

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

**COMPORTAMENTO FISIOLÓGICO E MORFOLÓGICO  
DE MUDAS DE *Hymenaea stigonocarpa* Mart. ex Hayne  
SUBMETIDAS À DOSES DE FÓSFORO**

Autora: Patrícia Oliveira da Silva

Orientador: Prof. DSc. Leandro Carlos

Rio Verde - GO  
Agosto – 2017

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

**COMPORTAMENTO FISIOLÓGICO E MORFOLÓGICO  
DE MUDAS DE *Hymenaea stigonocarpa* Mart. ex Hayne  
SUBMETIDAS À DOSES DE FÓSFORO**

Autora: Patrícia Oliveira da 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  
Agosto – 2017

Silva, Patrícia Oliveira da

S586c      Comportamento fisiológico e morfológico de mudas de  
*Hymenaea stigonocarpa* Mart. ex Hayne submetidas à doses de  
fósforo / Patrícia Oliveira da Silva. -- Rio Verde-- 2017.  
39 f. : il.

Dissertação (Mestrado) – Instituto Federal Goiano –  
Campus Rio Verde, 2017.

Orientador: Dr. Leandro Carlos

#### Bibliografia

1. Adubação fosfatada. 2. Crescimento. 3. Mudas. 4. *Hymenaea stigonocarpa*. I. Título. II. Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde.

CDD: 633

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

COMPORTAMENTO FISIOLÓGICO E MORFOLÓGICO DE  
MUDAS DE *Hymenaea stigonocarpa* Mart. ex Hayne  
SUBMETIDAS À DOSES DE FÓSFORO

Autora: Patrícia Oliveira da Silva  
Orientador: Prof. Dr. Leandro Carlos

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

APROVADA em 21 de agosto de 2017.

Prof. Dr. Paulo Eduardo Menezes Silva  
Avaliador externo  
IF Goiano – Campus Rio Verde

Prof. Dr. Gustavo Castoldi  
Avaliador interno  
IF Goiano – Campus Rio Verde

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

## AGRADECIMENTOS

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

Aos meus pais, Gasparina Pimenta de Oliveira e João Francisco de Oliveira, pela dedicação, carinho, incentivo e inspiração.

Ao meu marido, Mozaldo Filho, pelo companheirismo, apoio, paciência, concelhos, 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. E a meus coorientadores Paulo Eduardo Menezes Silva e Juliana de Fátima Sales, pelo apoio e ensinamentos.

A minha amiga Andréia Costa, pelo total apoio e concelhos durante o mestrado. A Kássia Barbosa e Lucas Lourenço, pelo auxílio em algumas análises.

Aos Laboratórios de Hidráulica e Irrigação, Análise de Solo e Tecido Foliar, Ecofisiologia e Produtividade vegetal 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 adiante. E a todos aqueles que de forma direta ou indiretamente contribuíram para a conclusão deste trabalho.

## BIOGRAFIA DA AUTORA

PATRÍCIA OLIVEIRA DA SILVA, filha de Gasparina Pimenta de Oliveira e João Francisco de Oliveira, nascida em 24 de agosto de 1991, na cidade de Firminópolis, Estado de Goiás.

Em fevereiro de 2010, ingressou no curso de Licenciatura e Bacharelado em Ciências Biológicas pelo Instituto Federal Goiano-Campus Rio Verde, graduando-se no ano de 2015.

Em agosto de 2015, 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
ÍNDICE DE FIGURAS .....	VI
LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS, ABREVIACIONES E UNIDADES.....	VII
RESUMO.....	IX
ABSTRACT.....	XI
1. INTRODUÇÃO .....	1
2.OBJETIVO.....	4
3.MATERIAL E MÉTODOS.....	5
4.RESULTADOS.....	9
5. DISCUSSÃO .....	16
6. CONCLUSÕES .....	20
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	21

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Variáveis morfológicas de <i>H. stigonocarpa</i> aos 270 dias após plantio. A- Altura, B- Diâmetro, C-Número de folhas, D- Número de entrenós, E- Taxa de crescimento relativo do caule.....	9
Figura 2. Biomassa das mudas de <i>H. stigonocarpa</i> aos 270 dias após plantio. A- Massa seca foliar, B- Razão de massa foliar, C- Massa seca caulinar, D-Razão de massa caulinar, E- Massa seca radicular, F- Razão de massa radicular, G-Massa seca total e H- Área foliar específica.....	10
Figura 3. Concentração de clorofilas em mudas de <i>H. stigonocarpa</i> .....	11
Figura 4. Análises fisiológicas das mudas de <i>H. stigonocarpa</i> . A-Taxa fotossintética, B- Condutância estomática, C- Relação entre fotossíntese e concentração interna de CO <sub>2</sub> , D- relação entre concentração interna e externa de CO <sub>2</sub> , E-Taxa transpiratória, F- eficiência de captura de energia de excitação pelos centros de reação abertos do FSII, G- Quenching fotoquímico e H- Taxa transportadora de elétrons.....	12
Figura 5. A- Potencial hídrico e B-Conductividade hidráulica foliar.....	13
Figura 6. Teor de fósforo no tecido das mudas de <i>H. stigonocarpa</i> aos 270 dias após plantio. A- Concentração de fósforo nas folhas, B- no caule e C- nas raízes.....	13
Figura 7. Análise multivariada das mudas de <i>H. stigonocarpa</i> submetidas a diferentes doses de fósforo. ....	14

## LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS, ABREVIACÕES E UNIDADES

<i>A</i>	Taxa fotossintética	( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ )
AF	Área foliar	( $\text{cm}^2$ )
AFE	Área foliar específica	( $\text{cm}^2/\text{g}$ )
Al	Alumínio	( $\text{cmolc dm}^{-3}$ )
B	Boro	Ppm
Ca	Cálcio	( $\text{cmolc dm}^{-3}$ )
$C_i/C_a$	Relação entre concentração interna e externa de $\text{CO}_2$	
Cu	Cobre	( $\text{cmolc dm}^{-3}$ )
D	Diâmetro do caule	(mm)
<i>E</i>	Taxa transpiratória	( $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ )
ETR	Taxa relativa de transporte de elétrons	( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ )
FSII	Fotossistema II	
$F_v/F_m$	Rendimento quântico potencial do fotossistema II	
$g_s$	Condutância estomática	( $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ )
K	Potássio	Ppm
KCl	Cloreto de potássio	Ppm
$K_f$	Condutividade hidráulica foliar	( $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1} \text{ MPa}^{-1}$ )
LVD	Latossolo Vermelho Distrófico	
MAP	Monoamônio fosfato	
Mg	Magnésio	( $\text{cmolc dm}^{-3}$ )
MSC	Massa seca do caule	( $\text{g planta}^{-1}$ )
MSF	Massa seca da folha	( $\text{g planta}^{-1}$ )
MSR	Massa seca da raiz	( $\text{g planta}^{-1}$ )
MO	Matéria orgânica	(g/kg)
N	Nitrogênio	Ppm
NE	Número de entrenós	
NF	Número de folhas	
$\Psi_w$	Potencial hídrico	(MPa)

P	Fósforo	(mg dm <sup>-3</sup> )
pH	Potencial hidrogeniônico	
PPM	Partes por milhão	
Qp	Quenching fotoquímico	
RMF	Razão de massa foliar	(g g <sup>-1</sup> )
RMC	Razão de massa caulinar	(g g <sup>-1</sup> )
RMR	Razão de massa radicular	(g g <sup>-1</sup> )
S	Enxofre	Ppm
V	Saturação de bases	%
Z	Zinco	Ppm

## RESUMO

SILVA, PATRÍCIA OLIVEIRA DA. Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde – GO, agosto de 2017. **Comportamento fisiológico e morfológico de mudas de *Hymenaea stigonocarpa* Mart. ex Hayne submetidas à doses de fósforo.** Orientador: DSc. Leandro Carlos. Coorientadores: DSc. Paulo Eduardo Menezes Silva e Juliana de Fátima Sales.

Diante da situação mundial uma prática que vem ganhando força é a produção de mudas para a restauração ambiental. Entre as espécies nativas do Cerrado, umas das que se destaca para tal atividade é *Hymenaea stigonocarpa* Mart. ex Hayne. No entanto, sobre suas exigências nutricionais na fase de muda, pouco se sabe e mesmo assim ainda apresentam controvérsias. Dessa forma, objetivou-se com este estudo avaliar o comportamento fisiológico e morfológico de mudas de *H. stigonocarpa* submetidas à diferentes doses de P. O estudo foi desenvolvido em DIC, cinco doses (0, 100, 200, 300 e 400 mg dm<sup>-3</sup>), com quatro repetições. Durante o experimento foram realizadas análises fisiológicas, morfológicas e ao término do experimento, realizou-se análise de biomassa e teor de P na raiz, caule e folhas. As doses de P promoveram variações em praticamente todos os parâmetros estudados, no entanto, constatou-se diferença estatística significativa apenas para as variáveis de biomassa RMR, RMF, RMC, AF e PA/R. As doses de maior efeito sobre as variáveis estudadas em *H. stigonocarpa* foi de a de 100 mg dm<sup>3</sup> e 200 mg dm<sup>-3</sup> de P. Sendo a dose de 200 mg dm<sup>-3</sup> a mais recomendada para a adubação fosfatada em mudas de *H. stigonocarpa*.

**PALAVRAS-CHAVE:** Adubação fosfatada, crescimento, mudas, *Hymenaea stigonocarpa*.

## ABSTRACT

SILVA, PATRÍCIA OLIVEIRA DA. Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde – GO, August 2017. **Physiological and morphological behavior of *Hymenaea stigonocarpa* Mart. ex Hayne submitted to doses of phosphorus.** Advisor: DSc. Leandro Carlos. Co-Advisors: DSc. Paulo Eduardo Menezes Silva and Juliana de Fátima Sales.

In the face of the world situation, a practice that has been gaining strength is the production of seedlings for environmental restoration. Among the native species of the Cerrado, one of the highlights for such activity is *Hymenaea stigonocarpa* Mart. ex Hayne. However, about their nutritional requirements in the seedling phase, little is known and yet they still have controversies. Thus, the objective of this study was to evaluate the physiological and morphological behavior of *H. stigonocarpa* seedlings submitted to different doses of P. The study was developed in completely randomized design, five doses (0, 100, 200, 300 and 400 mg dm<sup>-3</sup>), with four replicates. During the experiment, physiological and morphological analyzes were carried out and, at the end of the experiment, biomass and P content were analyzed in root, stem and leaves. The doses of P promoted variations in practically all the studied parameters. However, a statistically significant difference was observed only for the biomass variables RMR, RMF, MRC, FA and PA/R. The doses with the greatest effect on the variables studied in *H. stigonocarpa* were 100 mg dm<sup>3</sup> and 200 mg dm<sup>-3</sup> in P. The dose of 200 mg dm<sup>-3</sup> was the most recommended for phosphate fertilization in *H. stigonocarpa*.

**KEY WORDS:** Phosphate fertilization, growth, seedlings, *Hymenaea stigonocarpa*.

# Comportamento Fisiológico e morfológico de mudas de *Hymenaea stigonocarpa* Mart. ex Hayne submetidas à doses de fósforo

(Normas de acordo com a revista Floresta e Ambiente)

## 1. INTRODUÇÃO

Diante da situação mundial atual ao tratar-se de desmatamento, queimadas, liberação de gases danosos, queda dos níveis hídricos e temperaturas extremas, uma prática que vem ganhando força é a produção de mudas de espécies capazes de promover a restauração ambiental. Ao mesmo tempo que se apresentam como uma alternativa alimentícia, medicinal, madeireira, ecológica e também ornamental. E para tal restauração, não é necessário a implantação de espécies exóticas como *Spathodea campanulata* P. Beauv. (Oliveira-Neto et al., 2014) e *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit (Costa & Durigan, 2010), pois muitas das espécies nativas exibem essa capacidade.

Entre as várias espécies nativas do Cerrado com capacidade restauradora pode-se citar *Hymenaea stigonocarpa* Mart. ex Hayne, um dos representantes da família botânica Fabaceae e subfamília Caesalpinoideae, que tem potencial na recuperação de áreas degradadas (Lorenzi & Matos, 2008). No Brasil, essa espécie ocorre na Amazônia, Caatinga, Cerrado e Pantanal (Flora do Brasil, 2017). A espécie que é popularmente conhecida como Jatobá do cerrado tem sua polpa utilizada na preparação

de bolos, pães, biscoitos, sorvetes e cereais (Silva et al., 2001). O extrato metanólico da casca de seus frutos apresentam propriedades antidiarreicas, gastroprotetoras e cicatrizantes (Orsi et al., 2012), sendo utilizada em vários outros problemas medicinais (Silva et al., 2015). Além disso, a madeira é de boa qualidade, sendo empregada regionalmente em cercas, esteios, postes, móveis e pisos. Da casca do tronco são retiradas resinas, consideradas como alguns dos melhores copais (resinas viscosas) utilizadas na indústria de vernizes. A casca ainda pode ser utilizada na confecção de canoas (Oliveira, 2011). Além de todos esses benefícios, há estudos que indicam que a espécie em questão quando em fase de muda possui a capacidade de sequestrar grandes concentrações de CO<sub>2</sub> e converte em biomassa (Rego et al., 2007), assim como o *H. courbaril* (Aidar et al., 2002). Dessa forma, a espécie se mostra como alternativa promissora para controlar a poluição atmosférica.

Segundo Soares et al. (2013), *H. stigonocarpa* é uma espécie típica de solos ácidos e pouco exigente em nutrientes para o seu desenvolvimento. Costa et al. (2015) corroboram que a espécie ocorre naturalmente em solos secos e em solos de fertilidade baixa. Mesmo diante da consideração de que as plantas nativas do Cerrado são adaptadas aos solos de baixa fertilidade (Haridassan, 2008), estudos experimentais de fertilização indicam que espécies lenhosas podem responder à adubação do solo, principalmente quando estes nutrientes são o nitrogênio e fósforo (Scholz et al., 2006). Isso porque o N e o P sejam os nutrientes mais limitantes para o crescimento e desenvolvimento das plantas (Souza et al., 2014). Isso ocorre pelo fato de tais nutrientes atuarem em diversos processos importantes tanto para a sobrevivência quanto crescimento das plantas. O fósforo, por exemplo, atua na maioria dos processos metabólicos de enzimas e participar da divisão celular, fotossíntese e respiração (Shabnam & Iqbal, 2016). Além disso, faz parte de vários compostos orgânicos envolvidos na fosforilação de fosfolípídeo, situado na membrana celular (etapa fotoquímica), necessária para a síntese de proteínas como o trifosfato de adenosina – (ATP) e difosfato de adenosina – (ADP) desfosforilado no ciclo de Calvin (fase redutiva do carbono) (Taiz & Zeiger, 2013).

Alves et al. (2015), afirmam que espécies com crescimento lento, como *H. stigonocarpa* são mais adaptadas a solos com suprimento restrito de nutrientes, sendo menos responsivas ao seu fornecimento. Entretanto, Nascimento et al. (2014) ao estudarem a supressão de N, P e K em outra espécie de jatobá (*H. courbaril*) verificaram, que mesmo sendo uma espécie climática, assim como *H. stigonocarpa*,

teve seu desenvolvimento limitado pela falta desses nutrientes. Dessa forma, ao buscar na literatura informações sobre as exigências nutricionais da espécie em questão na fase de muda, pouco se sabe e do pouco que se sabe, apresentam controvérsias (Soares et al., 2013), dificultando ainda mais a produção de mudas de *H. stigonocarpa*. Sabe-se que os solos brasileiros, em geral, são deficientes em fósforo, razão pela qual existem inúmeras pesquisas que avaliam doses e fontes de adubos fosfatados, porém no ramo florestal são restritas. Nesse setor, os estudos são mais voltados para espécies com alto valor econômico, como eucalipto (Rocha et al., 2013) e mogno (Santos et al., 2008).

Diante do exposto, estudos que avaliem por maior tempo o crescimento inicial de plantas nativas são necessários e de modo que avaliem não somente variáveis biométricas ou nutricionais, mas que estudem o maior número de variáveis possíveis, visando entender até que nível a adubação fosfatada pode influenciar na formação de mudas das espécies nativas. E o fato da espécie estudada estar incluída na categoria de “quase ameaçada de extinção” segundo Mori et al. (2012) em algumas regiões do Brasil, deixa mais claro ainda a necessidade de se entender as exigências nutricionais de *H. stigonocarpa* para a produção de mudas, não apenas pela sua capacidade de recuperação de áreas degradadas e propriedades medicinais, mas pela própria existência da espécie.

## 2. OBJETIVO

Objetivou-se com este estudo avaliar o comportamento fisiológico e morfológico das mudas de *Hymenaea stigonocarpa* Mart ex Hayne submetidas à diferentes doses de fósforo sob condições de casa de vegetação e em Latossolo Vermelho Distrófico.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde - GO, Brasil, na casa de vegetação climatizada do Laboratório de Hidráulica e irrigação, tendo o experimento duração de nove meses. O solo utilizado no presente estudo foi classificado como Latossolo Vermelho Distrófico (LVD) (Embrapa, 2013). O mesmo foi coletado na mata nativa pertencente ao IF Goiano-Campus Rio Verde (17°47' S e 50°54'W), na camada de 0-20cm de profundidade. Amostras desse solo foram coletadas para análises de composição química antes e após a adubação fosfatada. A caracterização de solo em condições naturais está descrita na tabela 1.

**Tabela 1.** Caracterização química do Latossolo Vermelho Distrófico na profundidade de 0-20 cm em condições naturais e com a adubação básica, calagem e tratamentos 0, 100, 200, 300 e 400 mg dm<sup>-3</sup>.

**Table 1.** Chemical characterization of Dystrophic Red Latosol at 0-20 cm depth in natural conditions under basic fertilization and liming and treatments 0, 100, 200, 300 and 400 mg dm<sup>-3</sup>.

Tratamento	pH	Al <sup>3</sup>	Ca	Mg	H+Al <sup>3</sup>	P	K	M.O	V
		cmolc dm <sup>-3</sup>				Mg dm <sup>-3</sup>		g/kg	%
<b>Natural</b>	4,3	0,3	0,4	0,1	4,5	1	100	2,7	12
<b>P0</b>	5,4	0,1	3,4	1,5	4,9	2,1	160	3,4	52
<b>P100</b>	5,2	0,1	2,9	1,3	2,9	9,7	146	3,8	61
<b>P200</b>	5,3	0,1	3,1	1,3	4,5	10,4	143	3,6	52
<b>P300</b>	5,2	0,1	3,2	1,4	4,8	22,4	160	3,8	51
<b>P400</b>	5,1	0,1	3,2	1,4	4,2	52,4	156	3,9	55

Nota- pH: potencial hidrogeniônico, Al<sup>3</sup>: alumínio, Ca: cálcio, Mg: magnésio, H+Al: hidrogênio mais alumínio, P: fósforo, K: potássio, M.O: matéria orgânica e V: saturação de bases.

Além dos dados contidos na tabela 1, o solo em condições naturais ainda apresentou em termos de argila, areia e silte as seguintes concentrações: 500, 320 e 180 g/Kg, respectivamente. A descrição do solo já preparado para condução do experimento (calagem e adubação básica) também estão apresentados na tabela 1.

O cálculo da correção do solo seguiu metodologia proposta por Raij (1981) para elevar a saturação de bases a 60% de todos os vasos. Os corretivos utilizados foram carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) e carbonato de magnésio ( $\text{MgCO}_3$ ), na proporção de 4:1, incorporados individualmente aos vasos. As sementes de *H. stigonocarpa* que foram adquiridas através da Rede de sementes do Xingu, foram submetidas à escarificação manual na região oposta ao hilo e imersas em água destilada, conforme metodologia de Santos (2011). Em seguida foram plantadas duas sementes em cada vaso que continha 3,5 litros de Latossolo Vermelho Distrófico. Assim que ocorreu a germinação, foi realizado o desbaste, deixando apenas uma planta por vaso. A irrigação foi realizada até próximo à capacidade de campo, manualmente, com água destilada.

O experimento de fósforo consistiu de cinco doses, com quatro repetições cada, totalizando 20 unidades experimentais, sendo o delineamento experimental inteiramente ao acaso (DIC). Os tratamentos foram compostos pelas doses: 1- testemunha, 2-100  $\text{mg/dm}^{-3}$ , 3-200  $\text{mg/dm}^{-3}$ , 4-300  $\text{mg/dm}^{-3}$  e 5- 400  $\text{mg/dm}^{-3}$  (Adaptado de Leite et al., 2012), utilizando-se como fonte do fósforo o Monoamônio fosfato (MAP) e para balanceamento do nitrogênio utilizou-se ureia e sulfato de amônia.

A adubação básica consistiu na aplicação de: 30 partes por milhão (ppm) de enxofre (S), 180 ppm de nitrogênio (N), 75 ppm de potássio (K), 1,33 ppm de cobre (Cu), 0,61 de boro (B) e 4 ppm de zinco (Zn). As fontes utilizadas para o fornecimento de tais nutrientes foram: (S) sulfato de amônia, (N) sulfato de amônia, ureia e Map, (K) cloreto de potássio, (Cu) sulfato de cobre, (B) ácido bórico e (Zn) sulfato de zinco. Todos aplicados na forma de solução, e para cada tratamento os adubos foram diluídos em 500ml e aplicados 100ml em cada vaso do respectivo tratamento.

Aos 60 dias após a plantio, deu-se início as medições biométricas. Essas medições foram realizadas mensalmente em todas as mudas e consistiram de altura de planta (H) em centímetros considerando o comprimento da haste principal do colo até o ápice do caule e diâmetro do caule (DC) em milímetros, mensurados com régua milimétrica e paquímetro digital, respectivamente, conforme Delarmelina et al. (2014). Além dessas medições, ainda foram contabilizados o número total de folhas expandidas (NF), número de entrenós (NE) da haste principal e comprimento dos ramos (TR).

Posteriormente, calculou-se a taxa de crescimento relativo para tais parâmetros, exceto para NF e NE.

Aos 210 dias após o plantio, foram realizadas índice de pigmentos fotossintéticos determinando-se o conteúdo de clorofila a, b e total nas folhas. Para tanto, utilizou-se o equipamento Clorofilog modelo CFL-1030 (FALKER – Automação Agrícola). Posteriormente, fez-se a razão de clorofila a/b.

As análises fisiológicas foram realizadas aos 250 dias após o plantio e consistiram de: taxa fotossintética [ $A$ ,  $\mu\text{mol}(\text{CO}_2)\text{ m}^{-2}\text{ s}^{-1}$ ] e transpiratória [ $E$ ,  $\text{mmol}(\text{H}_2\text{O})\text{ m}^{-2}\text{ s}^{-1}$ ], condutância estomática [ $g_s$ ,  $\text{mol}(\text{H}_2\text{O})\text{ m}^{-2}\text{ s}^{-1}$ ], relação entre fotossíntese e concentração interna de  $\text{CO}_2$  ( $A/C_i$ ) a relação entre a concentração interna e externa de  $\text{CO}_2$  ( $C_i/C_a$ ), Quenchin fotoquímico (qP), taxa transportadora de elétrons (ETR) e fluorescência efetiva ( $F_v'/F_m'$ ). Tais avaliações foram realizadas utilizando um analisador de gases no infravermelho portátil (IRGA) modelo LI6400xt (Li-Cor, Nebraska, EUA), com densidade de fluxo de fótons a  $1000\ \mu\text{mol}\text{ m}^{-2}\text{ s}^{-1}$ . As análises foram realizadas em folhas completamente expandidas, sendo uma folha por planta, entre as 08:00 e 12:00 da manhã.

Para mensurar o potencial hídrico foliar ( $\Psi$ ) das mudas utilizou-se uma bomba de pressão (Scholander et al., 1965), (Modelo 3005-1412, Soilmoisture Equipment Corp., Goleta, CA, USA). Tais análises também foram realizadas aos 270 dias após o plantio. Os valores foram obtidos em bar e posteriormente transformados em MegaPascal (MPa). Com os dados de potencial hídrico e transpiração determinou-se a condutividade hidráulica da folha ( $K_f$ ) conforme Brodribb and Holbrook (2003).

Aos 270 dias após o plantio, as mudas foram retiradas dos vasos, lavadas em água destilada e separadas em caule, folhas e raízes. Após a separação dos órgãos vegetativos, os mesmos foram colocados em sacos de papel Kraft com identificação do tratamento e levadas à estufa de circulação de ar a  $60\text{ }^\circ\text{C}$  até obter a massa constante (Freiberger et al., 2013). Posteriormente, foram obtidos a massa seca das folhas (MSF), Massa seca do caule (MSC), massa seca da raiz (MSR) e massa seca total (MST) em balança de precisão. Com estes dados foram calculados a razão de massa radicular (RMR), razão de massa caulinar (RMC), razão de massa foliar (RMF) e parte aérea sobre raiz (PA/SR).

Antes das mudas serem levadas a estufa foi determinada a área foliar em  $\text{cm}^2$ , para tal análise foram realizados registros fotográficos das folhas de cada unidade experimental, utilizando-se uma cartolina branca. Posteriormente utilizou-se Software

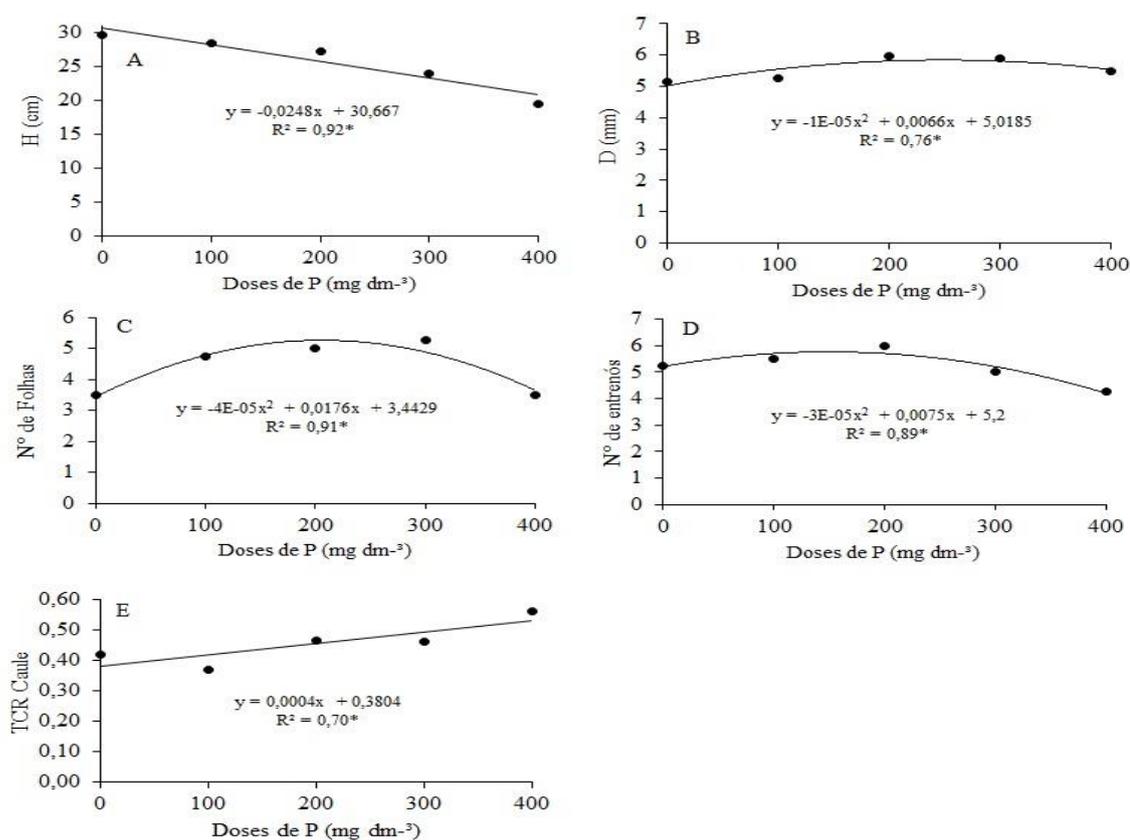
ImageJ para calcular a área foliar (Jadoski et al., 2012). Com os dados da área foliar ( $\text{cm}^2$ ) e massa seca foliar ( $\text{g}^{-1}$ ) calculou-se a área foliar específica (AFE).

Para determinação do teor de fósforo nas folhas, caules e raízes das mudas de *H. stigonocarpa*, as mesmas após serem secas em estufa e pesadas para determinação de biomassa, foram moídas em moinho tipo Wiley. Posteriormente, 0,5g de cada amostra foi calcinada em mufla e em seguida feita a leitura em espectrofotômetro (Embrapa, 2009).

Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância e quando constatado efeito 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). Para avaliar a correlação entre as variáveis e as doses de fósforo realizou-se a análise multivariada utilizando o Software Minitab (Minitab, 2011). As variáveis incluídas na análise multivariada foram apenas as que não apresentavam correlação com outras variáveis.

## 4. RESULTADOS

Constatou-se efeito linear decrescente para a altura e crescente para a taxa de crescimento do caule, sendo a dose de maior efeito para a altura 10,8 e 400 mgdm<sup>-3</sup> para a taxa de crescimento relativo do caule (Figura 1A e E).

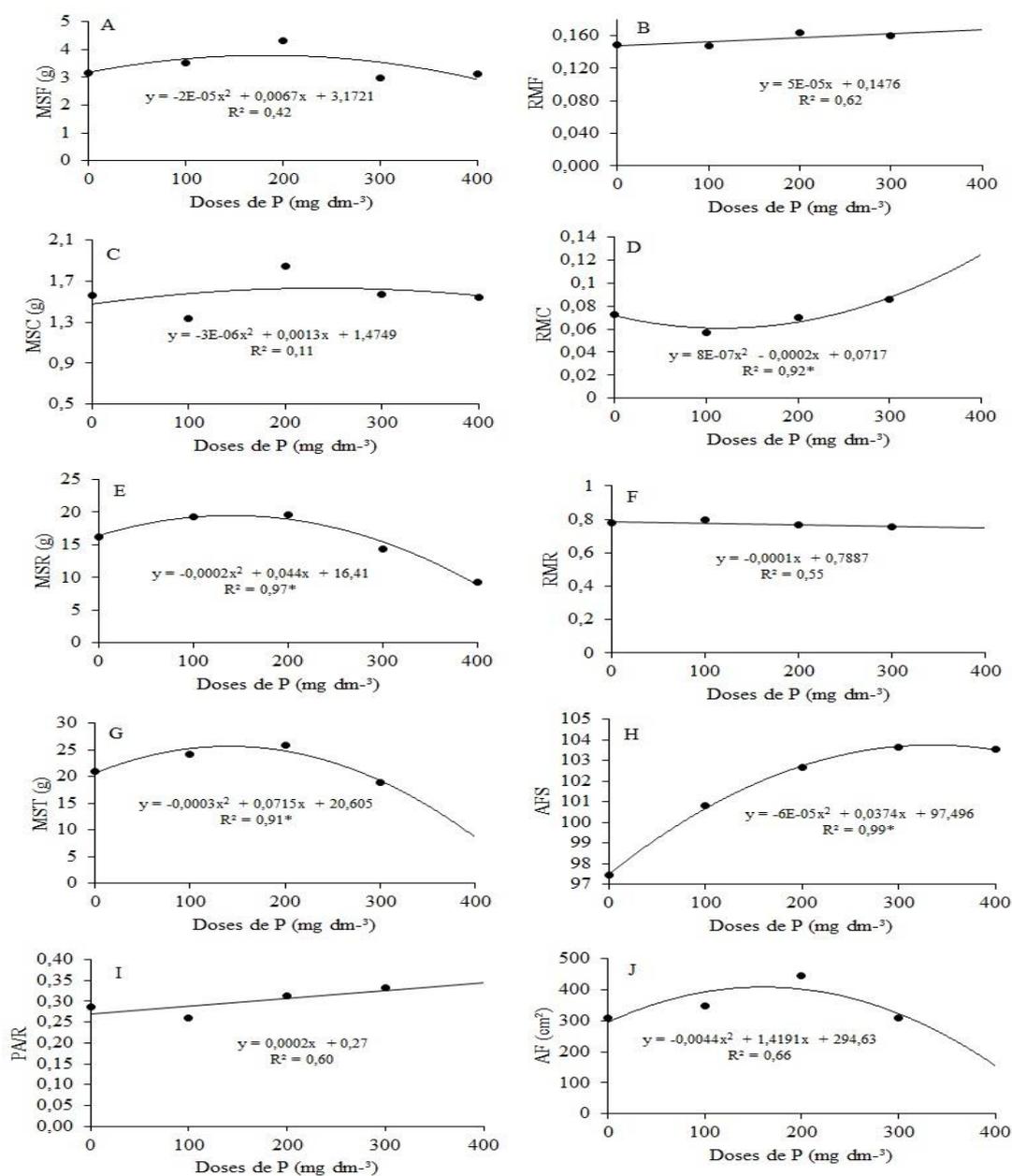


**Figura 1.** Variáveis morfológicas de *H. stigonocarpa* aos 270 dias após plantio. A- Altura, B- Diâmetro, C- Número de folhas, D- Número de entrenós, E- Taxa de crescimento relativo do caule.

**Figure 1.** Morphological variables of *H. stigonocarpa* at 270 days after planting. A- Height, B- Diameter, C- Number of leaves, D- Number of internodes, E- Relative stem growth rate.

Para o diâmetro, número de folhas e entrenós o efeito foi quadrático e a máxima resposta obtida foi em 330, 220 e 125 mg dm<sup>-3</sup> de P, respectivamente (Figura 1B, C e D). Para a taxa de crescimento da altura e comprimento dos ramos, os resultados não foram satisfatórios.

A equação de melhor ajuste aos dados para massa seca foliar, massa seca caulinar, razão de massa caulinar, massa seca radicular, massa seca total, área foliar específica e área foliar foi a quadrática (Figura 2).

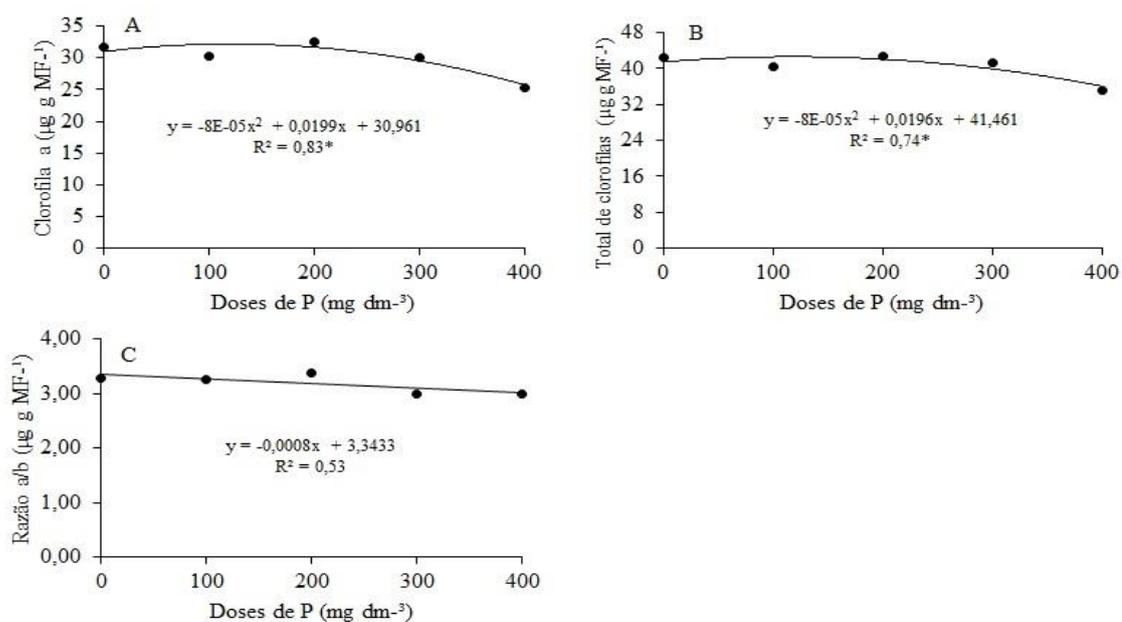


**Figura 2.** Biomassa das mudas de *H. stigonocarpa* aos 270 dias após plantio. A- Massa seca foliar, B- Razão de massa foliar, C- Massa seca caulinar, D- Razão de massa caulinar, E- Massa seca radicular, F- Razão de massa radicular, G- Massa seca total e H- Área foliar específica.

**Figure 2.** Biomass of seedlings of *H. stigonocarpa* at 270 days after planting. A- Foliar dry mass, B- Foliar mass ratio, C- Steam dry mass, D- Steam mass ratio, E- Root dry mass, F- Root mass ratio, G- Total dry mass and H- Specific leaf area.

Já as doses de fósforo que promoveram as melhores respostas foram 167, 216, 400, 119; 155 e 330 mg dm<sup>-3</sup>, respectivamente. Para a razão de massa foliar, razão de massa radicular, e parte aérea sobre raiz a equação de melhor ajuste foi a linear. Dentre essas variáveis, os tratamentos de fósforo mostraram diferença significativa a 0,05% de probabilidade para RMF, RMC, MSC, PA/R e AF das mudas de *H. stigonocarpa*.

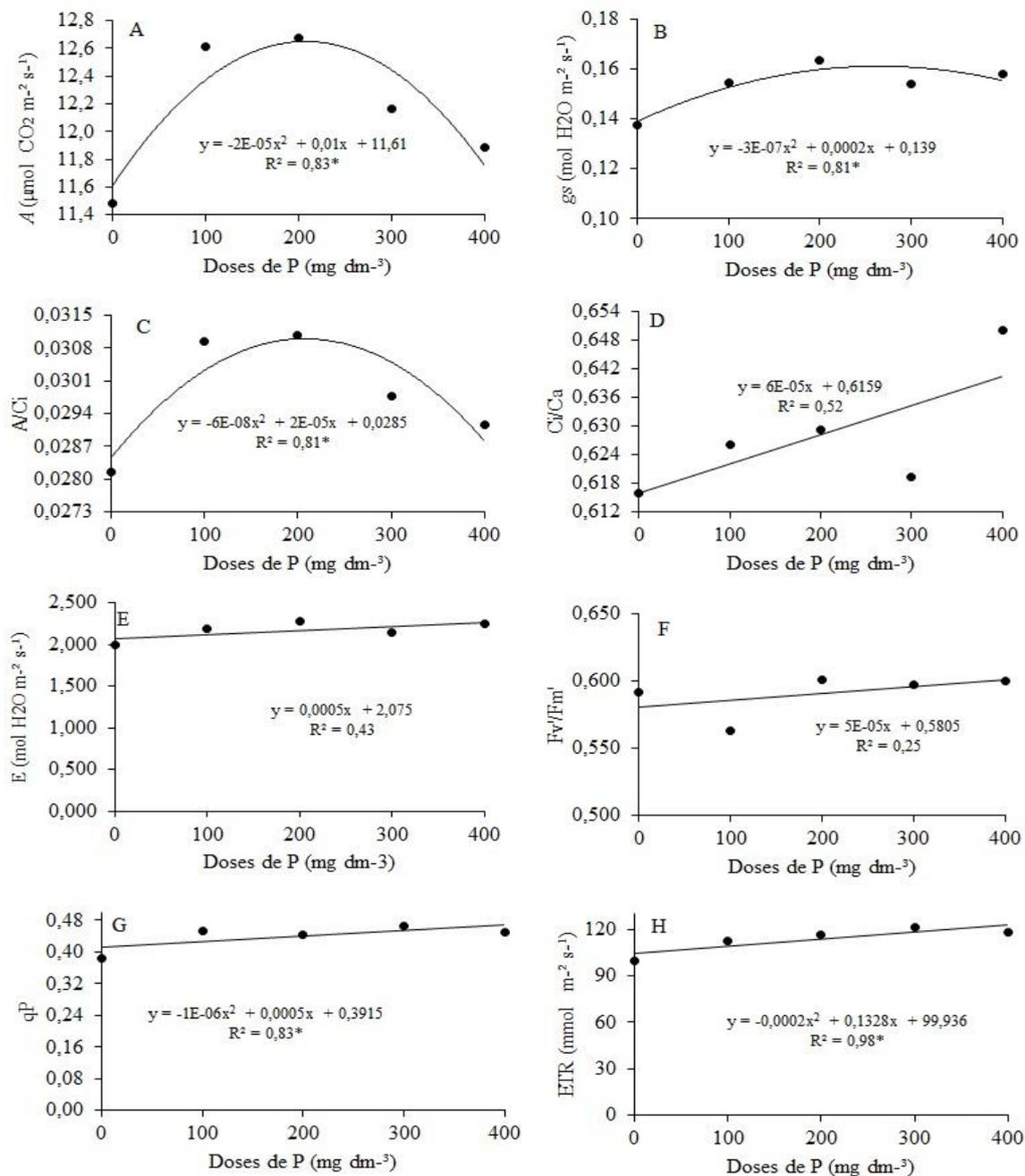
Para o índice de clorofila a e total a equação que melhor se ajustou aos dados obtidos foi quadrática (Figura 2A, C e D, respectivamente), tendo como as doses de maior efeito 124,3 e 122,4 mg dm<sup>-3</sup>, já para a razão de clorofila a/b a dose de melhor efeito foi de 83,3 mg dm<sup>-3</sup> de P. Os dados para o índice de clorofila b não foram satisfatórios.



**Figura 3.** Concentração de clorofilas em mudas de *H. stigonocarpa*.  
**Figure 3.** Chlorophyll concentration in seedlings of *H. stigonocarpa*.

Para as variáveis fotossíntese, condutância estomática, relação entre fotossíntese e concentração interna de CO<sub>2</sub> a equação que melhor se ajustou aos dados foi a quadrática (Figura 4). As doses de fósforo que promoveram os maiores valores das variáveis citadas foram 250 mg dm<sup>-3</sup> tanto para taxa fotossintética quanto para condutância estomática e 166,6 mg dm<sup>-3</sup> para a relação fotossíntese e concentração interna de CO<sub>2</sub>. Para as variáveis concentração interna e externa de CO<sub>2</sub>, taxa

transpiratória e rendimento quântico potencial do fotossistema II, quenching fotoquímico e taxa transportadora de elétrons a equação de melhor ajuste aos dados obtidos foi a linear crescente (Figura 3D e F, respectivamente), sendo as maiores doses do estudo as que promoveram os maiores efeitos.

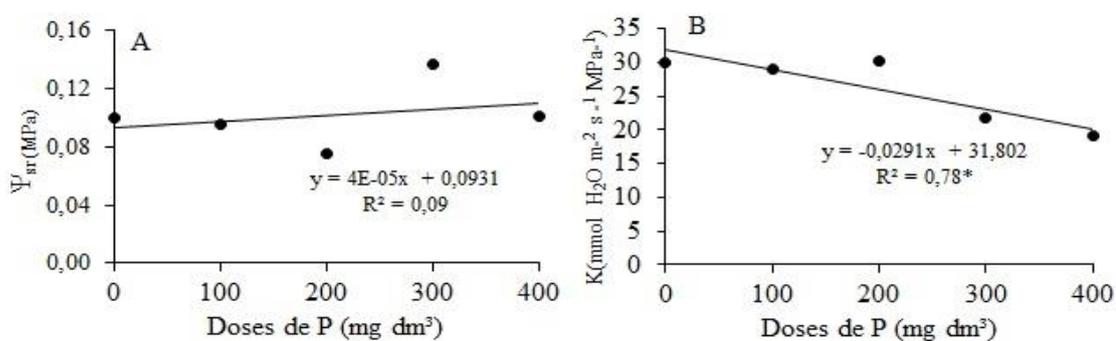


**Figura 4.** Análises fisiológicas das mudas de *H. stigonocarpa*. A-Taxa fotossintética, B-Condutância estomática, C- Relação entre fotossíntese e concentração interna de CO<sub>2</sub>, D- Relação entre concentração interna e externa de CO<sub>2</sub>, E-Taxa transpiratória, F- Eficiência de captura de energia de excitação pelos centros de reação abertos do FSII, G-Quenching fotoquímico e H- Taxa transportadora de elétrons.

**Figure 4.** Physiological analyzes of *H. stigonocarpa* seedlings. A-Photosynthetic rate, B-Stomatal conductance, C- Relationship between photosynthesis and internal CO<sub>2</sub>

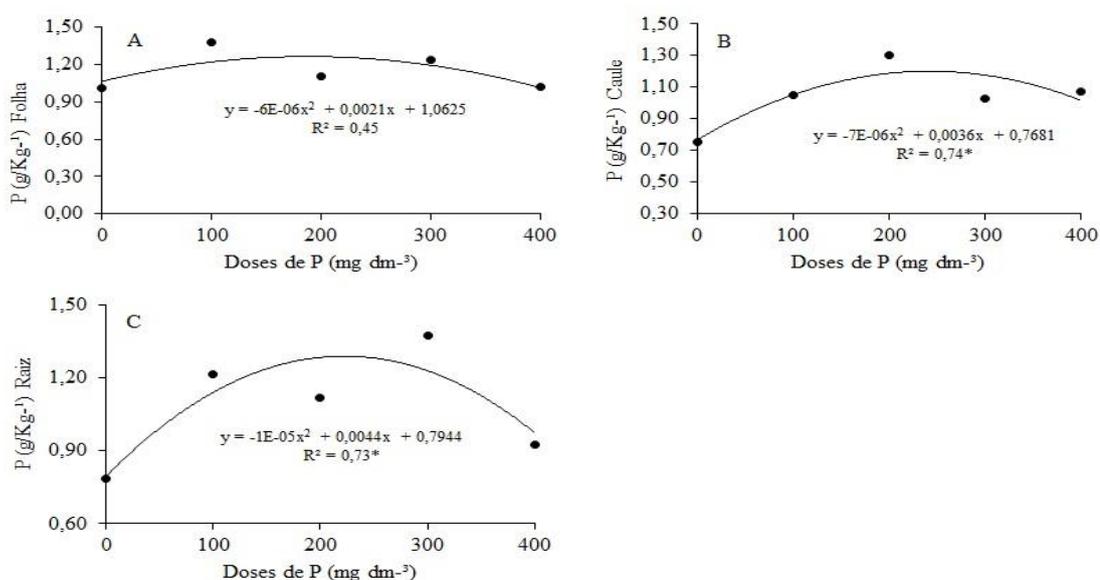
concentration, D- relation between internal and external CO<sub>2</sub> concentration, E- Transpiratory rate, F- excitation energy capture efficiency by the open reaction centers FSII, G-Quench photochemical and H- Electron transport rate.

Para o potencial hídrico a equação de melhor ajuste foi a linear crescente (Figura 5 A) indicando maior potencial hídrico como aumento das doses de fósforo, enquanto a condutividade hidráulica foliar apresentou comportamento proporcionalmente inverso, sendo a equação linear decrescente a de melhor ajuste (Figura 5B) de modo que o aumento de fósforo causou a diminuição da condutividade. As doses de fósforo que promoveram os maiores valores dentre os parâmetros citados foram 400 e 46,6 mg dm<sup>-3</sup>, respectivamente.



**Figura 5.** A- Potencial hídrico e B-Condutividade hidráulica foliar.  
**Figure 5.** A- Water potential and B-Leaf hydraulic conductivity.

As equações de regressão do teor de fósforo para folha, caule e raiz nas mudas de *H. stigonocarpa* se ajustaram a um modelo quadrático (Figura 6).

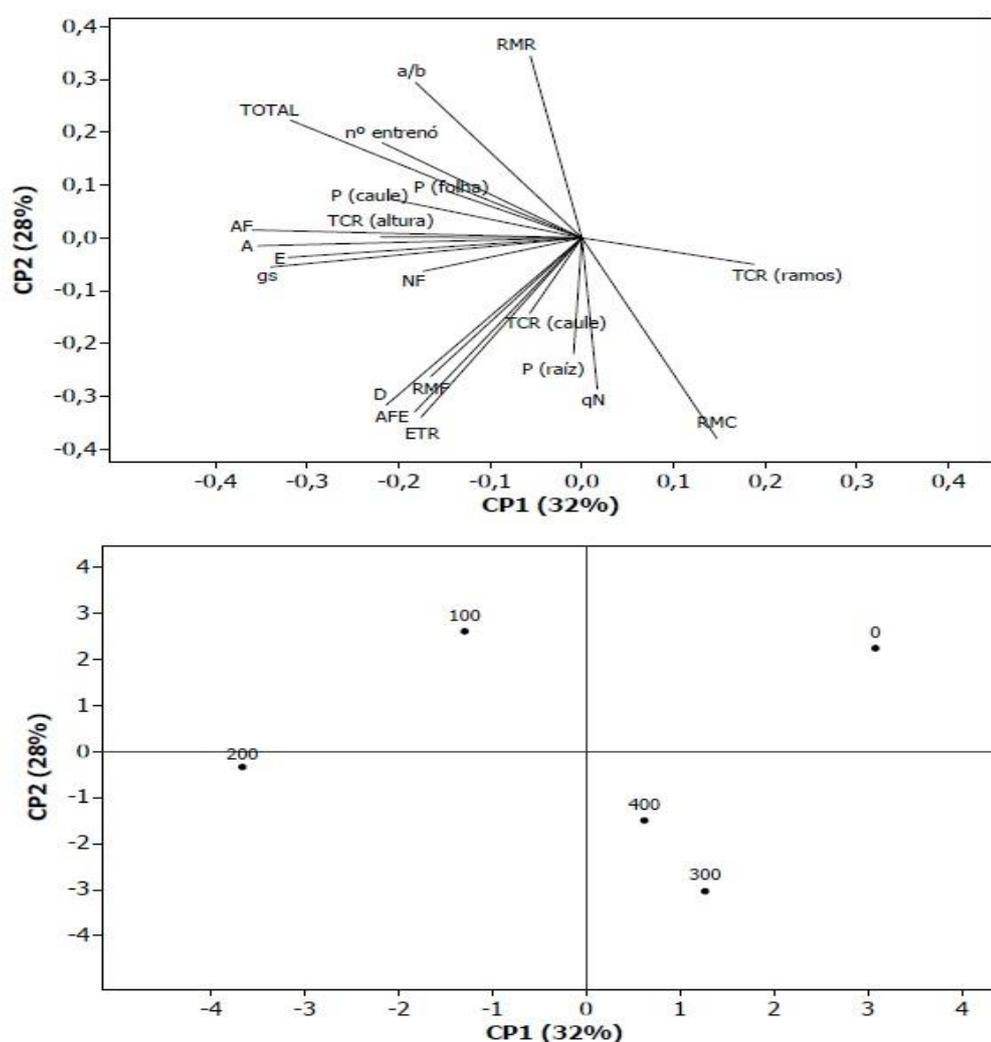


**Figura 6.** Teor de fósforo no tecido das mudas de *H. stigonocarpa* aos 270 dias após plantio. A- Concentração de fósforo nas folhas, B- no caule e C- nas raízes.

**Figure 6.** Phosphorus content in the tissue of *H stigonocarpa* seedlings at 270 days after planting. A- Phosphorus concentration in the leaves, B- in the stem and C- in the roots.

A máxima resposta encontrada do teor de P nas folhas foi na dose de 175 mg  $\text{dm}^{-3}$  (Figura 6A), para o caule a dose de 290 mg  $\text{dm}^{-3}$  (Figura 6 B) e raiz 250 mg  $\text{dm}^{-3}$  (Figura 6 C).

Na análise multivariada o CP2 contribui com 28% enquanto o CP1 contribui com 32% da variação encontrada, dessa forma, os resultados de ambos foram levados em consideração. Ao avaliar a análise multivariada fica evidente os efeitos que a adição de P promoveu nas mudas (Figura 7).



**Figura 7.** Análise multivariada das mudas de *H. stigonocarpa* submetidas a diferentes doses de fósforo.

**Figure 7.** Multivariate analysis of *H. stigonocarpa* seedlings submitted to different doses of phosphorus.

Observa-se que as variáveis estão voltadas para todos os quadrantes, exceto para o que contém a dose zero (testemunha), indicando que as doses em que o fósforo foi adicionado promoveram variações no comportamento nutricional, culminando em melhores parâmetros fisiológicos e morfológicos das mudas de *H. stigonocarpa*. No entanto, as variáveis AF, NF, TCR altura, NE, D, TCR (caule), AF, A, E, gs, AFE, a/b, RMF, RMR e P (folha e caule e raiz) foram direcionadas para os quadrantes contendo as menores doses de fósforo, 100 e 200 mg dm<sup>-3</sup>, indicando que valores próximos a essas, foram os de maior correlação entre as variáveis e as doses, sendo contrárias tanto a dose zero quanto as doses 300 e 400 mg dm<sup>-3</sup>, doses estas que promoveram menor correlação com essas variáveis (Figura 7).

Já para o solo em sua condição natural (testemunha) não houve correlação com nenhuma variável (Figura 7), e de fato, confirma que a adubação fosfatada em mudas de *H. stigonocarpa* promove efeito positivos sobre mudas. Para o quadrante contendo as doses de 300 e 400 mg dm<sup>-3</sup> foram direcionadas apenas as variáveis de RMC e TCR (ramos), pelo fato das doses estarem correlacionadas com a razão de massa caulinar e taxa de crescimento dos ramos (Figura 7).

## 5. DISCUSSÃO

Os resultados obtidos neste estudo revelam que, embora *H. stigonocarpa* seja uma espécie sensível à variação nutricional como demonstra a análise multivariada, é pouca responsiva a adubação fosfatada, resultados estes que estão de acordo com Soares et al. (2013) e Alves et al. (2015), pois mesmo que os diferentes tratamentos tenham promovido aumento em praticamente todas as variáveis estudadas, poucas delas se mostraram ser influenciadas significativamente pelas doses crescentes de P. No entanto, essa característica não é exclusiva da espécie estudada e sim de espécies pertencentes ao grupo sucessional clímax. Santos et al. (2008), ao avaliarem o comportamento de espécies florestais de diferentes grupos sucessionais em função também da adição de doses crescentes de fósforo, verificaram que as espécies climácicas como guanandi (*Calophyllum brasiliensis* Camb.) e óleo-bálsamo (*Myroxylon peruiferum* L. f.) praticamente não tiveram alteração do crescimento em função do aumento da dose de fósforo. Dessa forma, uma hipótese que parece condizente é a de que as plantas desse grupo apresentam baixa eficiência de utilização, sendo também menos responsivas ao fornecimento de fósforo (Tucci et al., 2011).

No entanto, algumas espécies podem desenvolver mecanismos para contornar a necessidade de adubação fosfatada por serem espécies de ambientes pobres em nutrientes, independente do grupo sucessional a qual pertencem. Dessa forma, espécies pioneiras também podem não responder a adubação fosfatada como é o caso do *Caryocar brasiliense* Camb. (Carlos et al., 2014) e *Swietenia macrophylla* (Tucci et al., 2011) espécies típicas do Cerrado e Amazônia, respectivamente, ambas com sementes consideradas grandes, assim como o *H. stigonocarpa*. Sugerindo que, o fato de algumas espécies do Cerrado não apresentarem respostas significativas a adubação pode também

estar relacionada ao fato de apresentarem sementes com amêndoa volumosa com um razoável teor de nutrientes que pode suprir de forma suficiente a fase de formação das mudas (Carlos et al., 2014).

Dentre o comportamento morfológico das mudas de *H. stigonocarpa* o que mais chama atenção é o aumento expressivo que as doses crescentes de fósforo promoveram no diâmetro das mudas, inversamente ao que ocorreu na altura das mudas. Isso pode estar ligado ao fato de que as mudas se tornam mais robustas e vigorosas, possivelmente para suportarem o aumento do número de folhas e da aérea foliar promovidas pelas doses crescentes de fósforo. Resultados semelhantes ao desse estudo também foram encontrados em *Coffea arabica* L., por Mera et al. (2011). Yamada et al. (2000) corroboram os dados obtidos ao afirmarem que, o que acontece é que algumas espécies tendem a alocar biomassa para o crescimento em espessura do caule por apresentar maior expansão de área fotossinteticamente ativa (maior copa) em microambiente menos iluminado para aumentar a absorção de luz e assim a atividade fotossintética. A espécie estudada por ser considerada clímax, ou seja, pouco exigente em luz, talvez esteja expressando suas características genéticas programadas para crescer e desenvolver como se estivesse em campo. Segundo McMachon (1973), há uma outra explicação para esse comportamento, plantas que investem menos em altura e mais em diâmetro estão estrategicamente buscando sustentação, isso ocorre principalmente em ambientes com condições ambientais adversas, como ventos intensos e inclinação do terreno, o que também explicaria em parte esse comportamento já que esses eventos não são incomuns em áreas de Cerrado, onde a espécie estudada geralmente é encontrada. Dessa forma, segundo Souza et al. (2006), é importante destacar que o diâmetro do colo é de fundamental importância na avaliação do potencial da muda para sobrevivência e crescimento após o plantio.

O fato das doses crescentes de fósforo não terem promovido diferença estatística nas concentrações de clorofilas, mesmo que tenha havido aumento diante das doses neste estudo, está de acordo com o encontrado por Nascimento et al. (2014) que também constaram que a supressão de P 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 & Zeiger, 2013) e não o fósforo.

Em termos fisiológicos, de acordo com a análise multivariada, o aumento da área foliar promovida pelas doses crescentes de P, também promoveu o aumento da condutância estomática das mudas de *H. stigonocarpa*, e resulta em maior influxo de

CO<sub>2</sub> e conseqüentemente maior taxa fotossintética, requerendo o aumento de saída de água, ou seja, maior transpiração. Isso tudo porque, evidentemente como mostra a análise multivariada, o aumento das doses de P permitiu maior proporção de luz absorvida pelas clorofilas no fotossistema II ser direcionada para a etapa fotoquímica. Além disso, o aumento na eficiência de captura de energia de excitação pelos centros de reação abertos do FSII e as altas taxas transportadoras de elétrons também tenderam a aumentar, e gera a elevação da produção de NADPH e ATP, conseqüentemente maior fotossíntese, maior fixação de carbono e investimento em biomassa como observado para várias variáveis aqui estudadas, embora estatisticamente não tenha expressado diferença entre os tratamentos.

Nas mudas de *H. stigonocarpa*, o potencial hídrico tendeu a aumentar enquanto a condutividade hidráulica foliar diminuiu com as doses crescentes de P. Isso pode estar relacionado ao fato das mudas terem ganho biomassa em função do aumento de folhas, área foliar e diâmetro. Barnard & Ryan (2003), corroboram os resultados obtidos neste estudo ao relatarem que a hipótese de limitação hidráulica propõe que o aumento do caminho a ser percorrido pela água no interior da planta diminui a condutividade hidráulica da folha.

Entre os parâmetros de biomassa avaliados, percebe-se que a biomassa das folhas, caule e raiz tende a diminuir quando exposta as maiores doses de P, no entanto essa queda foi mais expressiva na biomassa da raiz. De acordo com Marschner et al. (1996), o crescimento radicular é favorecido principalmente em solos deficientes em nutrientes, notadamente em N e em P, como estratégia para aumentar a área de busca e absorção com intuito de extrair o máximo dos nutrientes presente no solo (Fernandes, 2000). Dessa forma, as mudas de *H. stigonocarpa* submetidas as maiores doses de fósforo não teriam motivos para continuar investindo em biomassa radicular para aumentar sua área de absorção, já que a quantidade necessária ou até mesmo suficiente está sendo lhe oferecida por meio da adubação. Com isso, não há necessidade de aumentar a biomassa radicular em tais condições, levando as mudas a direcionarem o investimento de biomassa para a parte aérea. Esse redirecionamento de biomassa promoveram os ganhos já citados, como aumento na taxa de crescimento do caule, diâmetro, número de folhas e área foliar.

A área foliar exprime o efeito do surgimento e expansão das folhas, interação com a entrada de CO<sub>2</sub> e fluxo de energia, afetando diretamente a intercepção de radiação solar, fotossíntese, acumulação de biomassa, transpiração e troca de gasosas

(Kandiannan et al., 2009). Diante disso, o aumento significativo da área foliar das mudas de *H. stigonocarpa* mediante a doses crescentes de fósforo, propiciaram aumento na capacidade das mudas de captar a energia solar para aumentar a taxa fotossintética e conseqüentemente, o ganho de biomassa na parte aérea. Em outros estudos a adubação fosfatada também promoveu ganhos na área foliar como é o caso de *Jatropha curcas* L. (Lima et al., 2011) e *Coffea arabica* L. (Mera et al., 2011).

O fato do teor de fósforo ter sido maior nas menores doses e menor nas maiores para as mudas de *H. stigonocarpa* pode estar associado ao fato de que tanto o excesso quanto a deficiência de fósforo podem afetar negativamente a taxa de crescimento das plantas. Em condições de alta concentração de P na raiz, parte desse nutriente é exportado para parte aérea e quando em concentrações suficientes para satisfazer as necessidades da planta, é reduzido a absorção desse nutriente pelo sistema radicular, promovendo assim, redução nas demais partes da planta, já que quantidades excessivas podem causar toxidez e conseqüentemente afetar diretamente o crescimento (Magadlela et al., 2014).

Além disso, altas concentrações de P podem inibir a absorção de outros nutrientes necessários ao crescimento e desenvolvimento das plantas. Segundo Araújo & Machado (2006) a adição de fósforo pode diminuir o transporte de zinco da raiz para a parte aérea. Com a dissolução dos fertilizantes fosfatados são liberados íons H<sup>+</sup>, e a absorção do zinco é sensível às variações de pH. Essa alteração do pH também pode promover a precipitação de zinco nos componentes do solo, comprometendo sua disponibilidade para absorção pelas plantas (Silva & Trevizam, 2015). E a deficiência de zinco nas plantas acaba interferindo na composição das enzimas como álcool desidrogenases, anidrase carbônica e RNA polimerase e também na ativação de outras como a frutose 1,6 difosfato, que regula a quebra de açúcares no citoplasma e cloroplasto (Kirkby & Römheld, 2007). Por tanto, baixas e altas concentrações de fósforo podem ser prejudiciais as plantas, assim como é para *H. stigonocarpa*, como mostra a análise multivariada.

## 6. CONCLUSÃO

A adubação fosfatada promoveu variações positivas no comportamento fisiológico e morfológico das mudas de *H. stigonocarpa*, de modo que se observou mudas mais robustas e vigorosas.

As doses de maior efeito sobre as variáveis estudadas em *H. stigonocarpa* foi de a de 100 mg dm<sup>3</sup> e 200 mg dm<sup>-3</sup> de P. Sendo a dose de 200 mg dm<sup>-3</sup> a mais recomendada para a adubação fosfatada em mudas de *H. stigonocarpa*.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aidar MPM, Martinez CA, Costa PMF, Dietrich SMC, Buckeridge MS. Effect of atmospheric CO<sub>2</sub> enrichment on the establishment of seedlings of jatobá, *Hymenaea courbaril* L. (Leguminosae, Caesalpinioideae). *Biota neotropical* 2002, 2(1):1-10.

Alves JDN, Souza FCA, Oliveira ML, Oliveira MCMA, Okumura RS. Fontes de fósforo no crescimento inicial de mudas de jatobá-do-cerrado (*Hymenaea stigonocarpa* Mart.). *Nucleus* 2015, 12(2): 299-308.

Araújo AP, Machado CTT. Fósforo. In: FERNADES, M. S. (Ed.). *Nutrição mineral de plantas*. Viçosa: SBCS, 2006. p. 253-280.

Barnard HR, Ryan MG. A test of the hydraulic limitation hypothesis in fast-growing *Eucalyptus saligna*. *Plant, Cell and Environment* 2003, 26(8):1235-1245.

Carlos L, Venturin N, Macedo RLG, Higashika WAEM, Garcia MB, Farias ES. Crescimento e nutrição mineral de mudas de pequi sob efeito da omissão de nutrientes. *Ciência Florestal* 2014, 24(1): 13-21.

Costa CB, Castellani DC, Souza AL, Silva AC. *Boas Práticas de Manejo para o Extrativismo Sustentável do Jatobá*. Brasília: Instituto Sociedade, População e Natureza. 2015. 76 p.

Costa JNM, Durigan G. *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit (Fabaceae): Invasora ou ruderal? *Revista Árvore* 2010, 34 (5):825-833.

Brodribb TJ, Holbrook NM. Leaf physiology does not predict leaf habitat; examples from tropical dry forest. *Trees* 2005, 19(3):290-295.

Delarmelina WM, Caldeira MVW, Faria JCT, Gonçalves EO, Rocha RLF. Diferentes Substratos para a Produção de Mudas de *Sesbania virgata*. *Floresta e Ambiente* 2014, 21(2): 224-233.

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 - Embrapa. Sistema brasileiro de classificação de solos. 3.ed. Brasília, 2013. 353p.

Fernandes LA. Crescimento inicial, níveis críticos de fósforo e frações fosfatadas em espécies florestais. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 2000, 35(6):1191-8.

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

Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio De Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/fb83206>>. Acesso em: 18 jul. 2017.

Freiberger MB, Guerrini IA, Galetti G, Fernandes DM, Corrêa JC. Crescimento inicial e nutrição de cedro (*Cedrela fissilis* Vell.) em função de doses de nitrogênio. *Revista Árvore* 2013, 37(3): 385-392.

Haridasan M. Nutritional adaptations of native plants of the Cerrado biome in acid soils. *Brazilian Journal of Plant Physiology* 2008, 20(3):183-195.

Jadoski SO, Lopes EC, Maggi MF, Suchoronczek A, Saito LR, Denega S. Método de determinação da área foliar do cultivar de batata Ágata a partir de dimensões lineares. *Semina: Ciências Agrárias* 2012, 33(1): 2545-2554.

Kandiannan K, Parthasarathy U, Krishnamurthy KS, Thankamani KC, Srinivasan V. Modeling individual leaf area of ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) using leaf length and width. *Scientia Horticulturae* 2009, 120(4): 532-537.

Kirkby EA, Römheld V. Micronutrientes na fisiologia de plantas: funções, absorção e mobilidade. *Encarte das informações agronômicas*, 118, 2007.

Leite GLD, Silva FWS, Guanabens RGM, Fernandes LA, Figueiredo LS, Silva LF. NPK and flavonoids affecting insect populations in *Dimorphandra mollis* seedlings. *Acta Scientiarum. Agronomy* 2012, 34 (1):17-22.

Lima RLS, Severino LS, Gheyi HR, Sofiatti V, Arriel NHC. Efeito da adubação fosfatada sobre o crescimento e teor de macronutrientes de mudas de pinhão manso. *Revista Ciência Agronômica* 2011, 42(4): 950-956.

Lorenzi HE, Matos FJA. Plantas medicinais no Brasil: nativas e exóticas. Nova Odessa: Instituto Plantarum. 2008. 544 p.

Magadla A, Kleinert A, Dreyer LL, Valentinea AJ. Low-phosphorus 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.

Marschner H. Mineral nutrient acquisition in nonmycorrhizal and mycorrhizal plants. *Phyton- Annales Rei Botanicae* 1996, 36 (3): 61-68.

McMachon TA. Size and shape in biology. *Science* 1973, 179(4079) :1201-120.

Mera AC, Oliveira CAS, Guerra AF, R GC. Regimes hídricos e doses de fósforo em cafeeiro. Regimes hídricos e doses de fósforo em cafeeiro. *Bragantia* 2011, 70(2): 2302-311.

MINITAB. Minitab Statistical Software. 2011. Disponível em: <<http://www.minitab.com/en-US/Products/>>.

Mori ES, Piña-Rodrigues FCM, Ivanauskas NM, Freitas NP, Brancalion PHS, Martins RB. Guia para germinação de 100 espécies nativas. In: MORI, E. S.; PIÑA-RODRIGUES, F. C. M.; FREITAS, N. P. (Ed.). Sementes Florestais: guia para germinação de 100 espécies nativas. São Paulo: Instituto Refloresta, 2012. p.154.

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.

Oliveira DL. Viabilidade econômica de algumas espécies medicinais nativas do Cerrado. *Estudos* 2011, 38(2): 301-332.

Oliveira Neto NE, Fonseca CR, Carvalho FA. Problema das espécies arbóreas exóticas comercializadas nos viveiros florestais: Estudo de caso no município de Juiz de fora (MG). *Revista de Biologia Neotropical* 2014, 11(1): 28-46.

Orsi PR, Bonamin F, Severi JA, Santos C, Vilegas W, Hiruma-Lima CA, Stasi LC. *Hymenaea stigonocarpa* Mart. ex Hayne: A Brazilian medicinal plant with gastric and duodenal anti-ulcer and antidiarrheal effects in experimental rodent models. *Journal of Ethnopharmacology* 2012, 143(1):81–90.

Raij BV. Avaliação da fertilidade do solo. Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1981. 142p.

Rego GM, Negrelle RB, Morellato LPC. Fenologia Ferramenta para Conservação, Melhoramento e Manejo de Recursos Vegetais Arbóreos. Embrapa Florestas, 2007, 38p.

Rocha JHT, Pietro MR, Boreli K, Backes C, Neves MB. Produção e desenvolvimento de mudas de eucalipto em função de doses de fósforo. *Cerne* 2013, 19(4): 535-543.

Santos RA, Tucci CAF, Hara FAZ, Silva WG. Adubação fosfatada para a produção de mudas de mogno (*Swietenia macrophylla* King). *Acta amazônica* 2008, 38(3): 453-458.

Santos JZL, Resende AV, Furtini Neto AE, Corte EF. Crescimento, acúmulo de fósforo e frações fosfatadas em mudas de sete espécies arbóreas nativas. *Revista Árvore* 2008, 32(5): 799 - 807.

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.

Scholander PF, Hamell HT, Bradstreet ED, Hemmingsen EA. Sap pressure in vascular plants. *Science* 1965, 148(1): 339-346.

Scholz FG, Bucci SJ, Golstein G, Meinzer FC, Franco AC, Miralles-Wilhelm F. Removal of nutrient limitations by long-term fertilization decreases nocturnal water loss in savanna trees. *Tree Physiology* 2006, 27(4): 551-559.

Silva AF, Rabelo MFR, Enoque MM. Diversidade de angiospermas e espécies medicinais de uma área de Cerrado. *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais* 2015, 17(4):1016-1030.

Silva MLS, Trevizam AR. Interações iônicas e seus efeitos na nutrição das plantas. *Informações agronômicas*, 149, 2015.

Silva MR, Silva MS, Martins KA, Borges S. Utilização tecnológica dos frutos de jatobá-do-cerrado e de jatobá-da-mata na elaboração de biscoitos fontes de fibra

alimentar e isentos de açúcares. *Ciência e Tecnologia de Alimentos* 2001, 21(2):176–182.

Shabnam R, Iqbal MT. Understanding phosphorus dynamics on wheat plant under split-root system in alkaline soil. *Brazilian Journal of Science and Technology* 2016, 3(19): 1 – 16.

Soares JN, Reis JMR, Pereira IS, Reis MR, Gontijo RG. Avaliação do desenvolvimento de mudas de jatobá-do-cerrado (*Hymenaea stigonocarpa* Mart.) em diferentes fontes de fósforo. *Revista do Centro Universitário de Patos de Minas* 2013, 13(4):35–41.

Souza CAM, Oliveira RB, Martins Filho S, Lima JSS. Crescimento em campo de espécies florestais em diferentes condições de adubação. *Ciências Florestais* 2006, 16(3):243 – 249.

Souza NH, Marchetti ME, Carnevali TO, Ramos DD, Scalon SPQ, Oliveira MT. Crescimento inicial de *Stryphnodendron polyphyllum* (Mart.) em resposta à adubação com N e P. *Cerne* 2014, 20(3): 441-447.

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

Tucci CAF, Santos JZL, Silva-Junior CH, Souza PA, Batista IMP, Venturin N. Desenvolvimento de mudas de *Swietenia macrophylla* em resposta a nitrogênio, fósforo e potássio. *Floresta* 2011, 41(3):471-490.

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