

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO –CAMPUS RIO VERDE
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO PROGRAMA DE
PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS
AGRÁRIAS – AGRONOMIA

**QUALIDADE E CRESCIMENTO INICIAL DE MUDAS DE
Acrocarpus fraxinifolius Mart. PRODUZIDAS EM
DIFERENTES DOSES DE NITROGÊNIO, FÓSFORO E
POTÁSSIO**

Autor: Igor Olacir Fernandes Silva
Orientador: Prof. DSc.Leandro Carlos

Rio Verde – GO
Fevereiro– 2019

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO – CAMPUS RIO VERDE
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO PROGRAMA DE
PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS
AGRÁRIAS – AGRONOMIA

QUALIDADE E CRESCIMENTO INICIAL DE MUDAS DE
Acrocarpus fraxinifolius **Mart. PRODUZIDAS EM**
DIFERENTES DOSES DE NITROGÊNIO, FÓSFORO E
POTÁSSIO

Autor: Igor Olacir Fernandes Silva
Orientador: Prof. DSc. Leandro Carlos

Dissertação apresentada, como parte das exigências para a obtenção do título de MESTRE EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS- AGRONOMIA, no Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias- Agronomia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde, Área de concentração em Produção Vegetal Sustentável no Cerrado.

Rio Verde – GO
Fevereiro– 2019

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano

S586q Silva, Igor Olacir Fernandes Silva
Qualidade e crescimento inicial de mudas de
Acrocarpus fraxinifolius Mart. produzidas em
diferentes doses de nitrogênio, fósforo e potássio /
Igor Olacir Fernandes Silva Silva;orientador Dr.
Leandro Carlos. -- Rio Verde, 2019.
82 p.

Dissertação (Mestrado em Pós- Graduação em Ciências
Agrárias (Mestrado)) -- Instituto Federal Goiano,
Campus Rio Verde, 2019.

1. Cedro indiano. 2. Adubação. 3. Macronutrientes.
4. Sobrevivência. I. Carlos, Dr. Leandro , orient.
II. Título.

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO – CAMPUS RIO VERDE
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS
AGRÁRIAS-AGRONOMIA**

**QUALIDADE E CRESCIMENTO INICIAL DE MUDAS
DE *Acrocarpus fraxinifolius* Mart. PRODUZIDAS EM
DIFERENTES DOSES DE NITROGÊNIO, FÓSFORO E
POTÁSSIO**

Autor: Igor Olacir Fernandes Silva
Orientador: Dr. Leandro Carlos

TITULAÇÃO: Mestre em Ciências Agrárias-Agronomia - Área de
Concentração em Produção Vegetal Sustentável no Cerrado

APROVADA em, 27 de fevereiro de 2019.

Prof. Dr. José Milton Alves
Avaliador externo
IF Goiano – Campus Rio Verde

Prof. Dr. Fernando Hígino de Lima e
Silva
Avaliador interno
IF Goiano – Campus Rio Verde

Prof. Dr. Leandro Carlos
Presidente da banca
IF Goiano – Campus Rio Verde

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, pela vida imposta a mim e força para superar os desafios.

Aos meus pais, Maria Aparecida da Silva e Jesus Olacir Fernandes, pela dedicação, carinho, incentivo e inspiração.

Ao meu, irmão Hyago Olacir Fernandes Silva pelo companheirismo, apoio, paciência, dedicação, cuidados, por acreditar e me fazer acreditar também que sou capaz.

Ao Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde e ao Programa de Pós-graduação em Ciências Agrárias - Agronomia, pela oportunidade de qualificação profissional e crescimento pessoal.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa.

Ao meu orientador professor Leandro Carlos, pela confiança, ensinamentos e contribuições durante todo mestrado. Aos Laboratórios de Hidráulica e Irrigação, Análise de Solo e Tecido Foliar e Química agrícola, pelo espaço cedido, apoio material e de equipamentos para a execução deste trabalho.

A todos os professores do PPGCA – Agronomia, pelos conhecimentos passados. E a todos aqueles que de forma direta ou indiretamente contribuíram para a conclusão deste trabalho.

BIOGRAFIA DO AUTOR

IGOR OLACIR FERNANDES SILVA, filho de Maria Aparecida da Silva e Jesus Olacir Fernandes, nascido em 21 de junho de 1995, na cidade de Quirinópolis, Estado de Goiás.

Em fevereiro de 2013, ingressou no curso de Bacharelado em Agronomia pelo Instituto Federal Goiano-Campus Rio Verde, graduando-se no ano de 2017.

Em março de 2017, iniciou o Mestrado no Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias - Agronomia, no Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde, sob a orientação do Professor Leandro Carlos.

ÍNDICE

	Página
LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS, ABREVIACÕES E UNIDADES	IX
ÍNDICE DE TABELA.....	X
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XI
RESUMO.....	XIII
ABSTRACT.....	XV
1. INTRODUÇÃO	XVII
1.1 Principais características de <i>Acrocarpus fraxinifolius</i> Mart.....	XVII
1.2 Produção de mudas.....	XVIII
1.3 Qualidade de mudas	XX
1.4 Função do N, P e K nas plantas	XXI
1.5 Exigências Nutricionais.....	XXIII
2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	XXV
3. OBJETIVO	XXX
CAPÍTULO I: QUALIDADE E CRESCIMENTO INICIAL DE MUDAS DE <i>Acrocarpus fraxinifolius</i> MART. PRODUZIDAS EM DIFERENTES DOSES DE NITROGÊNIO, FÓSFORO E POTÁSSIO.....	1
RESUMO.....	1
ABSTRACT.....	2
1. INTRODUÇÃO	3
2. MATERIAL E MÉTODOS	6
3. RESULTADOS e DISCUSSÃO.....	11
3.1 Adubação Nitrogenada.....	11
3.2 Adubação Potássica.....	23

3.3 Adubação Fosfatada.....	32
3.4 Caracterização morfoanatômica foliar.....	41
4. CONCLUSÕES.....	44
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	45

LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS, ABREVIACÕES E UNIDADES

Al	Alumínio	(cmolc dm^{-3})
Ca	Cálcio	(cmolc dm^{-3})
CR DNS	Crescimento relativo em diâmetro ao nível do solo	(%)
CR H	Crescimento relativo em altura	(%)
CTC	Capacidade de troca catiônica	(cmolc dm^{-3})
DC	Diâmetro do coleto	(mm)
DNS 120	Diâmetro ao nível do solo aos 120 dias após plantio	(mm)
H	Altura da parte aérea	(cm)
H 120	Altura aos 120 dias após o plantio	(cm)
H/DC	Índice de Robustez	
H/MSPA	Relação altura e massa seca da parte aérea	
IQD	Índice de qualidade de Dickson	
K	Potássio	(mg dm^{-3})
K Folha	Concentração de potássio nas folhas	(g Kg^{-1})
KCl	Cloreto de Potássio	
LVD	Latossolo Vermelho Distrófico	
Mg	Mágnésio	(cmolc dm^{-3})
MSC	Massa seca caulinar	(g planta^{-1})
MSF	Massa seca Foliar	(g planta^{-1})
MSPA	Massa seca da parte aérea	(g planta^{-1})
MSPA/MSR	Relação massa seca da parte aérea e massa seca da raiz	
MSR	Massa seca radicular	(g planta^{-1})
MST	Massa seca total	(g planta^{-1})
M.O	Matéria orgânica	(g dm^{-3})
N	Nitrogênio	(mg dm^{-3})
N Folha	Concentração de nitrogênio nas folhas	(g Kg^{-1})
P	Fósforo	
P Folha	Concentra de fósforo nas folhas	(g Kg^{-1})
pH	Potencial hidrogeniônico	
S	Enxofre	(mg dm^{-3})
TA	Taxa de acúmulo	(mg planta^{-1})
V	Saturação de bases	(%)

ÍNDICE DE TABELAS

Página

Tabela 1. Características químicas da amostra do solo utilizado para a implantação de mudas de cedro indiano (*Acrocarpus fraxinifolius*) no Cerrado.....9

Tabela 2. Coeficiente de correlação de Pearson entre as principais variáveis estudadas em resposta a adubação nitrogenada: Sobrevivência, Altura da parte aérea (H), Diâmetro do coleto (DC), Massa de matéria seca da parte aérea (MSPA), Massa de matéria seca da raiz (MSRA), Massa de matéria seca total (MST) e Índice de qualidade de Dickson (IQD)....22

Tabela 3. Coeficiente de correlação de Pearson entre as principais variáveis estudadas em resposta a adubação potássica: Sobrevivência, Altura da parte aérea (H), Diâmetro do coleto (DC), Massa de matéria seca da parte aérea (MSPA), Massa de matéria seca da raiz (MSRA), Massa de matéria seca total (MST) e Índice de qualidade de Dickson (IQD)....31

Tabela 4. Coeficiente de correlação de Pearson entre as principais variáveis estudadas em resposta a adubação fosfatada: Sobrevivência, Altura da parte aérea (H), Diâmetro do coleto (DC), Massa de matéria seca da parte aérea (MSPA), Massa de matéria seca da raiz (MSRA), Massa de matéria seca total (MST) e Índice de qualidade de Dickson (IQD)....40

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Variáveis morfológicas e biomassa das mudas de <i>Acrocarpus fraxinifolius</i> aos 150 dias após a semeadura, em resposta a adubação nitrogenada. A- Altura da parte aérea (H); B- Diâmetro do coleto (DC), C- Massa seca foliar (MSF), D- Massa seca caulinar (MSC), E- Massa seca da parte aérea (MSPA), F- Massa seca radicular (MSR), G- Massa seca total (MST)	12
Figura 2. Atributos de qualidade das mudas de <i>Acrocarpus fraxinifolius</i> aos 150 dias após a semeadura, em resposta a adubação nitrogenada. A- Índice de qualidade de Dickson (IQD), B- Relação massa seca da parte aérea e massa seca da raiz (MSPA/MSR), C- Relação altura e massa seca da parte aérea (H/MSPA), D- Índice de robustez (H/DC).....	16
Figura 3. Concentrações de clorofilas em mudas de <i>Acrocarpus fraxinifolius</i> aos 150 dias após a semeadura, em resposta a adubação nitrogenada. A- Clorofila a, B- Clorofila b, Clorofila total, D- Razão a/b.....	18
Figura 4. Teor nutricional nas folhas das mudas de <i>Acrocarpus fraxinifolius</i> aos 150 dias após a semeadura, em resposta a adubação nitrogenada. A- Concentração de nitrogênio nas folhas (N Folha), B- Taxa de acúmulo de nitrogênio nas folhas (TA de N).....	19
Figura 5. Sobrevivência e crescimento em campo de mudas de <i>Acrocarpus fraxinifolius</i> aos 120 dias após o plantio, em resposta a adubação nitrogenada. A- Altura aos 120 dias após o plantio (H 120), B- Diâmetro ao nível do solo aos 120 dias após o plantio (DNS 120), C- Crescimento relativo em diâmetro ao nível do solo (CR DNS), D- Sobrevivência.....	20
Figura 6. Variáveis morfológicas e biomassa das mudas de <i>Acrocarpus fraxinifolius</i> aos 150 dias após a semeadura, em resposta a adubação potássica. A- Altura da parte aérea (H); B- Diâmetro do coleto (DC), C- Massa seca foliar (MSF), D- Massa seca caulinar (MSC), E- Massa seca da parte aérea (MSPA), F- Massa seca radicular (MSR), G- Massa seca total (MST).....	24

- Figura 7. Atributos de qualidade das mudas de *Acrocarpus fraxinifolius* aos 150 dias após a semeadura, em resposta a adubação potássica. A- Índice de qualidade de Dickson (IQD), B- Relação massa seca da parte aérea e massa seca da raiz (MSPA/MSR), C- Relação altura e massa seca da parte aérea (H/MSPA), D- Índice de robustez (H/DC).....26
- Figura 8. Concentrações de clorofilas em mudas de *Acrocarpus fraxinifolius* aos 150 dias após a semeadura, em resposta a adubação potássica. A- Clorofila b.....28
- Figura 9. Teor nutricional nas folhas das mudas de *Acrocarpus fraxinifolius* aos 150 dias após a semeadura, em resposta a adubação potássica. A- Concentração de potássio nas folhas (K Folha), B- Taxa de acúmulo de potássio nas folhas (TA de K).....29
- Figura 10. Crescimento em campo de mudas de *Acrocarpus fraxinifolius* aos 120 dias após o plantio, em resposta a adubação potássica. A- Diâmetro ao nível do solo aos 120 dias após o plantio (DNS 120), B- Crescimento relativo em diâmetro ao nível do solo (CR DNS), C- Sobrevivência.....30
- Figura 11. Variáveis morfológicas e biomassa das mudas de *Acrocarpus fraxinifolius* aos 150 dias após a semeadura, em resposta a adubação fosfatada. A- Altura da parte aérea (H); B- Diâmetro do coleto (DC), C- Massa seca foliar (MSF), D- Massa seca caulinar (MSC), E- Massa seca da parte aérea (MSPA), F- Massa seca radicular (MSR), G- Massa seca total (MST).....33
- Figura 12. Atributos de qualidade das mudas de *Acrocarpus fraxinifolius* aos 150 dias após a semeadura, em resposta a adubação fosfatada. A- Índice de qualidade de Dickson (IQD), B- Relação massa seca da parte aérea e massa seca da raiz (MSPA/MSR), C- Relação altura e massa seca da parte aérea (H/MSPA).....35
- Figura 13. Concentrações de clorofilas em mudas de *Acrocarpus fraxinifolius* aos 150 dias após a semeadura, em resposta a adubação potássica. A- Clorofila total, B- Razão a/b.....37
- Figura 14. Teor nutricional e acúmulo de fósforo nas folhas das mudas de *Acrocarpus fraxinifolius* aos 150 dias após a semeadura, em resposta a adubação fosfatada. A- Concentração de fósforo nas folhas (P Folha), B- Taxa de acúmulo de fósforo nas folhas (TA de P).....38
- Figura 15. Crescimento em campo de mudas de *Acrocarpus fraxinifolius* aos 120 dias após o plantio, em resposta a adubação fosfatada. A- Diâmetro ao nível do solo aos 120 dias após o plantio (DNS 120), B- Crescimento relativo em diâmetro ao nível do solo (CR DNS), C- Sobrevivência.....39
- Figura 16. Alterações anatômicas nas folhas de *Acrocarpus fraxinifolius* após 150 dias de cultivo em fase inicial de formação com diferentes adubações. (Adep) epiderme adaxial. (Abep) epiderme abaxial. (PP) parênquima paliçádico. (SP) parênquima esponjoso. Setas pretas indicam alterações nas células do parênquima paliçádico. Asterisco indica aumento de espaços intracelulares. Barra de escala 100 μ m.....42

RESUMO

SILVA, IGOR OLACIR FERNANDES. Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde – GO, fevereiro de 2019. **Qualidade e crescimento inicial de mudas de *Acrocarpus fraxinifolius* Mart. produzidas em diferentes doses de nitrogênio, fósforo e potássio.** Orientador: DSc. Leando Carlos.

Devido ao uso crescente de produtos derivados de madeira, há uma busca constante por novas técnicas silviculturais e a introdução de novas espécies cultivadas em outros países, nesse contexto o cedro indiano (*Acrocarpus fraxinifolius* Mart.) é uma espécie nativa da Índia com potencial, porém há poucos trabalhos na literatura abordando a espécie e as exigências nutricionais desta espécie em fase de mudas, especificamente em relação à adubação com nitrogênio (N), potássio (K), fósforo (P). Diante disso, o objetivo do trabalho foi avaliar a influência da adubação nitrogenada, fosfatada e potássica na qualidade morfológica de mudas de cedro indiano no viveiro e na sobrevivência e crescimento inicial em condições de campo. Foram instalados três experimentos em utilizando delineamento experimental de blocos ao acaso (DBC) com quatro repetições, sendo cada experimento composto por seis doses diferentes de nitrogênio (0, 75, 150, 225, 300, 375 mg dm⁻³), fósforo (0, 150, 300, 450, 600, 750 mg dm⁻³) e potássio (0, 50, 100, 150, 200, 250 mg dm⁻³). Foram avaliados os parâmetros morfológicos das mudas, suas relações, o índice de qualidade de Dickson, variáveis de biomassa, concentrações de clorofila, teores de macronutrientes (N, P e K) nas folhas e as características morfoanatômicas da folha. Em seguida as mudas foram plantadas a campo na área experimental do IF Goiano- Campus Rio Verde, em solo do tipo Latossolo Vermelho Distrófico (LVD) a fim de verificar o crescimento das mudas em fase inicial e a sobrevivência. A adubação nitrogenada influenciou positivamente o crescimento e a qualidade das mudas nas condições estudadas, sendo a dose mais recomendada a de 225

mg dm⁻³. A adubação potássica é recomendável na fase de formação de mudas, sendo a dose de 150 mg dm⁻³ a dose mais indicada. O aumento das doses de fósforo exerceu efeito positivo no crescimento e qualidade das mudas, sendo 450 mg dm⁻³ a dose mais indicada. Após a implantação a campo, as doses de potássio e fósforo não afetaram a sobrevivência das mudas. As diferentes doses de fósforo e potássio ocasionaram expansão das células parenquimáticas com maior espessura do mesofilo em todos os tratamentos quando comparado ao controle.

PALAVRAS-CHAVE: cedro indiano, adubação, macronutrientes, sobrevivência.

ABSTRACT

SILVA, IGOR OLACIR FERNANDES. Goiano Federal Institute – Rio Verde Campus – GO, february of 2019. **Quality and initial growth of *Acrocarpus fraxinifolius* Mart. produced with different nitrogen, phosphorus and potassium doses.** Adviser: DSc. Leandro Carlos.

Due to the increasing use of wood products, there is a constant search for new silvicultural techniques as well as the introduction of new species. The Indian cedar (*Acrocarpus fraxinifolius* Mart.) is a native species of India measuring 20-40 m in height. However, there are few studies in the literature addressing the nutritional requirements of this species specifically in relation to fertilization with nitrogen (N), potassium (K) and phosphorus (P). The objective of this work was to evaluate the influence of nitrogen, phosphate and potassium fertilization on morphological quality of Indian cedar seedlings at nursery and on initial field survival and growth. Three experiments were installed in nursery, belonging to the Goiano Federal Institute, Rio Verde Campus. The experimental design was a randomized block design (DBC) with four replicates, each experiment consisting of six different nitrogen (0, 75, 150, 225, 300, 375 mg dm⁻³), phosphorus (0, 150, 300, 450, 600, 750 mg dm⁻³) and potassium (0, 50, 100, 150, 200, 250 mg dm⁻³) doses applied to the substrate. The seedlings morphological parameters, their relationships, the Dickson quality index, biomass variables, chlorophyll concentrations and macronutrient (N, P and K) contents in leaves were evaluated. After that, the seedlings were planted at field in the experimental area of the Goiano-Rio Verde Campus in a Latosol Red Latosol (LVD) soil in order to verify the growth of early-stage seedlings and survival. Nitrogen fertilization positively influenced seedlings growth and quality under the conditions studied, the most recommended dose being 225 mg dm⁻³. Potassium fertilization is recommended during

the seedling phase, with the 150 mg dm⁻³ dose being the most indicated dose. The increase of phosphorus doses had a positive effect on seedlings growth and quality, being 450 mg dm⁻³ the most indicated dose. After the field implantation, the potassium and phosphorus doses did not affect the seedlings survival. The different phosphorus and potassium doses caused expansion of the parenchyma cells with greater thickness of the mesophyll in all treatments when compared to control.

KEYWORDS: indian cedar, fertilization, macronutrients, survival.

1. INTRODUÇÃO

1.1 Principais características de *Acrocarpus fraxinifolius* Mart.

O *Acrocarpus Fraxinifolius* Mart., é encontrado naturalmente em florestas mistas perenifólias da Índia, Bangladesh, Indonésia, Nepal e Myanmar, entre as latitudes 23° e 27° Norte, distribuída do nível do mar até 1.500 m de altitude. Sua distribuição ocorre em áreas com temperaturas entre 19 e 28°C e 1.000 a 2.000 mm de precipitação anual, apresentando melhor desenvolvimento em solos franco-argilosos, profundo, bem drenados com pH entre 5 e 7, apesar da espécie também se desenvolver em solos rasos e compactados (PINHEIRO et al., 2003), aparentemente não possuem nódulos fixadores de nitrogênio, e não são resistentes a geada (HIGA e PRADO, 1998).

Nativo das regiões de alta pluviosidade da Ásia, o cedro indiano apresenta rápido crescimento, sendo muito promissora para reflorestamentos, e utilizada para a produção de madeira de curta rotação (TRIANOSKI et al., 2011), produz madeira dura, de cerne avermelhado, com fibras curtas, alta teor de extrativos totais e baixo teor de lignina, sendo utilizada em construções, mobiliários e produção de celulose (FIRMINO et al., 2015).

Em relação às propriedades tecnológicas da madeira, o cedro indiano apresenta massa específica básica de 0,458 g/cm³, baixa estabilidade dimensional e boa resistência mecânica (TRIANOSKI et al., 2011), segundo Venturin et al. (2014), aos 24 meses após o plantio da espécie, em espaçamento 2m x 3m observou-se um volume de madeira de 19,18 m³.ha⁻¹, com incremento médio anual em volume de madeira de 9,60 m³.ha⁻¹.

Suas sementes são pequenas (12.000 a 32.000 sementes por quilo), podendo ser armazenadas por um longo período de tempo. Por possuir dormência tegumentar a espécie necessita de um tratamento por meio da imersão em ácido sulfúrico por 5 minutos

para obtenção de germinação uniforme (FLORIANO, 2004).

Outra característica decorrente da própria espécie e a capacidade de autopoda, no qual a planta expulsa as folhas mortas (senescentes) que, uma vez no solo, servem como fertilizante orgânico para a própria árvore e outras da mesma espécie, podendo, por exemplo, ser fertilizante para plantações de café, cacau, seringueira, banana e mogno africano pela sua palhada rica em nitrogênio, aumentando a disponibilidade de nutrientes (LORENZI, 2003). Quando consorciada com culturas intercaladas como milho, feijão e pimenta aumentou o conteúdo de matéria orgânica do solo (ELORZA MARTINEZ et al., 2006).

A espécie tem grande valor econômico devido sua diversificação de uso na indústria madeireira, pelo seu rápido crescimento e facilidade de se adequar aos sistemas agrossilvipastoris (HONORATO et al., 2005). Pode ser empregada para a produção de embalagens, móveis, pisos, carpintaria, postes, cabos de ferramentas, celulose e papel (HONORATO et al., 2005).

1.2 Produção de mudas

A produção de mudas de espécies arbóreas é de grande importância para ao uso em programas de reflorestamento que visam à recuperação de áreas degradadas, tendo como finalidade, a diminuição do impacto ambiental, a melhoria das condições edafoclimáticas e a conservação da biodiversidade (GOMES e PAIVA, 2012).

O uso crescente de produtos derivados da madeira faz com que haja busca constante por novas técnicas silviculturais e na introdução de espécies florestais (SIMÕES et al., 2015). O estabelecimento de plantios florestais, seja para fins comerciais ou restauração, depende de uma série de fatores, sendo a qualidade das mudas fundamental para o sucesso inicial (SIMÕES et al., 2015; GASPARIN et al., 2014).

Mudas de espécies arbóreas de boa qualidade, com nutrição e substratos adequados, são fundamentais para garantir a adaptação e crescimento após o plantio, evitando replantios e gastos adicionais (GONÇALVES et al., 2008). A produção de mudas é uma das fases mais importantes para atingir alto potencial produtivo, por meio do planejamento das etapas de produção, principalmente nas fases de implantação e produção de mudas de qualidade diminuindo os custos de produção, com adubações em dosagens corretas e de forma adequada proporcionando um cultivo com mudas sadias

(VALLONE, 2010; DIAS et al., 2009).

Para Ceconi et al. (2007), a fase de produção de mudas é fundamental para o estabelecimento de plantas adultas bem nutridas e formadas, sendo que a obtenção de mudas de qualidade exige a utilização de substratos e adubação adequada para que sejam fornecidos nutrientes necessários ao pleno desenvolvimento das plantas. Em muitos viveiros é comum o uso de substrato, pobres em nutrientes, ou desequilibrados nutricionalmente, ocasionando baixa qualidade das mudas, comprometendo seu desempenho no campo, tornando-se necessário o uso da adubação mineral principalmente dos macronutrientes que são aqueles requeridos em maior quantidade pelas plantas (GONÇALVES et al., 2012).

Associado ao substrato, a aplicação de nutrientes, principalmente, nitrogênio, fósforo e potássio no crescimento das mudas têm despertado o interesse de vários pesquisadores florestais, sendo que vários trabalhos vêm sendo conduzidos no sentido de se conhecer a melhor forma de fertilização em espécies florestais (CAIONE et al., 2012). O crescimento e a qualidade desejáveis para as mudas são dependentes, dentre outros fatores, da adequada fertilidade do substrato (GOMES et al., 2008; FEITOSA et al., 2011).

A germinação de sementes, iniciação radicular e o enraizamento de mudas estão diretamente ligados ao substrato (DELARMELINA et al., 2014), podendo ocasionar a nulidade ou irregularidade da germinação, a má formação das plantas e o aparecimento de sintomas de deficiência ou excesso de alguns nutrientes, quando o substrato utilizado e a adubação são inadequados (MEDEIROS et al., 2008). Um dos grandes problemas da produção de mudas de espécies florestais nativas é o crescimento demasiadamente lento (FERRAZ; ENGEL, 2011).

Com relação à adubação, vários mecanismos fisiológicos e morfológicos estão envolvidos em resposta ao uso eficiente de nutrientes pela planta, tais como alta taxa de fotossíntese, manutenção do metabolismo com baixo teor de nutrientes nos tecidos, sistema radicular eficiente e alta relação entre raízes e parte aérea (BATISTA et al., 2015). Além da dose adequada de fertilizante, o parcelamento da adubação é importante, uma vez que pode ocorrer lixiviação de nutrientes, principalmente de N e K, pelas características do substrato, constantes irrigações e as pequenas dimensões dos recipientes (SANTOS et al., 2011).

1.3 Qualidade de mudas

A formação de mudas com características desejáveis para suportar as condições de campo constitui-se numa etapa crucial do processo de produção vegetal, ganhos em crescimento, produtividade e qualidade das mudas podem ser alcançados através da nutrição das plantas (GOMES et al., 2008; FEITOSA et al., 2011), refletindo na precocidade e na sobrevivência em campo após o plantio. O conhecimento das exigências nutricionais da espécie torna-se necessário para a recomendação adequada da adubação para se alcançar mudas de qualidade.

Outro fator importante na qualidade das mudas é o uso de substrato adequado, com características desejáveis ao crescimento e desenvolvimento permitindo um meio adequado para a sustentação (TOLEDO et al., 2015). Segundo Santos et al. (2011), um substrato de boa qualidade deve ser estéril, rico em nutrientes, não se alterar quando submetido ao armazenamento prolongado, ter baixa densidade, elevada CTC (capacidade de troca cátion), boa capacidade de retenção hídrica, boa aeração e drenagem, ser isento de substâncias tóxicas e ter valores de pH próximos da neutralidade permitindo maior desenvolvimento das raízes.

Geralmente a escolha de mudas para implantação em cultivos comerciais baseia-se em características da planta, como a altura, o diâmetro, tonalidade das folhas, ausência de pragas e doenças, no entanto para representar todas características desejáveis são utilizados índices de qualidade como a relação entre matéria seca da parte aérea e raízes (MSPA/MSR), índice de robustez (H/D) e o índice de qualidade de Dickson (IQD) para estimar a qualidade das mudas (MARANA et al., 2008).

O IQD é um dos mais completos parâmetros para avaliação da qualidade de mudas florestais, pois em seu cálculo são considerados a robustez (H/DC) e o equilíbrio da distribuição da biomassa na muda (MST e MSPA/MSR), ponderando os resultados de vários parâmetros importantes empregados para avaliação da qualidade (FONSECA et al., 2002; CALDEIRA et al., 2005; 2008). Quanto maior for o valor desse índice, melhor será o padrão de qualidade das mudas (GOMES e PAIVA, 2012). Rossa et al. (2013), avaliando qualidade de mudas de paricá produzidas em doses crescentes de adubo de liberação lenta, constataram que o IQD variou entre 0,29 e 0,58.

O índice H/MSPA, relação que mede o incremento de MSPA por unidade de H, de acordo com Gomes e Paiva (2004), quanto menor seu valor, maior é a chance de

sobrevivência das mudas no campo. A distribuição de massa na muda é indicada pela relação MSPA/MSRA. Segundo Gomes e Paiva (2012), a melhor relação entre a massa de matéria seca da parte aérea e a respectiva massa de matéria seca de raiz é equivalente a 2,0.

O índice de robustez (H/DC) não é comumente utilizado para avaliar o padrão de qualidade de mudas, no entanto pode predizer o potencial de sobrevivência da muda no campo e, quanto menor for este índice mais lenhificada será a muda e maior será sua capacidade de sobrevivência no campo (GOMES e PAIVA, 2012). De acordo com D'Avila (2008) estudando o efeito do fósforo, nitrogênio e potássio na produção de mudas clonais de eucalipto, a ausência de K proporciona maiores valores para o índice de robustez (H/D).

Binotto et al. (2010), analisando a correlação entre algumas características morfológicas com o índice de qualidade de Dickson em mudas de *Eucalyptus grandis* e *Pinus elliotti* observaram que o diâmetro do coleto (DC) correlacionava-se com a qualidade das mudas, apresentando alta relação com o IQD. A sobrevivência inicial de mudas de *Eucalyptus* está diretamente relacionada à qualidade morfológica e fisiológica das mudas e às condições ambientais após o plantio (SANTOS et al., 2011).

O aspecto nutricional na produção de mudas deve ser considerado criteriosamente para que as mudas não venham a ter seu crescimento prejudicado pela falta ou desbalanço de nutrientes (SMARSI et al., 2011), nesse caso a otimização do uso dos recursos para produção de mudas no viveiro se mostra importante, principalmente para as empresas florestais, que necessitam produzir grandes quantidades de mudas em menor tempo, visando baixo custo e padrão de qualidade (ATAÍDE et al., 2010).

1.4 Função do N, P e K em plantas

A disponibilidade e demanda nutricional está entre os fatores que condicionam o bom desenvolvimento das diferentes espécies florestais, sendo de extrema importância aquisição de informações específicas sobre as exigências nutricionais para que seja perfeitamente atendida, alcançando níveis adequados em resposta a adubação principalmente em relação aos macronutrientes (MALAVOLTA et al., 1997).

Menegazzo et al. (2011), estudando o efeito da adubação nitrogenada na produção de mudas de mamoeiro, observaram efeito quadrático para a produção de

matéria seca, com média de 8,23 g MSPA e 34,75 g MST. Gonçalves et al. (2008) verificou efeito positivo da adubação potássica em mudas de mudas de angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa*), recomendando a realização de uma adubação contendo apenas K no início da fase de rusticificação para facilitar o engrossamento do caule.

De acordo com D'Avila (2008) estudando o efeito do fósforo, nitrogênio e potássio produção de mudas clonais de eucalipto, a tendência do crescimento observada para diâmetro do coleto (DC) em resposta ao K foi melhor representada pela equação quadrática com elevação até a dose de 1655 mg dm⁻³ de K. D'avila (2008) testando a adição de P a substratos, num intervalo de 0 a 1046 mg dm⁻³ verificou que doses de 400 a 490 mg dm⁻³ proporcionaram os melhores resultados na produção de mudas de três clones de *Eucalyptus urograndis*.

O nitrogênio (N) é constituinte de vários compostos orgânicos nas plantas, necessário para a síntese de aminoácidos e proteínas, faz parte das moléculas de clorofila, participando diretamente de diversos processos fisiológicos, bioquímicos e morfológicos relacionados com fotossíntese, divisão e alongamento celular (ALVES et al., 2015). Cerca de 90% do N da planta encontra-se em forma orgânica é assim que desempenha as suas funções, como componente estrutural de macromoléculas e constituinte de enzimas (MALAVOLTA, 1987). Atua no sistema enzimático, durante o processo de assimilação de CO₂ nos sítios catalíticos da enzima carboxilase RuBP (ribulose 1,5 bifosfato carboxilase/oxigenase - Rubisco), enzima chave na fixação de carbono durante o processo de fotossíntese (MENDES et al., 2013).

O fósforo (P) é considerado um dos macronutrientes essenciais no metabolismo vegetal de enzimas e na síntese das proteínas ligado ao crescimento inicial de mudas, por estar envolvido diretamente no desenvolvimento do sistema radicular além de estimular o florescimento e quando aplicado em quantidades adequadas, têm demonstrado efeito positivo na obtenção de mudas mais vigorosas em espécies florestais suprindo a demanda por nutriente de acordo com a espécie, tipo de solo, fatores ambientais ou órgão analisado processos envolvem relações na interface raízes, caules e folhas (VALADARES et al., 2015). Atua no controle do potencial osmótico celular, manutenção do pH citoplasmático mantendo o equilíbrio eletroquímico da planta, metabolismo de carboidratos, realização da fotossíntese e respiração (SOUSA et al., 2014).

O potássio (K) não tem nenhuma afinidade com outros compostos orgânicos e nem função estrutural na planta, porém participa na ativação de grande número de

enzimas, como as desidrogenases, oxiredutases, transferases, sintetases, quinases e aldolases, atuando no controle do potencial osmótico celular, manutenção do pH citoplasmático mantendo o equilíbrio eletroquímico da planta, metabolismo de carboidratos, realização da fotossíntese e respiração (SOUSA et al., 2014). Quando absorvido pelas plantas atua aumentando a eficiência do uso da água, resistência a condições adversas, interferindo no crescimento e maximizando a produção foliar, sendo o potássio e o nitrogênio os nutrientes mais exportados para os frutos (AMORIM et al., 2015). É o principal íon presente no vacúolo das células relacionado ao equilíbrio osmótico e abertura e fechamento estomático, logo de fundamental importância a manutenção do turgor, nesse caso em plantas sob condições de estresse hídrico ocorre aumento na concentração de solutos resultando em maior potencial osmótico, regulando processos fisiológicos, assim plantas deficientes em potássio são menos resistentes ao estresse hídrico resultando em baixas taxas fotossintéticas, condutância estomática e menor eficiência no uso da água (D'AVILA et al., 2011).

Dessa forma, é de extrema importância conhecer os nutrientes que afetam o crescimento e desenvolvimento das mudas, bem como o efeito das doses e suas funções nas plantas, principalmente os macronutrientes (N-P-K) que são mais exigidos e determinam o máximo potencial produtivo e a qualidade das mudas.

1.5 Exigências nutricionais

Entre os principais nutrientes necessários às plantas destaca-se o fósforo (P), potássio (K) e nitrogênio (N), em razão da baixa disponibilidade nutricional várias espécies não conseguem se desenvolver normalmente e o fornecimento via fertilização mineral tende a acelerar e potencializar o processo durante a fase de viveiro (SILVA, 2009).

A maior barreira encontrada para o uso de espécies florestais em cultivos comerciais seja em sistemas de integração tem sido a falta de pesquisa envolvendo a resposta dessas espécies aos nutrientes, a cinética de absorção desses nutrientes e os requerimentos nutricionais dessas espécies em respostas às condições de estresses químicos ou físicos (FURTINI NETO et al., 2004). A nutrição adequada e o uso de substrato de cultivo apropriado são fatores essenciais na produção de mudas, proporcionando boa adaptação, resistência e crescimento dias após o plantio, promovendo

boa formação do sistema radicular facilitando a absorção de nutrientes, permitindo maior taxa de sobrevivência após plantio em campo (DEL QUIQUI et al., 2004).

Segundo Souza et al. (2014), a fertilização nitrogenada tem trazido respostas significativas em eucalipto nos seus estágios iniciais promovendo ganhos de crescimento, controlando o ritmo de crescimento e o vigor das mudas. Na fase de desenvolvimento das mudas, a quantidade de N é igual ou superior à quantidade de potássio, nessa etapa a maior quantidade de N tem o objetivo de aumentar a área foliar proporcionando uma maior atividade fotossintética, já o teor de fósforo é bem menor do que o de nitrogênio e potássio, sendo necessário adequado suprimento do nutriente, no início do crescimento da planta para formação dos primórdios vegetativo (GOMES, 2002).

Segundo Amorim et al. (2015) avaliando os efeitos de N-P-K no crescimento de mudas de espécies florestais, o fósforo foi o nutriente que mais contribuiu para o crescimento das mudas. Segundo Freitas et al. (2017) a adubação fosfatada influencia positivamente o crescimento e a qualidade das mudas de cássia rosa, em que a dose de fósforo adequada para produção de mudas foi de 600 mg dm^{-3} em saturação por bases de 25%. Menegazzo et al. (2011) avaliando o efeito da adubação nitrogenada na produção de mudas de mamoeiro observaram que a utilização de adubação nitrogenada em cobertura garante maior qualidade das mudas de mamoeiro 'Papaya' na dose aproximada de 1.861 mg.dm^{-3} de nitrogênio no substrato.

Quando o fornecimento de K é adequado, as plantas apresentam tecidos mais hidratados, mudas mais resistentes à seca, por manter o teor de nutriente elevado no citoplasma das células, para garantir excelente atividade enzimática, mantendo o pH em níveis adequados ao funcionamento e manutenção do potencial osmótico do vacúolo (AMORIM et al., 2015). A deficiência P nos substratos provoca crescimento irregular, tanto na parte aérea quanto no sistema radicular, prejudicando a qualidade das mudas (GOMES e PAIVA, 2012).

Visto a importância de se conhecer as exigências nutricionais em plantas, os nutrientes devem ser fornecidos em níveis compatíveis às exigências de cada espécie ou cultivar promovendo assim, aumento da produtividade e melhora da qualidade de mudas produzidas, de acordo com cada estágio de desenvolvimento da planta, pelo crescimento lento em espécies florestais.

2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, J. M.; LEANDRO, W. M.; NETO, S. A. S. O.; LEÃO, A. K. M.; ALVES, C. C. F.; SOUCHIE, E. L. Effect of base saturation and nitrogen dose on cultivation of crambe. **African Journal of Agricultural Research**, v. 10, n. 1, p. 14 – 22, 2015.

AMORIM, D. A.; ROZANE, D. E.; SOUZA, H. A.; MODESTO, V. C.; NATALE, W. Adubação nitrogenada e potássica em goiabeiras ‘paluma’: 1. Efeito na produtividade e na qualidade dos frutos para industrialização. **Revista Brasileira Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 37, n. 1, p. 201-209, 2015.

ATAÍDE, G. M. et al. Efeito da densidade na bandeja sobre o crescimento de mudas de eucalipto. **Revista Trópica**, v. 4, n. 2, p. 21-26, 2010.

BINOTTO, A. F. et al. Correlations between growth variables an the Dickson quality index in Forest seedlings. **Revista Cerne**, Lavras, v. 16, n. 4, p. 457-464, 2010.

CAIONE, G.; LANGE, A.; SCHONINGER, E. L.; Crescimento de mudas de *Schizolobium amazonicum* (Huber ex Ducke) em substrato fertilizado com nitrogênio, fósforo e potássio. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v.40, n.94, p.213-221, abr./jun. 2012.

CALDEIRA, M. V. W. et al. Effect of different doses of vermicompost on the growth of *Apuleia leiocarpa* (Vog) Macbr. seedlings. **Revista Acadêmica Ciência Animal**, Curitiba, v. 3, n. 2, p. 11 - 17, 2005.

CALDEIRA, M. V. W. et al. Composto orgânico na produção de mudas de aroeira vermelha. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 9, n. 1, p. 27-33, 2008.

CARNEIRO, J. G. de A. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais**. Curitiba: UFPR/FUPEF, Campos: UENF, 1995. 451 p.

CECONI, D. E. et al. Exigência nutricional de mudas de erva-mate (*Ilex paraguariensis* A. St.- Hil.) à adubação fosfatada. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 17, n. 1, p. 25-32, jan./abr. 2007.

CERQUEIRA, F. B.; FREITAS, G. A. de; SANDI, F.; CARNEIRO, J. S. da S.; GIACOMINI, I.; NERES, J. C. I. Substratos e Recipientes no Desenvolvimento de Mudas de Pepino em Alta Temperatura. **Global Science and Technology**, v. 08, n 02, p. 61-73, mai-ago, 2015.

D’AVILA, F. S.; PAIVA, H. N. ; LEITE, H. G. ; BARROS, N. F. ; LEITE, F. P. . **Efeito do potássio na fase de rustificação de mudas clonais de eucalipto**. Revista Árvore (Impresso), v. 35, p. 13-19, 2011.

DEL QUIQUI, E. C.; MARTINS, S. S.; PINTRO, J. C.; ANDRADE, P. J. P. DE; MUNIZ, A. S. Crescimento e composição mineral de mudas de eucalipto cultivadas sob condições de diferentes fontes de fertilizantes. **Acta Scientiarum: Agronomy**, Maringá, v. 25, n. 1, p. 293-299, 2004.

DELARMELINA, W. M.; CALDEIRA, M. V W.; FARIA, J. C. T.; GONÇALVES, E. de O.; ROCHA, R. L. F. Diferentes Substratos para a Produção de Mudanças de *Sesbania virgata*. **Floresta e Ambiente**, v. 21, n. 2, p. 224-233, 2014.

DIAS, R.; MELO, B. de. Proporção de material orgânico no substrato artificial para a produção de mudas de cafeeiro em tubetes. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 1, p. 144-152, jan./fev., 2009.

DUTRA, T. R.; GRAZZIOTTI, P. H.; SANTANA, R. C.; MASSAD, M. D. Qualidade de Mudanças de Copaíba Produzidas em Diferentes Substratos e Níveis de Sombreamento. **Revista Floresta**, v. 45, n.3, p.635-644, jul-set, 2015.

ELORZA MARTINEZ, P.; GARCIA, J. M. M.; SÁNCHEZ, M. L. H.; PEREZ, G. O. Cultivo intercalado de cedro rosado (*Acrocarpus fraxinifolius* Wight) y su efecto sobre el contenido de matéria orgânica en el suelo. **Revista Científica UDO Agrícola**, Camaná, v. 6, n. 1, p. 109-113, 2006.

FEITOSA, D. G.; MALTONI, K. L.; CASSIOLATO, A. M. R.; PAIANO, M. O. Crescimento de mudas de gonçalo-alves (*Astronium fraxinifolium*) sob diferentes fontes e doses de nitrogênio. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.35, n.3, p.401-411, 2011.

FERRAZ, A. V.; ENGEL, V. L. Efeito do tamanho de tubetes na qualidade de mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril* L. var. *stilbocarpa* (Hayne) Lee et Lang.), Ipê-amarelo (*Tabebuia chrysotricha* (Mart. Ex DC.) Sandl.) e Guarucuia (*Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan). **Revista Árvore**, v. 35, p. 413-423, 2011.

FIRMINO, A. C.; MORAES, W. B.; FURTADO, E. L. Primeiro relato de *Ceratocystis fimbriata* causando seca em *Acrocarpus fraxinifolius* no Brasil. **Summa Phytopathol**, Botucatu, v. 41, n. 2, p. 160, 2015.

FLORIANO, E.P. Germinação e dormência de sementes florestais, **Caderno Didático** nº 2, 1ª ed., 2004. 19 p.

FONSECA, E. P. et al. Padrão de qualidade de mudas de *Trema micrantha* (L.) Blume, produzidas sob diferentes períodos de sombreamento. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 26, n. 4, p. 515-523, 2002.

FREITAS, Eliane Cristina Sampaio de et al . CRESCIMENTO E QUALIDADE DE MUDAS DE *Cassia grandis* Linnaeus f. EM RESPOSTA À ADUBAÇÃO FOSFATADA E CALAGEM. **Ciênc. Florest.**, Santa Maria , v. 27, n. 2, p. 509-519, June 2017 .

FURTINI NETO, A.E.; SIQUEIRA, J.O.; CURTI, N.; MOREIRA, F.M.S. Fertilization in native species reforestation. In: GONÇALVES, J.L.M.; BENEDETTI, V. (Eds.). **Forest nutrition and fertilization**. Piracicaba: IPEF, 2004. p.347-378.

GASPARIN, E.; AVILA, A. L. de; ARAUJO, M. M.; FILHO, A. C.; DORNELES, D. U.; FOLTZ, D. R. B. Influência do substrato e do volume de recipiente na qualidade das mudas de *Cabralea canjerana* (Vell.) Mart. em viveiro e no campo. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.24, n.3, p.553-563, jul-set, 2014.

GOMES, José Mauro et al. **Parâmetros morfológicos na avaliação de qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis***. *Rev. Árvore* [online]. 2002, vol.26, n.6, pp.655-664. ISSN 1806-9088.

GOMES, J. M.; PAIVA, H. N. **Viveiros florestais (propagação sexuada)**. Viçosa: Editora UFV, 2004. 116p.

GOMES, K. C. de O.; PAIVA, H. N. de; NEVES, J. C. L.; BARROS, N. F. de; SILVA, S. R. Crescimento de mudas de garapa em resposta à calagem e ao fósforo. **Revista Árvore**, v.32, n.3, p.387-394, 2008.

GOMES, J. M.; PAIVA, H. N. **Viveiros florestais: propagação sexuada**. Viçosa: Editora UFV, 2012. 116 p.

GONÇALVES, J.L.M.; SANTARELLI, E.G.; MORAES NETO, S.P. & MANARA, M.P. **Produção de mudas de espécies nativas: substrato, nutrição, sombreamento e fertilização**. In: GONÇALVES, J.L.M. & BENEDETTI, V., eds. Nutrição e fertilização florestal. Piracicaba, IPEF, 2000. p.309-350.

GONÇALVES, E. O. et al. Crescimento de mudas de angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan) sob diferentes doses de macronutrientes. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 32, n. 6, p. 1029-1040, 2008.

GONÇALVES, E. O.; PAIVA, H. N.; NEVES, J. C. L.; GOMES, J. M. Nutrição de mudas de angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan) submetidas a doses de N, P, K, Ca e Mg. **Revista Árvore** 2012; 36(2): 219 – 228.

HIGA, A. R.; PRADO, C. A. *Acrocarpus fraxinifolius* Wight & A, rn. In: GALVÃO, A. P. M. (Coord.). **Espécies não tradicionais para plantios com finalidades produtivas e ambientais**. Colombo: Embrapa Florestas, 1998. p. 57-60. Seminário realizado em Curitiba, de 6 a 8 de outubro de 1998.

HONORATO, S.J.A, PARRAGUIRRE, L.J.F.C, QUINTANAR, O.J, RODRIGUEZ, C.H.M. Cedro rosado (*Acrocarpus fraxinifolius*) una opción agroforestal para lasierra Norte del estado de Puebla. **INIFAP**; 2005. Folleto Técnico, v. 1, 41 p.

LORENZI, H; SOUZA, H. M; TORRES, M. A. V; BACHER, L. B. **ÁRVORES EXÓTICAS NO BRASIL: Madeireiras, Ornamentais e Aromáticas**. Nova Odessa: Plantarum, 2003. 368 p.

MALAVOLTA, E. **Manual de calagem e adubação das principais culturas**. São Paulo, Ceres, 1987.496p.

MALAVOLTA, L. A.; VITTI, G. G.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2 ed. Piracicaba -SP: Potafós, 1997, 319p.

MARANA, J. P.; MIGLIORANZA, E.; FONSECA, E. P.; KAINUMA, R. H. Índices de qualidade e crescimento de mudas de café produzidas em tubetes. **Ciência Rural**, Santa

Maria, v. 38, n. 1, p. 39-45, 2008.

MEDEIROS, D. C.; FREITAS, K. C. S.; VERAS, F. S.; ANJOS, R. S. B.; BORGES, R. D.; CAVALCANTE NETO, J. G.; NUNES, G. H. S.; FERREIRA, H. A. Qualidade de mudas de alface em função de substratos com e sem biofertilizante. **Horticultura Brasileira**, v. 26, p. 186-189, 2008.

MENDES, K. R.; MARENCO, R. A.; MAGALHÃES, N. S. Crescimento e eficiência fotossintética de uso do nitrogênio e fósforo em espécies florestais da Amazônia na fase juvenil. **Revista Árvore**, v. 37, n. 4, p.707 – 716, 2013.

MENEGAZZO, M. L.; OLIVEIRA, A. C.; SILVA, E. A. Adubação nitrogenada na produção de mudas de mamoeiro. **Revista Agrarian**, Dourados, v.4, n.13, p.189-196, 2011.

PINHEIRO, A. L.; LANI, L. L.; COUTO, L. **Cultura do cedro australiano para produção de madeira serrada**. Viçosa, MG: UFV, 2003. 42 p.

ROSSA, U. B.; TRICHES, G. P.; GROSSI, F.; NOGUEIRA, A. C.; REISSMANN, C. B.; RAMOS, M. R. Germinação de sementes e qualidade de mudas de *Plinia trunciflora* (jaboticabeira) em função de diferentes tratamentos pré-germinativos. **Floresta**, Curitiba, v.40, n.2, p.371-378, 2010.

SANTOS, M. R. A. TIMBÓ, A. L. O. CARVALHO, A. C. P. P. MORAIS, J. P. S. **Estudo de adubos e substratos orgânicos no desenvolvimento de mudas micropropagadas de helicônia**. Revista Brasileira de Horticultura Ornamental, v.24, n. 3, 2006. Disponível em: www.sbfpo.com.br. Em: 04 de Novembro de 2011.

SILVA, F. C. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2. ed. Brasília – DF, Embrapa Informação Tecnológica, 2009, 627p.

SIMÕES, P. H. O.; PALHETA, L. F.; VALE, R. S. do; CORREIRA, R. G.; NEVES, R. L. P. Crescimento e Qualidade de Mudas de Castanheira-do-Brasil (*Bertholletia excelsa* Bonpl.- Lecythidaceae) em Substratos Fertilizados com Macronutrientes. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer- Goiânia, v.11 n.21, p.689, 2015.

SMARSI, R. C.; OLIVEIRA, G. F.; REIS, L. L.; CHAGAS, E. A.; PIO, R.; MENDONÇA, V.; CHAGAS, P. C.; CURI, P. N. Efeito da adubação nitrogenada na produção de mudas de lichieira. **Revista Ceres**, Viçosa, v.58, n.1, p.129-131, 2011.

SOUSA, H. U. de; SILVA, C. R. de R. e ; CARVALHO, Janice Guedes de ; MENEGUCCI, J. L. P. . Nutrição de mudas de bananeira em função de substratos e doses de superfosfato simples. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras-MG, v. 24, n.5, p. 64-73, 2000.

SOUSA, G. G.; VIANA, T. V. A.; PEREIRA, E. D.; ALBUQUERQUE, A. H. P.; MARINHO, A. B.; AZEVEDO, B. M. Fertirrigação potássica na cultura do morango no litoral Cearense. **Bragantia**, v. 73, n. 1, p. 1 – 6, 2014.

TOLEDO, F.H.S.F.; VENTURIN, N. ; CARLOS, L. ; DIAS, B. A. S. ; Venturin, R. P. ; MACEDO, R. L. G. . **Composto de resíduos da fabricação de papel e celulose na produção de mudas de eucalipto**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental (Online), v. 19, p. 711-716, 2015.

TRIANOSKI, R.; IWAKIRI, S.; MATOS, J. L. M de; PRATA, J. G. Viabilidade da utilização de *Acrocarpus fraxinifolius* em diferentes proporções com *Pinus* spp. para produção de painéis aglomerados. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 39, n. 91, p. 343-350, setembro, 2011.

VALADARES, S. V.; SILVA, L. F.; VALADARES, R. V.; FERNANDES, L. A.; NEVES, J. C. L.; SAMPAIO, R. A. Plasticidade fenotípica e frações fosfatadas em espécies florestais como resposta à aplicação de fósforo. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.39, n.2, p.225-232, 2015.

VALLONE, H.S.; GUIMARÃES, R.J.; MENDES, A.N.G. Diferentes recipientes e substrato na produção de mudas de cafeeiros. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, p.55-60, 2010.

VENTURIN, N.; CARLOS, L. SOUZA, P. A. de; MACEDO, R. L. G.; VENTURIN, R. P. HIGASHIKAWA, E. M. **Desempenho silvicultural de *Acrocarpus fraxinifolius* Wight em função de diferentes espaçamentos e idades**. Cerne Lavras, vol.20 n. 4, oct-dec. 2014.

3. OBJETIVO

Objetivou-se com este estudo avaliar a influência da adubação nitrogenada, potássica e fosfatada na qualidade morfológica de mudas de *Acrocarpus fraxinifolius* Mart em viveiro, na sobrevivência e crescimento inicial a campo.

CAPÍTULO I

Qualidade e crescimento inicial de mudas de *Acrocarpus fraxinifolius* Mart. produzidas em diferentes doses de nitrogênio, fósforo e potássio.

RESUMO

Devido ao pouco conhecimento sobre os efeitos da adubação com nitrogênio, fósforo e potássio na produção de mudas de *Acrocarpus fraxinifolius*, objetivou-se com este estudo, avaliar o efeito da adubação nitrogenada, fosfatada e potássica na qualidade e crescimento inicial das mudas de cedro indiano e fornecer informações que subsidiem a exploração de técnicas adequadas ao cultivo da espécie no Cerrado. Foram realizados 3 experimentos distintos em delineamento de blocos ao acaso, com 6 tratamentos e 4 repetições. Os experimentos foram realizados no viveiro e na área experimental do Instituto Federal Goiano, Campus, Rio Verde. Cada experimento foi composto por 6 doses de nitrogênio (0; 75; 150; 225; 300 e 375), fósforo (0; 150; 300; 450; 600 e 750) e potássio (0; 50; 100; 150; 200 e 250) em mg dm^{-3} . Os resultados foram submetidos à análise de regressão para ajuste da equação e calculado o coeficiente de correlação de Pearson entre as variáveis estudadas. A espécie demonstrou resposta significativa para adubação nitrogenada, recomendando-se as doses de 225 a 300 mg dm^{-3} . A adubação potássica demonstrou resposta significativa na fase de produção, com melhores resultados entre as doses de 100

a 150 mg dm^{-3} . A adubação fosfatada demonstrou resposta positiva na fase de produção, com melhores resultados entre as doses de 450 a 600 mg dm^{-3} . Após a implantação a campo, as mudas foram capazes de sobreviver em qualquer uma das doses de potássio e fósforo, enquanto nas doses de nitrogênio tiveram queda na sobrevivência nas doses mais baixas.

Palavras-chave: cedro indiano, adubação, produção, sobrevivência.

ABSTRACT

Due to the lack of knowledge about nitrogen, phosphorus and potassium fertilization effects on *Acrocarpus fraxinifolius* seedlings production, the objective of this study was to evaluate the nitrogen, phosphate and potassium fertilization effects on quality and initial growth of Indian cedar seedlings and thus provide information that supports the exploitation of techniques that are suitable for specie cultivation in the Cerrado. Three different experiments were carried out in a randomized complete block design with 6 treatments and 4 replicates. The experiments were carried out in the nursery and in the experimental area of the Goiano Federal Institute, Rio Verde Campus. Each experiment was composed of 6 nitrogen (0, 75, 150, 225, 300 and 375), phosphorus (0, 150, 300, 450, 600 and 750) and potassium (0, 50, 100, 150, 200 and 250) doses in mg dm^{-3} . The results were submitted to regression analysis to fit the equation and the Pearson correlation coefficient was calculated to evaluate the correlation between the studied variables. The species showed a significant response to nitrogen fertilization, with doses of 225-300 mg dm^{-3} being recommended. Potassium fertilization showed a significant response in the production phase, with better results between doses of 100 to 150 mg dm^{-3} . Phosphate fertilization showed a positive response in the production phase, with better results between doses of 450 to 600 mg dm^{-3} . After field implantation the seedlings were able to survive, grow and develop at any of the potassium and phosphorus doses.

Keywords: indian cedar, fertilization, production, survival.

1. INTRODUÇÃO

A demanda por produtos de origem florestal tem aumentado nas últimas décadas, levando a silvicultura a buscar alternativas para garantir altas produtividades (THEBALDI et al., 2015). Uma das alternativas seria a introdução de espécies florestais já conhecidas em outros países que apresentem potencial para essa atividade (VENTURIN et al., 2014), tornando-se cada vez maior a busca por espécies com potencial florestal, para atender às tendências do mercado (KLIPPEL et al., 2013).

O *Acrocarpus Fraxinifolius* Wight & Arn, popularmente conhecido como cedro indiano, cedro rosado, mundani, árvore-de-ripa, é uma espécie nativa da Índia pertencente à família Fabaceae e subfamília Caesalpinioideae, medindo de 20-40 m de altura, ocorrendo naturalmente em florestas mistas perenifólias da Índia (HONORATO et al., 2005; ONYANGO et al., 2010).

A espécie produz madeira dura, de cerne avermelhado, utilizada em construção, mobiliário e produção de celulose, sendo também muito utilizada em consórcio com outras espécies cultivadas, como o café (TRIANOSKI et al., 2011). Além do grande valor econômico. Devido sua diversificação de uso na indústria madeireira, pelo seu rápido crescimento e facilidade de se adequar aos sistemas agrossilvipastoris o cedro indiano vem sendo utilizado para reflorestamentos e produção de madeira de curta rotação (HONORATO et al., 2005).

Devido à importância da espécie estudada independente da finalidade, para que o plantio em sistemas florestais tenha sucesso é imprescindível que se disponha de mudas de qualidade. A produção de mudas é uma das fases mais importantes para o estabelecimento de plantios florestais, seja para fins comerciais ou ambientais (SIMÕES

et al., 2015; GASPARIN et al., 2014). A produção de mudas de boa qualidade e bem nutridas são fundamentais para garantir a adaptação e crescimento após o plantio, evitando replantios e gastos adicionais (GONÇALVES et al., 2008).

Para que as mudas não apresentem seu crescimento prejudicado pela falta ou desbalanço de nutrientes é imprescindível uma nutrição adequada e equilibrada, porém ainda há grande dificuldade de se recomendar adubações específicas, em virtude da grande diversidade de espécies (SMARSI et al., 2011). Outra barreira encontrada para a produção de mudas de qualidade e o uso de espécies florestais em cultivos comerciais ou ambientais tem sido a falta de pesquisa envolvendo a resposta dessas espécies aos nutrientes, sobretudo a adubação nitrogenada (FURTINI NETO et al., 2004).

O nitrogênio (N) é constituinte de vários compostos orgânicos nas plantas, necessário para a síntese de aminoácidos, proteínas e por fazer parte das moléculas de clorofila, participando diretamente de diversos processos fisiológicos, bioquímicos e morfológicos relacionados com fotossíntese, divisão e alongamento celular (ALVES et al., 2015). A cerca de 90% do N da planta se encontra em forma orgânica e é assim que desempenha as suas funções, como componente estrutural de macromoléculas e constituinte de enzimas (MALAVOLTA, 2006). Tem participação de diversos processos fisiológicos diretamente relacionados com divisão e alongamento celular, resultante do desempenho do sistema assimilatório (MENDES et al., 2013).

A deficiência P nos substratos provoca crescimento irregular, tanto na parte aérea quanto no sistema radicular, prejudicando a qualidade das mudas (GOMES e PAIVA, 2012). Conforme Garcia e Souza, (2015), o P é crucial no metabolismo das plantas, desempenhando papel importante na transferência de energia da célula, na respiração e fotossíntese, além de ser componente estrutural dos ácidos nucleicos e coenzimas.

Faz parte de vários compostos orgânicos envolvidos na fosforilação de fosfolípídeo, situada na membrana celular, necessária para a síntese de proteínas como o trifosfato de adenosina – (ATP) e o difosfato de adenosina – (ADP) desfosforilado no ciclo de Calvin (SHABNAM; IQBAL, 2016). Há aumento na produção de fotoassimilados para as plantas, estimulando o desenvolvimento da parte aérea, sistema radicular e florescimento (TAIZ e ZEIGER, 2013). As limitações de P no início do crescimento vegetativo, ou seja, na fase de muda, podem resultar em restrições no desenvolvimento, dos quais a planta não se recupera posteriormente (MARSCHNER, 1997; SOUZA et al., 2013).

O potássio (K), tem papel importante no desempenho diversas funções metabólicas na planta. Atuando no citoplasma das células, por ser considerado o maior agente osmótico celular, regulando a abertura e fechamento dos estômatos, no controle de assimilação da concentração interna de CO₂ nos cloroplastos, na realização da fotossíntese, ativação de enzimas (mais de 50 enzimas), translocação e armazenamento de carboidratos (sacarose) e síntese de proteínas (SOUSA et al., 2014).

Quando o fornecimento de K é adequado, as plantas apresentam tecidos mais hidratados, mudas mais resistentes à seca, por manter o teor de nutriente elevado no citoplasma das células, para garantir excelente atividade enzimática, mantendo o pH em níveis adequados ao funcionamento e manutenção do potencial osmótico do vacúolo (AMORIM et al., 2015).

Contudo, o conhecimento sobre as exigências nutricionais das espécies arbóreas é escasso, justificando a realização de estudos que visam obter informações para a produção de mudas com melhor qualidade, visando otimizar o uso dos fertilizantes, atentando para os fatores econômicos e ambientais (GOMES e PAIVA, 2012).

Objetivou-se com este estudo avaliar a influência da adubação nitrogenada, potássica e fosfatada na qualidade morfológica de mudas de *Acrocarpus fraxinifolius* no viveiro e na sobrevivência e crescimento inicial a campo.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no viveiro do Laboratório de Cultura de Tecidos Vegetais e na área experimental do Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde- GO, Brasil (17°47' S e 50° 54' W), durante o período de outubro de 2017 a julho de 2018. O clima da região de estudo é do tipo Aw (Köppen), com uma estação chuvosa, de dezembro a fevereiro, com precipitação superior a 250 mm por mês, uma estação seca, de maio a setembro, com verões brandos e invernos secos. As médias anuais de precipitação e temperatura são respectivamente 1529,5 mm e 22,4°C, (ALVAREZ et al. 2014).

As sementes de *Acrocarpus fraxinifolius* foram coletadas em pomar de sementes localizado na Universidade Federal de Lavras, logo após a coleta foram beneficiadas. Estas foram coletadas e beneficiadas seguindo recomendações de Davide e Silva (2008). As sementes foram escarificadas manualmente de acordo com Santos (2011).

Foram realizados três experimentos distintos, um com doses de nitrogênio, um com doses de potássio e outro com doses de fósforo. Foram testadas 6 doses de nitrogênio (N) (0; 75; 150; 225; 300 e 375 mg dm⁻³), fósforo (P) (0; 150; 300; 450; 600 e 750 mg dm⁻³) e potássio (K) (0; 50; 100; 150; 200 e 250 mg dm⁻³). O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso com 4 repetições e 10 réplicas, perfazendo o total de 24 parcelas experimentais para cada experimento.

O substrato utilizado foi composto por uma mistura à base de lodo suíno, vermiculita de granulometria média e casca de arroz carbonizado na proporção de 1:1:1 de acordo com proposta de Gonçalves et al. (2000), dispostos em tubetes de 50 cm³.

Antes da aplicação dos tratamentos, foram realizadas as adubações de base, de acordo com a fertilização usada no viveiro florestal da ESALQ proposta por Gonçalves

et al. (2000). Segundo essa proposta a quantidade de N, P e K usada na adubação de base é de 300g de P_2O_5/m^3 e 100 g de K_2O/m^3 e 150 g de N/ m^3 respectivamente, sendo utilizado como adubo a ureia (CH_4N_2O) com 45% de N, o superfosfato triplo com 41% de P_2O_5 e o cloreto de potássio (KCl) com 60% de K_2O , também se realizou adubação de base com micronutrientes na forma de óxidos silicatados na dose de 150 mg dm^{-3} de “fritas”.

Para os tratamentos com doses de N e K, além da adubação de base aplicada no substrato também se repetiram as mesmas doses em cobertura a cada intervalo de 15 dias, após as mudas completarem 30 dias de idade. As doses de K foram aplicadas alternadamente a cada adubação de cobertura. O experimento de P teve adubação de cobertura de N e K seguindo recomendação de adubação de Gonçalves et al. (2000).

Depois de preparado o substrato e preenchidos os recipientes, foi feita a semeadura direta, utilizando-se três sementes por recipiente. Por apresentar dormência física, as sementes de *Acrocarpus fraxinifolius* foram escarificadas manualmente, como forma de acelerar e homogeneizar a germinação, que teve início cinco dias após a semeadura. Aos 15 dias após a semeadura foi realizado o desbaste, deixando apenas uma plântula por recipiente, selecionada quanto ao tamanho e vigor. Durante todo o processo de produção, as mudas foram mantidas a pleno sol, sendo realizadas três irrigações diárias até a verificação visual da saturação do substrato.

A avaliação do crescimento das plantas se deu pela mensuração dos dados biométricos de altura de planta, medindo-se com o auxílio de uma régua milimétrica com resultados expressos em (cm) entre o coleto e o ápice caulinar e o diâmetro do coleto utilizando-se para medir um paquímetro digital, sendo expresso o resultado em (mm) aos 150 dias após a semeadura.

O índice de clorofilas a e b foram mensuradas em folha completamente expandida utilizando clorofilog (Falker, 2008) (*Clorofilog CFL1030*, Falker Automação agrícola, Porto Alegre, Brasil). Com esses dados calculou-se clorofilas totais e razão clorofila a/b.

Para as análises morfoanatômicas foram coletadas amostras foliares de 3 cm^2 da região central da última folha totalmente expandida de todas as repetições (n=4) de cada tratamento (n=6) das plantas de *Acrocarpus fraxinifolius* aos 150 dias após a semeadura. Inicialmente as amostras foram fixadas em Karnovsky (1965), por 24 horas. Após este período, o material vegetal foi pré-lavado em tampão fosfato (0,1 M, pH 7,2) e desidratado em série etílica crescente (30% a 100%), pré-infiltrado e infiltrado em

historesina (Leica, Alemanha), conforme as recomendações do fabricante. Posteriormente, as amostras foram seccionadas transversalmente a 5 µm de espessura em micrótomo rotativo (Modelo 1508R, Logen Scientific, China) e os cortes corados com azul de toluidina - coloração policromática (0,05% tampão fosfato 0,1 M, pH 6,8) (O'BRIEN et al., 1964). As imagens foram obtidas com um microscópio Olympus (BX61, Tokyo, Japão) acoplado com câmera DP-72 utilizando opção de campo claro. Posteriormente, foram realizadas observações morfoanatômicas da epiderme nas faces adaxial e abaxial, parênquima paliádico, esponjoso e mesófilo.

Após o término da fase de viveiro, foram selecionadas três mudas mais próximas da média por repetição e separadas em raiz e parte aérea, lavadas e secas em estufa com circulação forçada de ar, a uma temperatura próxima a 70°C, até peso constante em estufa (modelo MA035/1152)

Em seguida, as partes constituintes das plantas foram pesadas em balança analítica com precisão de 0,01 g, e foi feita a pesagem (em balança digital analítica, modelo AW 220) para obtenção da biomassa, após secagem do material vegetal. Foram avaliados, massa seca da raiz (MSR), massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca total (MST) sendo expresso seu resultado em g planta⁻¹.

A partir dos valores obtidos com estes parâmetros morfológicos avaliados, foram calculados: o índice de robustez (H/DC); a relação entre a massa seca da parte aérea e a massa seca das raízes (MSPA/MSR); a relação altura e massa seca da parte aérea (H/MSPA) e o índice de qualidade de Dickson (IQD) (DICKSON et al., 1960) de acordo com a fórmula:

$$IQD = MST / \left[\left(\frac{H}{DC} \right) + \left(\frac{MSPA}{MSRA} \right) \right]$$

Para a quantificação dos teores do conteúdo nutricional das folhas, foi coletado 0,5 g do material vegetal seco da biomassa da parte aérea será moído em moinho tipo Wiley, e calcinado em mufla. Sendo então realizada a extração dos minerais com HCl (0,1 mol. L⁻¹). Os teores de fósforo (P) foram analisados por espectrofotômetro e o potássio (K), via fotômetro de emissão de chama. Para extração do nitrogênio (N) foi realizado digestão úmida, por meio do destilador de nitrogênio determinado por titulação (EMBRAPA, 2009).

Após 150 dias da fase de formação das mudas no viveiro, foram selecionadas aleatoriamente, cinco mudas de cada parcela, totalizando 20 mudas por tratamento, e as mesmas implantadas em campo. O delineamento estatístico utilizado em campo foi o de

blocos ao acaso em função das características da área de cultivo, com 4 blocos e cinco mudas por unidade amostral.

O espaçamento de plantio foi de 2,0 x 3,0 m. Realizou-se a abertura das covas com dimensões de 25 x 25 x 25 cm. Durante o período experimental foram realizadas as atividades silviculturais necessárias para a implantação florestal, como o controle químico de plantas daninhas e de formigas cortadeiras, juntamente com o coroamento das mudas. Foi realizada uma adubação de base, segundo recomendado por EMBRAPA (2010), para suprir a deficiência nutricional, levando em consideração a análise química do solo realizada no LABORATÓRIO SOLOTECH CERRADO LTDA – ME (Tabela 1), sendo aplicados 150 g de superfosfato simples.

O solo utilizado é classificado em Latossolo Vermelho Distrófico (LVD) (EMBRAPA, 2006), coletado de área experimental do IF Goiano, localizado no município de Rio Verde, GO. Sendo retirado amostras de solo em 10 pontos diferentes na camada de 0 a 20 cm de profundidade, representando uma amostra composta, para caracterização químicas e físicas do solo (EMBRAPA, 2009).

Tabela 1. Características químicas da amostra do solo utilizado para a implantação de mudas de cedro indiano (*Acrocarpus fraxinifolius*) no Cerrado.

Profundi- dade (cm)	pH ¹	M.O g dm ⁻³	P mg dm ⁻³	S	K	Ca	Mg	Al	CTC	V
0-20	4.9	31.4	3.3	4.8	0.26	2.7	0.9	0,05	8,1	48
20-40	4.6	23.7	1.0	5.0	0.19	2.5	0.8	0,10	6,8	52

¹pH em CaCl₂; P, K: extrator (HCl 0,05 mol L⁻¹ + H₂SO₄ 0,025 mol L⁻¹), Al, Ca, Mg: extrator (KCl mol L⁻¹); M.O: Matéria orgânica; V: Saturação por bases. Nota- pH: potencial hidrogeniônico, M.O: matéria orgânica, P: fósforo, S: enxofre, K: potássio, Ca: cálcio, Mg: magnésio, H+Al: hidrogênio mais alumínio, Al: alumínio, CTC: Capacidade de troca catiônica e V: saturação de bases.

As avaliações a campo consistiram no percentual de sobrevivência e medição da altura e do diâmetro das mudas em nível do solo aos 120 dias após o plantio. Com os valores da última avaliação de viveiro e as avaliações após o plantio, foi possível determinar a taxa de crescimento relativo (CR) em altura e diâmetro das mudas para cada um dos tratamentos, pela fórmula citada por Carneiro (1995):

$$T(\%) = \frac{X \text{ final} - X \text{ inicial}}{X \text{ final}} \times 100$$

Em que:

T (%) - Taxa de crescimento;

X - Variável de interesse.

Os dados foram submetidos à análise de variância e quando constatado efeito significativo foi aplicado a análise de regressão a nível de significância 0,05 de probabilidade. Para tanto, utilizou-se o programa estatístico SISVAR 5.3 (FERREIRA, 2011). Os modelos foram escolhidos baseados na significância dos coeficientes da regressão e no coeficiente de determinação (R^2). Também foi calculado o coeficiente de correlação de Pearson para avaliar a correlação entre as variáveis estudadas.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Adubação Nitrogenada

Variáveis biométricas e crescimento

A adubação nitrogenada teve influência significativa em todas as características avaliadas para a espécie, indicando que durante as fases iniciais de crescimento há maior mobilização de nitrogênio, influenciando positivamente o crescimento e a qualidade das mudas de *Acrocarpus fraxinifolius*.

Constatou-se efeito quadrático para altura da parte aérea (H) e diâmetro do coleto (DC), sendo a dose de maior efeito para altura da parte aérea 211 e 297,5 mg dm⁻³ para diâmetro do coleto.

A equação de melhor ajuste para massa seca foliar, massa seca caulinar, massa seca da parte aérea e massa seca total foi a quadrática. As doses de nitrogênio que promoveram as melhores respostas foram 233,3; 225; 230 e 370 mg dm⁻³, respectivamente (Figura 1C, D, E e G).

Para massa seca radicular e razão de massa foliar a equação de melhor ajuste foi a linear apresentando comportamento linear crescente, sendo encontrada a melhor resposta na maior dose de N (375 mg dm⁻³).

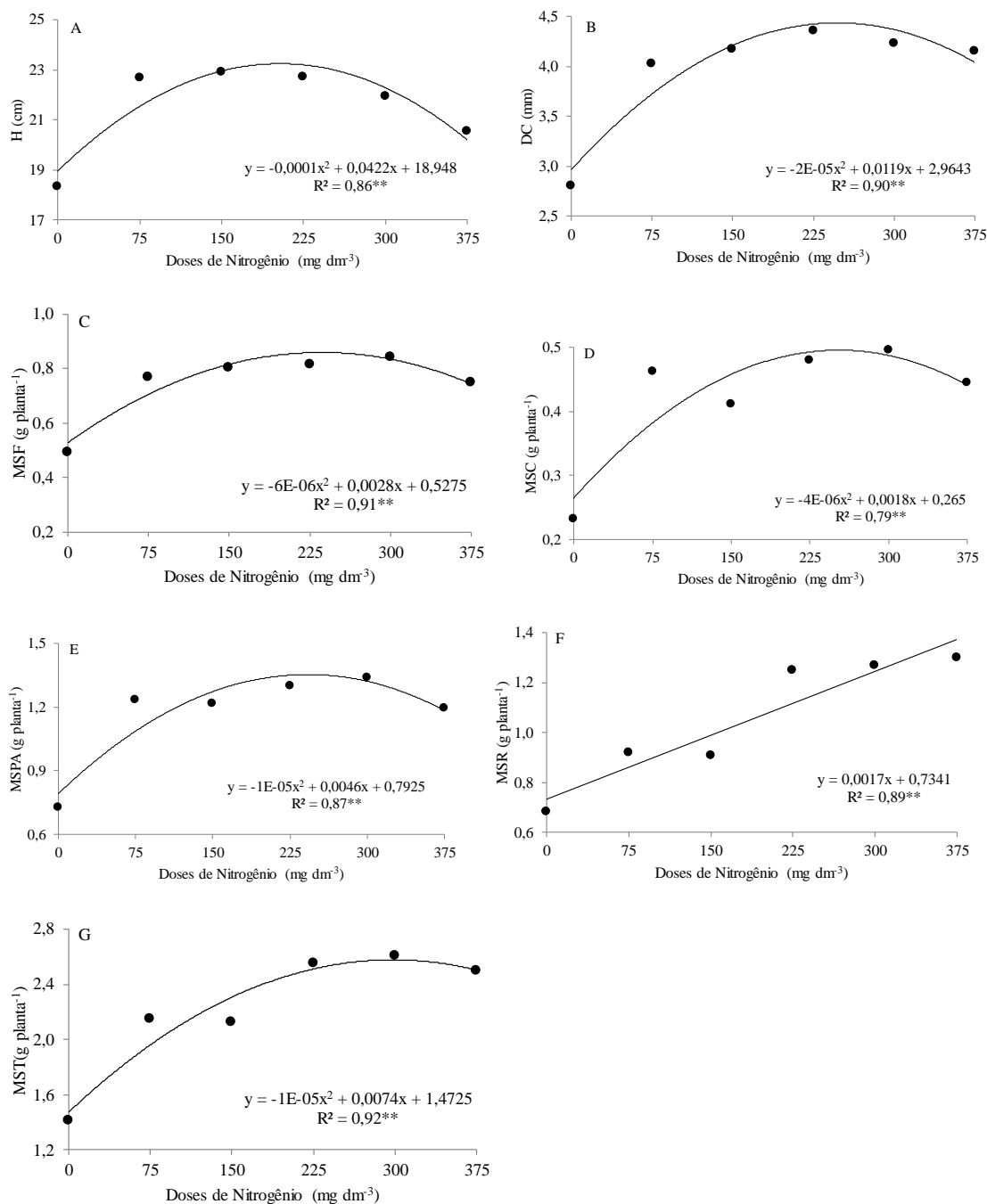


Figura 1. Variáveis morfológicas e biomassa das mudas de *Acrocarpus fraxinifolius* aos 150 dias após a semeadura, em resposta a adubação nitrogenada. A- Altura da parte aérea (H), B- Diâmetro do coleto (DC), C- Massa seca foliar (MSF), D- Massa seca caulinar (MSC), E- Massa seca da parte aérea (MSPA), F- Massa seca radicular (MSR), G- Massa seca total (MST).

Em que: ^{ns} – Não significativo pelo teste F, ^{**} e ^{*} significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

Dentre o comportamento morfológico das mudas de *Acrocarpus fraxinifolius* observou-se aumento expressivo promovido pelas doses crescentes de nitrogênio no diâmetro do coleto, proporcional ao que ocorreu na altura das mudas.

Esses resultados estiveram de acordo com os obtidos por D'Avila (2008) em que se observou que a fertilização nitrogenada promove, de maneira geral, ganhos significativos no crescimento em altura nas mudas de espécies florestais, principalmente nas de eucaliptos, em condições de muita chuva em concentrações adequadas contribui para menor lixiviação e certo controle sobre a velocidade de crescimento e endurecimento das mudas.

Concordando com os resultados obtidos nesse experimento, Smarsi et al. (2011) estudando o efeito da adubação nitrogenada na produção de mudas de lichieira observou efeito depressivo com o aumento das doses de N na altura da parte aérea em função de algum desequilíbrio nutricional causado pelo excesso de N.

Efeito positivo da adubação nitrogenada em espécies florestais foi verificado por Marques et al. (2006) avaliando o efeito de doses de N no crescimento de mudas de sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia*), em que constataram que a altura da parte aérea foi significativamente afetada por doses de N, aumentando linearmente com o acréscimo das doses independentemente do tipo de solo e fonte aplicada. Segundo Decarlos Neto et al. (2002), este efeito depressivo pode ser pela diminuição do pH do substrato, através da liberação de H^+ produzidos durante o processo de nitrificação da ureia aplicada.

A altura das plantas fornece excelente estimativa da predição do crescimento inicial no campo, sendo tecnicamente aceita como medida do potencial desempenho das mudas (ROSSA et al., 2010). De acordo com Paiva e Gomes (2000), mudas de espécies arbóreas estão aptas ao plantio no campo quando H estiver entre 15 e 30 cm.

O valor máximo encontrado para a altura (23,4 cm) se enquadra no estabelecido por Gonçalves et al. (2005) o qual determina que mudas de boa qualidade, possuem entre 20 a 35 cm de altura. Verificou-se nesse estudo que os valores de H para as mudas encontram-se entre os supramencionados, podendo se predizer assim que as mudas, segundo esse critério, estariam aptas ao plantio no campo, aos 150 dias de idade. Pereira et al. (2011), estudando doses de ureia em porta enxerto de pitombeira observou o máximo valor estimado de 27,9 cm, com a utilização de $1720,5 \text{ mg dm}^{-3}$ de nitrogênio.

Binotto et al. (2010) afirmaram que a altura da muda só pode ser considerada como indicador de qualidade de mudas, quando analisada conjuntamente com o diâmetro do coleto. O diâmetro do coleto, em geral é o principal indicador de sobrevivência após o plantio e é considerado um dos parâmetros que melhor refletem a qualidade de mudas florestais (RITCHIE; LANDIS, 2008).

O diâmetro do coleto (DC) apresentou comportamento semelhante ao observado para H em função das doses de N, em que os maiores valores foram obtidos nas maiores doses, assim as maiores doses testadas nesse experimento seriam recomendadas, visto que, altos valores de diâmetro do coleto são desejáveis quando se leva em consideração a qualidade das mudas, (GOMES e PAIVA, 2004) apontam que as mudas devem apresentar altos valores de DC para melhor equilíbrio do crescimento da parte aérea.

Segundo Gomes e Paiva (2004), o diâmetro do colo sozinho ou combinado com a altura é uma das melhores características para avaliar a qualidade da muda. Quanto maior o diâmetro do colo, melhor será o equilíbrio do crescimento com a parte aérea, principalmente quando se exige rustificação das mudas. Franczak et al. (2008), em estudo sobre o desenvolvimento de mudas de caroba, sem adição de N, observaram que, ao final de 120 dias as mudas apresentaram diâmetro do coleto de 2,47 mm.

Embora a altura e o diâmetro do coleto sejam importantes parâmetros morfológicos para definição da qualidade de mudas florestais, e os de mais fácil mensuração, não devem ser avaliados isoladamente, sendo necessário analisar mais parâmetros de crescimento a fim de se obter maior certeza da qualidade da muda produzida (GOMES e PAIVA, 2012).

O aumento nas doses de nitrogênio promoveu aumento na MSR que se adequou ao modelo de regressão linear simples. A maior produção de MSPA e MSR pode sugerir maiores chances de sobrevivência e posterior crescimento no campo, visto que as folhas constituem uma das principais fontes de nutrientes e fotoassimilados que servirão de suprimento de água e nutrientes para as raízes no primeiro mês de plantio. Além disso, o plantio de espécies com sistemas radiculares profundos que possam captar água na estação seca e que contenham os processos erosivos é desejável nessas condições.

As massas secas da folha, caule, parte aérea, raiz e total seguiu tendência semelhante a H e DC em função das doses de N. Segundo Gomes e Paiva (2004), os mesmos fatores que influenciam no crescimento em altura das mudas atuam sobre a produção de massa de matéria seca. De acordo com D'Avila (2008) quanto maior o valor da MST, melhor a qualidade da muda avaliada, pois o acúmulo de biomassa é uma característica importante relacionada ao crescimento da planta, atribuindo o maior crescimento inicial das mudas em campo ao maior crescimento da parte aérea e raiz verificados no viveiro e aos fotossintatos armazenados pela muda.

A massa de matéria seca é a característica que melhor reflete a produção (GONÇALVES et al., 2008) e tem sido considerada uma das melhores para prever a

qualidade de mudas. A massa seca total compreende a soma de MSPA e MSR, e quanto maior for esse valor, melhor será a qualidade das mudas produzidas (Cruz, 2006).

Menegazzo et al. (2011), estudando o efeito da adubação nitrogenada na produção de mudas de mamoeiro, observaram efeito quadrático para a produção de matéria seca, com média de 8,23 g MSPA e 34,75 g MST, ocorrendo efeito depressivo com aumento das dosagens de 1600 mg dm⁻³ no substrato, indicando que doses superiores não refletiram em aumento na produção de matéria seca, mas ao contrário, limitaram o seu crescimento, semelhante ao encontrado nesse estudo em que as mudas de cedro indiano tiveram crescimento limitado para MSPA a partir da dose de 225 mg dm⁻³ e para MST a partir da dose de 300 mg dm⁻³.

Oliveira et al. (2008), avaliando a influência de doses de nitrogênio na produção de mudas de mamoeiro verificaram que houve repostas positivas nas doses de N para as variáveis analisadas, promovendo um desenvolvimento crescente das mudas, tornando-se uniforme a partir de uma determinada dosagem. A massa seca da parte aérea, segundo Gomes e Paiva (2006), indica a rusticidade e vigor de uma muda, sendo que os maiores valores representam mudas mais lignificadas, tendo maior aproveitamento e estabelecimento no campo mesmo em ambientes com condições adversas.

Caproni et al. (2013), na produção de mudas de maracujazeiro amarelo, constataram que as doses de nitrogênio apresentaram efeito quadrático sobre a variável MSPA com máxima resposta de 1,21 g quando recebeu a dose 1944,77 mg dm⁻³ de N aos 120 dias.

O nitrogênio apresenta grande mobilidade no solo e, portanto, com a facilidade de ser lixiviado ao longo do perfil do substrato, o crescimento da raiz primária é mantido, uma vez que esta pode alcançar o nitrogênio que tenha percolado no perfil do substrato contido nos recipientes das mudas, fazendo com que em elevadas concentrações de N o sistema radicular se desenvolva (SILVA, DELATORRE, 2009), assemelhando-se ao ocorrido nesse experimento em que a MSR foi maior para as doses mais elevadas de N.

Atributos de qualidade

O índice de qualidade de Dickson (IQD), relação massa seca da parte aérea e massa seca da raiz (MSPA/MSR) e relação altura e massa seca da parte aérea (H/MSPA) se ajustaram a equação quadrática. As doses de nitrogênio que promoveram as melhores respostas foram 327,5; 133 e 375 mg dm⁻³, respectivamente. Para o índice de robustez

(H/DC) a equação de melhor ajuste foi a linear com maior valor estimado de 6,2 quando não houve aplicação de N (0 mg dm^{-3}).

O maior IQD nas mudas de *Acrocarpus fraxinifolius* foi encontrado na dose de nitrogênio de 300 mg dm^{-3} (0,40), sendo este 52,07; 30,68; 14,88; 4,65 e 0,93% maior do que os observados nas doses de potássio 0, 75, 150, 225 e 375 mg dm^{-3} , respectivamente.

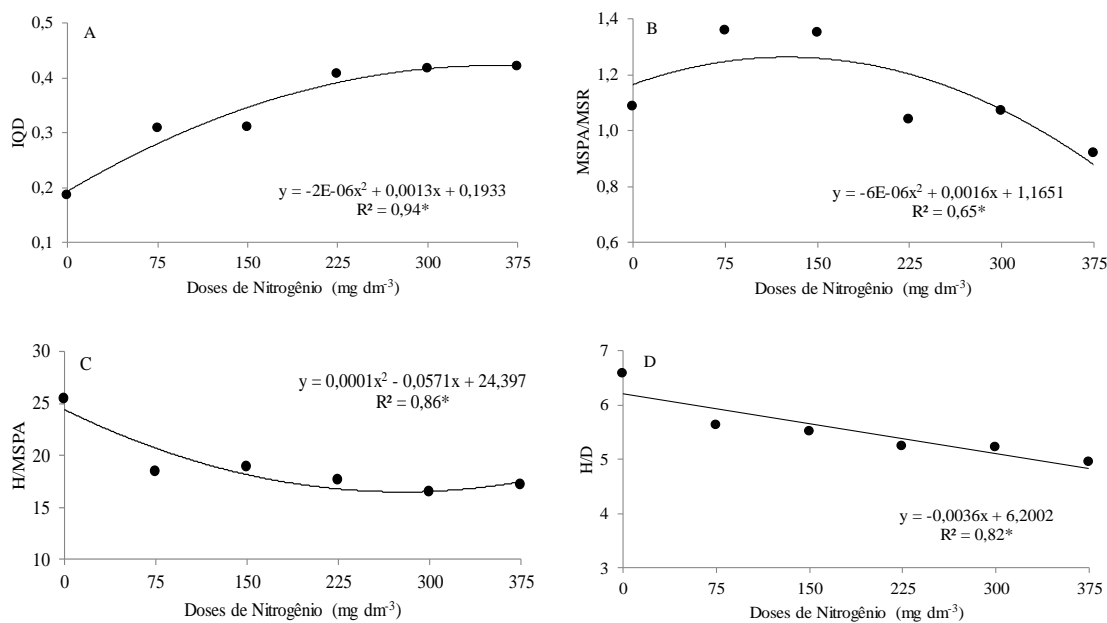


Figura 2. Atributos de qualidade das mudas de *Acrocarpus fraxinifolius* aos 150 dias após a sementeira, em resposta a adubação nitrogenada. A- Índice de qualidade de Dickson (IQD), B- Relação massa seca da parte aérea e massa seca da raiz (MSPA/MSR), C- Relação altura e massa seca da parte aérea (H/MSPA), D- Índice de robustez (H/DC). Em que: ^{ns} – Não significativo pelo teste F, ** e * significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

O IQD é um dos mais completos parâmetros para avaliação da qualidade de mudas florestais, pois em seu cálculo são considerados a robustez (H/DC) e o equilíbrio da distribuição da biomassa na muda (MST e MSPA/MSR), ponderando os resultados de vários parâmetros importantes empregados para avaliação da qualidade (FONSECA et al., 2002; CALDEIRA et al., 2005; 2008). Quanto maior for o valor desse índice, melhor será o padrão de qualidade das mudas (GOMES e PAIVA, 2012), assim nesse trabalho as mudas submetidas a dose de 300 mg dm^{-3} de nitrogênio apresentaram maior padrão de qualidade segundo esse índice.

Segundo Kratz (2011), o valor mínimo do IQD deve ser de 0,20, considerando os resultados obtidos para os tratamentos avaliados, apenas onde não houve aplicação de N (0 mg dm^{-3}) se encontra fora dos padrões de qualidade. Os atributos de qualidade

podem ser considerados isoladamente, todavia, recomenda-se que os seus valores sejam relacionados. A distribuição de massa na muda é indicada pela relação MSPA/MSRA.

Segundo Gomes e Paiva (2012), a melhor relação entre a massa de matéria seca da parte aérea e a respectiva massa de matéria seca de raiz é equivalente a 2,0 para mudas de qualidade, no entanto, tem-se uma variação dependendo da espécie. Muniz et al. (2013) realizou um trabalho com adubação de NPK observaram em mudas de eucalipto resultados semelhantes a este, cujo, na razão MSPA/MSR se observa maiores valores em ambientes de baixa fertilidade. Gomes e Paiva (2012) relatam que maiores quantidades de N provocam um desequilíbrio na relação MSPA/MSR, favorecendo o crescimento da parte aérea, corroborando com os resultados obtidos nesse experimento. Segundo D'Avila (2008) a partir do aumento da disponibilidade de nitrogênio, maior proporção desse nutriente é translocada para a parte aérea, possibilitando o uso de carboidratos na síntese de proteínas e crescimento.

Segundo Caldeira et al. (2012) a MSPA/MSR, não deve ser utilizada como parâmetro na avaliação da qualidade de mudas florestais, por ser tratar de um método destrutivo, de difícil interpretação, correlação com as demais variáveis e que possui relação contraditória com o crescimento a campo, situação em que, quanto maior o valor, maior será a área foliar, podendo levar ao desequilíbrio de crescimento da muda e posterior tombamento da mesma, assim como prejudicar a absorção de água e nutrientes, corroborando com os resultados deste experimento em que os valores para a variável se encontram menores entre as doses de 225 a 375 mg dm⁻³.

A relação H/MSPA mostra que quanto menor o seu valor, mais lignificada está a muda, aumentando assim as suas chances de sobrevivência no campo, nesse sentido as mudas produzidas com doses entre 225 e 300 mg dm⁻³ estariam mais aptas ao plantio no campo.

O índice de robustez (H/DC) exprime o equilíbrio de desenvolvimento das mudas no viveiro, e o intervalo de 5,4 a 8,1 é um padrão de classificação de mudas de qualidade desejável em qualquer período de avaliação para serem levadas ao campo (CARNEIRO, 1995). O valor desta variável verificado no presente trabalho para o cedro indiano (Figura 2D), está dentro do limite considerado ideal por esse autor, conseqüentemente, a capacidade de sobrevivência e estabelecimento dessa espécie no campo será maior.

No presente trabalho, a maior H/DC foi de 6,57 no tratamento com menor aplicação de nitrogênio (0 mg dm⁻³). Segundo Rossa et al. (2013), baseando-se na

literatura, aponta que mudas com H/DC maior que 10 são consideradas de ótima qualidade, e minimizaria a mortalidade no campo após o plantio, contrariando os resultados obtidos nesse trabalho, pois as mudas não apresentam características desejáveis para este índice, todavia essa variável é dependente da espécie estudada.

Parâmetros fisiológicos

Para o índice de clorofila a e total a equação que melhor se ajustou aos dados obtidos foi quadrática (Figura 3A e C, respectivamente), tendo como as doses de maior efeito 344,5 e 248,2 mg dm⁻³, já para clorofila b e razão de clorofila a/b a equação que melhor se ajustou aos dados obtidos foi a linear com as doses de maior efeito 375 e 0 mg dm⁻³, respectivamente (Figura 3B e D).

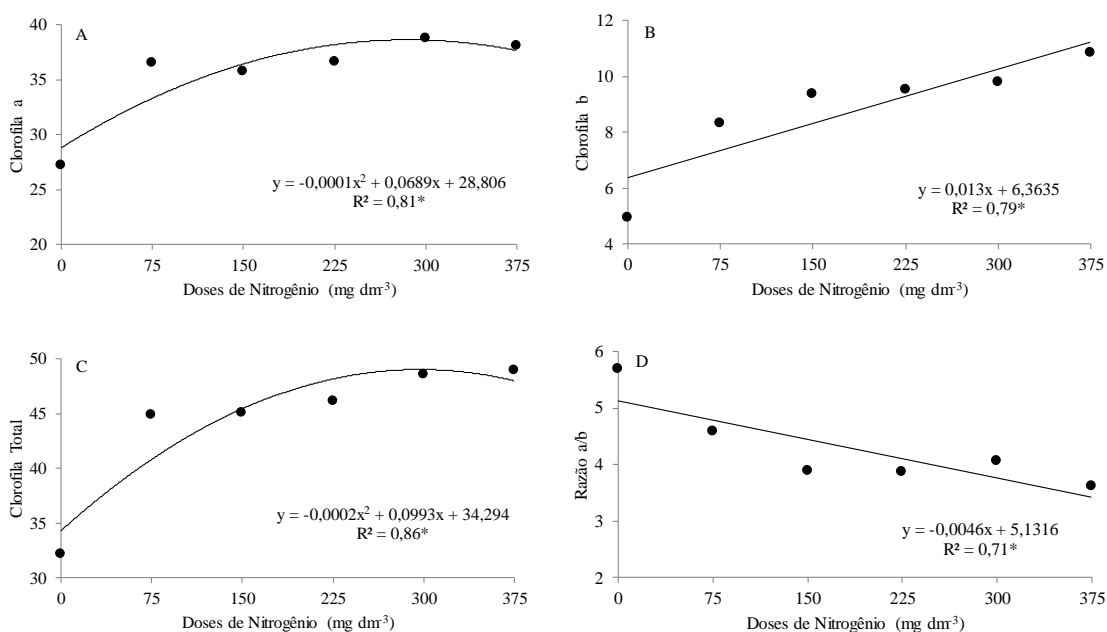


Figura 3. Concentrações de clorofilas em mudas de *Acrocarpus fraxinifolius* aos 150 dias após a semeadura, em resposta a adubação nitrogenada. A- Clorofila a, B- Clorofila b, Clorofila total, D- Razão a/b.

Em que: ^{ns} – Não significativo pelo teste F, ** e * significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

O teor de clorofila correlaciona-se com a concentração de N na planta e, também, com a produtividade das culturas, assim, a influência da adubação nitrogenada sobre o teor de clorofila se deve pelo fato de, com a deficiência de N no substrato, a planta degrada as moléculas de clorofila, para translocar o N para as regiões de crescimento ativo e consequentemente com o aumento de N necessário para a espécie a produção de clorofila se torna maior e a degradação dessa molécula cada vez menor (SILVA et al.,2012b).

Segundo Antoniazzi et al. (2013), mudas com maior razão clorofila a/b, podem apresentar maior capacidade de tolerar condições de plantios feitos em pleno sol, por causa da maior concentração de clorofila nas folhas. Nesse trabalho observou-se que o melhor crescimento e sobrevivência no campo ocorreu na dose de 225 mg dm⁻³ (Figura 6A, B e D), em que a razão clorofila a/b esteve próxima de 4,10, não necessariamente a maior.

O teor de nitrogênio (N) nas folhas das mudas de *Acrocarpus fraxinifolius* se ajustou a equação quadrática. A máxima resposta encontrada do teor de N nas folhas foi na dose de 375 mg dm⁻³ (Figura 4A), situando-se acima das doses estudadas nesse experimento.

Para a taxa de acúmulo de nitrogênio nas folhas das mudas de *Acrocarpus fraxinifolius* a equação que melhor se ajustou foi a quadrática. A máxima resposta encontrada foi na dose de 298,2 mg dm⁻³ (Figura 4B), obtendo taxa de acúmulo de 25,67 mg planta⁻¹.

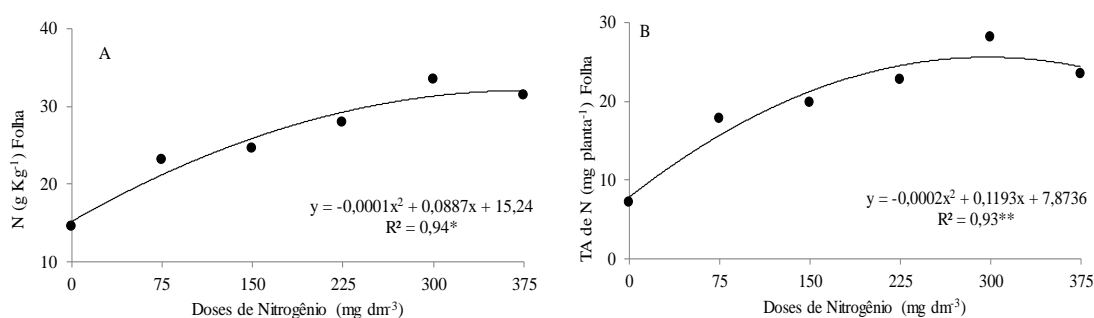


Figura 4. Teor nutricional nas folhas das mudas de *Acrocarpus fraxinifolius* aos 150 dias após a semeadura, em resposta a adubação nitrogenada. A- Concentração de nitrogênio nas folhas (N Folha), B- Taxa de acúmulo de nitrogênio nas folhas (TA de N). Em que: ^{ns} – Não significativo pelo teste F, ^{**} e ^{*} significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

Verifica-se que o incremento na dose de N proporcionou aumento no teor de N nas folhas de *Acrocarpus fraxinifolius*, porém essa resposta depende muito das vezes da quantidade de M.O presente no substrato e sua imobilização, ocorrendo melhor distribuição de N com o aumento das doses. Alguns autores observaram, trabalhando com diversas espécies, que o aumento do teor de clorofilas nas folhas está diretamente relacionado com a elevação do teor de nitrogênio nas folhas (MALAVOLTA, 2006), como observado nesse estudo.

O nitrogênio apresenta alta redistribuição nos tecidos. Na carência de N, as plantas estimulam a ativação de inúmeras respostas morfofisiológicas para não serem

prejudicadas, reduzindo o crescimento da parte aérea (MAGADLELA et al., 2014). Por outro lado, aumenta a eficiência do sistema radicular, por permitir exploração maior volume de solo (RAJAN; ANANDHAN, 2016). Concentrações de N, especialmente em folhas, caules e ramos aumentam imediatamente após a adubação, porém antes de algum efeito no crescimento ser detectado (GRACIANO et al., 2006).

De acordo com D'Avila (2008), normalmente se espera maior concentração de N foliar, quando é realizada a adubação nitrogenada, dessa forma os dados obtidos nesse estudo corroboram para a concentração de N encontrada nas folhas.

Resultados em campo

Para altura aos 120 dias após o plantio (H 120), diâmetro ao nível do solo aos 120 dias após o plantio (DNS 120) e sobrevivência houve efeito significativo, ajustando-se a uma equação quadrática (Figura 5A, B e D). As doses de nitrogênio que promoveram as melhores respostas foram 235,3 e 215,1 e 222 mg dm⁻³, respectivamente.

Constatou-se efeito linear decrescente para crescimento relativo em diâmetro ao nível do solo (CR DNS), sendo a dose de maior efeito 0 mgdm⁻³ (Figura 5C), em que não ocorreu aplicação de nitrogênio.

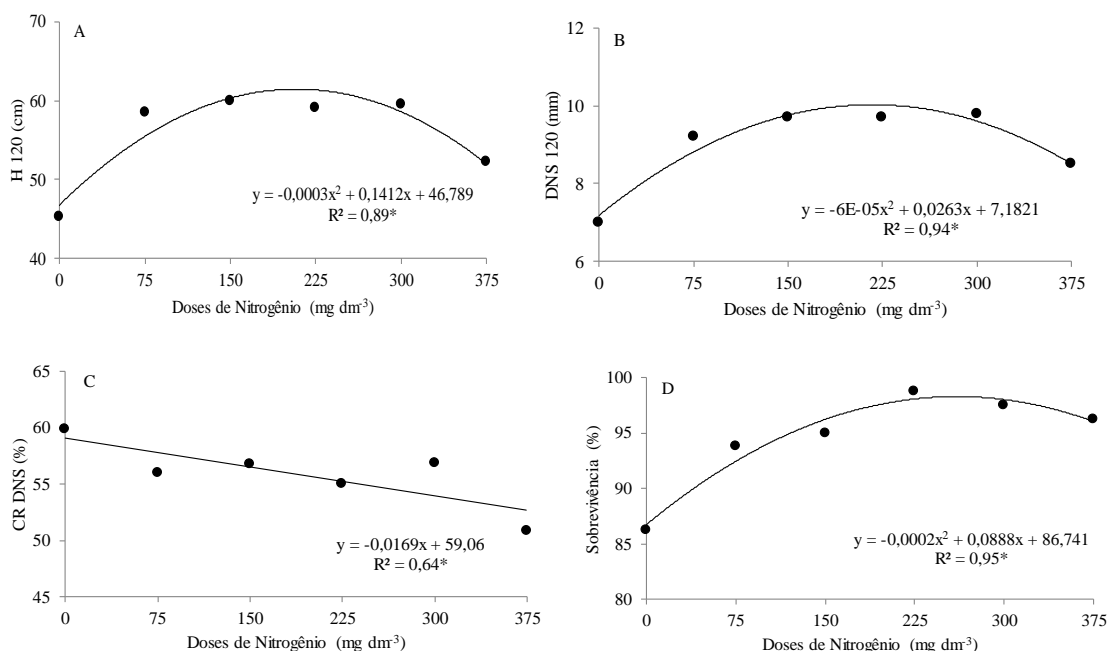


Figura 5. Sobrevivência e crescimento em campo de mudas de *Acrocarpus fraxinifolius* aos 120 dias após o plantio, em resposta a adubação nitrogenada. A- Altura aos 120 dias após o plantio (H 120), B- Diâmetro ao nível do solo aos 120 dias após o plantio (DNS 120), C- Crescimento relativo em diâmetro ao nível do solo (CR DNS), D- Sobrevivência.

Em que: ^{ns} – Não significativo pelo teste F, ** e * significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

Dentre os tratamentos a dose que apresentou a maior sobrevivência e crescimento inicial em altura e diâmetro foi a de 225 mg dm⁻³. Aos 120 dias após a implantação em campo não foram observadas diferenças no crescimento relativo em altura (CR H) das mudas de *Acrocarpus fraxinifolius* em função da adubação nitrogenada em que foram produzidas. No experimento em questão, o fato das mudas terem sido implantadas em período chuvoso, aliado aos tratos culturais e as manutenções da área, favoreceu o estabelecimento das mudas em campo apresentando alta taxa de sobrevivência indicando potencial de estabelecimento na região para as mudas bem nutridas, porém em mudas produzidas na dose de 0 mg dm⁻³ apresentou taxa de sobrevivência de 85 %, não sendo indicada para os plantios comerciais.

O maior CR DNS das mudas produzidas sem aplicação de N, possivelmente está atrelado ao fato de que em condições de restrição radicular, mudas passam por um processo de rustificação no viveiro, e pode propiciar o desenvolvimento de mecanismos de tolerância às condições de campo, podendo contribuir para o aumento no desempenho pós-plantio (JOSÉ; DAVIDE; OLIVEIRA, 2005). Aos 120 dias após o plantio o crescimento relativo em altura já não tem mais efeito, pois as condições de campo eram iguais a todas as mudas.

É importante salientar que as respostas a campo dependem, em grande parte, das condições oferecidas às plantas no que se referem ao preparo do solo, condição ambiental durante e após o plantio, controle de plantas daninhas, fertilização, entre outras (SANTOS et al., 2000).

Foram constatadas correlações positivas e significativas entre as variáveis estudadas (Tabela 2). A correlação significativa entre as variáveis dependentes indica que a observação de uma variável possibilitaria inferir sobre as outras. Nesse sentido, a recomendação da adubação e da correção do solo para obter o maior IQD é justificável uma vez que esse índice se correlaciona com as características avaliadas.

Diante as correlações entre as variáveis analisadas, torna-se possível inferir os melhores parâmetros para sobrevivência, nesse estudo observou-se correlação positiva em relação a sobrevivência para o DC, MSR, MST e o IQD. Dessa forma, como foi encontrada melhor sobrevivência das mudas na dose de 225 mg dm⁻³, pode-se utilizar os

valores desses tratamentos para os parâmetros que mais se correlacionaram a fim de se obter um padrão de qualidade.

Os valores médios de H, DC, MSPA, MSR, MST e IQD encontrados na dose de 225 mg dm⁻³ foram 23,38 cm; 4,63 mm; 1,32 g; 1,12 g; 2,63 g e 0,39 respectivamente, assim mudas com maior padrão de qualidade devem seguir com base nesses parâmetros essas características para mudas de *Acrocarpus fraxinifolius* nas condições estudadas.

Tabela 2. Coeficiente de correlação de Pearson entre as principais variáveis estudadas em resposta a adubação nitrogenada: Sobrevivência, Altura da parte aérea (H), Diâmetro do coleto (DC), Massa de matéria seca da parte aérea (MSPA), Massa de matéria seca da raiz (MSRA), Massa de matéria seca total (MST) e Índice de qualidade de Dickson (IQD).

Características	H (cm)	DC (mm)	MSPA (g)	MSR (g)	MST (g)	IQD
Sobrevivência	0,71**	0,88**	0,71**	0,80**	0,83**	0,83**
H (cm)		0,85**	0,70**	0,46 ^{ns}	0,63*	0,57*
DC (mm)			0,86**	0,78**	0,89**	0,87**
MSPA (g)				0,69*	0,90**	0,77**
MSR (g)					0,93**	0,98**
MST (g)						0,96**

** - Significativo ao nível de 1% de probabilidade, * - Significativo ao nível de 5% de probabilidade, ^{ns} – Não significativo pelo teste F.

Ressalta-se, também, que a observação da sobrevivência das mudas no campo é um método para inferir a respeito da qualidade das mesmas, uma vez que essa característica apresentou correlação positiva com as outras variáveis. Assim, mudas com maior padrão de qualidade (IQD) teriam maior facilidade de se estabelecer após o plantio a campo.

Binotto et al. (2010), analisando a correlação entre algumas características morfológicas com o índice de qualidade de Dickson em mudas de *Eucalyptus grandis* e *Pinus elliotti* perceberam que o diâmetro do coleto (DC) se correlacionava com a qualidade das mudas, apresentando alta relação com o IQD, já a altura da parte aérea se mostrou eficiente para aferir a qualidade das mudas quando analisado em conjunto com o DC, observando-se resultados similares aos obtidos nesse experimento.

Os resultados obtidos neste estudo revelam que as mudas de *Acrocarpus fraxinifolius* são responsivas a adubação nitrogenada, pois aparentemente não possuem até o momento nódulos fixadores de nitrogênio e os tratamentos promoveram aumento em praticamente todas as variáveis estudadas, sendo influenciadas significativamente pelas doses crescentes de N. Os resultados obtidos corroboram com os encontrados por

Carnevali et al., (2016) em mudas de barbatimão (*Stryphnodendron polyphyllum*), pitaia (*Hylocereus undatus*) (ALMEIDA et al., 2014), canafistula (*Peltophorum dubium*) (SOUZA et al, 2013), angico vermelho (*Anadenanthera macrocarpa*) (GONÇALVES et al., 2012).

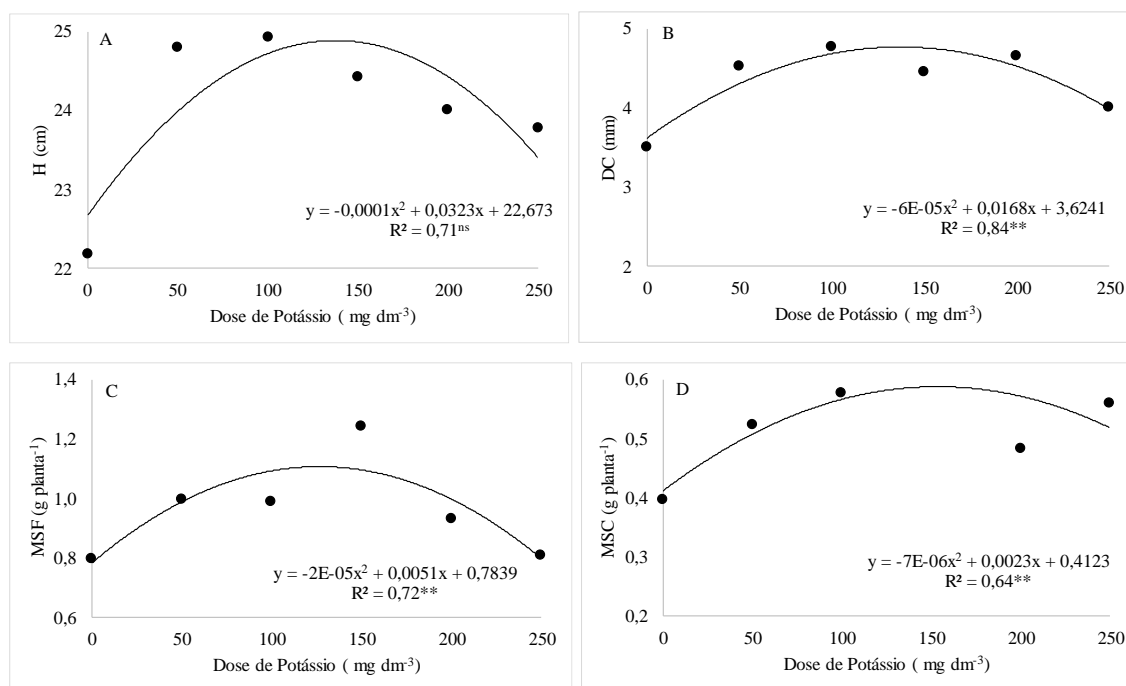
3.2 Adubação Potássica

Variáveis biométricas e crescimento

Em resposta a adubação potássica não houve efeito significativo para altura da parte aérea (H), no entanto, os dados se ajustaram a equação quadrática, sendo a dose de maior efeito 161,5 mg dm⁻³ com média de 24,78 cm (Figura 6 A). Para o diâmetro do coleto (DC) houve efeito significativo se ajustando ao modelo de equação quadrática com maior efeito na dose de 140 mg dm⁻³ (Figura 6 B).

A equação de melhor ajuste aos dados para MSF; MSC; MSPA e MST foi a quadrática (Figura 6C, D, E e G). Já as doses de potássio que promoveram as melhores respostas foram 127,5; 164,3; 123,3 e 165 mg dm⁻³, respectivamente.

Para a MSR a equação de melhor ajuste foi a linear, consequentemente de acordo com a equação de regressão obteve-se o acréscimo de 5,16% para cada aumento de 50 mg dm⁻³ da dose de potássio (Figura 6F).



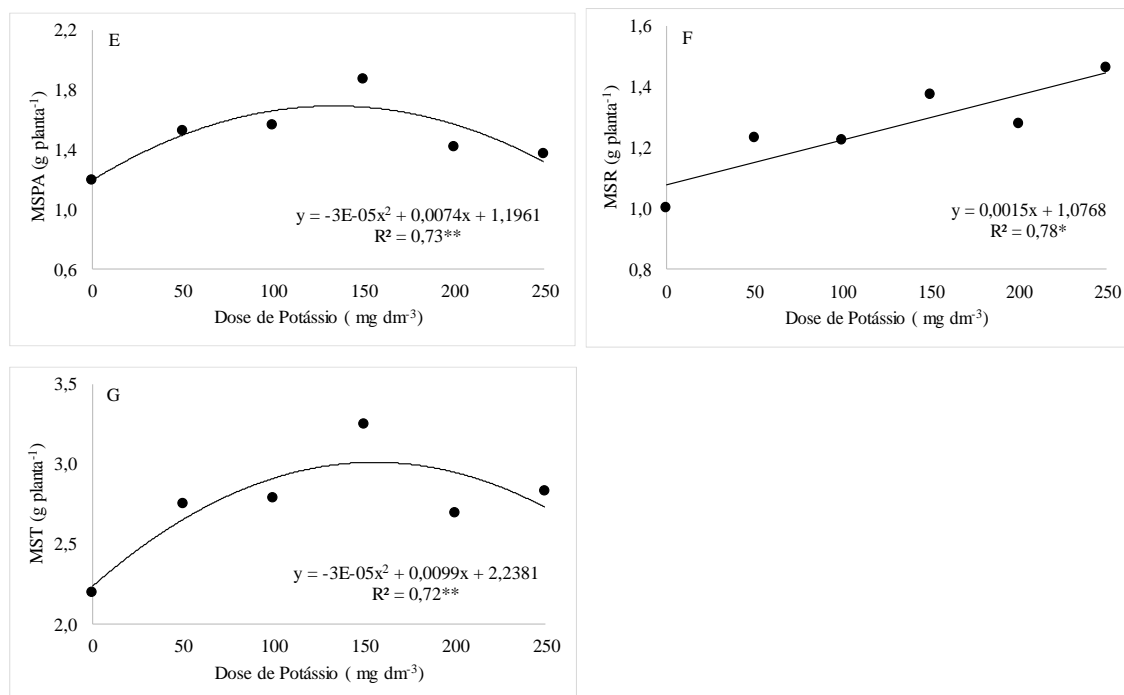


Figura 6. Variáveis morfológicas e biomassa das mudas de *Acrocarpus fraxinifolius* aos 150 dias após a semeadura, em resposta a adubação potássica. A- Altura da parte aérea (H), B- Diâmetro do coleto (DC), C- Massa seca foliar, D- Massa seca caulinar, E- Massa seca da parte aérea, F- Massa seca radicular, G- Massa seca total.

Em que: ^{ns} – Não significativo pelo teste F, ^{**} e ^{*} significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

Segundo Gomes et al. (2003), apesar de algumas controvérsias sobre o tamanho ideal das mudas de eucalipto, considera-se que elas poderiam estar prontas para serem plantadas com altura variando de 20 a 35 cm. Dessa forma, independente do tratamento com as doses de K, a altura atingida atende ao padrão estabelecido para plantio.

Resultados semelhantes ao desse estudo também foram encontrados em *Coffea arabica* L., por Mera et al. (2011). Yamada et al. (2000) observaram resultados semelhantes aos dados obtidos, indicando que algumas espécies tendem a alocar biomassa para o crescimento em espessura do caule. Gonçalves et al. (2008) também verificou efeito positivo da adubação potássica em mudas de eucalipto, recomendando a realização de uma adubação contendo apenas K no início da fase de rustificação para facilitar o engrossamento do caule.

Duarte et al. (2015) observaram efeito positivo das doses de K na altura da parte aérea em mudas de vinhático, e estimaram que a dose de 175 mg dm⁻³ proporcionou maior H (43 cm). Davila et al. (2011) encontrou resultados equivalentes a este em mudas clonais de eucalipto, em que tratamentos com adubações com potássio observaram maior desenvolvimento em altura e diâmetro, por proporcionar maior abertura dos estômatos.

De acordo com D'Avila (2008) estudando o efeito do fósforo, nitrogênio e potássio produção de mudas clonais de eucalipto, a tendência do crescimento observada para DC em resposta ao K foi melhor representada pela equação quadrática com elevação até a dose de 1655 mg dm^{-3} de K, decrescendo a partir daí. Nesse trabalho, a aplicação de K até 150 mg dm^{-3} mostrou resultado positivo para esta característica, por ter maior DC desejável na avaliação da qualidade de mudas.

Em mudas de vinhático, Duarte et al. (2015) verificaram para DC, segundo a análise de variância efeito significativo para o K, apresentando resposta quadrática para a aplicação do nutriente, em que foi estimada a dose máxima de 180 mg dm^{-3} para obter DC de 7,79 mm.

De acordo com Duarte et al. (2015), o efeito da aplicação de doses crescentes de K na MSPA em mudas de vinhático foi quadrático, sendo estimada a dose máxima que proporcionou maior valor a de 181 mg dm^{-3} , ainda de acordo com esse autor observou-se resposta positiva para MSR com a aplicação de K, apresentando ponto máximo na dose de 170 mg dm^{-3} . Os resultados obtidos para MSPA nesse experimento estão de acordo com o autor, em que foi observado resposta quadrática a aplicação de K, sendo a dose máxima de $123,3 \text{ mg dm}^{-3}$ para obter MSPA de 1,65g. Os resultados obtidos nesse experimento foram superiores ao encontrado em mudas de *Dalbergia nigra*, nas quais a dose crítica foi de 35 mg dm^{-3} de K (REIS et al., 2012).

Cruz et al. (2011) observaram efeito positivo linear do K para MSR em mudas de *Senna macranthera* (dc. Ex collad.) H.S. Irwin & Barnaby cultivadas em Argissolo Vermelho-Amarelo, concordando com o que foi verificado no presente trabalho. Com relação a MST, Duarte et al. (2015) observaram efeito quadrático, segundo análise de regressão, para as doses de K, possibilitando estimar a dose de 175 mg dm^{-3} para obter MST de 12,88 g, corroborando com os resultados deste trabalho para MST em que observou-se efeito quadrático, sendo a dose máxima de 165 mg dm^{-3} para obter MST de 3,05 g.

A média da MST para os tratamentos está próxima dos limites citados por Gonçalves et al. (2000) mencionando que a matéria seca para *Eucalyptus grandis* aos 97 dias após a semeadura deve estar entre 1,2 e 1,6 g. O mesmo autor complementa que o total acumulado da MSPA e MSR deve se apresentar com 70-75% e 25-30% da MST respectivamente, no entanto as porcentagens encontradas nesse estudo, referentes a MSPA e MSR estiveram fora da faixa citada, sendo que a MSPA se encontrou entre 45-60% e a MSR entre 40- 55%.

Atributos de qualidade

A equação de melhor ajuste aos dados para IQD; MSPA/MSR; H/MSPA e H/D foi a quadrática (Figura 7A, B, C e D). Já as doses de potássio que promoveram as melhores respostas foram 155; 77,5; 152 e 150 mg dm⁻³, respectivamente.

O maior IQD nas mudas de *Acrocarpus fraxinifolius* foi encontrado na dose de potássio de 150 mg dm⁻³ (0,46), sendo este 32,26; 15,23; 3,81; 2,33 e 13,01% maior do que os observados nas doses de potássio 0, 50, 100, 200 e 250 mg dm⁻³, respectivamente (Figura 7A).

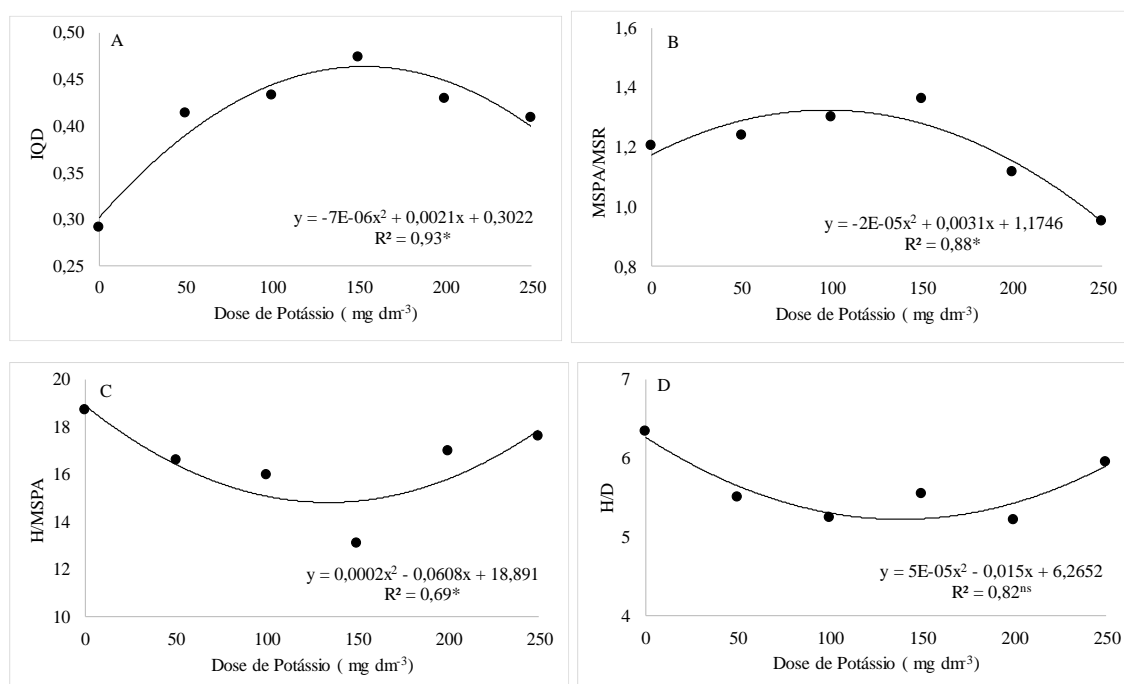


Figura 7. Atributos de qualidade das mudas de *Acrocarpus fraxinifolius* aos 150 dias após a sementeira, em resposta a adubação potássica. A- Índice de qualidade de Dickson (IQD), B- Relação massa seca da parte aérea e massa seca da raiz (MSPA/MSR), C- Relação altura e massa seca da parte aérea (H/MSPA), D- Índice de robustez (H/DC). Em que: ^{ns} – Não significativo pelo teste F, ^{**} e ^{*} significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

O IQD é apontado como bom indicador de qualidade de mudas porque é utilizado para o cálculo o índice de robustez (relação H/D) e o equilíbrio da distribuição da biomassa (relação MSPA/MSR) (FONSECA et al., 2002). Quanto maior o IQD, melhor é a qualidade da muda produzida, o incremento positivo alcançado com as doses de potássio demonstraram que a nutrição com K na dose de 150 mg dm⁻³ em mudas de cedro indiano proporcionou maior qualidade das mudas. Além disso, não se pode ignorar

o principal objetivo da avaliação da qualidade de mudas, que é a resposta destas mudas, quando levadas para o plantio no campo.

Duarte et al. (2015) observaram resposta positiva das doses de K em mudas de vinhático para o IQD, em que se verificou efeito quadrático, tendo seu ponto máximo na dose de 175 mg dm^{-3} obtendo valor para esse índice de 1,68, resultado semelhante ao observado nesse trabalho em que a resposta máxima da aplicação de K nas mudas foi na dose de $150,1 \text{ mg dm}^{-3}$, obtendo valor para esse índice de 0,46. Segundo Gomes e Paiva (2012), quanto maior o valor desse índice, melhor o padrão de qualidade das mudas.

O índice H/MSPA, relação que mede o incremento de MSPA por unidade de H, é um atributo de qualidade, segundo Gomes e Paiva (2004), quanto menor seu valor, maior é a chance de sobrevivência das mudas no campo. Assim mudas produzidas na dose de 150 mg dm^{-3} , teriam maior probabilidade de sobrevivência por apresentarem menores valores para o índice H/MSPA, no entanto esse fator isolado não determina o estabelecimento da muda no campo devendo se atentar as condições de plantio.

Nesse estudo foi observado efeito quadrático das doses de K em H/MSPA, em que a dose mínima foi de 152 mg dm^{-3} , obtendo valor para este índice de 14,27. Resultados semelhantes ao encontrado nesse experimento foi observado por Duarte et al. (2015) em mudas de vinhático, e foi constatado efeito positivo das doses de K, com efeito quadrático, sendo estimada a dose mínima de 199 mg dm^{-3} .

Segundo Gomes e Paiva (2012) o valor de 2,0 é a melhor relação para o índice MSPA/MSR. Nesse experimento para MSPA/MSR foi observada a dose máxima de $77,5 \text{ mg dm}^{-3}$, obtendo para este índice valor de 1,30 contrariando aos resultados obtidos por Duarte et al. (2015) que observaram para esse índice de qualidade das mudas segundo a análise de variância efeito significativo para adição de K ao substrato para as mudas de vinhático tendo seu ponto de mínimo na dose de 171 mg dm^{-3} com valor de 2,15.

De acordo com D'Avila (2008) estudando o efeito do fósforo, nitrogênio e potássio na produção de mudas clonais de eucalipto, a ausência de K proporciona maiores valores para o índice de robustez (H/D), ao passo que as mudas que o K foi aplicado apresentaram valores menores, assemelhando-se aos resultados obtidos para essa variável nesse experimento. Este comportamento deve-se pela maior influência pela variação do DC do que pela H.

Em espécies florestais, foi verificado que mudas com maior H e DC apresentam maior potencial de crescimento inicial no campo, no entanto o índice de robustez (H/D) quando correlacionado com a sobrevivência, tem apresentado resultados contraditórios

(GOMES e PAIVA, 2004). De acordo com esses autores quanto menor for o valor desse índice, maior será a capacidade das mudas se estabelecerem após o plantio.

Entretanto, diferentemente do que foi observado para H/DC com mudas de cedro indiano no presente trabalho, mudas de vinhático cultivadas em Latossolo Vermelho-Amarelo não evidenciaram resposta positiva para este índice, porém apresentou menor valor (4,67) para esse índice de qualidade na dose de 50 mg dm⁻³ (DUARTE et al., 2015).

Parâmetros fisiológicos

Para o índice de clorofila a total e a razão a/b não houve efeito significativo das doses de potássio e os dados não foram satisfatórios. A equação que melhor se ajustou aos dados obtidos para clorofila b foi a linear, e houve diferença significativa a 0,05% de probabilidade (Figura 8). A melhor resposta para o índice de clorofila b foi encontrada no tratamento sem aplicação de potássio.

Para a concentração de clorofila b, de acordo com a equação de regressão obteve-se o decréscimo de 3,75% para cada aumento de 50 mg dm⁻³ da dose de potássio afetando a quantidade de clorofila b (Figura 8A).

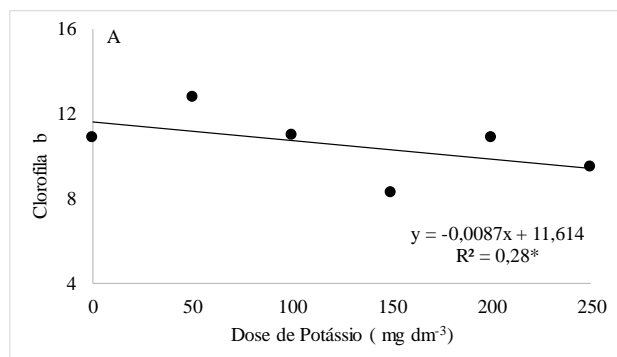


Figura 8. Concentrações de clorofilas em mudas de *Acrocarpus fraxinifolius* aos 150 dias após a semeadura, em resposta a adubação potássica. A- Clorofila b. Em que: ^{ns} – Não significativo pelo teste F, ** e * significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

O fato das doses crescentes de potássio não terem promovido diferença estatística nas concentrações de clorofilas, diante das doses neste estudo, está de acordo com o encontrado por Nascimento et al. (2014) que também constaram que a supressão de K não promoveu diferença nas concentrações de clorofilas em mudas de *Hymenaea courbaril* L., isso porque é o nitrogênio o nutriente fundamental constituinte básico das

clorofilas (TAIZ e ZEIGER, 2013) e não o potássio, corroborando com os resultados obtidos.

O teor de potássio (K) nas folhas das mudas de *Acrocarpus fraxinifolius* se ajustou a equação quadrática. A máxima resposta encontrada do teor de K nas folhas foi na dose de 169,8 mg dm⁻³ (Figura 9A).

Para a taxa de acúmulo de potássio nas folhas das mudas de *Acrocarpus fraxinifolius* a equação que melhor se ajustou foi a quadrática. A máxima resposta encontrada foi na dose de 156,6 mg dm⁻³ (Figura 9B), obtendo taxa de acúmulo de 27,28 mg planta⁻¹.

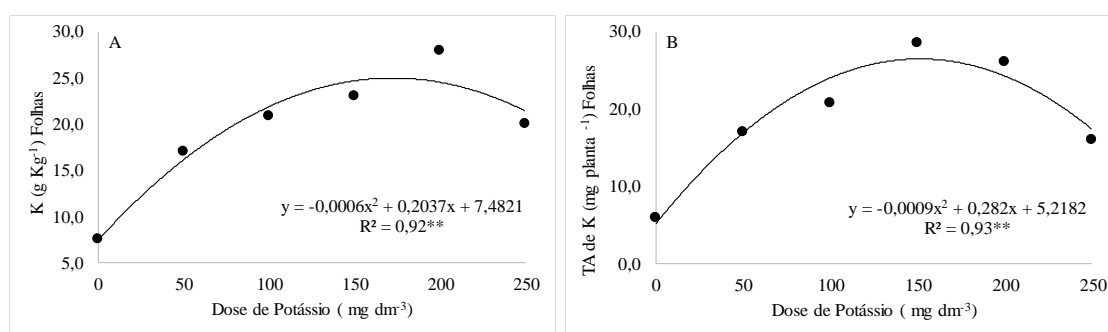


Figura 9. Teor nutricional nas folhas das mudas de *Acrocarpus fraxinifolius* aos 150 dias após a semeadura, em resposta a adubação potássica. A- Concentração de potássio nas folhas (K Folha), B- Taxa de acúmulo de potássio nas folhas (TA de K).

Em que: ^{ns} – Não significativo pelo teste F, ^{**} e ^{*} significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

D'Avila (2008) estudando o efeito do potássio na fase de rustificação de mudas clonais de eucalipto utilizou uma análise de regressão para a concentração de K nas folhas em função das doses de potássio, encontrando como melhor resposta uma equação quadrática. Verifica-se na Figura 11A que as concentrações de K nas folhas para os tratamentos a partir da dose de 100 mg dm⁻³ ficaram acima de 20 g.kg⁻¹, valor este sugerido como adequado por Silveira et al. (2001) para mudas de *Eucalyptus grandis* dos 80 aos 100 dias de idade.

Segundo Zhang et al., (2015) as concentrações de nutrientes em folhas senescentes estão inteiramente correlacionadas com as folhas verdes. E que o aumento da eficiência de reabsorção de nutrientes diminui consideravelmente a concentração K das folhas verdes, indicando uma estratégia na aquisição matéria seca, para realocar fotoassimilados, coordenando uma série de processos investindo na formação de diversos órgãos.

Resultados em campo

Para sobrevivência das mudas não houve efeito significativo, no entanto com o aumento das doses observou-se maior taxa de sobrevivência até que esse valor se manteve estável após a dose de 50 mg dm⁻³ com valor médio de 96,4% (Figura 10C).

Para DNS 120 e CR DNS houve efeito significativo, ajustando-se a equação quadrática. As doses de potássio que promoveram as melhores respostas foram 126,7 e 0 mg dm⁻³, respectivamente (Figura 10A e B). Aos 120 dias após a implantação em campo, não foram observadas diferenças na, H120 e CR H das mudas de *Acrocarpus fraxinifolius* em função das doses de potássio em que foram produzidas.

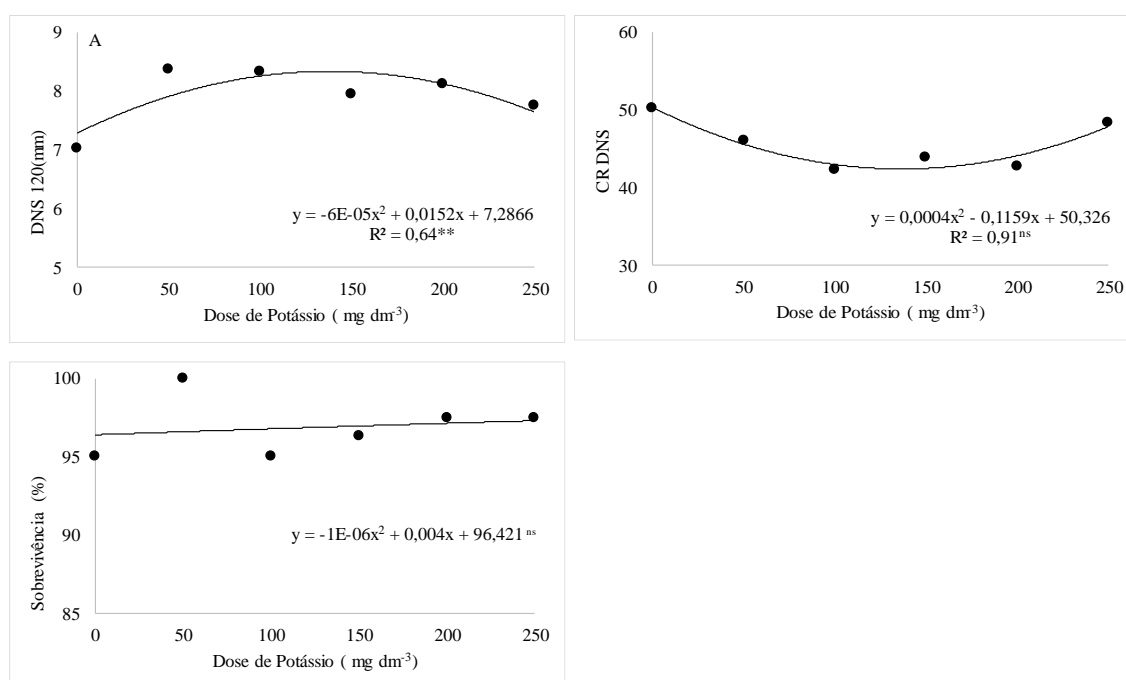


Figura 10. Crescimento em campo de mudas de *Acrocarpus fraxinifolius* aos 120 dias após o plantio, em resposta a adubação potássica. A- Diâmetro ao nível do solo aos 120 dias após o plantio (DNS 120), B- Crescimento relativo em diâmetro ao nível do solo (CR DNS), C- Sobrevivência.

Em que: ^{ns} – Não significativo pelo teste F, ^{**} e ^{*} significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

Segundo Venturin et al. (2014) avaliando o desempenho silvicultural de *Acrocarpus fraxinifolius* em função de diferentes espaçamentos e idades o período crítico para o estabelecimento da espécie ocorre entre 12 e 24 meses de idade, assim no presente trabalho a falta de resposta pode ter ocorrido em função da época de avaliação.

O fato de os menores CR DNS terem sido encontrados nos tratamentos que apresentaram as melhores qualidades de mudas no viveiro pode estar relacionado com as condições de solo, visto que os valores de potássio encontram-se altos, segundo análise

de solo, podendo influenciar na resposta das mudas bem nutridas em K pelo efeito de toxidez e pelo fato dessas mudas terem apresentado maior altura da parte aérea, apresentando maior suscetibilidade ao estresse e as plantas estão todas nas mesmas condições e a tendência a estabilidade.

Foram constatadas correlações positivas e significativas entre as variáveis estudadas (Tabela 3), exceto para a variável sobrevivência principalmente pelas mudas terem alcançado um IQD maior que 0,20 como proposto por Kratz, (2011). A correlação entre as variáveis dependentes indica que a observação de uma variável possibilitaria inferir sobre as outras. Nesse sentido, a recomendação da adubação e na fase de viveiro para obter o maior IQD é justificável uma vez que esse índice se correlaciona com as características avaliadas, exceto para sobrevivência.

Tabela 3. Coeficiente de correlação de Pearson entre as principais variáveis estudadas em resposta a adubação potássica: Sobrevivência, Altura da parte aérea (H), Diâmetro do coleto (DC), Massa de matéria seca da parte aérea (MSPA), Massa de matéria seca da raiz (MSRA), Massa de matéria seca total (MST) e Índice de qualidade de Dickson (IQD).

Características	H (cm)	DC (mm)	MSPA (g)	MSR (g)	MST (g)	IQD
Sobrevivência	0,51 *	0,44 ^{ns}	0,28 ^{ns}	0,51 *	0,36 ^{ns}	0,42 ^{ns}
H (cm)		0,77**	0,70**	0,66 *	0,61*	0,78**
DC (mm)			0,67*	0,56*	0,69*	0,83**
MSPA (g)				0,62*	0,92**	0,82**
MSR (g)					0,83**	0,79**
MST (g)						0,90**

** - Significativo ao nível de 1% de probabilidade, * - Significativo ao nível de 5% de probabilidade, ^{ns} – Não significativo pelo teste F.

Viana e Kiehl (2010) observaram que o K nas plantas estimula o aproveitamento do N possibilitando que sua absorção, assimilação, nutrição e, conseqüentemente, que as suas produtividades sejam aumentadas. Dessa forma, a adubação potássica permitiu maior ganho em produção e conseqüentemente na qualidade das mudas do cedro indiano.

A observação da altura das mudas no viveiro nesse caso é um método para inferir a respeito da qualidade das mesmas, uma vez que essa característica apresentou correlação com as outras variáveis, segundo Gomes e Paiva (2004) esta variável é viável operacionalmente, uma vez que não se trata de um método destrutivo de análise.

No geral, a sobrevivência não se correlacionou com as características avaliadas, os valores médios de H, DC, MSPA, MSR, MST e IQD encontrados na dose diferentes doses de potássio estão acima do limite adequado para a espécie e as mudas produzidas nesse experimento estão aptas para o plantio a campo.

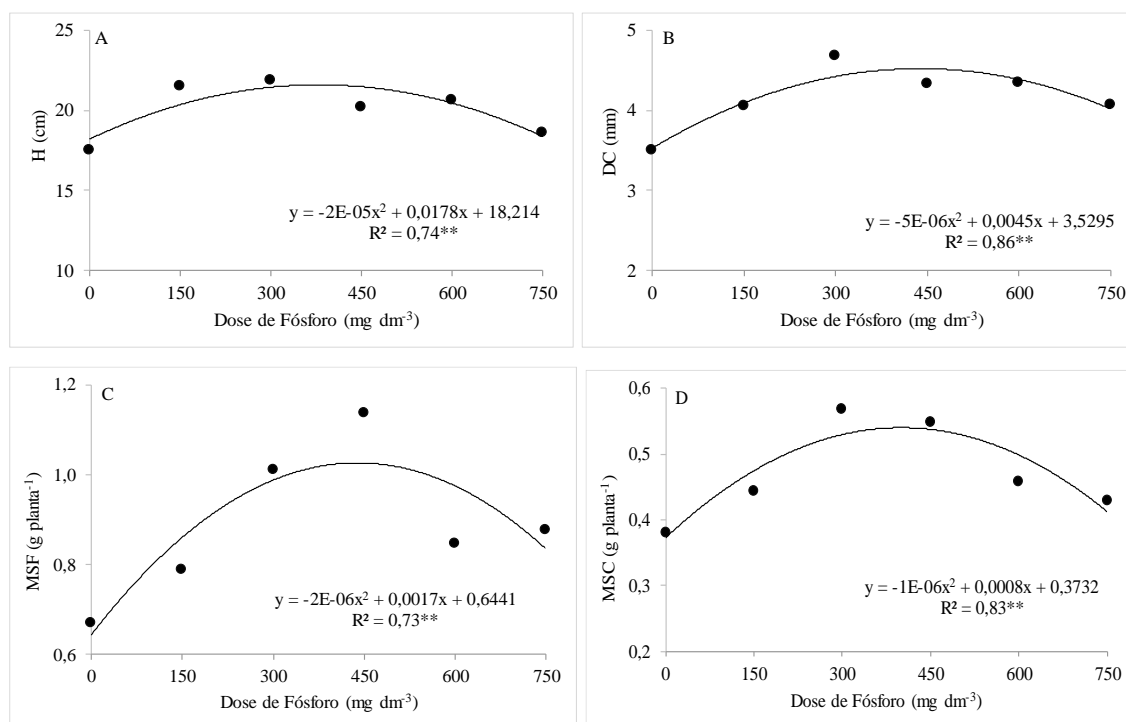
3.3 Adubação Fosfatada

Variáveis biométricas e crescimento

Em resposta a adubação fosfatada houve efeito significativo para altura da parte aérea (H). Os dados se ajustaram a equação quadrática, sendo a dose de maior efeito 440 mg dm⁻³ com média de 22,18 cm (Figura 11 A). Para o diâmetro do coleto (DC) houve efeito significativo se ajustando ao modelo de equação quadrática com maior efeito na dose de 445 mg dm⁻³ com média de 4,54 mm (Figura 11 B).

A equação de melhor ajuste aos dados para MSF; MSC; MSPA e MST foi a quadrática (Figura 11 C, D, E e G). Já as doses de fósforo que promoveram as melhores respostas foram 425; 400; 433,3 e 462,5 mg dm⁻³, respectivamente.

Para a MSR a equação de melhor ajuste foi a linear, consequentemente de acordo com a equação de regressão obteve-se o acréscimo de 6,41% para o aumento de cada 150 mg dm⁻³ da dose de fósforo (Figura 11 F).



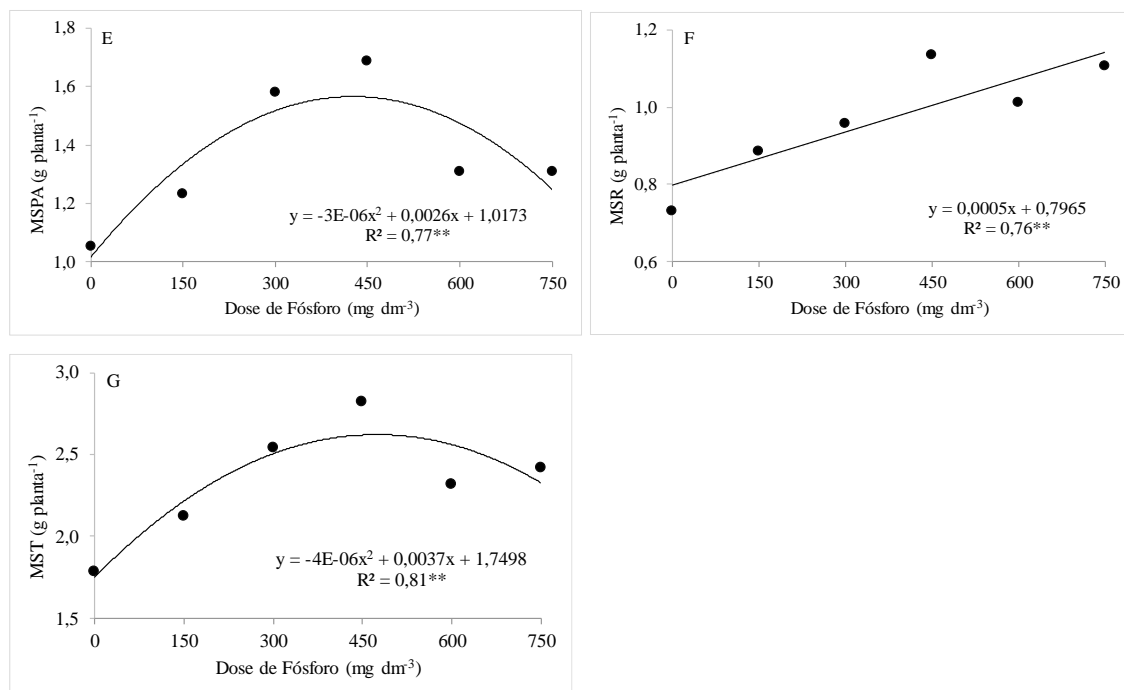


Figura 11. Variáveis morfológicas e biomassa das mudas de *Acrocarpus fraxinifolius* aos 150 dias após a semeadura, em resposta a adubação fosfatada. A- Altura da parte aérea (H); B- Diâmetro do coleto (DC), C- Massa seca foliar, D- Massa seca caulinar, E- Massa seca da parte aérea, F- Massa seca radicular, G- Massa seca total.

Em que: ^{ns} – Não significativo pelo teste F, ^{**} e ^{*} significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

Segundo Santos et al. (2008), avaliando mudas de Mogno (*Swietenia macrophylla* King), submetidas à adubação em doses crescentes de P, o máximo crescimento foi observado mediante a aplicação da dose máxima de 200 mg dm⁻³, com resposta linear da espécie a aplicação de P, indicando que nesse intervalo a fração que permaneceu disponível para absorção pelas plantas esteve aquém do suprimento ideal para a expressão do máximo potencial de crescimento da espécie.

Neves et al. (2004) estabeleceram um intervalo de aplicação de doses crescentes de P maior para a espécie *Carapa guianensis* Aubl., até a dose de 450 mg dm⁻³, encontrando resposta quadrática em relação a adubação fosfatada ocorrendo resposta positiva, e, a partir de doses maiores, a resposta à adubação passou a decrescer, sendo que, quanto à altura de plantas a dose que proporcionou a maior eficiência foi de 239 mg dm⁻³ de P no solo, corroborando em parte com o presente estudo em que a dose que proporcionou a maior H foi a dose de 440 mg dm⁻³ em um intervalo de aplicação até a dose de 750 mg dm⁻³ de P. O fornecimento de P é fundamental nas fases iniciais do desenvolvimento da planta, pois sua deficiência promove crescimento atrofiado (TAIZ e ZEIGER, 2013).

Observa-se nesse estudo que o incremento na produção de biomassa em mudas de cedro indiano em resposta a adubação fosfatada, foi acompanhado do aumento da absorção de P (Figura 14 A) nas folhas, principalmente para MSR. Dessa forma, esses resultados indicam que o P reflete diretamente no crescimento e formação dos órgãos, principalmente as raízes.

Resultados semelhantes a esse estudo foram encontrados por Costa Filho et al. (2013), estudando a espécie *Mimosa caesalpinifolia* Benth., as doses de P que proporcionaram respostas positivas na biomassa da parte aérea e raízes, com efeito quadrático, sendo as melhores doses variando de 81 a 120 mg dm⁻³ de P.

Segundo Gomes e Paiva (2012), a massa seca das raízes tem sido considerada como uma das melhores e variáveis mais importantes para se correlacionar a sobrevivência e o crescimento inicial das mudas no campo, destacando que a sobrevivência é maior quanto mais abundante for o sistema radicular, havendo uma pequena correlação com a altura da parte aérea, sendo o P o nutriente que influencia mais diretamente no crescimento radicular das plantas, no entanto o oposto foi observado nesse experimento, exceto para altura da parte aérea que teve correlação significativa com a sobrevivência das mudas no campo (Tabela 4).

Para a MST das mudas de *Acrocarpus fraxinifolius* observa-se que o tratamento que proporcionou a maior produção de biomassa foi na dose de 450 mg dm⁻³ de P com média de 2,61 g e o tratamento com a menor média (1,76 g) ocorreu na ausência de adubação fosfatada (0 mg dm⁻³ de P). D'Avila (2008) testando a adição de P a substratos, num intervalo de 0 a 1046 mg dm⁻³ verificou que doses de 400 a 490 mg dm⁻³ proporcionaram os melhores resultados na produção de mudas de três clones de *Eucalyptus urograndis*, resultado semelhante ao encontrado nesse experimento.

Fernandes et al. (2007) estudando o crescimento e absorção de nutrientes por mudas de freijó (*Crodia goeldiana* Huber) em função de doses de fósforo e zinco verificaram efeito linear positivo, na produção de matéria seca, da aplicação de P até uma dosagem de 450 mg dm⁻³. De acordo com Cruz et al. (2011), avaliando o efeito de macronutrientes sobre o crescimento e qualidade de mudas de canafístula cultivadas em Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, observou efeito linear para produção de matéria seca, sendo a melhor dose a de 600 mg dm⁻³.

Vários autores verificaram aumento do crescimento e produção de biomassa em mudas submetidas as doses crescentes de P, no entanto, em doses inferiores presente no estudo, indicando que o cedro indiano nas condições estudadas foi influenciado pelas

doses de P no substrato. Diferentes espécies florestais respondem de forma distinta à aplicação de adubo fosfatado. Ceconi et al. (2006) recomendam a aplicação de 360 mg dm⁻³ de P na produção de mudas de *Luehea divaricata*; Gomes et al. (2008) recomendam 54 mg dm⁻³ de P para *Apuleia leiocarpa*; Ceconi et al. (2007) recomendam 450 mg dm⁻³ de P para *Ilex paraguariensis*, semelhante a espécie estudada.

Atributos de Qualidade

A equação de melhor ajuste aos dados para IQD; MSPA/MSR e H/MSPA foi a quadrática (Figura 12 A, B e C). Já as doses de fósforo que promoveram as melhores respostas foram 560; 225 e 0 mg dm⁻³, respectivamente. Para o índice H/D os dados não foram satisfatórios e não houve efeito significativo.

O maior IQD nas mudas de *Acrocarpus fraxinifolius* foi encontrado na dose de fósforo de 600 mg dm⁻³ (0,43), sendo este 36,88; 19,80; 7,97; 1,37 e 3,87% maior do que os observados nas doses de fósforo 0, 150, 300, 450 e 750 mg dm⁻³, respectivamente (Figura 12 A).

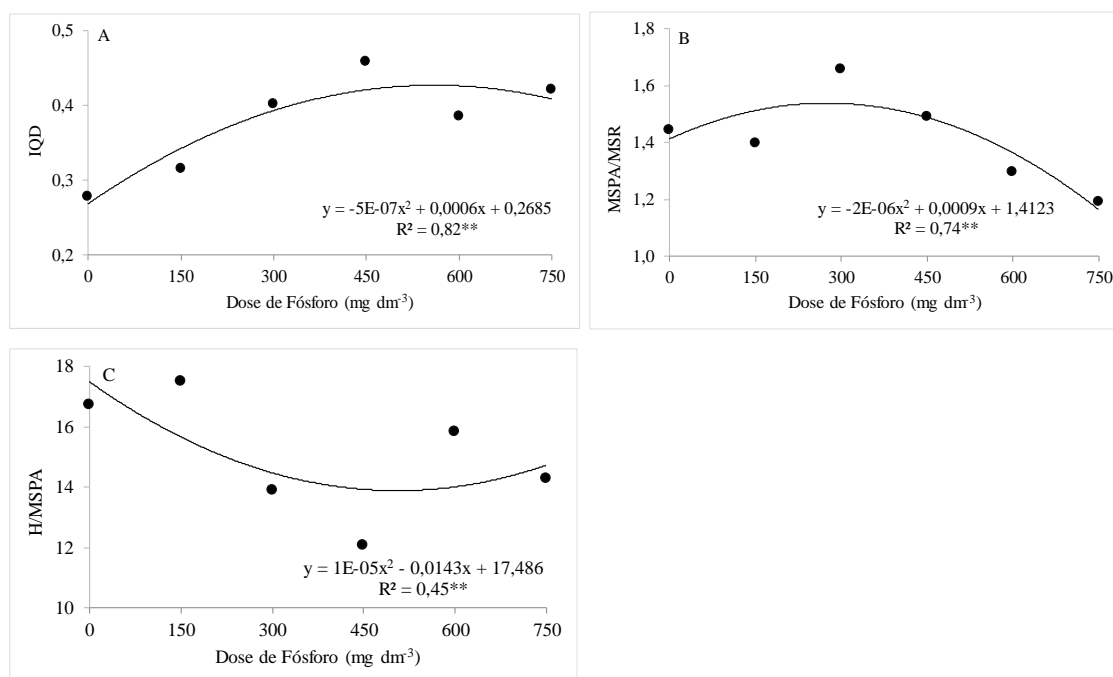


Figura 12. Atributos de qualidade das mudas de *Acrocarpus fraxinifolius* aos 150 dias após a sementeira, em resposta a adubação fosfatada. A- Índice de qualidade de Dickson (IQD), B- Relação massa seca da parte aérea e massa seca da raiz (MSPA/MSR), C- Relação altura e massa seca da parte aérea (H/MSPA).

Em que: ns – Não significativo pelo teste F, ** e * significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

Rossa et al. (2013), avaliando qualidade de mudas de paricá produzidas em doses crescentes de adubo de liberação lenta, constataram que o IQD variou entre 0,29 e 0,58; segundo esses autores, mudas de qualidade devem ter, pelo menos, IQD maior ou igual a 0,20. Nesse experimento verificou-se IQD variando entre 0,27 e 0,43 e pode indicar segundo esses autores que as mudas de cedro indiano produzidas em diferentes doses de P apresentaram padrão de qualidade, pois quanto maior for o valor desse índice, melhor será o padrão de qualidade das mudas (GOMES e PAIVA, 2012), assim as mudas produzidas na dose de 600 mg dm^{-3} de P apresentaram maior padrão de qualidade.

A relação massa seca da parte aérea e massa seca das raízes apresentou a maior média para a dose de 300 mg dm^{-3} de P (1,54) e a menor média para a dose de 750 mg dm^{-3} (1,17). Para espécies do gênero *Eucalyptus*, Gomes e Paiva (2012) relataram que a melhor relação entre massa seca da parte aérea com a massa seca das raízes de mudas deve ser de aproximadamente 2,0. Para mudas de *Schizolobium amazonicum*, Caione et al., (2012), encontraram valores que variaram de 3,18 a 3,67, em mudas submetidas à adubação com N, P e K.

Segundo Caldeira et al. (2012) a MSPA/MSR possui relação oposta ao crescimento no campo, no presente estudo os menores valores dessa relação são encontrados nas doses mais altas de P (600 e 750 mg dm^{-3}). Para as mudas de *Acrocarpus fraxinifolius*, o melhor resultado foi encontrado na dose de 750 mg dm^{-3} de P (1,16) visto que quanto menor essa relação maior a capacidade de estabelecimento no campo.

Verifica-se nesse estudo a influência dos tratamentos sobre a relação altura e massa seca da parte aérea (H/MSPA). Este índice não é comumente utilizado para avaliar o padrão de qualidade de mudas, no entanto pode predizer o potencial de sobrevivência da muda no campo e, quanto menor for este índice, mais lenhificada será a muda e maior será sua capacidade de sobrevivência no campo (GOMES e PAIVA, 2012). Nesse estudo como não houve efeito significativo para sobrevivência das mudas, tornando-se difícil estimar a dose adequada seguindo esse parâmetro visto que as mudas produzidas nas diferentes doses de P estão aptas ao plantio.

Parâmetros fisiológicos

Para o índice de clorofila total e razão a/b a equação que melhor se ajustou aos dados obtidos foi a quadrática (Figura 13A e B, respectivamente), tendo como as doses

de maior efeito 588,8 e 0 mg dm⁻³. Para o índice de clorofila a e b não houve efeito significativo das doses de fósforo e os dados não foram satisfatórios.

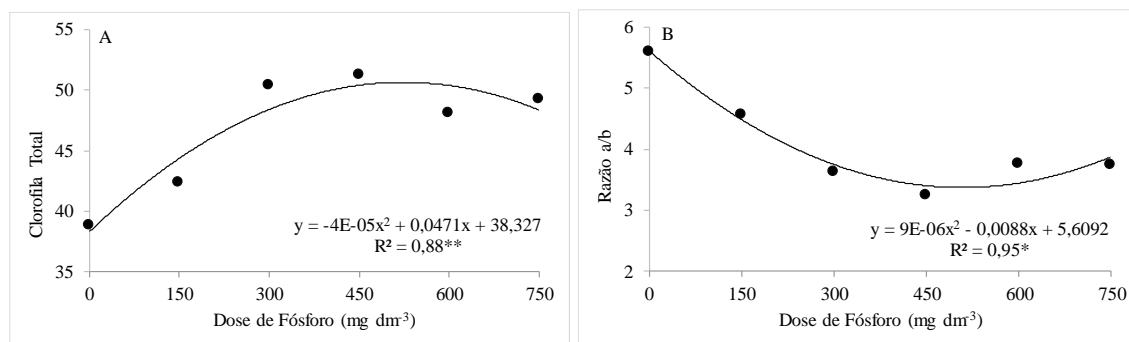


Figura 13. Concentrações de clorofilas em mudas de *Acrocarpus fraxinifolius* aos 150 dias após a semeadura, em resposta a adubação potássica. A- Clorofila total, B- Razão a/b.

Em que: ^{ns} – Não significativo pelo teste F, ^{**} e ^{*} significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

Koetz et al. (2012) em experimento com rúcula, observaram ajuste quadrático ao modelo de regressão, quando submeteram as plantas as doses de fósforo que variaram de 0 a 500 mg dm⁻³ de P, sendo que a dose de 493,8 mg dm⁻³ proporcionou o maior índice de colorofila (50,80), resultado semelhante ao desse estudo em que se observou efeito quadrático, sendo a dose de 588,8 md dm⁻³ a que proporcionou o maior teor de clorofila total (52,20).

De acordo com Bonfim-Silva et al. (2012), é importante relacionar a medida do clorofilômetro com a disponibilidade de outros nutrientes para as plantas, além do nitrogênio. A deficiência de fósforo afeta o crescimento da planta e provoca menor emissão de folhas, com menor área foliar, limitando a captação da radiação solar e, conseqüentemente, menor produção de fotoassimilados (BONFIM-SILVA et al., 2011). O efeito do fósforo no teor de clorofila se deve principalmente ao seu papel na nutrição de plantas, por meio da participação do trifosfato de adenosina (ATP), beneficiando o processo ativo de absorção do nitrogênio, acarretando em aumento no índice de clorofila (MALAVOLTA, 2006).

O teor de fósforo (P) nas folhas das mudas de *Acrocarpus fraxinifolius* se ajustou a equação linear, no entanto não houve efeito significativo. A máxima resposta encontrada do teor de P nas folhas foi na dose 750 mg dm⁻³ (Figura 14A), ocorrendo aumento de 1,06 % para cada 150 mg dm⁻³ de P aplicado no substrato.

Para a taxa de acúmulo de fósforo nas folhas das mudas de *Acrocarpus fraxinifolius* a equação que melhor se ajustou foi a quadrática. A máxima resposta encontrada foi na dose de 440 mg dm⁻³ (Figura 14B), obtendo taxa de acúmulo de 4,24 mg planta⁻¹.

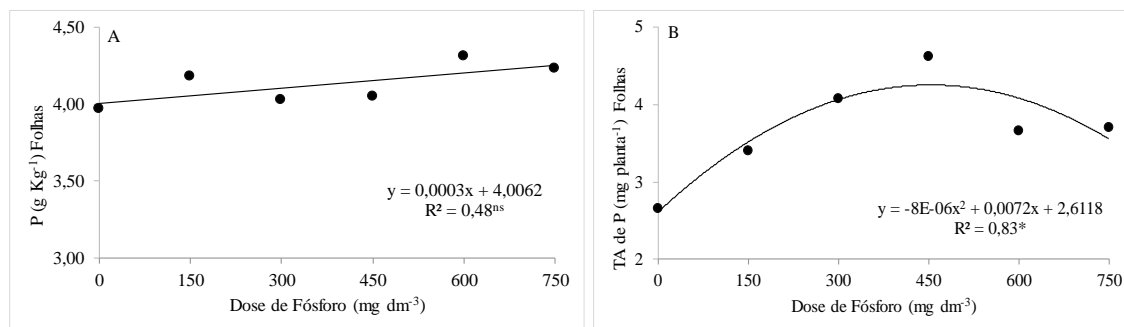


Figura 14. Teor nutricional e acúmulo de fósforo nas folhas das mudas de *Acrocarpus fraxinifolius* aos 150 dias após a semeadura, em resposta a adubação fosfatada. A- Concentração de fósforo nas folhas (P Folha), B- Taxa de acúmulo de fósforo nas folhas (TA de P).

Em que: ^{ns} – Não significativo pelo teste F, ** e * significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

A adubação fosfatada promoveu aumento nos teores de P nas folhas das mudas de *Acrocarpus fraxinifolius*. O excesso ou a deficiência P podem afetar negativamente o crescimento e desenvolvimento das mudas, em quantidades excessivas podem causar toxidez afetando diretamente o crescimento (MAGADLELA et al., 2014). Dessa forma, nesse estudo não ficou claro casos de toxidez, pois a espécie respondeu positivamente a adubação fosfatada para várias características estudadas.

Resultados em campo

Para a sobrevivência não houve diferença significativa entre os tratamentos, no entanto observou-se resposta quadrática para a variável, e a dose que promoveu melhor resposta foi a de 300 mg dm⁻³, com taxa de sobrevivência de 97,2 e a partir dessa dose houve pequeno decréscimo na sobrevivência das mudas (Figura 15C).

Para DNS 120 e CR DNS houve efeito significativo, ajustando-se ao modelo de equação quadrática. As doses de fósforo que promoveram as melhores respostas foram 412,5 e 0 mg dm⁻³, respectivamente (Figura 15A e B). Aos 120 dias após a implantação em campo, não foram observadas diferenças e os dados não foram satisfatórios para H120 e CR H das mudas de *Acrocarpus fraxinifolius* em função das doses de fósforo em que foram produzidas.

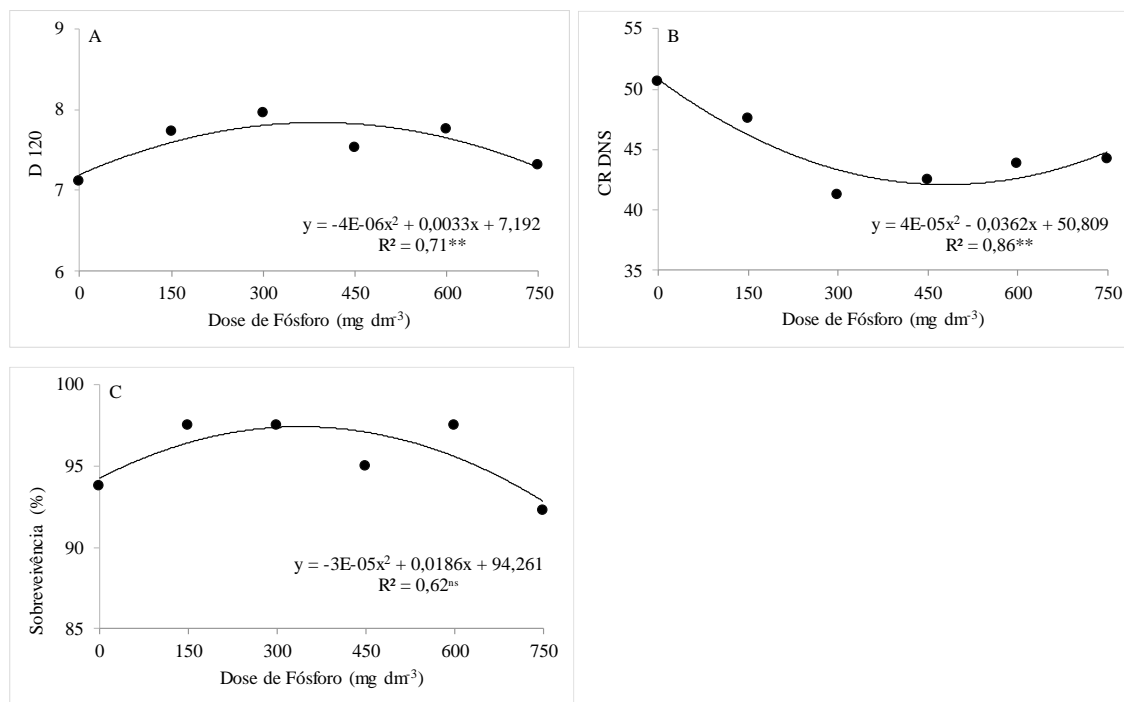


Figura 15. Crescimento em campo de mudas de *Acrocarpus fraxinifolius* aos 120 dias após o plantio, em resposta a adubação fosfatada. A- Diâmetro ao nível do solo aos 120 dias após o plantio (DNS 120), B- Crescimento relativo em diâmetro ao nível do solo (CR DNS), C- Sobrevivência.

Em que: ^{ns} – Não significativo pelo teste F, ^{**} e ^{*} significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

O maior DNS aos 120 dias após o plantio nas mudas de cedro indiano foi encontrado na dose de 450 mg dm⁻³ de P, assim como encontrado para o DC na fase de viveiro. Dessa forma, as mudas produzidas nessas condições estariam mais saudáveis e vigorosas para se estabelecerem no campo, pois o DC é o principal indicador da sobrevivência de mudas (RITCHIE; LANDIS, 2008), contrário ao que ocorreu nesse experimento em que as mudas que apresentaram DC menor também conseguiram sobreviver.

O fato de os menores CR DNS terem sido encontrado nos tratamentos que apresentaram as melhores qualidades de muda no viveiro pode estar relacionado com as condições estudadas do substrato e do solo, visto que foi aplicado fósforo na adubação de plantio e o efeito deste na muda pode ter acabado e após os 120 dias as mudas conseguiram se estabelecer, até mesmo devido ao alto IQD observado nos tratamentos (acima de 0,27).

Pelo fato de a sobrevivência não ter efeito significativo com a adubação fosfatada, poucas variáveis se correlacionaram positivamente (apenas H e DC). O DC demonstrou nas condições estudadas, ser boa variável para a determinação da qualidade

das mudas, correlacionando-se com todas as variáveis avaliadas, tornando-se possível inferir que as mudas produzidas na dose de 450 mg dm⁻³ de P em que foi observado maior DC (4,54 mm) estariam com maior padrão de qualidade e conseqüentemente, maior seria sua sobrevivência no campo.

Gomes e Paiva. (2012) ressaltam que desenvolver padrões de qualidade requer a realização de plantios e a avaliação do desenvolvimento destes em diversas condições de cultivo e anos de idade. Diante disso, torna-se difícil estabelecer comparações acerca da adubação fosfatada sobre o padrão de qualidade no período de avaliação uma vez que o IQD não se correlacionou de forma significativa com a sobrevivência no campo.

Tabela 4. Coeficiente de correlação de Pearson entre as principais variáveis estudadas em resposta a adubação fosfatada: Sobrevivência, Altura da parte aérea (H), Diâmetro do coleto (DC), Massa de matéria seca da parte aérea (MSPA), Massa de matéria seca da raiz (MSRA), Massa de matéria seca total (MST) e Índice de qualidade de Dickson (IQD).

Características	H (cm)	DC (mm)	MSPA (g)	MSR (g)	MST (g)	IQD
Sobrevivência	0,64*	0,59*	0,34 ^{ns}	0,27 ^{ns}	0,28 ^{ns}	0,33 ^{ns}
H (cm)		0,81**	0,58*	0,43 ^{ns}	0,52*	0,45 ^{ns}
DC (mm)			0,81**	0,68*	0,78**	0,76**
MSPA (g)				0,73**	0,96**	0,82**
MSR (g)					0,88**	0,95**
MST (g)						0,91**

** - Significativo ao nível de 1% de probabilidade, * - Significativo ao nível de 5% de probabilidade, ^{ns} - Não significativo pelo teste F.

Pela análise da correlação de Pearson observa-se que a MSPA, MSR e MST mostrou-se altamente correlacionada com o IQD, portanto deve ser dado maior importância as análises de produção de matéria seca para assegurar o melhor desempenho das mudas em áreas comerciais. Segundo Gomes e Paiva (2012), o peso da MSPA e MSR indicam a rusticidade e correlaciona-se diretamente com a sobrevivência e crescimento inicial das mudas após plantio em campo. Dessa forma, a adubação fosfatada permitiu maior ganho em biomassa e conseqüentemente na qualidade das mudas do cedro indiano na dose de 450 mg dm⁻³.

No geral, a sobrevivência das mudas foi boa nas diferentes doses de fósforo, os valores médios de H, DC, MSPA, MSR, MST e IQD que possibilitaram maior taxa de sobrevivência foram 22,18 cm; 4,44 mm; 1,58 g; 1,02 g; 2,63 g e 0,39 respectivamente, assim mudas com maior padrão de qualidade devem seguir com base nesses parâmetros essas características para mudas de *Acrocarpus fraxinifolius* nas condições estudadas.

3.4 Caracterização morfoanatômica foliar

A epiderme foliar de *Acrocarpus fraxinifolius*, em suas faces adaxial e abaxial, é constituída por células isodiamétricas com paredes anticlinais planas ou ligeiramente convexas. O mesofilo é dorsiventral, composto de uma ou duas camadas de parênquima paliádico formado por células alongadas, nas quais se evidenciam idioblastos cristalíferos contendo drusas de oxalato de cálcio. O parênquima esponjoso possui de três a quatro camadas de células, que apresentam formatos irregulares e reduzidos espaços intercelulares.

O cultivo de *Acrocarpus fraxinifolius* nas diferentes doses de fósforo e potássio ocasionaram expansão das células parenquimáticas com maior espessura do mesofilo em todos os tratamentos quando comparado ao controle. Para os tratamentos com nitrogênio foram observados resultados similares, entretanto os tratamentos nas doses de 150; 225 e 300 mg dm⁻³ de N demonstraram menor espessura do mesofilo em comparação aos demais (Figura 16 C,F,I,L,O e R).

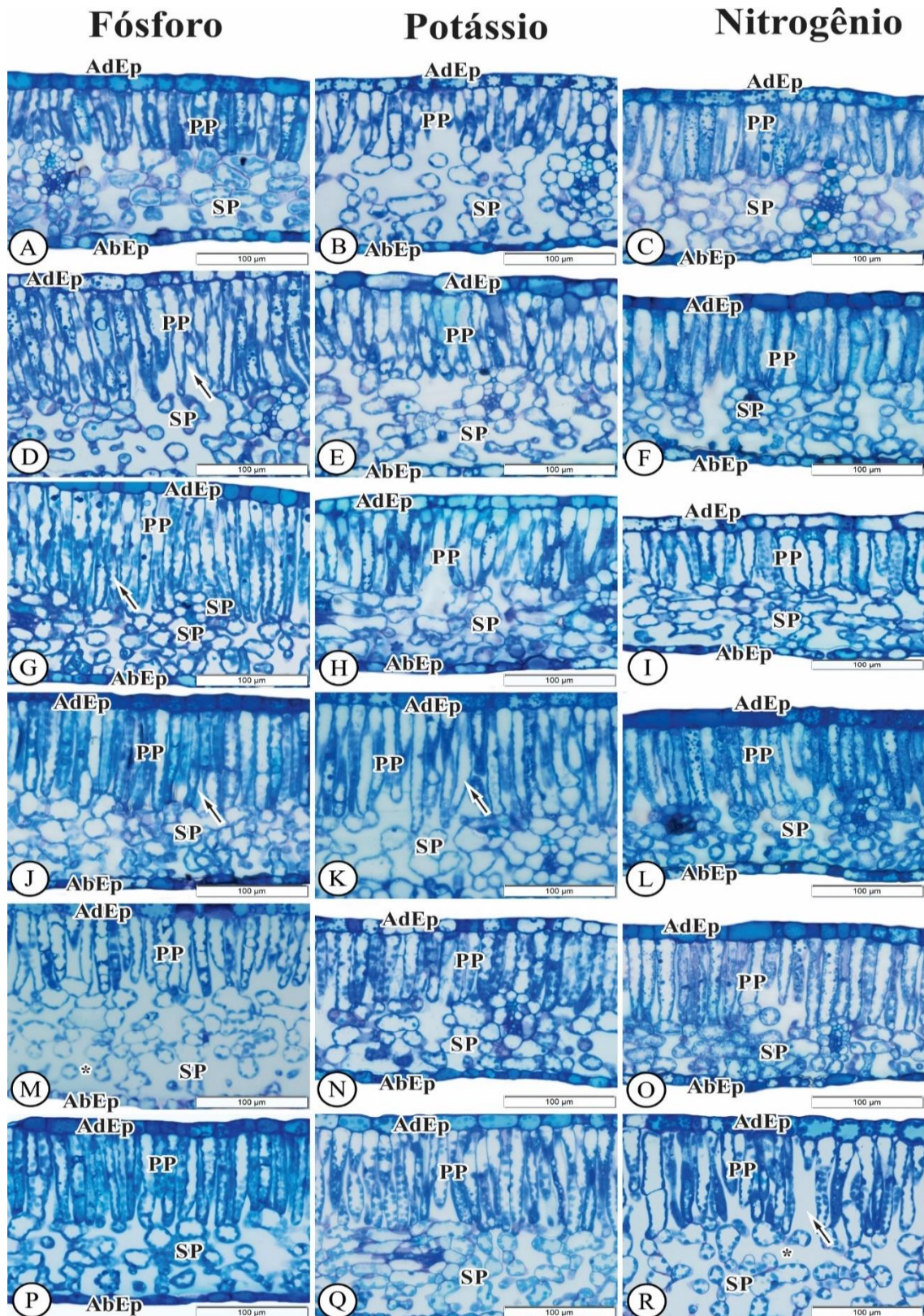


Figura 16. Alterações anatômicas nas folhas de *Acrocarpus fraxinifolius* após 150 dias de cultivo em fase inicial de formação com diferentes adubações. (Adep) epiderme adaxial. (Abep) epiderme abaxial. (PP) parênquima paliçádico. (SP) parênquima esponjoso. Setas pretas indicam alterações nas células do parênquima paliçádico. Asterisco indica aumento de espaços intracelulares. Barra de escala 100 µm.

Associadas às funções que as folhas desempenham nas plantas, estes órgãos exibem variações consideráveis na sua estrutura para manter a funcionalidade e, assim, melhorar a adaptabilidade das plantas aos diferentes ambientes (CASTRO et al., 2009), essa variação está associada à resposta ao desequilíbrio nutricional, pois nas mudas produzidas sem aplicação de fósforo e potássio (Figura 16A e B) observou-se menor quantidade das células parenquimáticas. O aumento do parênquima paliçádico e, conseqüentemente, do limbo foliar, constitui característica importante ao processo fotossintético (NASCIMENTO et al., 2006).

A anatomia foliar é altamente especializada para a absorção de luz, sendo que as propriedades do mesofilo, principalmente as do parênquima paliçádico, garantem a absorção uniforme da luz através da folha (NASCIMENTO et al., 2006). Nesse experimento as mudas que foram adubadas com fósforo e potássio apresentaram maiores desenvolvimento dessas células, conseqüentemente houve maior crescimento, produção de matéria seca e qualidade das mudas. Então, as propriedades das células paliçádicas, que permitem a passagem direta da luz, e as propriedades das células do parênquima esponjoso, que servem à dispersão luminosa, determinam uma absorção luminosa mais uniforme através da folha, aumentando a taxa fotossintética (TAIZ e ZEIGER, 2013).

Neves (2009), trabalhando com a anatomia foliar de cafeeiro com e sem fornecimento de zinco observou expansão do parênquima paliçádico no tratamento com adição de zinco. O parênquima paliçádico está intimamente relacionado à fotossíntese, e maior desenvolvimento desse tecido pode permitir maior fixação de CO₂ (QUEIROZ-VOLTAN et al., 2014).

4. CONCLUSÕES

A adubação nitrogenada influenciou positivamente o crescimento e a qualidade das mudas de *Acrocarpus fraxinifolius*, nas condições estudadas, observando-se mudas mais robustas e vigorosas. As doses de maior efeito sobre as variáveis estudadas foi a de 225 e 300 mg dm⁻³ de N, sendo a dose de 225 mg dm⁻³ a mais recomendada para adubação nitrogenada.

A adubação potássica é recomendável na fase de formação de mudas, sendo a dose de 150 mg dm⁻³ a dose indicada por proporcionar os maiores valores para DC, MST e o IQD. A observação da altura das plantas pode ser usada para inferir na qualidade das mudas produzidas, uma vez que essa variável se correlaciona com as outras variáveis estudadas.

A adubação fosfatada permitiu maior ganho em biomassa e conseqüentemente na qualidade das mudas do cedro indiano na dose de 450 mg dm⁻³. Mudas com DC acima de 4,54 mm estão prontas para o plantio em campo por causa da correlação positiva com a sobrevivência no campo.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, E. I. I.B.; CORRÊA, M. C. M.; CRISOSTOMO, L. A.; ARAÚJO, N. A.; SILVA, J. C. V. Nitrogênio e potássio no crescimento de mudas de pitaia [*Hylocereus undatus* (Haw.) Britton & Rose]. **Revista Brasileira de Fruticultura** 2014; 36(4): 1018 – 1027.

ALVAREZ, C. A. et al. **Köppen's climate classification map for Brazil.** *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6, p. 711- 728, 2014.

ALVES, J. M.; LEANDRO, W. M.; NETO, S. A. S. O.; LEÃO, A. K. M.; ALVES, C. C. F.; SOUCHIE, E. L. Effect of base saturation and nitrogen dose on cultivation of crambe. **African Journal of Agricultural Research**, v. 10, n. 1, p. 14 – 22, 2015.

AMORIM, D. A.; ROZANE, D. E.; SOUZA, H. A.; MODESTO, V.C.; NATALE, W. Adubação nitrogenada e potássica em goiabeiras ‘paluma’: I. efeito na produtividade e na qualidade dos frutos para industrialização. **Revista Brasileira Fruticultura** 2015; 37(1): 201 – 209.

Antoniazzi AP, Binotto B, Neumann GM, Sausen TL, Budke JC. Eficiência de Recipientes no Desenvolvimento de mudas de Cedrela fissilis Vell. (Meliaceae). **Revista Brasileira de Biociências** 2013; 11(3):313- 317.

BINOTTO, A. F. et al. Correlations between growth variables an the Dickson quality index in Forest seedlings. **Revista Cerne**, Lavras, v. 16, n. 4, p. 457-464, 2010.

BONFIM-SILVA, E. M.; SILVA, T. J. A.; CABRAL, C. E. A.; GONÇALVES, J. M.; PEREIRA, M. T. J. Produção e morfologia da leguminosa Java submetida a adubação fosfatada. **Enciclopédia Biosfera**, v.7, n.12, p. 1-10, 2011.

BONFIM-SILVA, E. M.; GUIMARÃES, S. L.; SILVA, J. R.; NEVES, L. C. R.; SILVA, T. J. A. Desenvolvimento e produção da crotalária adubada com fosfato natural reativo em LATOSSOLO do Cerrado. **Enciclopédia Biosfera**, v. 8, n. 14, p.347-357, 2012.

CAIONE, G.; LANGE, A.; SCHONINGER, E. L.; Crescimento de mudas de Schizolobium amazonicum (Huber ex Ducke) em substrato fertilizado com nitrogênio, fósforo e potássio. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v.40, n.94, p.213-221, abr./jun. 2012.

CALDEIRA, M. V. W. et al. Effect of different doses of vermicompost on the growth of *Apuleia leiocarpa* (Vog) Macbr. seedlings. **Revista Acadêmica Ciência Animal**, Curitiba, v. 3, n. 2, p. 11 - 17, 2005.

CALDEIRA, M. V. W. et al. Composto orgânico na produção de mudas de aroeira vermelha. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 9, n. 1, p. 27-33, 2008.

CALDEIRA, M. V. W. et al. Biossólido na composição de substrato para a produção de mudas de *Tectona grandis*. **Floresta**, Curitiba, v. 42, n. 1, p. 77- 84, 2012.

CARNEIRO, J. G. de A. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais**. Curitiba: UFPR/FUPEF, Campos: UENF, 1995. 451 p.

CARNEVALI, N. H. S.; MARCHETTI, M. E.; VIEIRA, M. C.; CARNEVALI, T. O.; RAMOS, D. D. Eficiência nutricional de mudas de *Stryphnodendron polyphyllum* em função de nitrogênio e fósforo. **Ciência Florestal** 2016; 26(2): 449 – 461.

CASTRO, E. M. de; PEREIRA, F. J.; PAIVA, R. **Histologia vegetal: estrutura e função de órgãos vegetativos**. Lavras: Editora UFLA, 2009. 234p.

CECONI, D. E. et al. Crescimento de mudas de açoita-calavo (*Luehea divaricata* Mart.) sob influência da adubação fosfatada. **Cerne**, Lavras, v. 12, n. 3, p. 292-299, jul./set. 2006.

CECONI, D. E. et al. Exigência nutricional de mudas de erva-mate (*Ilex paraguariensis* A. St.- Hil.) à adubação fosfatada. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 17, n. 1, p. 25-32, jan./abr. 2007.

Cruz CAF. Efeito da adubação nitrogenada na produção de mudas de Sete-Cascas (*Samanea inopinata* (Harms) Ducke). **Revista Árvore** 2006; 30(4): 537-546.

Cruz, Cezar Augusto Fonseca e, Cunha, Ana Catarina Monteiro Carvalho Mori da, Paiva, Haroldo Nogueira de, & Neves, Júlio César Lima. (2011). Efeito de macronutrientes sobre o crescimento e qualidade de mudas de canafistula cultivadas em Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico. **Revista Árvore**, 35(5), 983-995.

CRUZ, C. A. F. et al. Resposta de mudas de *Senna macranthera* cultivadas em Argissolo Vermelho-Amarelo a macronutrientes. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 21, n. 1, p. 63-76, 2011.

COSTA FILHO, R. T. da; VALERI, S. V.; CRUZ, M. C. P. da. Calagem e adubação fosfatada no crescimento de mudas de *Mimosa caesalpinifolia* Benth. em latossolo vermelho-amarelo. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.23, n.1, p.89-98, jan./mar. 2013.

D'Avila, F. S. **Efeito do fósforo, nitrogênio e potássio produção de mudas clonais de eucalipto**. 2008. 53f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2008.

Davide AC, Silva EAA. **Produção de sementes e mudas de espécies florestais**. Lavras:

Ufla, 2008.

Davila FS, Paiva HN, Leite HG, Barros NF, Leite FP. Efeito do potássio na fase de rustificação de mudas clonais de eucalipto. **Revista Árvore** 2011; 35(1):13-19.

Decarlos Neto A, Siqueira DL, Pereira PRG & Alvarez VH (2002). Crescimento de porta-enxertos de citros em tubetes influenciados por doses de N. **Revista Brasileira de Fruticultura**,24(2):199-203.

DICKSON, A.; LEAF, A.L.; HOSNER, J.F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **Forest Chronicle**, v. 36, p.10-13, 1960.

Duarte ML, Paiva HN, Alves MO, Freitas AF, Maia FF, Goulart LML. Crescimento e qualidade de mudas de vinhático (*Platymenia foliolosa* Benth.) em resposta à adubação com potássio e enxofre. **Ciência Florestal** 2015; 25(1): 221 – 229.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2. ed. Brasília – DF, Embrapa Informação Tecnológica, 2009, 627p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Cultivo do Eucalipto: sistema de produção**, 4. 2. ed. [S. 1.], 2010.

FERNANDES, A. R. et al. Crescimento e absorção de nutrientes por mudas de freijó (*Crodia goeldiana* Huber) em função de doses de fósforo e zinco. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 31, n. 4, p. 599-608, jul./ ago. 2007.

Ferreira DF. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia** 2011, 35(6): 1039-1042.

FONSECA, E. P. et al. Padrão de qualidade de mudas de *Trema micrantha* (L.) Blume, produzidas sob diferentes períodos de sombreamento. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 26, n. 4, p. 515-523, 2002.

FRANCZAK, D. D.; RONDON NETO, R. M.; ROSA, T. F. D.; LIMA, V. S. Adição de dosagens de lodo de curtume em substrato comercial para produção de mudas de caroba (*Jacaranda cuspidifolia* Mart.) In: Encontro Nacional sobre Substratos para Plantas Materias Regionais como Substrato, 6., 2008, Fortaleza- CE, **Anais...** Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, SEBRAE/CE e UFC.

FURTINI NETO, A.E.; SIQUEIRA, J.O.; CURI, N.; MOREIRA, F.M.S. Fertilization in native species reforestation. In: GONÇALVES, J.L.M.; BENEDETTI, V. (Eds.). **Forest nutrition and fertilization**. Piracicaba: IPEF, 2004. p.347-378.

GARCIA, E.A.; SOUZA, J.P. Avaliação da qualidade de mudas de *Schizolobium parahyba* em função de diferentes aplicações de adubo fosfatado. **Tekhne e Logos**, Botucatu, v.6, p.51-59, 2015.

GASPARIN, E.; AVILA, A. L. de; ARAUJO, M. M.; FILHO, A. C.; DORNELES, D. U.; FOLTZ, D. R. B. Influência do substrato e do volume de recipiente na qualidade das mudas de *Cabralea canjerana* (Vell.) Mart. em viveiro e no campo. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v.24, n.3, p.553-563, jul-set, 2014.

GOMES, J. M.; COUTO, L.; LEITE, H. G.; XAVIER, A.; GARCIA, S. L. R. Crescimento de mudas de *Eucalyptus urograndis* em diferentes tamanhos de tubetes e fertilização N-P-K. **Revista Árvore**, v.27, n.2, p.113-127, 2003.

GOMES, J. M.; PAIVA, H. N. **Viveiros florestais (propagação sexuada)**. Viçosa: Editora UFV, 2004. 116p.

Gomes JM, Paiva HN. **Viveiros florestais: propagação sexuada**. Viçosa: UFV; 2006.

GOMES, K. C. de O. et al. Crescimento de mudas de garapa em reposta à calagem e ao fósforo. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 32, n. 3, p. 387-394, jul./ago. 2008.

GOMES, J. M.; PAIVA, H. N. **Viveiros florestais: propagação sexuada**. Viçosa: Editora UFV, 2012. 116 p.

GONÇALVES, J.L.M.; SANTARELLI, E.G.; MORAES NETO, S.P. & MANARA, M.P. **Produção de mudas de espécies nativas: substrato, nutrição, sombreamento e fertilização**. In: GONÇALVES, J.L.M. & BENEDETTI, V., eds. *Nutrição e fertilização florestal*. Piracicaba, IPEF, 2000. p.309-350.

GONÇALVES, E. O. et al. Crescimento de mudas de angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan) sob diferentes doses de macronutrientes. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 32, n. 6, p. 1029-1040, 2008.

GONÇALVES, E. O.; PAIVA, H. N.; NEVES, J. C. L.; GOMES, J. M. Nutrição de mudas de angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan) submetidas a doses de N, P, K, Ca e Mg. **Revista Árvore** 2012; 36(2): 219 – 228.

GRACIANO, C.; GOYA, J. F.; FRANGI, J. L.; GUIAMET, J. J. Fertilization with phosphorus increases soil nitrogen absorption in young plants of *Eucalyptus grandis*. **Forest Ecology and Management**, v.236, p. 202-210. 2006.

HONORATO, S.J.A, PARRAGUIRRE, L.J.F.C, QUINTANAR, O.J, RODRIGUEZ, C.H.M. Cedro rosado (*Acrocarpus fraxinifolius*) una opción agroforestal para lasierra Norte del estado de Puebla. **INIFAP**; 2005. Folleto Técnico, v. 1, 41 p.

JOSÉ, A. C.; DAVIDE, A. C.; OLIVEIRA, S. L. Produção de mudas de aroeira (*Schinus terebinthifolius* Raddi) para recuperação de áreas degradadas pela mineração de bauxita. **Cerne**, Lavras, v. 11, n. 2, p. 187-196, 2005.

Karnovsky, M. J. A., 1965. **Formaldehyde-glutaraldehyde fixative of high osmolarity for use in electron microscopy**. *J. Cell Biol.* 27, 137-138.

KLIPPEL, V. H.; PEZZOPANE, J. E. M.; PEZZOPANE, J. R. M.; CECÍLIO, R. A.; CASTRO, F. da S.; PIMENTA, L. R. Zoneamento Climático para Teca, Cedro

Australiano, Nim Indiano e Pupunha no Estado do Espírito Santo. **Revista Floresta**, Curitiba, PR, v. 43, n. 4, p. 671 - 680, out-dez, 2013.

Kratz D. **Substratos renováveis na produção de mudas de *Eucalyptus benthamii* Maiden e Cambage e *Mimosa scabrella* Benth** [dissertação]. Curitiba: Universidade Federal do Paraná; 2011.

MAGADLELA, A.; KLEINERT, A.; DREYER, L. L.; VALENTINEA, A. J. Lowphosphorus conditions affect the nitrogen nutrition and associated carbon costs of two legume tree species from a Mediterranean-type ecosystem. **Australian Journal of Botany** 2014; 62(1): 1 – 9.

MALAVOLTA, E. **Manual de calagem e adubação das principais culturas**. São Paulo, Ceres, 1987.496p.

MALAVOLTA, E. (2006) **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo, : Editora Agronômica Ceres. 638 p.

MARQUES, V. B.; PAIVA, H. N.; GOMES, J. M.; NEVES, J. C. L.; Efeitos de fontes e doses de nitrogênio no crescimento de mudas de sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.). **Scientia Forestalis**, n. 7, p.77-85, agosto, 2006.

MENDES, K. R.; MARENCO, R. A.; MAGALHÃES, N. S. Crescimento e eficiência fotossintética de uso do nitrogênio e fósforo em espécies florestais da Amazônia na fase juvenil. **Revista Árvore** 2013; 37(4): 707 – 716.

Mera AC, Oliveira CAS, Guerra AF, R GC. **Regimes hídricos e doses de fósforo em cafeeiro**. **Bragantia** 2011, 70(2): 2302311.

MENEGAZZO, M. L.; OLIVEIRA, A. C.; SILVA, E. A. Adubação nitrogenada na produção de mudas de mamoeiro. **Revista Agrarian**, Dourados, v.4, n.13, p.189-196, 2011.

Muniz CO, Lôbo LM, Fernandes FPR, Ferreira EM, Brasil EPF. Efeito de Diferentes Adubos NPK no Processo de Produção de Mudas de Eucalipto. **Enciclopédia Biosfera** 2013; 9(17): 1162.

NASCIMENTO, E.A.; OLIVEIRA, L.E.M.; CASTRO, E.M.; DELÚ FILHO, N.; MESQUITA, A.C.; VIEIRA, C.V. Alterações morfológicas em folhas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) consorciado com seringueira (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.). **Ciência Rural**, Santa Maria, v.36, n.3, p.852-857, 2006.

Nascimento HHC, Pacheco CM, Lima DRM, Silva EC, Nogueira RJMC. Aspectos ecofisiológicos de mudas de *Hymenaea courbaril* L. em resposta a supressão de N, P e K. **Scientia Forestales** 2014, 42(103): 315-328.

NEVES, O. S. C.; BENEDITO, D. da S.; MACHADO, R. V.; CARVALHO, J. G. de. Crescimento, produção de matéria seca e acúmulo de N, P, K, Ca, Mg e S na parte aérea de mudas de andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.) cultivadas em solo de várzea, em função

de diferentes doses de fósforo. **Revista Árvore**, Viçosa, v.28, n.3, p.343-349, mai./jun. 2004.

NEVES, P. Y. **Conteúdo foliar de zinco, produção, qualidade de grãos e plasticidade foliar do cafeeiro em resposta ao suprimento do nutriente**. 2009. 87 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009.

O'Brien, T.P., Feder, N., McCully, M. E., 1964. **Polychromatic staining of plant cell walls by toluidine blue O**. *Protoplasma*. 59, 368-373. Doi:10.1007/BF01248568.

OLIVEIRA, A. C. et al **Influência De Diferentes Doses De Nitrogênio Em Cobertura Na Produção De Mudanças De Mamoeiro 'Sunrise Hawaii'**. Anais XX Congresso Brasileiro de Fruticultura, 2008.

Onyango G, Ekakoro E, Sang J. **Emiti Nibwo Bulora woodlot technical specification**. SCC-Vi Agroforestry; 2010.

PAIVA, H. N.; GOMES, J. M. **Viveiros florestais**. Viçosa: UFV, 2000. 69p. (Cadernos didáticos, 72).

PEREIRA, E.C.; DANTAS, L.L.R.G.; ALMEIDA, J.P.N.; MENDONÇA, L.F.M.; MENDONÇA, V.; Fontes e doses de nitrogênio na produção de porta-enxertos de pitombeira (*Talisia esculenta* Radlk). **Revista verde de agroecologia e desenvolvimento sustentável**, Pombal, v.6, n.3, p.197- 202, 2011.

QUEIROZ-VOLTAN, R. B. et al. Caracterização da anatomia foliar de cafeeiros arábica em diferentes períodos sazonais. **Revista Biotemas**, Florianópolis, v. 27, n. 4, p. 1-10, dez. 2014.

RAJAN, J.; ANANDHAN, S. V. Influence of nitrogen and potassium on root nutrient and root CEC of different tea cultivars (*Camellia sinensis*, *C. assamica* and *C. assamica* spp. Lasiocalyx). **Rhizosphere** 2016; 1(1): 36 – 44.

REIS, B. E. et al. Crescimento e qualidade de mudas de jacarandá-da-bahia (*Dalbergia nigra* (vell.) Allemão ex benth.) Em resposta à adubação com potássio e enxofre. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 22, n. 2, abr.-jun., 2012.

RITCHIE, G. A.; LANDIS, T. D. **The container tree nursery manual**. USDA, v. 7, p. 17-80. 2008.

ROSSA, U. B.; TRICHES, G. P.; GROSSI, F.; NOGUEIRA, A. C.; REISSMANN, C. B.; RAMOS, M. R. Germinação de sementes e qualidade de mudas de *Plinia trunciflora* (jabuticabeira) em função de diferentes tratamentos pré-germinativos. **Floresta**, Curitiba, v.40, n.2, p.371-378, 2010.

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, p. 1-15, 2000.

SANTOS, R. A.; TUCCI, C. A. F.; HARA, F. A. dos S.; SILVA, W. G. da. Adubação fosfatada para a produção de mudas de mogno (*Swietenia macrophylla* King). **Acta Amazonica**, Manaus, vol.38, n.3, p.453-458. jul./set. 2008.

Santos LCR, Costa E, Leal PAM, Nardelli EMV, Souza GSA. Ambientes protegidos e substratos com doses de composto orgânico comercial e solo na formação de mudas de Jatobazeiro em Aquidauana-MS. **Engenharia Agrícola** 2011; 31(2): 249-259.

SHABNAM, R.; IQBAL, M. T. Understanding phosphorus dynamics on wheat plant under split-root system in alkaline soil. **Brazilian Journal of Science and Technology**, v. 3, n. 19, p.1 – 16, 2016.

SILVA, MAG.; MANNIGEL, A R.; MUNIZ, A S.; PORTO, S M A.; MARCHETTI, M E.; NOLLA, A.; BERTANI, R MA. Ammonium sulphate on maize crops under no tillage. **Bragantina**, Campinas, v.71, n.1, p. 90-97, 2012b.

SILVA, A.A.; DELATORRE, C.A. Alterações na arquitetura de raiz em resposta à disponibilidade de fósforo e nitrogênio. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v.8, n.2, p.152-163, 2009.

SILVEIRA, R. L. V. A.; HIGASHI, E. N.; SGARBI, F.; MUNIZ, M. R. A. Seja o doutor do seu eucalipto. **Informações Agrônômicas**, Piracicaba, SP, n.93, 32p., 2001.

SIMÕES, P. H. O.; PALHETA, L. F.; VALE, R. S. do; CORREIRA, R. G.; NEVES, R. L. P. Crescimento e Qualidade de Mudanças de Castanheira-do-Brasil (*Bertholletia excelsa* Bonpl.- Lecythidaceae) em Substratos Fertilizados com Macronutrientes. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer- Goiânia, v.11 n.21, p.689, 2015.

SMARSI, R. C.; OLIVEIRA, G. F.; REIS, L. L.; CHAGAS, E. A.; PIO, R.; MENDONÇA, V.; CHAGAS, P. C.; CURI, P. N. Efeito da adubação nitrogenada na produção de mudas de lichieira. **Revista Ceres**, Viçosa, v.58, n.1, p.129-131, 2011.

SOUZA, N. H.; MARCHETTI, M. E.; CARNEVALI, T. O.; RAMOS, D. D.; SCALON, S. P. Q.; SILVA, E. F. Estudo nutricional da canafístula (i): crescimento e qualidade de mudas em resposta à adubação com nitrogênio e fósforo. **Revista Árvore** 2013; 37(4): 717 – 724.

SOUSA, G. G.; VIANA, T. V. A.; PEREIRA, E. D.; ALBUQUERQUE, A. H. P.; MARINHO, A. B.; AZEVEDO, B. M. Fertirrigação potássica na cultura do morango no litoral Cearense. **Bragantia** 2014; 73(1): 1 – 6.

Taiz L, Zeiger E. **Fisiologia vegetal**. v. 3, 5 ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 918p.

THEBALDI, M. S.; LIMA, L. A.; COLARES, M. de F. B.; SILVA, A. C. da; LIMA, P. L. T. Dinâmica das Características Químicas de um Substrato Florestal Exposto à Irrigação. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 25, n.2, p. 375-384, abr.-jun, 2015.

TRIANOSKI, R.; IWAKIRI, S.; MATOS, J. L. M de; PRATA, J. G. Viabilidade da utilização de *Acrocarpus fraxinifolius* em diferentes proporções com *Pinus* spp. para

produção de painéis aglomerados. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 39, n. 91, p. 343-350, setembro, 2011.

VENTURIN, N.; CARLOS, L. SOUZA, P. A. de; MACEDO, R. L. G.; VENTURIN, R. P. HIGASHIKAWA, E. M. **Desempenho silvicultural de *Acrocarpus fraxinifolius* Wight em função de diferentes espaçamentos e idades**. *Cerne* Lavras, vol.20 n. 4, oct-dec. 2014.

VIANA, Eloise Mello; KIEHL, Jorge de Castro. Doses de nitrogênio e potássio no crescimento do trigo. **Bragantia**, Campinas , v. 69, n. 4, p. 975-982, Dec. 2010 .

Yamada T, Yamakura T, Lee HS. Architectural and allometric differences are related to microhabitat preferences. **Functional Ecology** 2000, 14(6):731-737.

ZHANG, J. L.; ZHANG, S. B.; CHEN, Y. J.; ZHANG, Y. P.; POORTER, L. Nutrient resorption is associated with leaf vein density and growth performance of dipterocarp tree species. **Journal of Ecology** 2015; 103(1): 541–549.