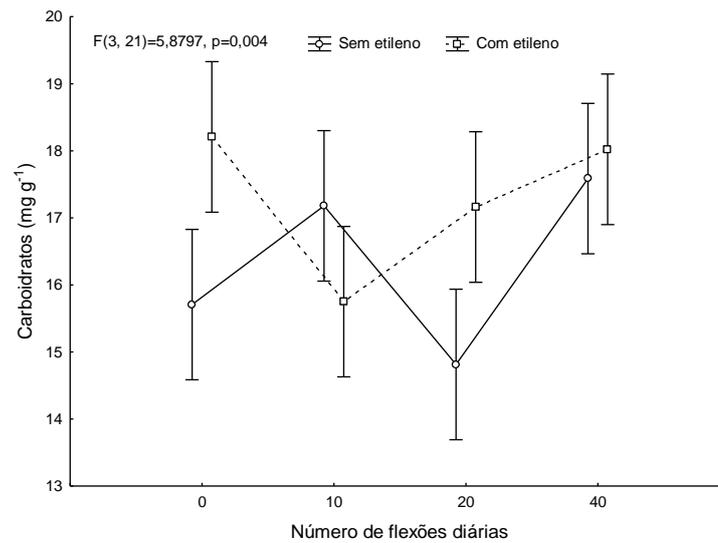


FIGURA 12: Concentração de carboidratos não estruturais em mudas de *C. trichotoma* em função de tratamentos de intensidades de flexão caulinar diária e aplicações de etileno semanais.

A concentração de carboidratos não estruturais pode ser vista como um sinalizador de uma condição de estresse, o que significa que pode ser alterada a partir da necessidade da planta se adaptar a uma nova condição ambiental (SMEEKENS, 2000). Schenato et al. (2007) avaliaram o efeito da aplicação foliar de etileno em videiras e reportaram que embora no primeiro ciclo de produção houve aumento na concentração de carboidratos a aplicação de etileno reduziu em 74 % a concentração de amido nas folhas no segundo ciclo de produção quando comparadas àquelas que não receberam a aplicação.

Essa redução na concentração de carboidratos não estruturais em mudas estimuladas mecanicamente quando submetidas a flexões caulinares pode afetar o desenvolvimento e sobrevivência destas mudas a campo, uma vez que de acordo com Turner (1997), os carboidratos atuam no ajuste osmótico e na manutenção da turgescência celular, permitindo que a fotossíntese possa ser eficiente mesmo em condições de estresse.

Mexal (2012) acrescentou que uma mudança no conteúdo de glicose em plantas, de um ponto percentual produz uma diferença de 40 % na sobrevivência.

Quanto a análise de macronutrientes, os resultados em mudas de *C. trichotoma* mostrou haver interação significativa entre os tratamentos com flexões caulinar e aplicação de etileno para os macronutrientes N, P, Ca em caules e raízes, K em caule e Mg em raízes bem como efeito significativo do teor de K em raízes (TABELA 7).

TABELA 7: Resumo da análise de variância em função de flexões caulinares diárias e aplicação foliar de etileno semanal em caules e raízes de mudas de *C. trichotoma*.

	N raiz			N caule		P raiz		
	GL	F _{calc}	P	F _{calc}	P	F _{calc}	P	
Bloco	3							
Flexão	3	143,4	0,000	2,57	0,082	2,56	0,082	
Etileno	1	112,0	0,000	24,26	0,000	13,27	0,002	
F x E	3	52,04	0,001	15,31	0,001	6,38	0,034	
Média		9,19		10,30		1,10		
CV (%)		3,25		6,58		15,12		
	P caule			K raiz		K caule		
	GL	F _{calc}	P	F _{calc}	P	F _{calc}	P	
Bloco	3							
Flexão	3	8,85	0,001	9,166	0,001	13,39	0,000	
Etileno	1	75,12	0,000	1,254	0,276 ^{ns}	0,37	0,548	
F x E	3	5,95	0,004	2,48	0,089 ^{ns}	9,62	0,000	
Média		6,68		9,44		10,28		
CV (%)		10,74		8,98		8,87		
	Ca raiz			Ca caule		Mg raiz		
	GL	F _{calc}	P	F _{calc}	P	F _{calc}	P	
Bloco	3							
Flexão	3	7,93	0,001	11,42	0,000	9,072	0,000	
Etileno	1	20,81	0,000	13,01	0,002	2,438	0,133	
F x E	3	13,33	0,000	3,65	0,029	4,445	0,014	
Média		5,07				2,87		
CV (%)		8,18				10,11		
	Mg caule							
	GL	F _{calc}	P					
Bloco	3							
Flexão	3	3,04	0,052 ^{ns}					
Etileno	1	5,10	0,035					
F x E	3	1,31	0,29 ^{ns}					
Média		2,20						
CV (%)		8,68						

N: nitrogênio; P: fósforo; K: Potássio; Ca: Cálcio; Mg: Magnésio.

A concentração de N em caules de mudas de *C. trichotoma* demonstrou comportamento oposto quando comparado às mudas flexionadas com e sem aplicação de etileno. Ambos os tratamentos mostraram comportamento linear, onde mudas flexionadas com a aplicação de etileno apresentaram um aumento no teor de N, enquanto mudas sem a aplicação de etileno externaram um decréscimo no teor de N com o aumento no número de flexões (FIGURA 13).

Já nas raízes, em mudas sem aplicação de etileno observou-se um decréscimo de 21 % no teor de N com 40 flexões comparadas as mudas controle. Quando da aplicação de etileno os teores de N foram elevados em 55 % em mudas flexionadas 10 vezes ao dia (FIGURA 13).

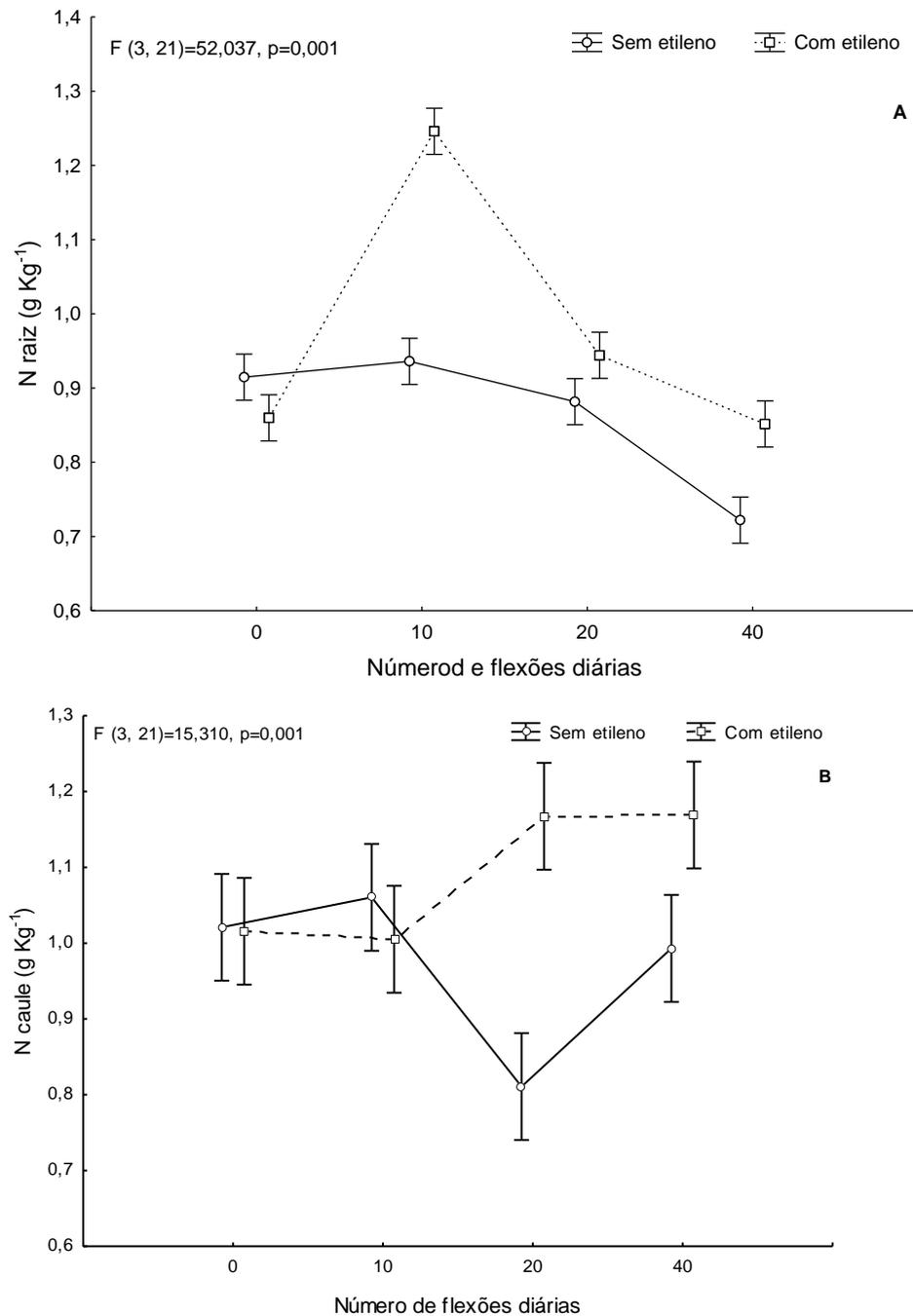


FIGURA 13: Concentração de nitrogênio em caules (A) e raízes (B) de mudas de *C. trichotoma*.

A concentração de K foi significativamente favorecida com aplicações de etileno e flexões caulinares tanto em caules como em raízes. Porém, o oposto ocorreu em mudas flexionadas sem a adição de etileno (FIGURA 14). Já os resultados para as concentrações de K não revelaram interação entre os tratamentos na raiz de mudas de *C. trichotoma*, sendo que observou-se um aumento nos teores de K com 20 flexões. Em caules, os resultados

externaram uma redução na concentração de potássio quando comparado às mudas controle (FIGURA 15).

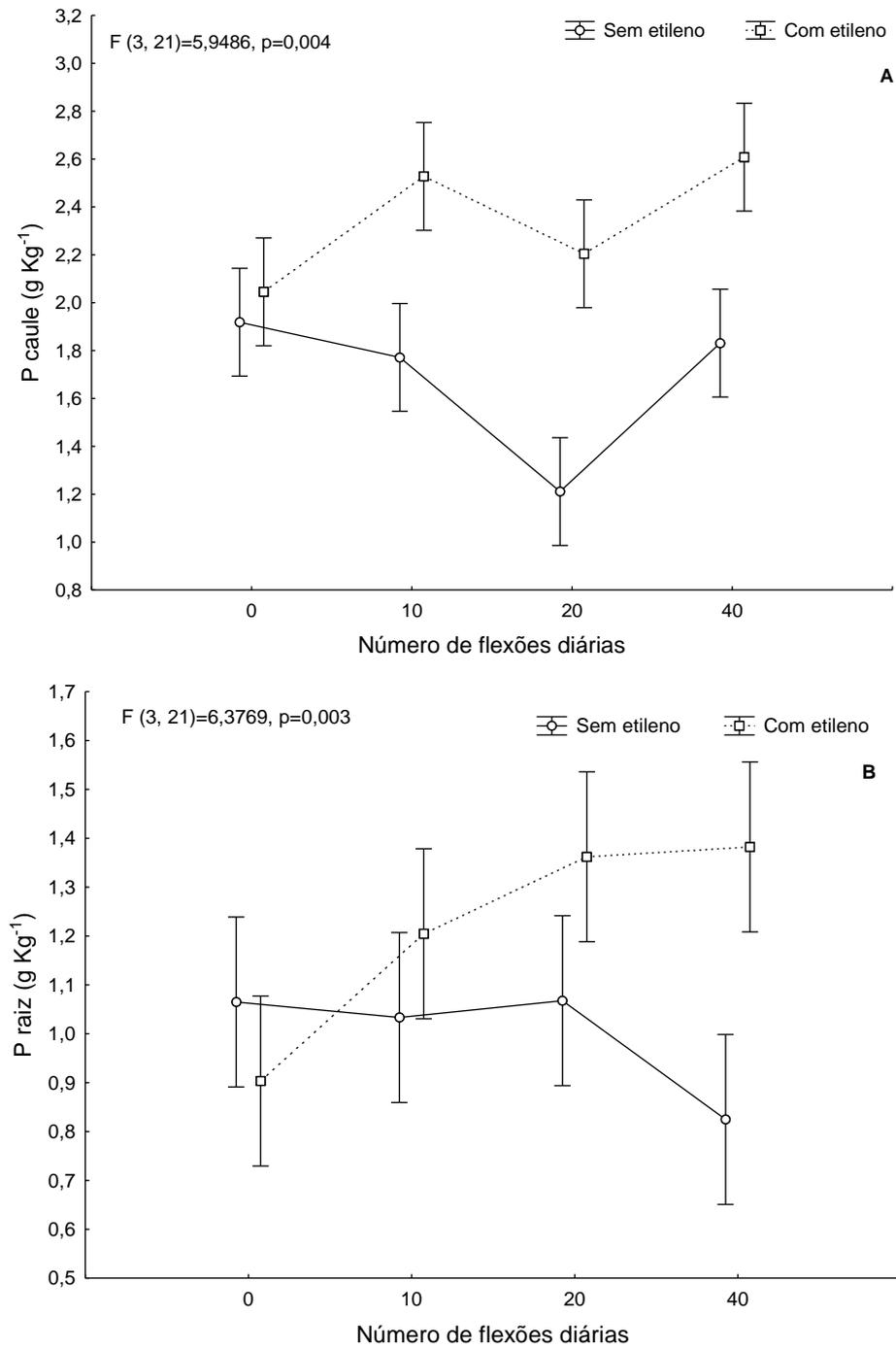


FIGURA 14: Concentração de fósforo em caules (A) e raízes (B) de mudas de *C. trichotoma*.

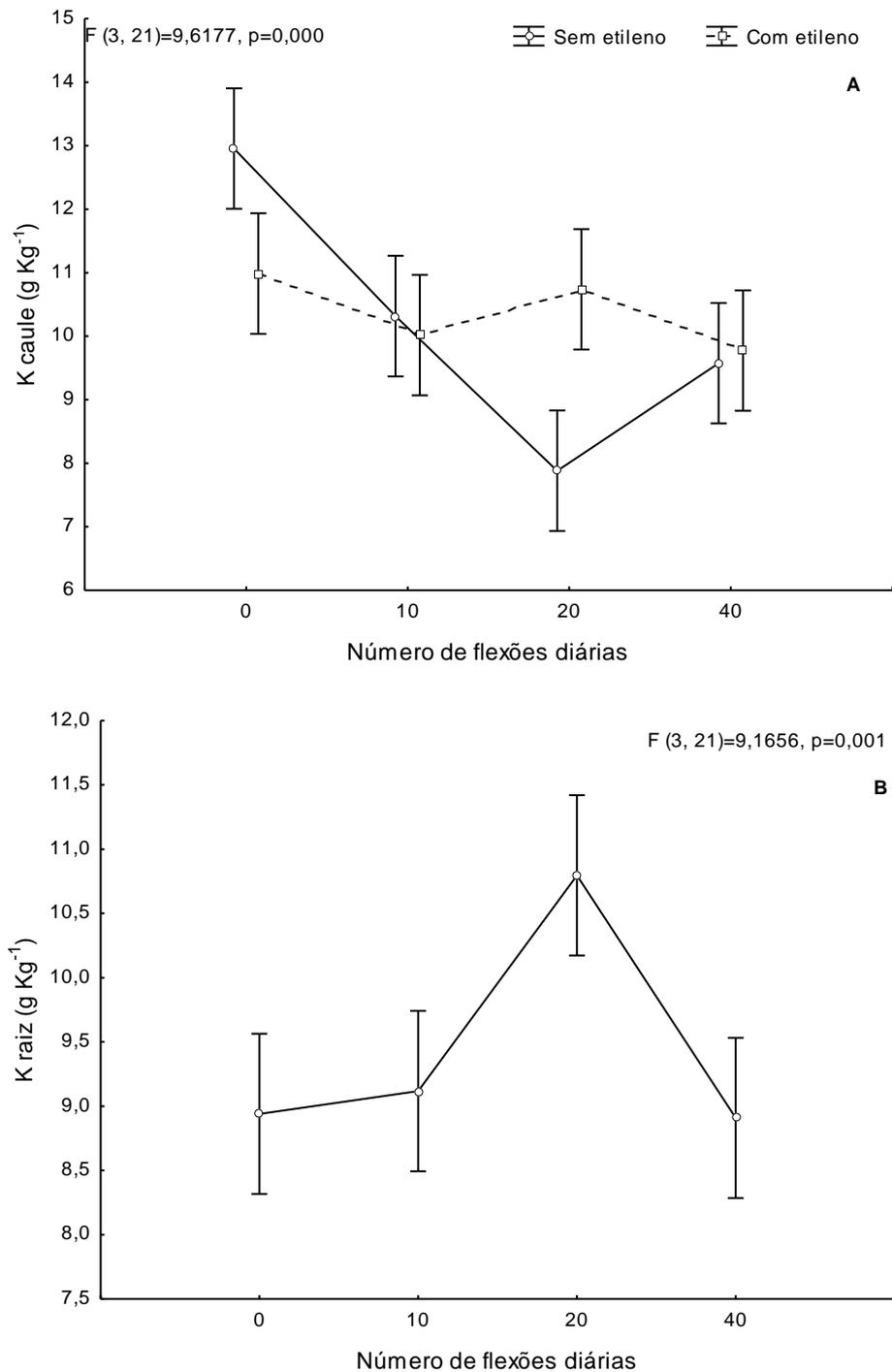


FIGURA 15: Concentração de potássio em caules (A) e raízes (B) de mudas de *C. trichotoma*.

A redução nos teores de P foi evidente até 20 flexões diárias (FIGURA 14). Segundo Grant et al. (2001) a falta de P no início do ciclo vegetativo tem menor impacto sobre o desenvolvimento do vegetal se comparado a plantas a campo. Silveira (2000) acrescentou que plantas bem nutridas em K apresentaram redução na incidência, severidade e danos causados

por insetos e fungos, assim como tolerância à seca e à geada pela diminuição no potencial osmótico do suco celular e maior absorção de água (CARNEIRO, 2013).

Iqbal et al. (2013) salientaram que o etileno tem papel fundamental na mediação de respostas adaptativas em condições de estresse, como por exemplo a submissão a estímulos mecânicos e químicos, sugerindo que o P em condições de estresse pode induzir uma variedade de alterações morfológicas no sistema radicular, como gravitropismo e o desenvolvimento de raízes secundárias. Porém, mesmo com o aumento do teor de P em raízes em mudas de *C. trichotoma* não foi observado incremento em massa seca de raiz no presente ensaio (FIGURA 9 - Capítulo 2).

Os resultados obtidos para o teor de Ca externaram uma redução significativa em caules de mudas de *C. trichotoma* flexionados quando comparadas às mudas controle independente pulverizações foliares de etileno. O mesmo ocorreu em raízes que foram flexionadas com a adição de etileno.

Mudas de *C. trichotoma* não pulverizadas com etileno revelaram que a concentração de Ca em raízes foi elevada, atingindo a máxima concentração com 25 flexões caulinares (FIGURA 16).

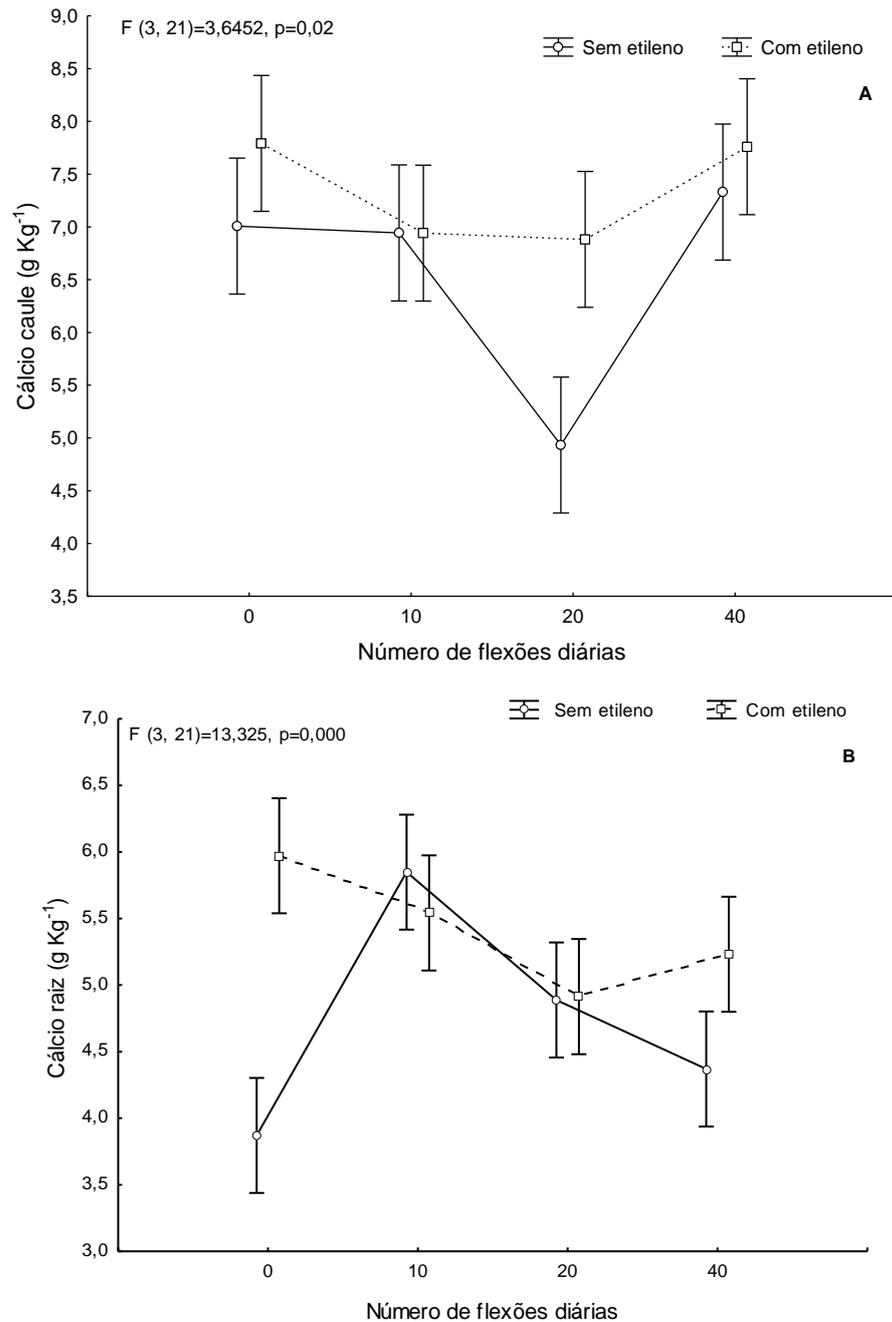


FIGURA 16: Concentração de cálcio em caules (A) e raízes (B) em mudas de *C. trichotoma*.

De acordo com Faquin (2005) o Ca é requerido para a alongação e divisão celular, o que reflete drasticamente no crescimento radicular, ou seja, na ausência de Ca, o crescimento radicular é diminuído. Já mudas estimuladas mecanicamente com a adição de etileno tiveram um declínio na concentração de Ca em raízes de *C. trichotoma* (FIGURA 16).

Outro efeito do cálcio que pode ser considerado no presente ensaio é a ação deste macronutriente sobre o processo de lignificação e no metabolismo de carboidratos (CAKMAK e ROHMHELD, 1997).

A redução no teor de cálcio no caule pode ter sido um dos fatores que influenciaram a redução da concentração de lignina (FIGURA 10) em caules de *C. trichotoma* e na redução da concentração de carboidratos (FIGURA 12) da espécie.

Os resultados obtidos no teor de magnésio em raízes de *C. trichotoma* revelaram similaridade com os resultados obtidos nos teores de cálcio (FIGURA 17).

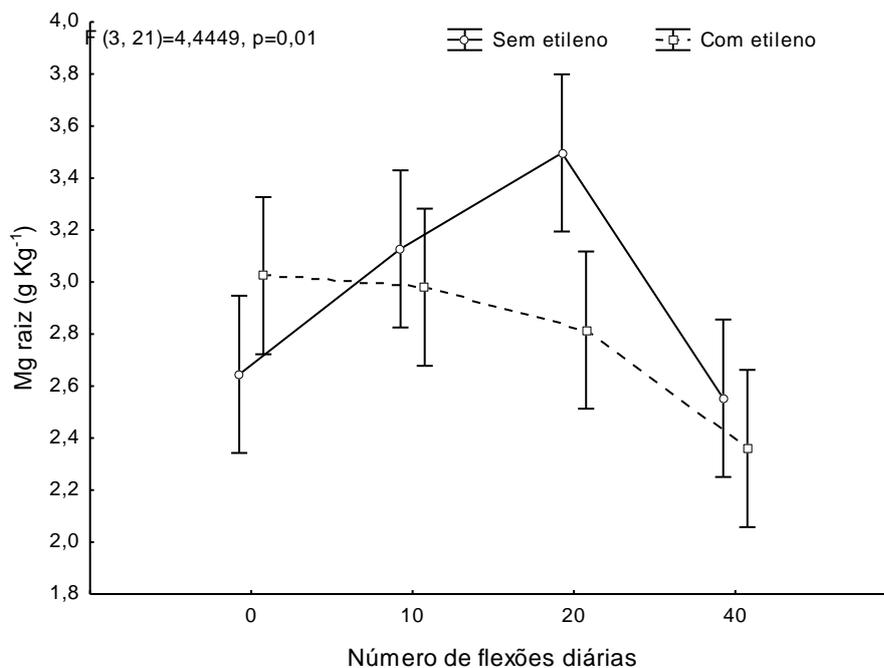


FIGURA 17: Concentração de magnésio em raízes de mudas de *C. trichotoma*.

Mudas que não receberam pulverização com etileno apresentaram um aumento no teor do nutriente com até 20 flexões caulinares, enquanto que mudas pulverizadas apresentaram uma redução linear no teor de Mg à medida que o número de flexões caulinares foi aumentado (FIGURA 17). Já em caules a aplicação de flexões caulinares não revelou efeito significativo, porém a aplicação de etileno promoveu aumento na concentração daquele macronutriente (TABELA 8). Embora, não se conheça a faixa de concentração ótima para a espécie, Dell et al. (1995) sugeriram, para Mg em eucalipto, uma faixa adequada entre 1,1 a 3,6 mg kg⁻¹.

TABELA 8: Valores das concentrações de magnésio em caules de *C. trichotoma* em função da aplicação de etileno

	Mg caule (g Kg ⁻¹)
Sem aplicação de etileno	2,13 a
Com aplicação de etileno	2,28 b

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

A redução linear na concentração do nutriente em mudas estimuladas com a adição de etileno é prejudicial à planta, pois na fase de rustificação, ou seja, no fim do período de crescimento exponencial, as mudas necessitam concentrações mais elevadas de nutrientes para manter-se no campo, até o completo estabelecimento das raízes no solo.

4 CONCLUSÃO

A aplicação de até 10 flexões caulinares em mudas de *Guazuma ulmifolia* aumentou a concentração de lignina, porém diminuiu a concentração de carboidratos solúveis totais quando associado ao etileno. Em mudas de *Cordia trichotoma* as flexões caulinares mostraram-se prejudiciais a espécie. Estes resultados associados a perda da integridade das membranas, revelado pelo teste da perda de eletrólitos demonstrou que possivelmente as mudas utilizadas ainda apresentavam características da fase exponencial de crescimento.

De maneira geral, a indução dos tratamentos em mudas de *Cordia trichotoma* e *Guazuma ulmifolia* a estímulos mecânicos e físicos alterou a absorção dos macronutrientes tanto em caules como em raízes. Entretanto, apesar da importância da nutrição mineral no desenvolvimento do vegetal, as mudanças ocorridas na estrutura da muda quando submetida a estímulos mecânicos e físicos ainda não estão esclarecidas.

5 REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

BAJJI, M.; KINET, J-M.; LUTTS, S. The use of electrolyte leakage method for assessing cell membrane stability as a water stress tolerance test in durum wheat. **Plant Growth Regulation**. v. 1. n.10, p.1-10, 2001.

CAKMAK, I.; ROHMHELD, V. Boron deficiency–induced impairments of cellular functions in plants. **Plant and Soil**, v. 193, n. 1, p. 71–83, 1997.

CAKMAK, I.; YAZICI, A.M. Magnésio: um elemento esquecido na produção agrícola. *Informações Agronômicas*. n, 132, 2010. Disponível em: [http://www.ipni.net/publication/ia-brasil.nsf/0/FF3AC61CFCC41EC683257A8F00600FBC/\\$FILE/page14-16-132.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-brasil.nsf/0/FF3AC61CFCC41EC683257A8F00600FBC/$FILE/page14-16-132.pdf). Acesso em 03/02/2015.

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

CARNEIRO, M.A. **Crescimento inicial e propagação vegetativa de *Cordia trichotoma* (Vellozo) Arrabida ex Steudel (louro-pardo)**. Tese (Doutorado). Universidade Federal da Grande Dourados: Mato Grosso do Sul, 2013.

DELL, B. et al. **Nutrient disorders in plantation eucalypts**. Canberra: Australian Centre for International Agricultural Reserch, 1995. 104p.

DÍAZ, S.A.G.; DOMÍNGUEZ, C.C.; SIGUERO, N.D. **Tigmomorfogênese**. 2014. Disponível em: <http://pendientedemigracion.ucm.es/info/cvicente/seminarios/tigmomorfogenesis.pdf>. Acesso em 21/12/2014.

DRANSKI, J.A.L. Tigmomorfogênese na rustificação sobrevivência em mudas de *Pinus taeda*. Tese de doutorado. Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Marechal Cândido Rondon: Pr, 2013 105 p.

EARNSHAW, M.J. **Stress indicators: electrolyte leakage**. In: HENRY, G.A.F.; GRIME, J.P. *Methods in Comparative Plant Ecology: A laboratory Manual*. London, 1993. Pp. 152-154.

EKLUND, L. LITTLE, C.H.A. Ethylene evolution, radial growth and carbohydrate concentrations in *Abies balsamea* shoots ringed with Ethrel. **Tree Physiology**. Canadá, v. 18, n. 6, p. 383-391. 1998

FAQUIN, V. **Nutrição Mineral de Plantas**. TCC – Especialização. - Lavras: UFLA / FAEPE, 2005.

FLORIANI, M.M.P.; et al. Relação entre concentrações foliares de carboidratos solúveis totais e tolerância ao frio em diferentes espécies de *Eucalyptus* spp. **Ciência Florestal**. Santa Maria, v. 23, n. 1, p. 165-174, 2013.

FUKUSHIMA, R.S.; KERLEY, M.S. Use of lignin extracted from different plant sources as standards in the spectrophotometric acetyl bromide lignin method. **Journal of agricultural and food chemistry**. v. 59, pp. 3505 – 3509. 2011.

GOMES, J.M. et al. Parâmetros morfológicos na avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**. Viçosa – MG, v.26, n.6, p.655-664, 2002.

HUDGINS, J.W.; FRANCESCHI, V.R. Methyl Jasmonate-induced ethylene production is responsible for conifer phloem defense responses and reprogramming of stem cambial zone for traumatic resin duct formation. **Plant Physiology**. v.135, pp. 2134-2149. 2004.

GRANT, C. A. et al. A importância do fósforo no desenvolvimento inicial da planta. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 95, n.1, p. 1-5, 2001.

IQBAL. N. et al. Current understanding on ethylene signaling in plants: the influence of nutrient availability. **Plant Physiology and Biochemistry**. v. 73, pp. 128-138, 2013.

JAEGHER G. D.; BOYER, N.; GASPAR, T. Thigmomorphogenesis in *Bryonia dioica*: Changes in soluble and wall peroxidases, phenylalanine ammonia-lyase activity, cellulose, lignin content and monomeric constituents. **Plant Growth Regulation**, v. 3, p. 133-148, 1985.

LAMBAIS, M.R.; DEL LAMA, F. M.; FRACETTO, G.G.M. **Desenvolvimento de micorrizas arbusculares em tomateiro superprodutor de etileno (epinastic) sob diferentes concentrações de fósforo no solo**. 21º Simpósio de Iniciação Científica da USP. 2013.

LANA, M. do C.; FEY, R.; FRANDOLOSO, J. F.; RICHARD, A.; FONTANIVA, S. **Análise química do solo e tecido vegetal: práticas de laboratório**. Marechal Cândido Rondon, EDUNIOESTE, 2010. 130p.

LANDIS, T.D.; DUMROESE, R.K.; HAASE, D.L. **The container tree nursery manual: seedling, processing, storage and out planting**. v. 7. Washington: Department of Agriculture Forest Service, 2010. 200p.

LARCHER, W. **O balanço de carbono nas plantas**. In: Eco fisiologia vegetal. São Carlos: Rima, p. 69-182, 2000.

MALAVASI, Macropropagação vegetativa de coníferas – perspectivas biológicas e operacionais. **Floresta e ambiente**. v. 1, n. 1, p. 131-135, 1994.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. Piracicaba: Ceres, 1980. 254p.

McLAUGHLIN, S.B.; WIMMER, R. Calcium physiology and terrestrial ecosystem processes. **New Phytologist**, Cambridge, v. 142, n. 3, p. 373-417, 1999.

MEXAL. J. G.; LANDIS, T.D. **Nutrición**. In: BUMSCHA, M.G. et al. Producción de plantas en viveros forestales. Consejo Federal de Inversiones. Argentina, 2012. 220 p.

MEXAL, G. Calidad de plantines: atributos fisiológicos. In: BUMSCHA, M.G. et al. Producción de plantas em viveros forestales. Consejo Federal de Inversiones. Argentina. 2012. 220 p.

MONTEIRO, M.B.O.; PEREIRA, R.P.W.; ABREU, H.S. Bioquímica da lignificação de células xilemáticas. **Floresta e Ambiente**. v. 11, n.2, p. 48 - 57, 2004 .

MORAGA, S.P.; ESCOBAR, R. VALENZUELA, A.S. Resistance to freezing in tree *Eucalyptus globulus* Labill subspecies. *Electronic Journal Biotechnology*, v. 9, n.3. p. 310-314. 2006.

NOVAES E, et al. Lignin and biomass: A negative correlation for wood formation and lignin content in trees. *Plant Physiology*. v. 154:555-561. 2010.

ORO, P. Perda de eletrólitos radiculares em mudas de *Peltophorum dubium* e *Enterolobium contorstisiliquum* submetidas a diferentes frequências de irrigação durante a rustificação. Dissertação de mestrado. Unioeste, 2012.

PELTIER, A.J.; HATFIELD, R.D.; GRAU, C.R. Soybean Stem lignina concentration relates to resistance to *Sclerotinia sclerotiorum*. **Plant Disease**, vol 93, n 2, 2009.

OLIVEIRA, D.P.de. **Mudas de timburi e chico-magro submetidas à omissão de macronutrientes**. Dissertação (Mestrado). UFMT: Cuiabá, 2012. 55 p.

RADOGLUO K. et al. Appraisal of root leakage as a method for estimation of root viability. **Plant Biosystems - An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology**: Official Journal of the Societal Botanical Italian. V. 141, n.3, pp. 443-459, 2007. DOI: 10.1080/11263500701626143.

SAIDI et al. Thigmomorphogenesis in *Solanum lycopersicum*: Morphological and biochemical responses in stem after mechanical stimulation. **Plant Signal Behavior**. 2010 February; 5(2): 122–125.

SÁNCHEZ-URDANETA, A.B. et al. Permeabilidad de las membranas radicales de plántulas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) silvestre y domesticado bajo déficit de humedad. **INCI**, Caracas, v. 28, n. 10, 2003.

SCALON, S.de. P.Q. et al. Estresse hídrico no metabolismo e crescimento inicial de mudas de mutambo (*Guazuma ulmifolia* Lam.). **Ciência Florestal**. Santa Maria, v. 21, n. 4, p. 655-662, 2011.

SCHENATO, P.G. et al . Influência do etefon na distribuição de nutrientes e carboidratos e sobre o crescimento em videiras jovens. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal. v. 29, n. 2, 2007.

SILVA, M.R.; KLAR, A.E.; PASSOS, J.R. Efeitos do manejo hídrico na aplicação de potássio nas características morfofisiológicas de mudas de *Eucalyptus grandis* W. (Hill ex. Maiden). **Irriga**, v.9, n. 1, p. 31-40, 2004.

SILVEIRA, R. L. V. A. **Efeito do potássio no crescimento, nas concentrações dos nutrientes e nas características da madeira juvenil de progênies de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden cultivadas em solução nutritiva.** Tese (Doutorado). Universidade de São Paulo. Piracicaba: USP, ESALQ, 2000, 169 p.

SMEEKENS, S. Sugar-induced signal transduction in plants. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v. 51, p. 49-81, 2000.

SOUZA, K. S. et al. Avaliação dos componentes de produção da mamoneira em função de doses de calcário e fósforo. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 22, n. 4, p. 116-122, 2009.

SOUZA, U. R. **Fatores de transcrição relacionados à lignina e resposta ao estresse hídrico e à baixa temperatura em eucalipto.** Dissertação de mestrado: Universidade Estadual de Campinas . Instituto de Biologia, 2013.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal.**, 4ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

TELEWSKI, F.W.; JAFFE, M.J. Thigmomorphogenesis: Field and laboratory studies of *Abies fraseri* in response to wind or mechanical perturbation. **Plant Physiology**. v.66, pp. 211–218. 1986.

TURNER, N. C. Further progress in crop water relations. In: SPARKS, D. L. (Ed.). **Advances in agronomy**. New York: Academic Press, p. 293-337. 1997.

VILLAR-SALVADOR, P. Importancia de la calidad de planta en los proyectos de revegetación. En: Restauración de Ecosistemas Mediterráneos, Rey-Benayas, J.M.; Espigares Pinilla, T. y Nicolau Ibarra, J.M. (Editores), Universidad de Alcalá / Asociación Española de Ecología Terrestre, 2003.

VOLKWEIS, C.R. et al. Efeito da tigmomorfogênese na morfometria de mudas de estímulo mecânico na morfometria em mudas de *Maytenus ilicifolia* (Scharad.) Planch. **Ciência Florestal**. Santa Maria, vol 24, n.2, p. 339- 342 2014.

WILNER, J. Results of laboratory tests for winter hardiness of woody plants by electrolyte methods. **Proceedings American Society for Horticultural Science**, v. 66, p. 93-99, 1955.

WILSON, B. C.; JACOBS, D. F. **Electrolyte leakage from stem tissue as an indicator of Hardwood seedling physiological status and hardiness.** Proceedings of the 14th Central Hardwoods Forest Conference. GTR-NE-316, pp. 373-381. 2004.

CAPITULO IV:

1 DISCUSSÕES GERAIS

Os resultados obtidos com a aplicação de flexões caulinares e pulverizações foliares com etileno demonstraram que a aplicação destas formas de rustificação foi prejudicial para a espécie *G. ulmifolia*. Esses resultados contrapuseram a hipótese inicial de que a aplicação de estímulos físicos e aplicação de etileno promoveriam o incremento em diâmetro e massa seca de raíz.

O crescimento vegetal segue um padrão de curva sigmoide que mostra o crescimento acumulado como uma função do tempo. Nessa curva, três fases podem ser observadas: uma fase logarítmica, uma fase linear e uma fase de senescência (ENCINAS, et al. 2005). Zani Filho (2006) demonstrou que em viveiro o crescimento de mudas ocorre da mesma forma.

A fase de rustificação de uma muda ocorre após o fim da fase de crescimento linear onde ocorre um engrossamento do caule e um maior desenvolvimento do sistema radicular para que a muda possa suportar e melhor resistir ao estresse pós-plantio (CARNEIRO, 1995).

Portanto, de acordo com os resultados obtidos sugere-se que as mudas de *Guazuma ulmifolia*, com altura entre 15 e 28 cm e diâmetros entre 1,7 e 4,5 (mm) (Tabela 1- Capítulo 2) encontravam-se na fase de crescimento exponencial.

Essa afirmação pode ser justificada baseando-se em Silveira et al. (2001) *apud* Teixeira (2012) que enfatizam que o grau e a velocidade de rustificação podem ser controlados pela relação N/K. Limites estabelecidos pelos mesmo autores revelaram que na fase de rustificação essa relação encontra-se na faixa de 0,6 – 1,0. A espécie *G. ulmifolia* apresentou uma relação N/K de 0,55 (Tabela 1- Capítulo 3), embora muito próximo, encontrou-se fora dos limites estabelecidos por estes autores.

Outros fatores que contribuem para esta afirmativa foi a redução significativa observada no crescimento da parte aérea (Figura 3 – capítulo 2) e o índice SPAD (Figura 6 - capítulo 2) com conseqüente aumento na relação MSR:MSPA (Figura 9 – capítulo 2).

O aumento na deposição de lignina ocorre principalmente no fim da fase de crescimento exponencial de crescimento (ZANUNCIO e COLODETE, 2011), pois as mudas além de adquirir resistência física também adquirem resistência a patógenos.

A redução na concentração de lignina (Figura 3 – capítulo 3) com 20 flexões caulinares e a redução no incremento em diâmetro (Figura 2 – capítulo 2) indica que as mudas não estavam rustificadas.

Pulverizações com etileno associadas a flexões caulinares não promoveram alterações significativas na maioria das variáveis morfológicas, na concentração de lignina e na porcentagem da perda de eletrólitos, porém promoveram aumentos na concentração de carboidratos não estruturais com até 20 flexões em mudas de *G. ulmifolia*.

A redução na concentração de carboidratos (Figura 5 – capítulo 3) demonstra que o crescimento vegetativo ainda estava em período acelerado, uma vez que os hidratos de carbono estão envolvidos no crescimento de todas as partes do vegetal (Tinus et al. 2000) salientando que, concentrações mais elevadas de carboidratos de reserva permitem maior sobrevivência a campo até o estabelecimento da muda.

Em relação à concentração de nutrientes considera-se que a redução na concentração e N em caules e raízes (Figura 6 – capítulo 3) em mudas de *G. ulmifolia* em até 20 flexões e a redução no índice SPAD (Figura 6 – capítulo 2) indicam um decréscimo na taxa fotossintética destas mudas, uma vez que a redução na concentração de N reduz o crescimento, diminui o teor de clorofila da planta e diminui a emissão de novas raízes (Malavolta, et. al. 1997), prejudicando seu desenvolvimento inicial no campo em condições adversas. Essa redução do N, acompanhado da redução de P também pode limitar o desenvolvimento das raízes (Malavolta, et. al. 1997).

De maneira geral, não se recomenda a aplicação de flexões caulinares e pulverizações foliares com etileno como forma de rustificação de mudas de *G. ulmifolia*.

As mudas de *C. trichotoma* apresentaram uma relação N/K média de 1,0, que de acordo com Silveira et al. (2001) *apud* Teixeira (2012) a colocam na fase de rustificação no desenvolvimento.

Nessa espécie se observou a redução no incremento em altura, sem alterar o incremento em diâmetro (Figura 10 – capítulo 2). Com até 10 flexões caulinares a massa seca de raiz (Figura 11 – capítulo 2) e porcentagem de sobrevivência (Figura 13 – capítulo 2) também não foi alterada significativamente em mudas de *C. trichotoma*.

Todavia, é válido ressaltar que no momento da condução de ensaio as mudas tinham entre 12 e 16,5 cm de altura. Faganello (2012) relatou um tamanho médio de 25 cm de altura em mudas de *C. trichotoma* produzidas em tubetes de 120 cm³ com 15 meses de após

semeadura. Malavasi e Malavasi (2003) relataram que o uso de recipientes com volumes maiores (180 cm³ e 300 cm³) promoveram maiores valores médios.

Assim, sugere-se que como a espécie possui um crescimento inicial necessitam de mais tempo no viveiro para alcançar o tamanho mínimo de 25 - 30 cm (CARNEIRO, 1995). Assim sendo, mudas com valores médios de altura e diâmetro maiores poderiam indicar resultados mais claros quanto à rustificação.

A PER foi diminuída com até 10 flexões caulinares (Figura 11 – capítulo 3) indicando uma rustificação das mudas, porém com uma redução drástica na concentração de carboidratos (Figura 12 – capítulo 3).

A aplicação de flexões caulinares associadas a pulverizações foliares com etileno promoveram aumento na concentração de N com até 20 flexões em caules e raízes de *C. trichotoma* (Figura 13 - capítulo 3). Embora Carvalho (2006) tenha relatado que a espécie *C. trichotoma* é exigente nutricionalmente e o alto número de estudos com espécies florestais nativas, há carência de informações acerca das exigências nutricionais dessas espécies (VIEIRA et al., 2011).

Com base nos parâmetros morfológicos e fisiológicos avaliados considera-se que pulverizações foliares com etileno promoveram resultados mais expressivos de rustificação quando comparados com tratamentos sem aplicação de etileno. Porém, não se pode assegurar a qualidade das mudas de *C. trichotoma* quando da aplicação destes tratamentos de rustificação.

Todavia, para a espécie *Cordia trichotoma* não se recomenda o uso de flexões caulinares associados a pulverizações foliares com etileno por elevar os custos na produção de mudas sem apresentar retorno de produção significativo.

2. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após a avaliação conjunta dos parâmetros morfológicos e fisiológicos observados para a espécie *G. ulmifolia*, considera-se importante, ensaios futuros que enfatizem como caracterizar (ou o que caracteriza) a fase de rustificação. Assim, a aplicação de tratamentos de rustificação podem apresentar resultados mais satisfatórios e clarificados.

Para a análise de sobrevivência, sugerem-se ensaios a campo, analisando parâmetros de desenvolvimento da planta, por período igual ou superior a um ano. Análises visuais da sobrevivência podem não refletir a real condição da muda.

3 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

ENCINAS, J.I.; SILVA, G.F.da. PINTO, J.R.R. **Idade e crescimento das árvores**. Comunicações Técnicas Florestais, v.7, n.1, Brasília, 2005.

FAGANELLO, L. R. **Propagação vegetativa de miniestacas de *Cordia trichotoma* em função de auxinas e épocas de coleta**. 2012. Dissertação (Mestrado) Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon - PR, 2012. 73 p.

MALAVASI, U. C.; MALAVASI, M. M. Efeito do tubete no crescimento inicial de *Cordia trichotoma* (Vell.) Arrab. ex steud e *Jacaranda micranta* Cham. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, Guarapuava, v. 5, n. 2, 2003.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas, princípios e aplicações**. 2.ed. Piracicaba: Potafos, 1997. 319p.

TEIXEIRA, L.A.F. **Influência da rustificação no comportamento fisiológico de mudas de *Eucalyptus urograndis* submetidas ao déficit hídrico**. Dissertação e mestrado. Universidade Federal de Lavras: UFLA, 2012. 47 p.

TINUS, R.W. et al. Relationship between carbohydrate concentration and root growth potential in coniferous seedlings from three climates during cold hardening and dehardening. **Tree Physiology**. v. 20, n.16, pp. 1097 – 1104. 2000.

VIEIRA, C.R. et al. Descrição de sintomas visuais em função das deficiências de macronutrientes em mudas de cerejeira (*Amburana acreana*). **Floresta**, Curitiba, v. 41, n. 4, p. 789 – 796, 2011.

ZANUNCIO, A.J.V.; COLODETTE, J.L. Teores de lignina e ácidos urônicos na madeira e polpa celulósica de Eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 35, n. 2, p. 341-347, 2011.