

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

**DETERMINAÇÃO DO CRESCIMENTO E VIGOR DE
MUDAS DE JATOBÁ (*Hymenaea courbaril* L.)
CULTIVADAS EM SISTEMA HIDROPÔNICO, ATRAVÉS
DE ATRIBUTOS FISIOLÓGICOS MORFOANATÔMICOS
E NUTRICIONAIS**

Autora: Daniele de Cássia Vieira de Sousa
Orientadora: Prof^ª Dr^ª Layara Alexandre Bessa

Rio Verde - GO
Janeiro – 2020

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

**DETERMINAÇÃO DO CRESCIMENTO E VIGOR DE
MUDAS DE JATOBÁ (*Hymenaea courbaril* L.)
CULTIVADAS EM SISTEMA HIDROPÔNICO, ATRAVÉS
DE ATRIBUTOS FISIOLÓGICOS MORFOANATÔMICOS
E NUTRICIONAIS**

Autora: Daniele de Cássia Vieira de Sousa
Orientadora: Prof^a Dr^a Layara Alexandre Bessa

Dissertação apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS – AGRONOMIA, ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias - Agronomia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano. – Campus Rio Verde - Área de Concentração em fisiologia, bioquímica e pós-colheita de produtos vegetais.

Rio Verde – GO
Janeiro - 2020

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

SS725d Sousa, Daniele de Cássia Vieira de
DETERMINAÇÃO DO CRESCIMENTO E VIGOR DE MUDAS DE
JATOBÁ (Hymenaea courbaril L.) CULTIVADAS EM SISTEMA
HIDROPÔNICO, ATRAVÉS DE ATRIBUTOS FISIOLÓGICOS
MORFOANATÔMICOS E NUTRICIONAIS / Daniele de Cássia
Vieira de Sousa; orientadora Layara Alexandre
Bessa; co-orientadora Luciana Cristina Vitorino.--Rio
Verde, 2020.
73 p.

Dissertação (Mestrado - Programa de Pós-
Graduação em Ciências Agrárias - Agronomia) --
Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde, 2020.

1. Espécie florestal. 2. Hidroponia. 3. Nutrição
florestal. 4. Desenvolvimento. I. Alexandre
Bessa, Layara, orient. II. Cristina Vitorino, Luciana,
co-orient. III. Título.



TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

Identificação da Produção Técnico-Científica

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Tese | <input type="checkbox"/> Artigo Científico |
| <input checked="" type="checkbox"/> Dissertação | <input type="checkbox"/> Capítulo de Livro |
| <input type="checkbox"/> Monografia – Especialização | <input type="checkbox"/> Livro |
| <input type="checkbox"/> TCC - Graduação | <input type="checkbox"/> Trabalho Apresentado em Evento |
| <input type="checkbox"/> Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____ | |

Nome Completo do Autor: Daniele de Cássia Vieira de Sousa

Matrícula: 2018102310140028

Título do Trabalho: DETERMINAÇÃO DO CRESCIMENTO E VIGOR DE MUDAS DE JATOBÁ (*Hymenaea courbaril* L.) CULTIVADAS EM SISTEMA HIDROPÔNICO, ATRAVÉS DE ATRIBUTOS FISIOLÓGICOS MORFOANATÔMICOS E NUTRICIONAIS

Restrições de Acesso ao Documento

Documento confidencial: Não Sim, justifique: Artigo em fase de submissão e análise

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: 13/05/2021

O documento está sujeito a registro de patente? Sim Não

O documento pode vir a ser publicado como livro? Sim Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O/A referido/a autor/a declara que:

- o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- obteve autorização de quaisquer materiais incluídos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Rio Verde, 13/05/2021
Local Data

Danielle de Cássia V. de Sousa

Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

Ciente e de acordo:

Assinatura do(a) orientador(a)

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

DETERMINAÇÃO DO CRESCIMENTO E VIGOR DE
MUDAS DE JATOBÁ (*Hymenaea courbaril* L.) CULTIVADO
EM SISTEMA HIDROPÔNICO, ATRAVÉS DE ATRIBUTOS
FISIOLÓGICOS, MORFOANATÔMICOS E
NUTRICIONAIS.

Autora: Daniele de Cássia Vieira De Sousa
Orientadora: Dra. Layara Alexandre Bessa

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

APROVADA em, 30 de janeiro de 2020.



Prof.ª. Dra. Sueislá Lopes Rezende Silva
Avaliadora externa
UFJ – Jataí GO



Prof. Dr. Roniel Geraldo Ávila
Avaliador interno
IF Goiano – Campus Rio Verde



Prof.ª. Dra. Layara Alexandre Bessa
Presidente da banca
IF Goiano – Campus Rio Verde

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, pela saúde, perseverança e por não permitiu desistir nas provações diárias e fazendo acreditar em dias melhores, por sua compreensão, tolerância e infinito amor, enfim, obrigado por tudo. Agradeço imensamente minha mãe Nazaré Vieira de Sousa, pelo incentivo e apoio.

A Prof.^a Layara, pela orientação, competência, profissionalismo, dedicação, pelos conselhos e palavras de incentivo, obrigado por acreditar em mim, eu não chegaria neste ponto sem o seu apoio. A Prof.^a Luciana Cristina Vitorino, pela coorientadora, dedicação e paciência. Aos membros da banca examinadora, Prof.^a Sueisla Lopes Rezende Silva e Prof. Roniel Geraldo Ávila, que tão gentilmente aceitaram participar e colaborar com esta dissertação. Não deixo de agradecer também o imprescindível apoio da FAPEG – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás, pela bolsa concedida para a condução do mestrado e ao programa de Pós-graduação em Ciência Agrárias-Agronomia. A todos os demais amigos e amigas, aos colegas de laboratório e grupo de pesquisa, obrigado pelo convívio, amizade e apoio demonstrado.

BIOGRAFIA DO ALUNO

Daniele de Cássia Vieira de Sousa, natural do município de Santana do Araguaia-PA, filha de Nazaré Vieira de Sousa. Formada em Engenharia Agrônômica pela Universidade Federal do Tocantins no Campus de Gurupi. Durante sua graduação foi bolsista remunerada na modalidade permanência, estudante integrante do grupo de pesquisa, NEF (núcleo de estudos fitotécnicos) desenvolvendo também projeto de pesquisa com ênfase em manejo e tratamentos culturais, intitulado “Rendimento e Clorofila de Cultivares de Feijão- Caupi em Função de Diferentes Épocas de Plantio.”

SÚMARIO

RESUMO.....	vii
ABSTRACT.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
CAPÍTULO I.....	ix
CAPÍTULO II.....	x
1. INTRODUÇÃO GERAL.....	14
2. OBJETIVOS	15
2.1 Geral.....	15
2.2 Específicos.....	15
3. REVISÃO DE LITERATURA	16
3.1 Jatobá (<i>Hymenaea courbaril</i> L.).....	16
3.2 Nutrição Mineral	16
3.3 Parâmetros anatômicos, morfológicos e fisiológicos.....	17
4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	19
CAPÍTULO I	23
RESUMO.....	23
ABSTRACT.....	24
1. INTRODUÇÃO	25
2. MATERIAL E MÉTODOS	26
2.1. Condições de Cultivo	26
2.2. Avaliações de Crescimento	27
2.3. Avaliações Fisiológicas.....	28
3. RESULTADOS.....	30
3.1. Curva de crescimento e teor de clorofila.....	30
3.2. Fluorescência da clorofila a.....	30
3.3. Cinética da Fluorescência (teste OJIP)	37
3.4. Trocas gasosas	40
3.5. Análise de componentes principais e correlação	Erro! Indicador não definido.
4. DISCUSSÃO	Erro! Indicador não definido.
5. CONCLUSÃO	43
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	44
CAPÍTULO II	47

1. INTRODUÇÃO	48
2 MATERIAL E MÉTODOS	50
2.1 Condições de Cultivo	51
2.2 Análise estatística.....	52
3. Resultados e Discussão	52
3.1 Caracterização morfoanatômica foliar de mudas de <i>Hymenaea courbaril</i> L.....	52
3.2 Acúmulo de macronutrientes e micronutrientes em mudas de <i>Hymenaea courbaril</i> L.....	59
4. CONCLUSÃO	67
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	68

RESUMO

SOUSA, D C V. Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde – GO, janeiro de 2020.
Determinação do crescimento e vigor de mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) Cultivadas em sistema hidropônico, através de atributos fisiológicos morfoanatômicos e nutricionais. Orientadora: Layara Alexandre Bessa; Coorientadora: Luciana Cristina Vitorino.

O jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) frutífera nativa local, uma espécie promissora para a produção florestal, possui excelentes propriedades madeireiras. No entanto, pouco se conhece a respeito das exigências nutricionais e respostas fisiológicas pela falta de estudos científicos. O estudo I, teve como objetivo avaliar as respostas fisiológicas da frutífera neotropical *Hymenaea courbaril* (leguminosae: Caesalpinioideae) associadas a curva de crescimento em sistema hidropônico, em casa de vegetação. No estudo II, objetivou-se avaliar o crescimento nutricional e morfoanatomia de *Hymenaea courbaril* L. cultivadas em sistema hidropônico. O experimento de casa de vegetação foi conduzido no Instituto Federal Goiano no município de Rio Verde, onde plantas de jatobá, foram cultivadas em solução nutritiva, cada parcela foi constituída por um vaso de oito litros de solução nutritiva com duas plantas. A partir dos 30 dias após o transplântio (DAT), a cada 30 dias foram realizadas avaliações de crescimento e avaliações fisiológicas. Os tratamentos foram constituídos por seis épocas de avaliação aos (30; 60; 90; 120; 150; e 180 DAT). Para a obtenção do crescimento e absorção nutricional, as mudas de jatobá foram cultivadas em solução nutritiva pelo período de 180 dias. Foram realizadas avaliações das características fenotípicas de crescimento (diâmetro do caule, número de folhas, número de nós, comprimento da raiz, comprimento do caule e área foliar, análises fisiológicas (trocas gasosas e fluorescência) e morfoanatômicas ao final do experimento, assim como a mensuração da massa seca das plantas e a quantificação dos nutrientes. Os teores de macro e micronutrientes obedeceram a seguinte ordem em mudas de Jatobá: N>Ca>K>P>Mg>S e Fe>Mn>B>Zn>Cu. Após os 120 dias foi observado manutenção nos padrões de crescimento linear das plantas de jatobá, embora tenha sido verificada queda nos parâmetros de trocas gasosas, fluorescência e pigmentos.

Palavras-chaves: Espécie florestal; hidroponia; nutrição florestal, desenvolvimento.

ABSTRACT

SOUSA, D C V. Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde – GO, January de 2020. **Growth and vigor determination of jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) seedlings Cultivated in a hydroponic system through morphoanatomic and nutritional physiological attributes.** Advisor: Layara Alexandre Bessa. Co advisors: Luciana Cristina Vitorino.

The native fruit jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) is a promising species for forest production, as it has excellent wood properties. Actually, little is known about nutritional requirements and physiological responses due to the lack of scientific studies. The present study aimed to evaluate the physiological responses of neotropical fruit *Hymenaea courbaril* (leguminosae: Caesalpinioideae) associated with a hydroponic growth curve, in a greenhouse. In the second study, the objective was to evaluate the nutritional growth and morphoanatomy of *Hymenaea courbaril* L. grown in a hydroponic system. The greenhouse experiment was carried out at the Goiano Instituto Federal in the Rio Verde municipality, where jatobá plants were grown in nutrient solution, each plot consisting of an eight liter pot of nutrient solution with two plants. From 30 days after transplantation (DAT), growth and physiological assessments were performed every 30 days. The treatments consisted of six evaluation periods at (30; 60; 90; 120; 150; and 180 DAT). To obtain growth and nutritional absorption, the jatobá seedlings were grown in nutrient solution for a period of 180 days. Evaluations of phenotypic growth characteristics (stem diameter, leaves number, nodes number, root length, stem length and leaf area), physiological analyzes (gas exchange and fluorescence) and morphoanatomical analyzes at the end of the experiment were carried out, as well as plant dry mass measurement and nutrients quantification. The macro and micronutrient contents followed the following order in Jatobá seedlings: N> Ca> K> P> Mg> S and Fe> Mn> B> Zn> Cu. After 120 days, a maintenance in the linear growth patterns of the jatobá plants was observed, although a drop was observed in the parameters of gas exchange, fluorescence and pigments.

Keywords: Forest species; hydroponics; forest nutrition, development.

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO I

- Figura 1.** a) Diâmetro do caule (DC) e comprimento do caule (CC); b) número de folhas (NF) e número de nós (NN); c) comprimento de raiz (CR) e d) área foliar (AF) de mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) em função dos dias após o transplântio.....32
- Figura 2.** Aspecto visual de mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.), cultivadas em sistema hidropônico, aos 30 (A), 60 (B), 90 (C), 120 (D), 150 (E) e 180 (F) dias, após o transplântio33
- Figura 3.** Produção de massa da matéria seca da folha (MSF), caule (MSC), raiz (MSR) e total (MST), em mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) em função dos dias após o transplântio.....34
- Figura 4.** Teores de clorofila a, b, clorofila total e carotenóides observados em folhas de mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.), cultivadas em sistema hidropônico em função dos dias após o transplântio.....35
- Figura 5.** Parâmetros de fluorescência da clorofila *a*: Fluxo e específico de absorção por centro de reação (ABS/RC) (a), fluxo específico de captura por centro de reação (TR0/RC) (b), fluxo específico de transporte de elétrons por centro de reação (ET0/ RC) (c) e fluxo específico de dissipação da energia (DIO/RC) (d), observada em folhas de mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.), em função dos dias após o transplântio.....37
- Figura 6.** Parâmetros de fluorescência da clorofila *a*: Probabilidade de um éxciton mover um elétron pela cadeia transportadora de elétrons, após a Quinona (Qa)(PSI_o) (a), rendimento quântico máximo de fotoquímica primária (PHI_{Po}) (b), rendimento quântico do transporte de elétrons (PHI_{Eo}) (c) e índice de desempenho fotossintético (PHIA_{BS}) (d), observados em mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) cultivadas em sistema hidropônico, em função dos dias após o transplântio.....38
- Figura 7.** Cinética de emissão da fluorescência ou curva de Kautsky, em mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) cultivadas em sistema hidropônico, em função dos dias após o transplântio.....39
- Figura 8.** Taxa fotossintética (A) (a), Concentração interna de CO₂ (Ci) (b), condutância estomática (G_{sw}) (c) e taxa de transpiração (E) (d), observados em mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) cultivadas em sistema hidropônico, em função dos dias após o transplântio.....40

Figura 9. Análise de componentes principais de variáveis biométricas, pigmentos cloroplastídicos, parâmetros da fluorescência da clorofila a e trocas gasosas, de mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) cultivadas em sistema hidropônico em função dos dias após o transplântio.....41

Figura 10. Coeficientes de correlação de variáveis biométricas, pigmentos, parâmetros da fluorescência da clorofila a e trocas gasosas, observadas em mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) cultivadas em sistema hidropônico, em função dos dias após o transplântio.42

CAPÍTULO II

Figura 1. Fotos dos estômatos do jatobá (*Hymenaea Courbaril* L.) em diferentes épocas: 30 DAT (A); 60 DAT (B); 90 DAT (C); 120 DAT (D); 150 DAT (E); e 180 DAT (F)...59

Figura 2. Análise anatômica de atributos de: espessura da epiderme das faces adaxial (A); espessura da epiderme abaxial (B); espessura do parênquima paliçádico (C); espessura do parênquima lacunoso (D); mesofilo (E); e espessura total do limbo (F) em mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.), em função dos dias após o transplântio.....60

Figura 3. Fotomicrografias de folhas de *Hymenaea courbaril* L., cortes transversais mostrando estruturas anatômicas, após 30 DAT (A), 60 DAT (B), 90 DAT (C), 120 DAT (D), 150 DAT (E) e 180 DAT, Barra de escala 100 µm.....60

Figura 4. Análise anatômica de atributos de comprimento estomático vertical (A); comprimento estomático horizontal (B); densidade estomática (C); e média estomática (D), em mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) em função dos dias após o transplântio. Barra de escala 100 µm.....64

Figura 5. Cortes transversais do caule de *Hymenaea courbaril* L., aspecto geral de mudas em diferentes épocas: 30 DAT (A); 60 DAT (B); 90 DAT (C); 120 DAT (D); 150 DAT (E); e 180 DAT (F). fi: fibras, fl: floema, xi: xilema. Barras: C (500 µm).....64

Figura 6. Cortes transversais da raiz de *Hymenaea courbaril* L., aspecto geral de mudas em diferentes épocas: 30 DAT (A); 60 DAT (B); 90 DAT (C); 120 DAT (D); 150 DAT (E); e 180 DAT (F). fi: fibras, fl: floema, xi: xilema. Barras: C (500 µm).....64

Figura 7. Relação entre dias após o transplântio e características dos vasos do xilema (elementos de vasos) e floema (elementos de tubo crivado) do caule e raiz de mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.): (A) diâmetro do vaso; (B) comprimento do vaso; (C) tubo crivado caule e (D) tubo crivado raiz. Barra de escala 100 µm.....64

Figura 8. Teor na folha (A), Caule (B) e Raiz (C) de: Nitrogênio; Fósforo; Potássio; Cálcio; Magnésio e Enxofre em mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.), em função dias após o transplântio em solução nutritiva.....64

Figura 9. Teor na folha (A), Caule (B) e Raiz (C) de Boro, Manganês, Cobre, Ferro e Zinco em mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.), em função dias após o transplântio em solução nutritiva.....64

LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS E ABREVIATURAS

AF	Área foliar
Ant	Antocianina
B	Boro
Ca	Cálcio
Cl a	Clorofila A
Cl b	Clorofila B
CO ₂	Dióxido de carbono
cm ²	Centímetros quadrados
CP	Célula plasmolizada
Cu	Cobre
DAT	Dias após o transplântio
DIo/RC	Fluxo específico de dissipação da energia
DC	Diâmetro do caule
Ep ad	Epiderme adaxial
Fe	Ferro
Fi	Fibra
Fv/Fo	Rendimento quântico efetivo de conversão da energia fotoquímica
FSI	Fotossistema 1
FSII	Fotossistema 2
Fv/Fm	Rendimento quântico máximo potencial do FS II.
Flav	Flavonoides
g kg ⁻¹	Gramas por quilo
GS	Glutamina sintetase
Ph	Floema
ICF	Índice de clorofila Falker
K	Potássio
MF	Massa fresca
Mg	Magnésio
mg kg ⁻¹	Miligramas por quilo
mm ²	Milímetro quadrado
Mn	Manganês

Mo	Molibdênio
MSC	Massa seca do caule
MSF	Massa seca das folhas
MSR	Massa seca da raiz
MST	Massa seca total
N	Nitrogênio
Nm	Nanômetros
OJIP	Fluorescência transiente
P	Fósforo
pH	Potencial de hidrogênio iônico
PP	Parênquima paliçádido
PhiDo	Rendimento quântico da dissipação de energia na forma de calor.
PSIo	Rendimento quântico.
PHIEo	Rendimento quântico do transporte de elétrons.
PhiPo	Rendimento quântico máximo de fotoquímica primária
PIABS	Índice de desempenho fotossintético.
PHIPAv	Rendimento quântico médio de fotoquímica primária.
S	Enxofre
SP	Parênquima esponjoso
Xi	Xilema
Zn	Zinco
µm	Micrometro
µm ²	Micrometro quadrado

1. INTRODUÇÃO GERAL

O Cerrado brasileiro se encontra entre os biomas com maior biodiversidade do Mundo, possuindo várias espécies nativas que merecem especial atenção, sendo notória a preocupação em relação à sua flora, principalmente no que diz respeito às frutíferas, por suas características e usos (PINHAL et al., 2011). Estas características únicas creditam aos frutos um potencial de exploração nacional e internacional, despertando o interesse dos consumidores e contribuindo com a busca das indústrias por inovações que proporcionem desenvolvimento competitivo (MORZELLE et al., 2015).

O jatobá, (*Hymenaea courbaril* L.) é uma planta frutífera pertencente à família Caesalpinaceae, e possui grande valor econômico, com características adequadas para a recuperação de áreas degradadas, fornece madeira de ótima qualidade, valiosas resinas, frutos comestíveis e casca rica em tanino, além de possuir variados usos na medicina popular (SAMPAIO et al., 2015).

Apesar disso, as pesquisas com espécies nativas são escassas, principalmente quanto às informações das necessidades nutricionais e morfoanatômicas que limita a produção de mudas de qualidade em larga escala (ALVES et al., 2015). De acordo com Nogueira et al, (2003) há carência de estudos em plantas nativas, abrangendo as fases de desenvolvimento e fisiologia. A compreensão dos processos fisiológicos envolvidos nos mecanismos de adaptação e aclimação de plantas sob condições de estresses ambientais é de grande importância para a agricultura e o meio ambiente, de forma que para se viabilizar a exploração das culturas em diferentes ecossistemas, faz-se necessário conhecer o comportamento dos parâmetros fisiológicos quando submetidos a diferentes tipos de estresse (TAIZ & ZEIGER, 2017).

A fluorescência da clorofila *a* tem se tornado um método amplamente utilizado para avaliar as respostas das plantas aos estresses ambientais, sendo possível caracterizar, quantificar e detectar o estresse de plantas antes que os sintomas se tornem visíveis nas folhas, pois se trata de um método utilizado para analisar a eficiência fotossintética, mais especificamente a capacidade de absorção da energia luminosa pelo fotossistema II (FSII) e a transferência na cadeia de transporte de elétrons, além de avaliações de trocas gasosas, que fornecem informações a respeito do processo de assimilação do CO₂ na fase bioquímica da fotossíntese, podendo ser utilizados para determinar o efeito do estresse

sobre o metabolismo fotossintético. Sendo considerado um método não invasivo, confiável, rápido e facilmente mensurável (MARTINAZZO et al., 2013).

O estresse nutricional quase sempre resulta na supressão do crescimento e da reprodução vegetal, em razão das várias funções que estes nutrientes desempenham durante o ciclo de vida vegetal (TAIZ & ZEIGER, 2017). Quando as plantas são submetidas a tratamentos de omissão de nutrientes, elas mostram sintomas visíveis de deficiência, quando o nível recebido pela planta está abaixo do que é considerado adequado (BESSA et al., 2013). Dessa forma, as plantas quando cultivadas em solução nutritiva permitem a análise das desordens nutricionais, pela falta ou excesso de elementos, pois a solução nutritiva pode ser equilibrada conforme a necessidade nutricional da planta ou objeto de estudo (TISCHER & NETO, 2012).

Diante disso, um dos grandes problemas recorrentes na formação e manutenção de mudas de plantas nativas do Cerrado estão na falta de conhecimento sobre as exigências nutricionais destas plantas. As espécies florestais devem simultaneamente cumprir o objetivo do plantio e as exigências ecológicas regionais para um bom estabelecimento da planta e com isso garantir retornos econômicos e ambientais satisfatórios (MELOTTO *et al.*, 2009).

2. OBJETIVOS

2.1. Geral

Avaliar as respostas fisiológicas morfoanatômicas e nutricionais de *Hymenaea courbaril* associadas à curva de crescimento em sistema hidropônico.

2.2. Específicos

i) Avaliar o comportamento inicial, através de medições de parâmetros fisiológicos e aspectos do crescimento de plantas jovens de Jatobá *Hymenaea courbaril* L. cultivadas em solução nutritiva, visando estabelecer um protocolo para a obtenção de mudas saudáveis dessa espécie.

ii) Avaliar o acúmulo nutricional e morfoanatômico de mudas de *Hymenaea courbaril* L., bem como conhecer o acúmulo de macro e micronutrientes nas folhas, caules e raízes e caracterizar a morfoanatomia foliar de mudas de jatobá em solução nutritiva.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Jatobá (*Hymenaea courbaril* L.)

O jatobá pertence à família fabaceae é uma espécie arbórea com altura de 15 a 20 m e tronco até 1 m de diâmetro. Sua ocorrência varia entre o sul do México até América do Sul. No Brasil, a espécie ocorre desde o Norte até o Sudeste, sendo classificado como espécie clímax, com ciclo de vida longo, reprodução na sombra, sementes sem dormência, estabelecimento, germinação e ciclo de vida longo, (SAMPAIO et al., 2015).

O interesse comercial pela espécie é variado, sendo explorado principalmente sua madeira, frutos, sementes, resinas e óleos essenciais. Pode ser utilizado em recuperação de áreas degradadas, reflorestamentos e sistemas agroflorestais (BOTELHO et al. 2017). Sua madeira possui densidade 0,96 g.cm⁻³, muito dura ao corte, de média resistência ao ataque de organismos xilófagos sob condições naturais e empregada na construção civil e naval na forma serrada ou roliça, a polpa farinácea dos frutos é utilizada na alimentação humana, e a resina que exsuda do seu tronco serve para fabricação de vernizes (BONA et al., 2016)

Nos frutos e sementes, estão concentrados nutrientes como carboidratos, proteínas, lipídeos e minerais, que despertam o apetite de diversos animais. Os frutos do jatobá possuem uma polpa farinácea que fornece farinha com valor proteico equivalente ao fubá de milho, com utilização culinária. Esta polpa farinácea também é muito procurada por várias espécies da fauna, que dispersam suas sementes, tornando o jatobá muito útil nos plantios em áreas degradadas destinadas à recomposição da vegetação arbórea (SAMPAIO et al., 2015).

O jatobá, planta tipicamente tropical, possui grande potencial para exploração econômica, no entanto há grande carência de estudos em plantas nativas (NOGUEIRA et al, 2003), havendo a necessidade de pesquisas que viabilizem sua exploração e inserção no mercado.

3.2. Nutrição Mineral

A nutrição mineral pode ser definida como estudo sobre como as plantas obtêm e utilizam os nutrientes minerais, essa área de pesquisa é fundamental para aprimorar as

modernas práticas agrícolas e a proteção ambiental (TAIZ & ZEIGER, 2017). Os nutrientes minerais exercem funções essenciais e específicas no metabolismo das plantas, embora quantitativamente as exigências nutricionais das espécies vegetais normalmente sejam diferentes, justificando a pesquisa direcionada em termos de espécie, clima e solo. (FAQUIN, 1994). Assim, na ausência de um dos nutrientes ou em casos de combinações químicas que são pobremente absorvidas a deficiência ou excesso gera anomalias pelas alterações no metabolismo vegetal, característicos para cada nutriente e relacionados com as funções que tal nutriente desempenha na planta (FALCÃO NETO et al., 2014).

Bessa et al., (2012) avaliaram os sintomas visíveis das deficiências de macronutrientes e os efeitos da deficiência sobre o crescimento de mangabeira (*Hancornia speciosa* Gomes) e observaram que as omissões de macronutrientes na solução nutritiva resultaram em alterações morfológicas, traduzidas como sintomas característicos de deficiência nutricional, diminuição no crescimento e produção de massa da matéria seca de mudas de mangaba, quando comparado com o tratamento completo.

O plantio de espécies florestais nativas é uma atividade que além de repor os recursos florestais, pode atenuar os impactos ambientais decorrentes do extrativismo. (SILVA et al., 2007). Entretanto, o seu sucesso depende, entre outros fatores, do conhecimento acerca das necessidades nutricionais da espécie a ser utilizada, o conhecimento a respeito das espécies florestais nativas é ainda incipiente, sendo, portanto, necessário para adequada recomendação da adubação, tendo em vista que as espécies florestais possuem exigências nutricionais diferenciadas (SOUSA et al., 2018).

3.3. Parâmetros anatômicos, morfológicos e fisiológicos

As características morfológicas, anatômicas, histoquímicas e ultraestruturais existentes em órgãos vegetativos, área de fundamental importância para qualquer estudo na área vegetal, especialmente na área de ecologia, pois a estrutura da planta e seus mecanismos de defesa são métodos que delimitam a sobrevivência da espécie em seu ambiente. A anatomia vegetal pode indicar características que atribuem tolerância a diferentes condições ambientais, promovendo modificações nas características estomáticas para a tolerância a essas condições (Gomes et al., 2017).

O tamanho das células do parênquima paliçádico nos estudos atuais está na faixa de valores maiores. Essas características são adaptações ecológicas às condições ambientais, permitindo uma utilização mais eficiente da radiação solar. Um parênquima

paliçádico bem desenvolvido determina uma taxa de fotossíntese eficiente e é uma estratégia ecológica de adaptação às condições ambientais, pois utiliza a luz solar com mais eficiência do que o tecido esponjoso e a quantidade de parênquima esponjoso aumenta em ambientes sombreados (CHWIL E KOSTRYCO, 2019).

A quantificação e localização de estômatos, tricomas, parênquimas, epiderme e presença de lignina, são importantes na verificação da relação entre a disposição dessas estruturas e a incidência de vários tipos de estresse, as diferenças nessas estruturas, podem ser utilizadas em pesquisas de fitopatologia, melhoramento genético e nutrição mineral foliar, além de contribuir para a sustentabilidade no processo produtivo. A relação entre anatomia foliar e as doenças de planta, são que a doença é o mau funcionamento de células e tecidos do hospedeiro que resulta de sua contínua irritação por um agente patogênico ou fator ambiental e que conduz ao desenvolvimento de sintomas (LOURENÇO et al., 2011).

Estudos relacionados à marcha de absorção de nutrientes são de grande importância, pois faltam resultados de pesquisa sobre adubação e nutrição mineral. O crescimento na primeira fase no ciclo da cultura tende ao aumento linear e conhecer os hábitos de crescimento e desenvolvimento de espécies florestais é crucial para programas de reflorestamento e nas mais diversas pesquisas. Características morfológicas e fisiológicas podem ser usadas como medidas do padrão de qualidade de mudas e são de fundamental importância na avaliação do potencial da muda para sobrevivência e crescimento após o plantio em campo. O estudo do crescimento de plantas tem ampla aplicação em pesquisas na área agropecuária, pois permite ao pesquisador a comparação do comportamento da planta ou de seus componentes relevantes, face às várias particularidades de cada experimento (LOPES, 2019).

A análise de parâmetros de crescimento é um método de grande importância na avaliação das diferentes respostas das plantas. Quantificar o acúmulo de massa seca em diferentes partes da planta, assim como também descrever eventos fisiológicos tais como, partição da massa seca sobre a composição mineral em raízes, caules e folhas das plantas são de grande importância. A curva de acúmulo de nutrientes, o seu conhecimento em cada estágio de desenvolvimento fornece informações importantes ao programa de adubação da cultura, seja pela informação da quantidade total acumulada pela planta, seja pela identificação de períodos de maior demanda nutricional (Smiderle et al., 2018).

As trocas gasosas, a fluorescência da clorofila *a* e teores de pigmentos fotossintéticos são amplamente utilizadas em estudos fisiológicos e ecológicos fornecendo informações importantes sobre os aspectos gerais do processo fotossintético. (Cova et al., 2018).

A fluorescência da clorofila *a* e as trocas gasosas são ferramentas úteis nos estudos de vegetais, permitindo avaliar o desenvolvimento das plantas e as respostas às tensões ambientais, são amplamente utilizadas em pesquisas ecológicas e fisiológicas e são rápidas e não destrutivas (Liu et al., 2019).

O crescimento das plantas está intimamente relacionado à conversão da energia luminosa em energia química pelo processo fotossintético, os parâmetros da fluorescência da clorofila *a* e das trocas gasosas são frequentemente usados em estudos e essas técnicas podem fornecer informações importantes sobre respostas ao crescimento, desenvolvimento e estresse de plantas (Silva et al., 2017).

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, J. D. N.; SOUZA, F. C. A.; OLIVEIRA, M. L.; OLIVEIRA, M. C. M. A.; OKUMURA, R. S. Fontes de fósforo no crescimento inicial de mudas de jatobá-do-cerrado (*Hymenaea stigonocarpa* Mart.). **Nucleus**, v.12, n.2, 2015.

BESSA, L. A., SILVA, F. G., MOREIRA, M. A., TEODORO, J. P. R., & SOARES, F. A. L. Characterization of the effects of macronutrient deficiencies in mangabeira seedlings. **Revista Brasileira de Fruticultura**, 34(4), 1235-1244, 2012.

BESSA, L. A., SILVA, F. G., MOREIRA, M. A., TEODORO, J. P. R., & SOARES, F. A. L. Characterization of nutrient deficiency in *Hancornia speciosa* Gomes seedlings by omitting micronutrients from the nutrient solution. **Revista Brasileira de Fruticultura**, 35(2), 616-624, 2013.

BESSA, L. A.; MOREIRA, M. A.; SILVA, F. G.; VITORINO, L. C.; RODRIGUES, C. L.; SEBASTIÃO FILHO, C. V. Morphoanatomical characteristics of leaves of *Anacardium othonianum* seedlings subjected to different nitrogen doses under hydroponic conditions. **Australian journal of botany**, 65(7), 524-537, 2017.

BONA, D. A. O.; KARSBURG, I. V.; GALLO, R. Indução e Identificação de Poliploidia em *Hymenaea courbaril* L. var. *stilbocarpa* (Hayne) Lee et Lang. **Ciência Florestal**, 26(4), 2016.

BOTELHO, R. A.; PINHEIRO, A.; SILVA, L.; SILVA, S. P. M.; SOUZA, M. D.; OLIVEIRA, O. E. Diversidade de Formigas (Hymenoptera: Formicidae) em Frutos de Jatobazeiro *Hymenaea courbaril* L. (Fabaceae) no Município de Santo Antônio do Leverger, Mato Grosso. **Biodiversidade** - V.16, N1, pág. 202, 2017.

COVA, A. M. W., NETO, A. D. A., GHEYI, H. R., RIBAS, R. F., OLIVEIRA, L. B., MENEZES, R. V. Gas exchange, Chlorophyll Fluorescence and Pigments of Noni (*Morinda citrifolia* L.) under Salt Stress. **Journal of Agricultural Science**, 10(2), 318-327. 2018.

CHWIL, M.; KOSTRYCO, M. Histochemical Assays of Secretory Trichomes and the Structure and Content of Selected Components in *Rubus Idaeus* L. **Leaves**. 2018.

ELIAS, S. R. M.; ASSIS, R. M.; SERAPHIN, E. S.; RESENDE, M. H. Anatomia foliar em plantas jovens de *Solanum lycocarpum* A.St.-Hil. (Solanaceae). **Brasilian Journal of Botany**, v. 26, n. 2, p. 169-174, 2003.

FALCÃO NETO, R.; CAVALCANTE, Í. H. L.; ROCHA, L. F.; COSTA, L. S.; ALBANO, F. G.; CAVALCANTE, M. Z. B. Estado nutricional de mudas de castanha-do-gurguéia em função de adubação nitrogenada e tratamento de substrato. **Magistra**, Cruz das Almas – BA, V. 26, n. 1, p. 28 - 37, 2014.

FAQUIN, V. Nutrição Mineral de Plantas. Lavras:ESAL/FAEPE, 1994. 227 p.

GOMES, J. A. D. O. Estudos complementares ao manejo do assa-peixe (*Vernonia polyanthes* Less.): fenologia, fitoquímica, histoquímica, anatomia e variação sazonal em população nativa. 2017.

HOAGLAND, D.R.; ARNON, D.I. The water culture method for growing plants without soils. Berkeley: **California Agricultural Experimental Station**, 347p., 1950.

KRAUSE, G. H.; WEIS, E. Chlorophyll fluorescence and photosynthesis: the basics. **Annual Review Plant Physiology Plant Molecular Biology**, v.42, p.313-349, 1991.

LIU, B., LIANG, J., TANG, G., WANG, X., LIU, F., ZHAO, D. Drought stress affects on growth, water use efficiency, gas exchange and chlorophyll fluorescence of *Juglans* rootstocks. **Scientia Horticulturae**, 250, 230-235. 2019.

LOPES, B. G. Classificação da variação, tamanho ótimo de parcela e curva de crescimento para experimentos com eucalipto. Dissertação (Mestrado) — Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, 2019. Citado na página 10.

LOURENÇO, H. A. O.; VASCONCELOS FILHO, S. C. ; VASCONCELOS, J. M. ; CAMPOS, H. D. Anatomia foliar de diferentes cultivares de soja e sua relação com incidência e severidade de doenças. *Global Science and Technology*, 4(3).2011.

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

MELOTTO, A.; NICODEMO, M.L.; BOCCHESI, R.A.; LAURA, V.A.; GONTIJO NETO, M.M.; SHLEDER, D.D.; POTT, A.; SILVA, V.P. **Sobrevivência e crescimento inicial em campo de espécies florestais nativas do Brasil central indicadas para sistemas silvipastoris**. Revista *Árvore*, Viçosa-MG, v.33, n.3, p. 425 – 432, 2009

MARTINAZZO, E. G.; PERBONI, A. T.; OLIVEIRA, P. V.; BIANCHI, V. J.; BACARIN, M. A. Atividade fotossintética em plantas de ameixeira submetidas ao déficit hídrico e ao alagamento. *Ciência Rural*, v. 43, n. 1, 2013.

MORZELLE, M. C., BACHIEGA, P., SOUZA, E. D., Vilas Boas, E. V. B., & Lamounier, M. L. Caracterização química e física de frutos de curriola, gabioba e murici provenientes do cerrado brasileiro. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 37(1), 96-103, 2015.

NOGUEIRA, R. J. M. C.; ALBUQUERQUE, M. B.; SILVA JUNIOR, J. F. Efeito do substrato na emergência, crescimento e comportamento estomático em plântulas de mangabeira. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v.25, n.1, p.15-18, 2003.

O'BRIEN, T.P.; MCCULLY, M.E. **The study of plant structure: principles and selected methods**. Melbourne: Termarcaphy.

PINHAL, H. F.; ANASTÁCIO, M. R.; CARNEIRO, P. A. P.; SILVA, V. J.; MARAIS, T.P.; LUZ, J. M. Q. Aplicações da cultura de tecidos vegetais em fruteiras do Cerrado. *Ciência Rural*, v. 41, n. 7, p. 1136-1142, 2011.

SAMPAIO, M. F., DO COUTO, S. R., SILVA, C. A., SILVA, A. C. A., DA SILVA, A. A. S., & TEIXEIRA, A. L. Influência de diferentes substratos associados a métodos de superação de dormência na germinação e emergência de sementes de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.). *Revista Farociência*, 2(1), 11-27, 2015.

SILVA, K. G. D. ; SILVA, E. A. D. ; FERREIRA, M. L. ; KANASHIRO, S. ; CAMARGO, P. B. D. ; TAVARES, A. R. Gas exchange and chlorophyll a fluorescence parameters of ornamental bromeliads. *Ornamental Horticulture*, 23(4), 400-406. 2017.

SOUSA, F. F. D.; BRAGA, R. M.; VENTURIN, N.; MACEDO, R. L. G.; CARLOS, L.; VENTURIN, R. P. Nutritional Requirements OF *Dipteryx alata* Seedlings Grown Under Nutrientlimiting Conditions. *Ciência Florestal*, 28(1), 102-114, 2018.

SMIDERLE, O. J. ; DAS GRAÇAS SOUZA, A. ;CHAGAS, E. A. ; ALVES, M. S. ; FAGUNDES, P. R. O. Parâmetros de crescimento e curva de absorção de nutrientes de mudas de mogno africano com e sem solução nutritiva. *Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável*, 8(4). 2018.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. – Porto Alegre: Artmed, 2017.

TISCHER, J. C., & NETO, M. S. Avaliação da deficiência de macronutrientes em alface crespa. **Ensaio e Ciência: C. Biológicas, Agrárias e da Saúde**, Vol. 16, nº 2, p.43-53, 2012.

VIDIGAL, S.M.; D.D. PACHECO, E.L.; COSTA, C.E. FACION. Crescimento e acúmulo de macro e micronutrientes pela melancia em solo arenoso. **Revista Ceres**, 56:112-118, 2009.

CAPÍTULO I

Respostas fisiológicas da frutífera neotropical *Hymenaea courbaril* (Leguminosae: Caesalpinioideae) associadas a curva de crescimento em sistema hidropônico.

RESUMO

SOUSA, D. C.V. Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde – GO, janeiro de 2020. **Respostas fisiológicas da frutífera neotropical *Hymenaea courbaril* (Leguminosae: Caesalpinioideae) associadas a curva de crescimento em sistema hidropônico.** Orientadora: Layara Alexandre Bessa. Coorientadora: Luciana Cristina Vitorino.

Diante do problema de superpopulação e escassez de recursos naturais, mediante preocupação com o aquecimento global, o emprego técnico para produção com o mínimo de fertilizantes para reduzir impactos em áreas já degradadas se fazem necessárias para obtenção de mudas saudáveis, visando recuperação destas áreas e até formação de reservas naturais como alternativa para o problema do desmatamento. O jatobá, (*Hymenaea courbaril* L.) é espécie arbórea nativa que possui grande valor econômico, contudo o presente trabalho objetivou avaliar os parâmetros fisiológicos e aspectos do crescimento de plantas jovens de Jatobá *Hymenaea courbaril* L. cultivadas em solução nutritiva, visando estabelecer um protocolo para a obtenção de mudas saudáveis dessa espécie, em sistema hidropônico. O trabalho foi conduzido em casa de vegetação no Instituto Federal Goiano campus Rio Verde, as plantas foram avaliadas aos 30, 60, 90, 120, 150 e 180 dias após o transplântio (DAT), sendo obtidos dados biométricos e fisiológicos. Os dados foram obtidos observando 08 repetições por avaliação, considerando-se cada repetição, como um vaso de 8 L de solução nutritiva contendo duas plantas. Durante o experimento, as plantas foram cultivadas sob irradiação média de $400\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, e a solução nutritiva foi mantida sob aeração constante com ar comprimido. O pH foi ajustado diariamente para $5,5 \pm 0,5$ com a adição de HCl ou NaOH, quando necessário, e a solução nutritiva foi substituída sempre quando atingiu o critério de 30% de depleção do valor inicial da condutividade elétrica. O experimento foi conduzido em blocos ao acaso, sendo cada tratamento, um período de amostragem em intervalos de 30 dias a partir da data do transplântio das plântulas dessa espécie submetidas aos tratamentos em solução nutritiva. Concluiu-se que após os 120 dias foi observado manutenção nos padrões de crescimento

linear das plantas de jatobá, embora tenha sido verificada queda nos parâmetros de trocas gasosas, fluorescência e pigmentos.

Palavras-chaves: Hidroponia, análises fisiológicas, curva-de-crescimento, fluorescência de clorofila a.

ABSTRACT

SOUSA, D. C. V. Goiano Instituto Federal –Rio Verde Campus – GO, January, 2020. **Physiological responses of neotropical fruity *Hymenaea courbaril* (Leguminosae: Caesalpinioideae) associated with growth curve in hydroponic system.** Advisor: Layara Alexandre Bessa. Co advisors: Luciana Cristina Vitorino.

Faced with the problem of overpopulation and scarcity of natural resources, due to concern with global warming, technical use for production with a minimum of fertilizers to reduce impacts on already degraded areas is necessary to obtain healthy seedlings in order to recover these degraded areas and even formation of natural reserves as an alternative to the deforestation problem. The jatoba, (*Hymenaea courbaril* L.) is a native tree species that has great economic value, however the present study aimed to evaluate the physiological parameters and growth aspects of young plants of Jatobá *Hymenaea courbaril* L. grown in nutritive solution, in order to establish a protocol to obtain healthy seedlings of this species, in hydroponic system. The work was carried out in a greenhouse at the Goiano Instituto Federal, Rio Verde – Campus and the plants were evaluated at 30, 60, 90, 120, 150 and 180 days after transplantation (DAT), with biometric and physiological data being obtained. The data were obtained by observing 08 repetitions per evaluation, considering each repetition, as an 8 L pot of nutrient solution containing two plants. During the experiment, the plants were grown under an average irradiation of $400\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$, and the nutrient solution was kept under constant aeration with compressed air. The pH was adjusted daily to 5.5 ± 0.5 with the addition of HCl or NaOH, when necessary, and the nutrient solution was always replaced when it reached the criterion of 30% depletion of the electrical conductivity initial values. The experiment was carried out in randomized blocks, with each treatment being a sampling period in intervals of 30 days from the seedlings transplanting date of this species submitted to treatments in nutrient solution. It was concluded that after 120 days a maintenance in the linear growth patterns of the jatobá plants was observed, although a drop was observed in the parameters of gas exchange, fluorescence and pigments.

Key words: Hydroponics, physiological analysis, growth curve, chlorophyll fluorescence a.

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, frente à expansão das áreas agricultáveis e diante de alarmantes perspectivas quanto às mudanças climáticas, para os anos seguintes, é crucial que se encontre maneiras para reduzir impactos em áreas já degradadas, segundo (ANDRADE et al., 2019) uma maneira promissora de conservar as florestas neotropicais é o desenvolvimento da exploração sustentável de recursos madeireiros, como alternativa para o problema do desmatamento, podendo investir em produção de mudas de espécies nativas.

O jatobá, (*Hymenaea courbaril* L.) é uma planta frutífera amplamente distribuída pela América Central e América do Sul, pertencente à subfamília Caesalpinaceae, que possui grande valor econômico, pela sua utilidade em áreas de restauração florestal. Esta espécie tem sido alvo de muitos estudos por fornecer madeira de ótima qualidade, valiosas resinas, frutos comestíveis e casca rica em tanino, além de possuir variados usos na medicina popular (SAMPAIO et al., 2015; CARDOSO et al., 2017).

As pesquisas com espécies nativas de biomas da América do Sul são escassas, principalmente quanto às informações técnicas das necessidades nutricionais, o que limita a produção de mudas de qualidade em larga escala (ALVES et al., 2015). De acordo com Nogueira et al. (2003) há uma carência de estudos em plantas nativas, abrangendo as fases de desenvolvimento e fisiologia e assim, refletindo nos diferentes comportamentos apresentados por estas espécies.

A compreensão dos processos fisiológicos envolvidos nos mecanismos de adaptação e aclimatação de plantas é de grande importância para a agricultura e o meio ambiente, de forma que para se viabilizar a exploração das culturas em diferentes ecossistemas faz-se necessário conhecer o comportamento dos parâmetros fisiológicos quando submetidos a diferentes tipos de estresse. (TAIZ & ZEIGER, 2009). A fluorescência da clorofila a tem se tornado um método amplamente utilizado para avaliar as respostas das plantas a condições de crescimento, permitindo caracterizar condições estressantes e determinar sistemas ideias para o crescimento e manutenção de mudas.

A fluorescência da clorofila *a*, pode ser utilizada para verificar as condições fisiológicas do fotossistema II, esses parâmetros tratam da eficiência de absorção de energia luminosa na fase fotoquímica, que é a fotossíntese propriamente dita, através da reemissão de energia na forma de calor e pela fluorescência. Esses parâmetros associados a medições de trocas gasosas oferecem respostas sobre o desempenho fotossintético e bioquímico da planta, (SHEZI et al., 2019) podendo ser utilizados para determinar o efeito de condições de crescimento sobre o metabolismo fotossintético, para que sejam definidas metodologias ideais para o desenvolvimento de mudas. A determinação da fluorescência e das trocas gasosas constituem métodos não invasivos, confiáveis, rápidos e facilmente mensuráveis (MARTINAZZO et al., 2013).

Uma maneira de se conhecer os requisitos nutricionais de espécies vegetais nos primeiros estágios de desenvolvimento é adotar experimentos em solução nutritiva, pois permitem a análise das desordens nutricionais, pela falta ou excesso de elementos, a solução nutritiva pode ser equilibrada conforme a necessidade nutricional da planta ou objeto de estudo (TISCHER & NETO, 2012), possibilitando controle na quantidade de nutrientes e eliminando a heterogeneidade e complexidade do solo (MALAVOLTA et al., 1997).

Um dos grandes problemas recorrentes na formação e manutenção de mudas de plantas nativas do Cerrado é a falta de conhecimento sobre as exigências fisiológicas destas plantas. Assim, o objetivo deste estudo foi avaliar os parâmetros fisiológicos e aspectos do crescimento de plantas jovens de Jatobá *Hymenaea courbaril* L. cultivadas em solução nutritiva, visando estabelecer um protocolo para a obtenção de mudas saudáveis dessa espécie, em sistema hidropônico.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Condições de Cultivo

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Laboratório de Cultura de Tecidos Vegetais do Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde, com as coordenadas geográficas 17° 48' 15.9" S – 50° 54' 19,5" W, no período de janeiro a dezembro de 2018.

Os frutos de jatobá foram coletados na fazenda Varginha com coordenadas geográficas 17°32'48.66" S – 50°50'11.71" O, no município de Rio Verde- GO.

Posteriormente, estes frutos foram lavados e despolpados com água corrente de forma manual para a obtenção das sementes, em seguida as sementes submetidas ao tratamento de superação de dormência por meio de escarificação mecânica, atritando-se um dos lados das sementes em uma lixa d'água do lado oposto ao hilo até o desgaste visível do tegumento, essas sementes foram semeadas em bandejas de plásticas contendo areia como substrato.

A semeadura foi realizada em bandejas plásticas (50x35x8cm), tendo areia autoclavada como substrato, sendo utilizado um Autoclave Vertical 137 litros 220V (Primatec). Aos 60 dias após a semeadura, quando apresentaram 3-4 folhas definidas, foram transplantadas para vasos com capacidade de 8 litros nutritiva com ½ força iônica de cada tratamento da solução de Hoagland e Arnon (1950), e permaneceram por 30 dias para adaptação.

Durante o experimento, as plantas foram cultivadas sob irradiação média de 400 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, e a solução nutritiva foi mantida sob aeração constante com ar comprimido. O pH foi ajustado diariamente para $5,5 \pm 0,5$ com a adição de HCl ou NaOH, quando necessário, e a solução nutritiva foi substituída sempre que atingiu o critério de 30% de depleção, do valor inicial da condutividade elétrica.

As plantas foram avaliadas aos 30, 60, 90, 120, 150 e 180 dias após o transplântio (DAT), sendo obtidos dados biométricos e fisiológicos. Os dados foram obtidos observando 08 repetições por avaliação, considerando cada repetição, como um vaso de 8 L de solução nutritiva contendo duas plantas. O experimento foi conduzido em blocos ao acaso, sendo cada tratamento, um período de amostragem em intervalos de 30 dias a partir da data do transplântio das plântulas.

2.2. Avaliações de Crescimento

Em cada período de avaliação (30, 60, 90, 120, 150 e 180 DAT), as plantas foram coletadas e o crescimento determinado por meio das seguintes características: comprimento do caule (CC), diâmetro do caule (DC), número de folhas (NF) e comprimento da maior raiz (CR), número de nós (NN). Folhas, caule e raízes foram então separados e a área foliar (AF) foi avaliada. A AF foi obtida a partir da integração das imagens das folhas da planta inteira no software de tratamento de imagens ImageJ®. O IAFE da terceira folha foi feito a partir de medição com régua graduada em cm, através da estimativa adquirida pelo cálculo de comprimento (C) x largura (L) na terceira folha

completamente expandida. A largura da folha (cm) foi medida a partir de um ponto na metade do comprimento da folha e o comprimento da folha (cm) foi medido da ponta da lâmina até o ponto de interseção do pecíolo ao longo do meio diafragma da folha. As partes da amostra foram pesadas para obtenção do peso fresco.

2.3. Avaliações Fisiológicas

a) Pigmentos fotossintéticos

Os pigmentos fotossintéticos foram avaliados obtendo-se três discos de massa da matéria fresca conhecida, com 5 mm de diâmetro foram das folhas. Estes discos foram incubados com solução de dimetilsulfóxido (DMSO) saturado com CaCO_3 (Kuki et al., 2005), armazenados em tubos vedados e envolvidos com papel alumínio pelo período de 24 horas sob temperatura de 65°C . Posteriormente, a absorvância do extrato obtido foi determinada por espectrofotometria, através dos seguintes comprimentos de onda: 664, 649 e 480 nm. As concentrações de clorofila a, b, total e carotenoides foram estimados com base no trabalho de Wellburn (1997).

b) Parâmetros de fluorescência da clorofila

A fluorescência transiente OJIP da clorofila a foi determinada com o uso de fluorômetro portátil FluorPen FP 100 (Photon Systems Instruments; Drasov, Czech Republic). As folhas, foram adaptadas ao escuro por 30 minutos para oxidação completa do sistema fotossintético de transporte de elétrons. Mensalmente, foram realizadas as medições da fluorescência da clorofila a em modulação por amplitude de pulso (PAM), após esse tecido foliar ter sido mantido no escuro, o tempo de aclimatação é necessário para que o aparato fotossintético pare de processar informações e que os receptores de elétrons estejam oxidados. O produto da energia luminosa do centro de reação fotossistema II, foram determinados com o método de saturação por pulso. Foram calculados os fluxos específicos de energia através do centro de reação e rendimentos energéticos, como transporte de elétrons por centro de reação (EToRC), fluxo específico de absorção de energia luminosa (ABS/RC), taxa de captura máxima do FSII (TRo/RC), fluxo específico de dissipação da energia ao nível das clorofilas da antena. Quanto mais alto o valor, maior o estresse (DIo/RC), índice de desempenho fotossintético (PIABS), rendimento quântico máximo de fotoquímica primária (PHiPo), rendimento quântico (PSIo) e rendimento quântico do transporte de elétrons (PHIEo).

c) Trocas gasosas

As trocas gasosas foram avaliadas com um analisador de gases do infravermelho (IRGA). Com os seguintes parâmetros obtidos: assimilação líquida do CO₂ (A), condutância estomática de vapor d'água (g_s), taxa transpiratória (E) e razão entre a concentração interna e externa de carbono (razão C_i/C_a), sempre na folha mais jovem completamente expandida e exposta ao sol. As medições foram realizadas entre 08h e 11h, utilizando radiação fotossinteticamente ativa (PAR) constante (1000 $\mu\text{mol f\u00f3tons m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), concentração atmosf\u00e9rica de CO₂, temperatura e umidade ambientes. A efici\u00eancia de carboxila\u00e7\u00e3o das plantas foi calculada pela raz\u00e3o A/E .

2.4 An\u00e1lises estat\u00edsticas

Os dados foram submetidos a ANOVA e an\u00e1lise de regress\u00e3o usando SISVAR® (FERREIRA, 2011), os modelos de regress\u00e3o foram selecionados utilizando os maiores coeficientes e determinando a signific\u00e2ncia dos coeficientes de regress\u00e3o com um teste t ao n\u00edvel de probabilidade de 5%. As vari\u00e1veis foram avaliadas por uma matriz de correla\u00e7\u00e3o e combinadas em uma an\u00e1lise de componentes principais (PCA). Como estas vari\u00e1veis foram medidas em diferentes unidades foi realizada uma PCA de correla\u00e7\u00e3o, constru\u00edda utilizando os dados padronizados para ter m\u00e9dia 0 e desvio padr\u00e3o 1. O n\u00famero de componentes foi escolhido em fun\u00e7\u00e3o dos autovalores (>1.0) e a vari\u00e2ncia explicada (acima de 80%). Os testes estat\u00edsticos foram realizados em ambiente R version 3.4.3. (R Core Team, 2017).

3. RESULTADOS

3.1. Curva de crescimento e teor de clorofila

Foi observado tendência de crescimento linear em função do tempo nos valores referentes a diâmetro do caule e comprimento do caule (Figura 1a e Figura 2). Os maiores valores foram observados aos 180 DAT com crescimento de 6,99 cm, para diâmetro do caule e 62,48 cm para comprimento do caule.

Foi observado também, incremento linear no crescimento para o comprimento das raízes de jatobá. O maior valor, encontrado aos 180 DAT, foi de 47,96 cm (Figura 1c e Figura 2).

Para os parâmetros número de folhas e número de nós, as mudas de jatobá apresentaram crescimento contínuo, atingindo incrementos máximos quando as plantas atingiram 180 dias após o plantio, apresentado a média de 11,38 folhas em média e 11,46 de nós (Figura 1b e Figura 2). Indicando que a emissão constante de novas folhas e nós, foi superior aos processos de senescência e abscisão nas plantas. O índice de área foliar estimado na terceira folha, método não destrutivo, também apresentou incremento linear até os 180 DAT com 166,39 cm² enquanto aos 30 DAT o valor médio era de 100,22. Para o índice de área foliar pelo método destrutivo obtido pelo software de análise de imagem (ImageJ ®), foi encontrado maior valor também aos 180 DAT com 815,7 cm².

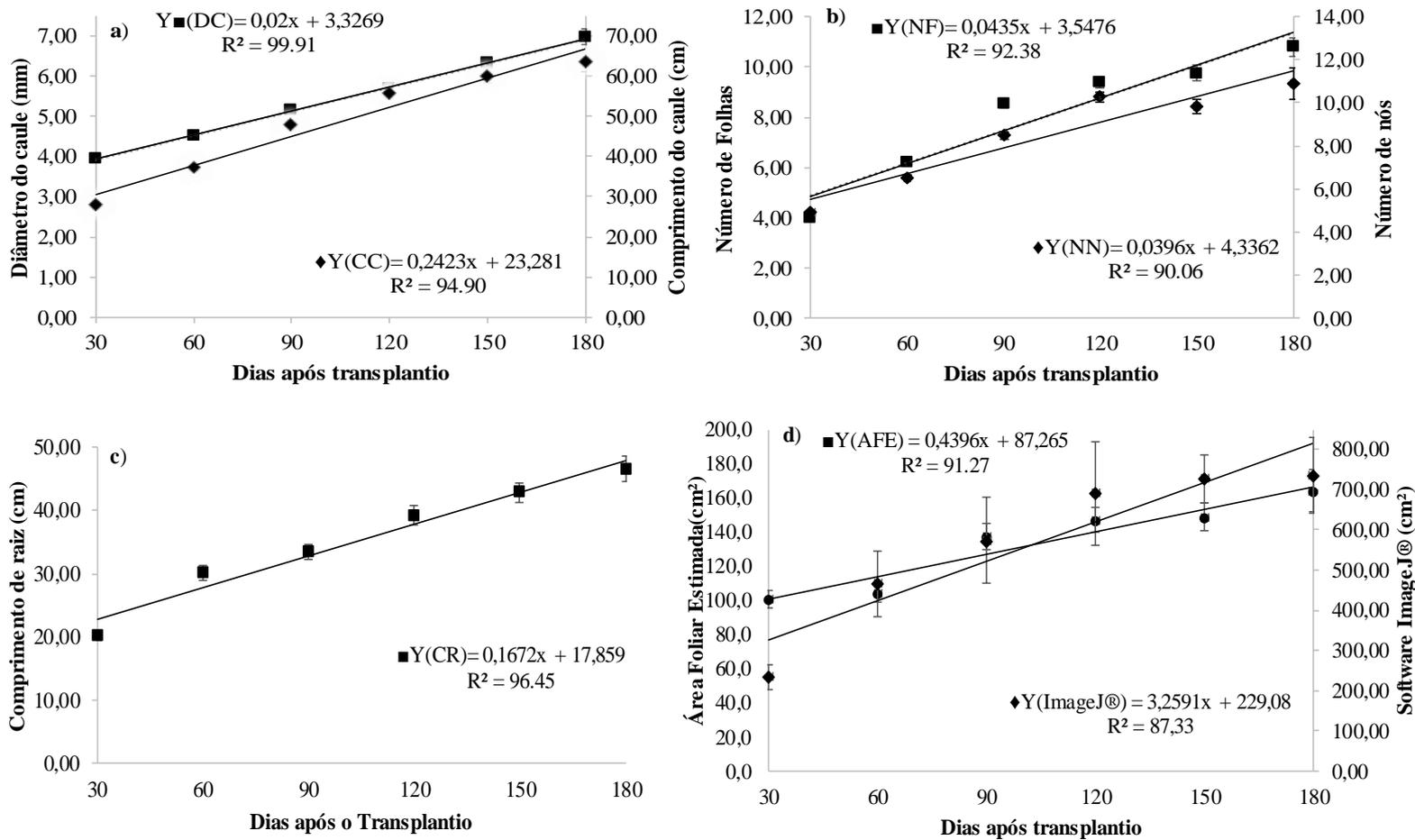


Figura 1. a) Diâmetro do caule (DC) e comprimento do caule (CC); b) número de folhas (NF) e número de nós (NN); c) comprimento de raiz (CR) e d) área foliar (AF) de mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) em função dos dias após o transplântio

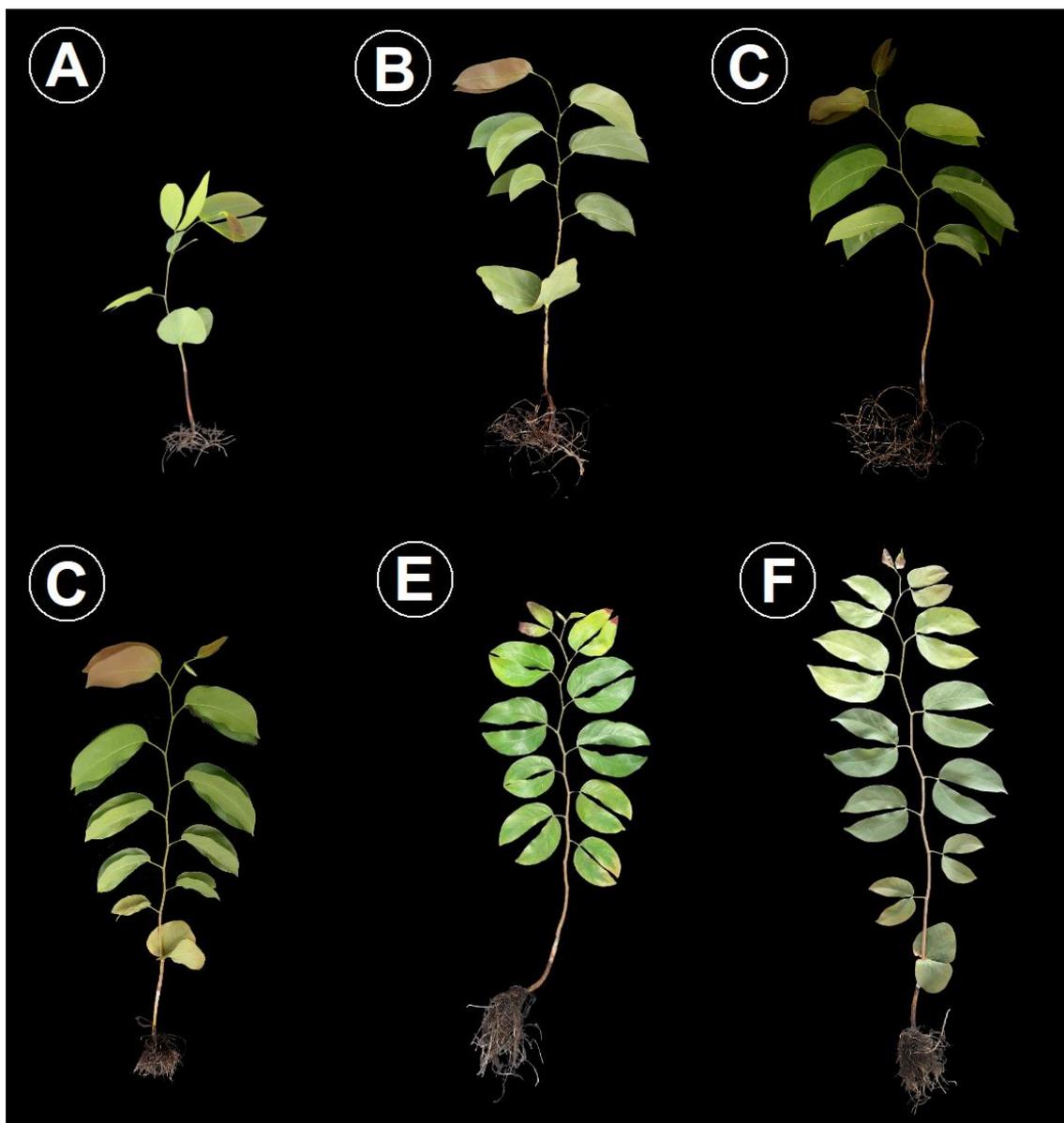


Figura 2. Aspecto visual de mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.), cultivadas em sistema hidropônico, aos 30 (A), 60 (B), 90 (C), 120 (D), 150 (E) e 180 (F) dias após o transplântio.

Em relação à massa seca das folhas e do caule, observou-se também um crescimento contínuo ao longo do ciclo de produção das mudas de jatobá. Os maiores valores foram observados ao final de 180 DAT, sendo de 8,77, 7,67, 3,07 e 19,51g, respectivamente para a massa seca das folhas, do caule, raiz e total (Figura 3).

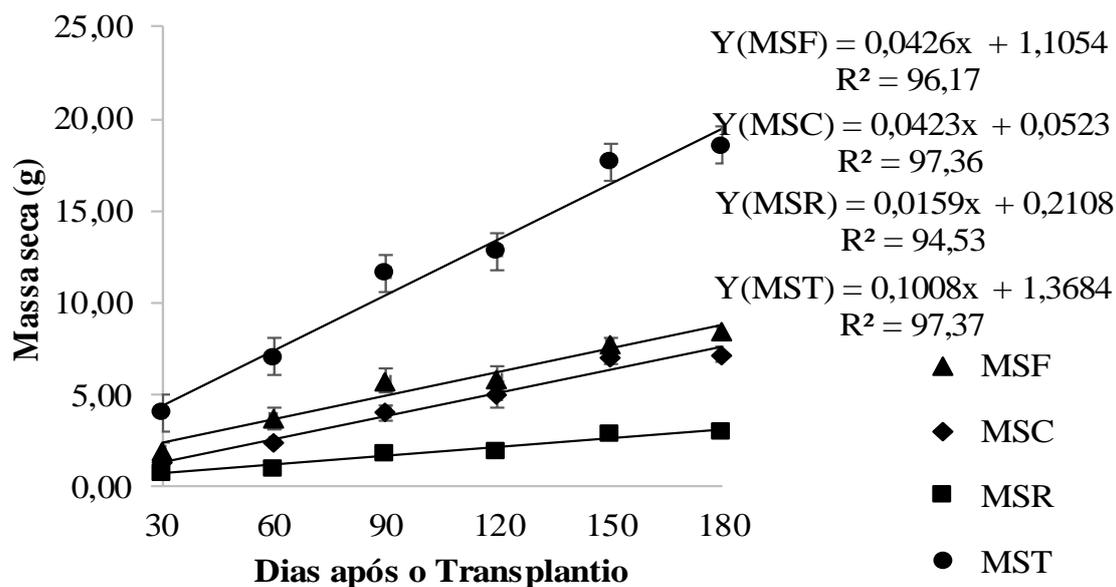


Figura 3. Produção de massa da matéria seca da folha (MSF), caule (MSC), raiz (MSR) e total (MST), em mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) em função dos dias após o transplante.

Diferentemente do observado para os dados biométricos, as curvas para as clorofilas *a*, *b*, *total* e carotenoides apresentaram comportamento quadrático com coeficiente de determinação (R^2) superior a 60% (Figura 4a, b), os resultados mostraram diferenças significativas na produção destes pigmentos entre os diferentes períodos de avaliação. Com relação a clorofila *a* os maiores valores foram estimados para ocorrer os 120 DAT dias, sendo verificada redução nas médias após este período.

Para os teores de clorofila *b*, as maiores sínteses estimadas foram de $13,70 \mu\text{g cm}^{-2}$ aos 119 DAT, enquanto as menores sínteses foram encontradas nas plantas com 30 DAT. Para a clorofila *total*, o valor máximo estimado foi aos 113 DAT, atingindo a concentração de $50,78 \mu\text{g cm}^{-2}$ deste pigmento, os menores valores de clorofila *total* ($23,76 \mu\text{g cm}^{-2}$) foram observados aos 30 DAT (Figura 4a).

Para os teores de carotenoides, as maiores sínteses estimadas foram de $10,42 \mu\text{g cm}^{-2}$ aos 129 DAT, enquanto as menores sínteses foram encontradas nas plantas com 30 DAT (Figura 4b).

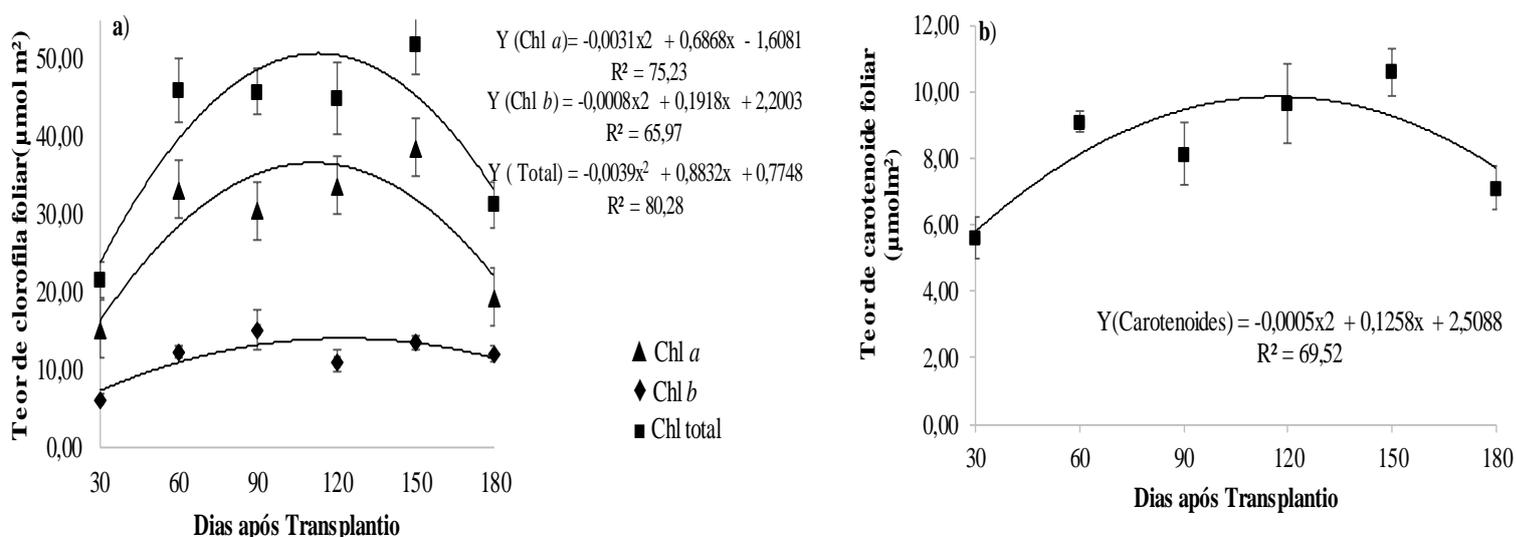


Figura 4. Teores de clorofila *a*, *b*, clorofila *total* e carotenoides observados em folhas de mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.), cultivadas em sistema hidropônico, em função dos dias após o transplântio.

3.2. Fluorescência da clorofila *a*

Quanto aos parâmetros de fluorescência da clorofila *a*, foi possível evidenciar a tendência de valores crescentes de fluxos de absorção de energia (ABS/RC) e de fluxo de captura de energia por centro de reação (TR0/RC) (Figura 5 a, b) até os 120 DAT, havendo redução após esse período. O mesmo processo foi observado simultaneamente no fluxo de transporte de elétrons por centro de reação (ET0/RC) (Figura 5 c). As médias de fluxo específico de dissipação da energia ao nível das clorofilas do complexo antena D10/RC (Figura 5 d) foram estimadas atingindo o valor máximo aos 100 DAT, sendo reduzidas após este período, sugerindo perdas na eficiência fotossintética das plantas neste período.

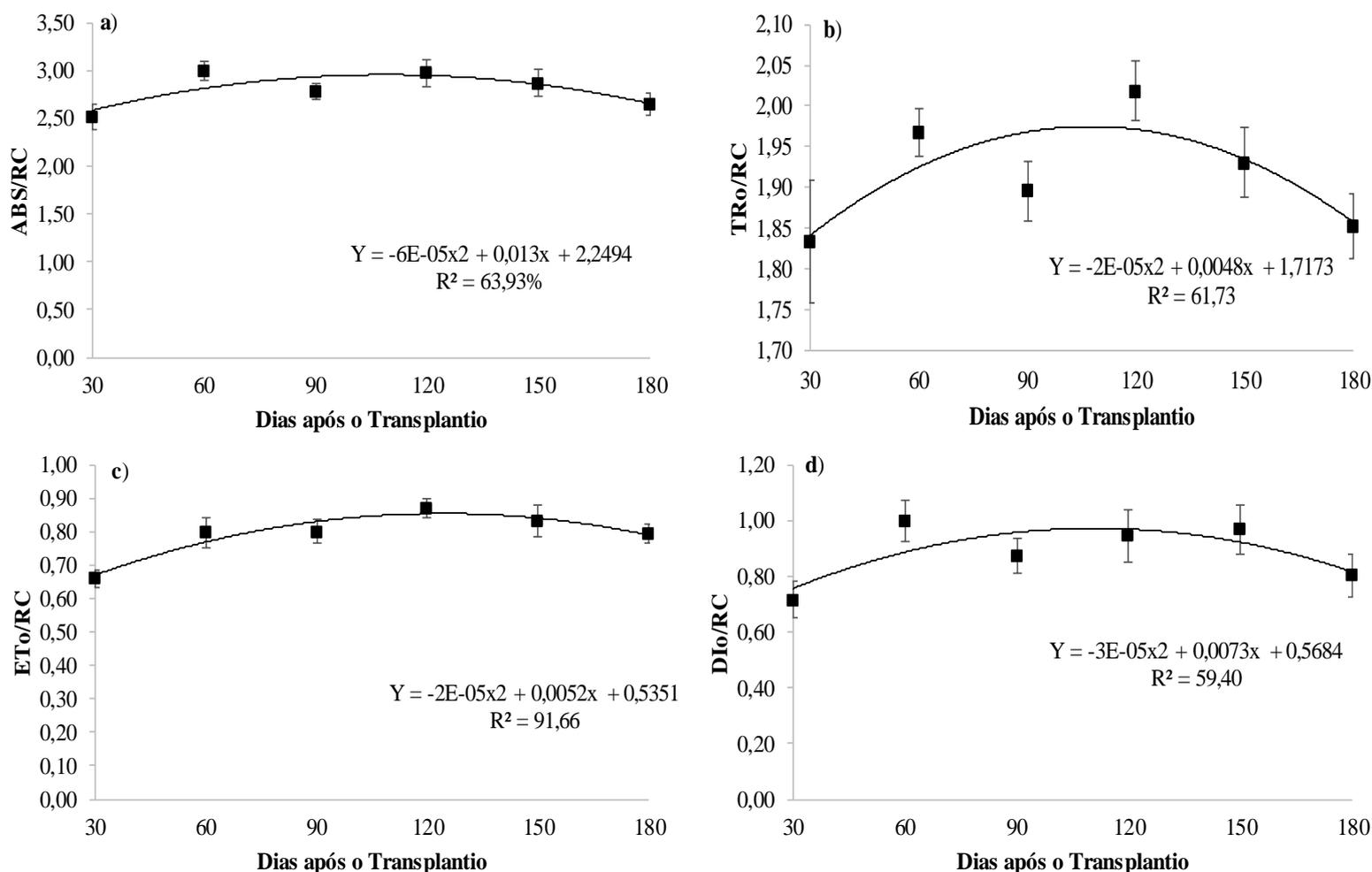


Figura 5. Parâmetros de fluorescência da clorofila *a*: Fluxo específico de absorção por centro de reação (ABS/RC) (a), fluxo específico de captura por centro de reação (TR0/RC) (b), fluxo específico de transporte de elétrons por centro de reação (ET0/RC) (c) e fluxo específico de dissipação da energia (DI0/RC) (d), observada em folhas de mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.), em função dos dias após o transplântio.

Com relação à probabilidade em, $t=0$, de um excitón aprisionado mover um elétron pela cadeia transportadora de elétrons após Qa- (PSI_o) (Figura 6 a), as maiores médias observadas variaram entre 0,37 a 0,43, aos 100 DAT. Para a eficiência quântica máxima do PSII (PFI_{Po}) sinônima de FV/FM, (Figura 6 b), o valor máximo foi de (0,70 elétrons quantum⁻¹) estimados para 114 DAT. A mínima para o rendimento quântico do transporte de elétrons (PHI_{Eo}) foi de 0,26, observada aos 30 DAT, já a máxima, de 0,31, foi estimada aos 131 DAT. Os valores para o índice de rendimento PIABS (Figura 6 c,d) caíram após os 120 DAT, sugerindo que perdas na eficiência dos fotossistemas começassem a ocorrer após este período.

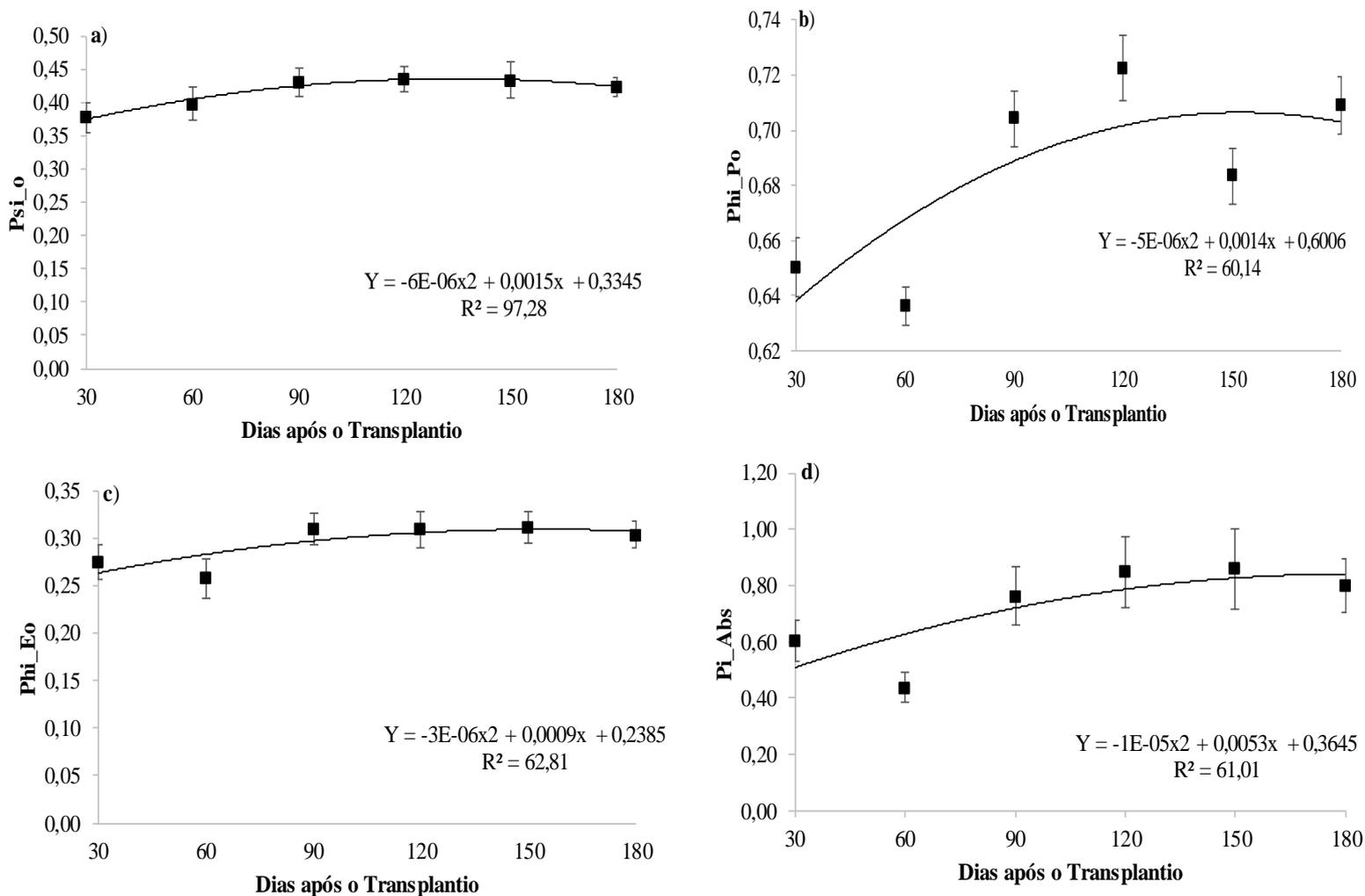


Figura 6. Parâmetros de fluorescência da clorofila *a*: Probabilidade de um éxciton mover um elétron pela cadeia transportadora de elétrons após a Quinona (Qa)(PSI_o) (a), rendimento quântico máximo de fotoquímica primária (PHI_{Po}) (b), rendimento quântico do transporte de elétrons (PHI_{Eo}) (c) e índice de desempenho fotossintético (PHIA_{BS}) (d), observados em mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) cultivadas em sistema hidropônico, em função dos dias após o transplantio.

3.3. Cinética da fluorescência (teste OJIP)

As plantas exibiram características de fluorescência relativa variável (V_t) de uma curva típica de OJIP em função do tempo (Figura 7). Os maiores transientes foram observados aos 30 e 120 DAT, indicando que a manutenção das plantas de jatobá em sistema hidropônico por períodos acima de 120 DAT pode induzir estresse nas plantas, que é traduzido em diminuição no desempenho do PS II.

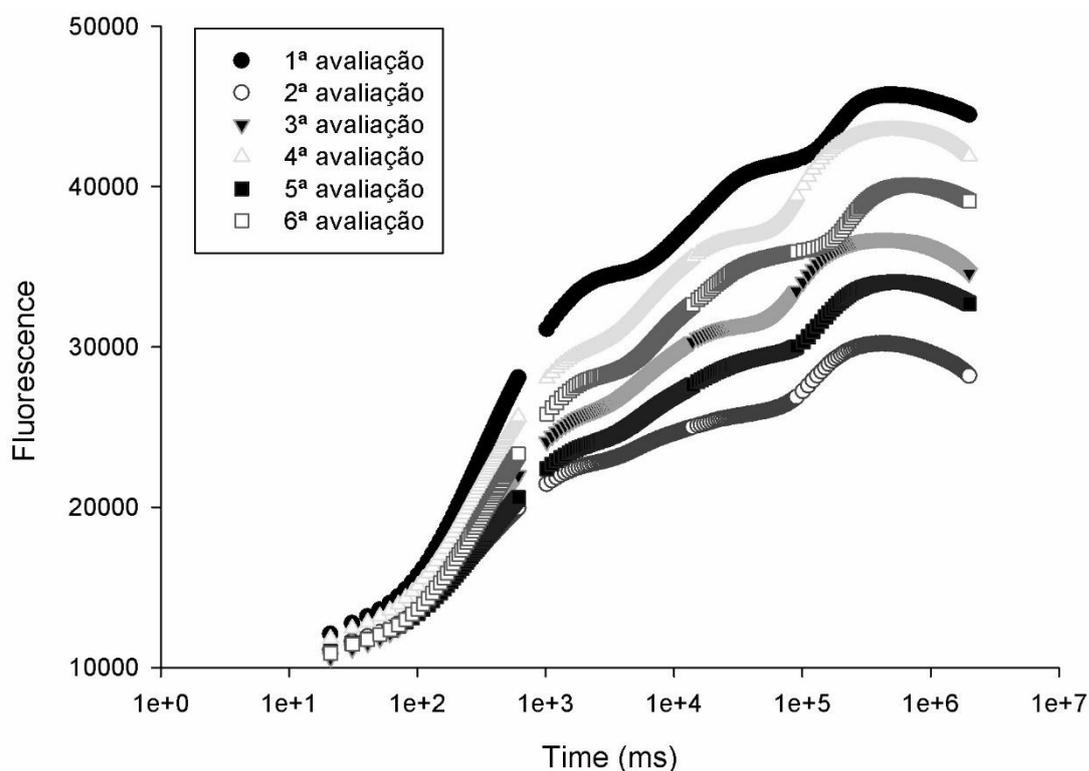


Figura 7. Cinética de emissão da fluorescência ou curva de Kautsky, em mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril* L) cultivadas em sistema hidropônico, em função dos dias após o transplântio.

3.4. Trocas gasosas

As variáveis analisadas taxa fotossintética (A), taxa de transpiração (E), condutância estomática (G_{sw}), e concentração interna de CO_2 (C_i) apresentaram comportamento semelhante, sendo que estes se ajustaram ao modelo quadrático, observando-se para todas estas variáveis, valores máximos estimados para ocorrer aproximadamente aos 120 DAT com posterior redução destes valores.

Quanto à variável taxa fotossintética (Figura 8a), o valor máximo obtido foi de $8,64 \mu\text{mol de } CO_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, podendo observar, posteriormente decréscimo na atividade fotossintética. No que se refere à concentração interna de carbono (C_i) (Figura 8b), a maior concentração foi de ($248,43 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), estimada para os 130 DAT.

Em relação a condutância estomática (G_{sw}) (Figura 8c), o valor máximo obtido foi de $0,14 \text{ mol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ estimado para os 102 DAT, enquanto para a taxa de transpiração (E) (Figura 8d) se encontrou valor máximo de $1,83 \text{ mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ aos 74 DAT, comportamento semelhante ao observado na condutância estomática.

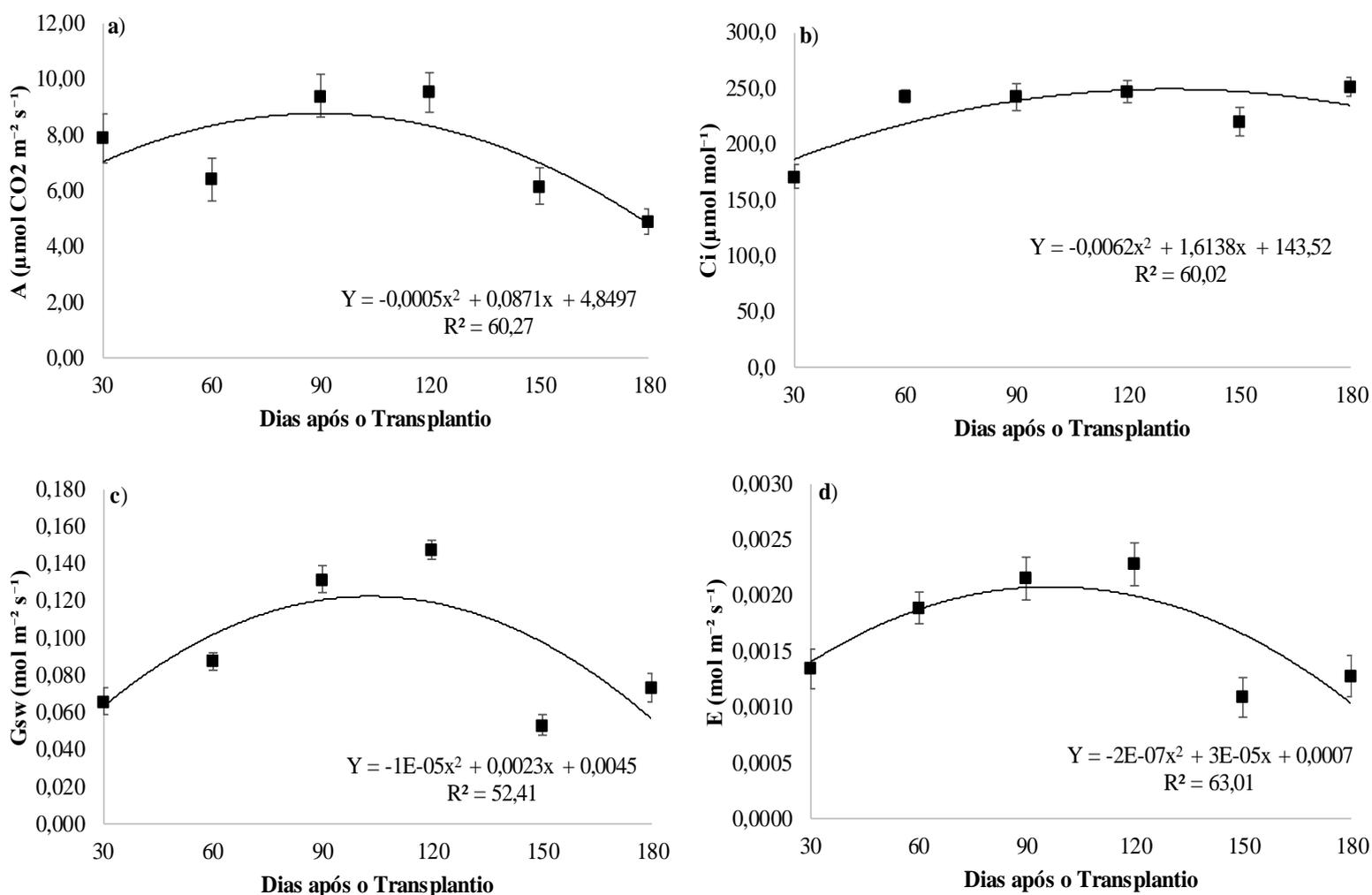


Figura 8. Taxa fotossintética (A) (a), Concentração interna de CO_2 (C_i) (b), condutância estomática (G_{sw}) (c) e taxa de transpiração (E) (d), observados em mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) cultivadas em sistema hidropônico, em função dos dias após o transplântio.

3.5. Análise de componentes principais e correlação

Na PCA, atributos de crescimento seguiram na mesma direção, demonstrando que as variáveis de crescimento analisadas têm pesos parecidos na determinação das diferenças observadas entre os períodos de avaliação (Figura 9).

transpiratória. Também foi encontrada relação fortemente negativa entre Diorc X Taxa de transpiração.

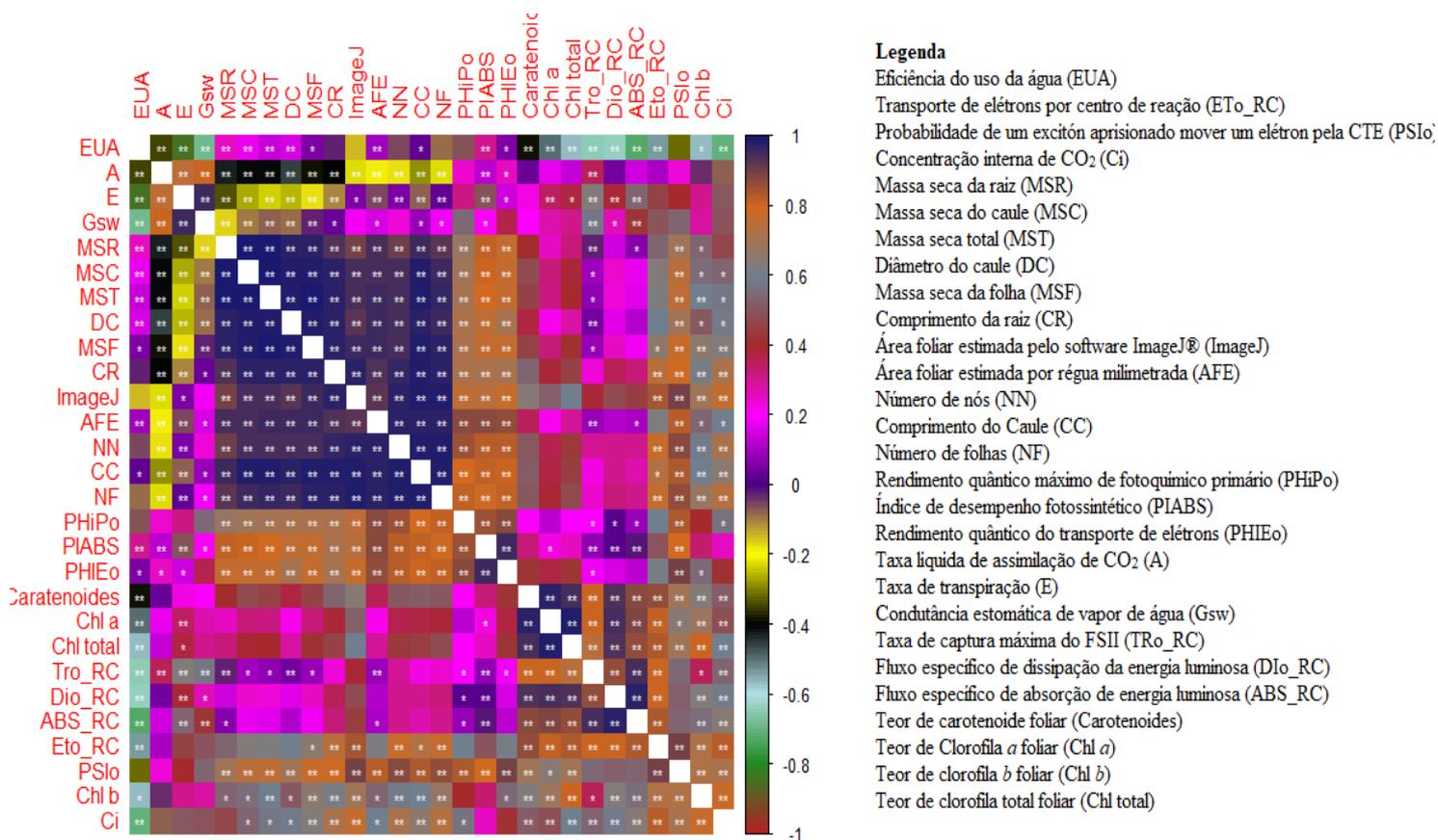


Figura 10. Coeficientes de correlação de variáveis biométricas, pigmentos, parâmetros da fluorescência da clorofila a e trocas gasosas, observadas em mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) cultivadas em sistema hidropônico, em função dos dias após o transplantio.

4. DISCUSSÃO

A curva de crescimento das plantas, expressam o acúmulo de massa seca ao longo do ciclo da cultura, tais análises são essenciais para o conhecimento fisiológico da planta em estágios iniciais de desenvolvimento e seu estabelecimento em campo. No presente experimento pôde-se observar que houve aumento contínuo no crescimento das plantas em todas as variáveis analisadas até aos 180 DAT. Tal comportamento já esperado para plantas de cultivos tradicionais em sistema hidropônico, NIU et al., (2015) afirma que “Os sistemas hidropônicos têm o potencial de acelerar a produção em massa de mudas de plantas lenhosas através de melhor equilíbrio, suprimento e disponibilidade de

nutrientes” e foi corroborado para plantas de jatobá, indicando que o sistema hidropônico não restringe o crescimento de plantas de jatobá, podendo consistir em uma alternativa viável para a produção de mudas saudáveis desta espécie, no sentido de poder suprir mais facilmente as exigências nutricionais da planta, por ser um sistema controlado a hidroponia é um método de cultivo de plantas usando alimentação direta de nutrientes, geralmente em ambiente livre de solo, com intuito de reduzir a perda de água e aumentar a produtividade das culturas por unidade de área, aumentando a eficiência em termos de uso de água e fertilizantes (Jung & Kim, 2019). Estes dados foram corroborados pela alta e positiva correlação observada entre todas as variáveis biométricas, indicando que o sistema hidropônico favoreceu o desenvolvimento conjunto de todos os atributos de crescimento, podendo ser traduzido em mudas saudáveis.

Variáveis biométricas com crescimento contínuo podem ser consideradas bons parâmetros indicadores de qualidade das mudas (Trazzi et al., 2012), apontando a capacidade de uma muda sobreviver no campo. Assim, sistemas de cultivo que promovem diminuições nas taxas de crescimento das plantas não devem ser indicados, por provocarem baixos índices de sobrevivência (Cruz et al., 2016).

Semelhante ao comportamento das análises de crescimento, foi crescente o acúmulo de massa da matéria seca nas plantas de jatobá, ao longo do tempo. As folhas corresponderam ao maior acúmulo de massa, indicando que estas atuam como drenos durante a fase inicial de desenvolvimento desta planta. Fato semelhante também foi observado por Bessa et al. (2016) ao analisar a curva de crescimento de mudas de *Eugenia dysenterica*, uma outra frutífera comumente distribuída por biomas brasileiros.

Com relação aos pigmentos fotossintéticos houve aumento linear na sua concentração, até os 120 DAT, seguido de redução da síntese destes pigmentos nas mudas, indicando que o sistema hidropônico, apesar de não afetar diretamente o crescimento nas fases iniciais de desenvolvimento das mudas, pode afetar negativamente o comportamento a síntese dos pigmentos cloroplastídicos. É possível que a energia gasta na síntese direta destes compostos seja destinada para outros processos metabólicos que culminem em incremento no crescimento. A clorofila constitui a parte mais importantes do aparelho fotossintético. Sua degradação geralmente está associada ao aumento da atividade da enzima clorofilase bem como, a redução da proteína associada com a captação de luz (Chavoushi et al., 2020). Além disso, também foi observada redução na síntese de carotenoides após os 120 DAT. Os carotenoides são moléculas essenciais não

somente para a fotossíntese, mas atuam diretamente na resistência das plantas (Xial et al., 2008; Chavoushi et al., 2020).

A similaridade observada nos padrões de tendência entre ABS/RC0 e TR0 /RC até os 120 DAT, indica que não houve limitação no processo de absorção e transferência de energia ao nível de PSII, (SCHOCK et al., 2014) nas folhas de jatobá. Porém, as plantas mantidas após esse período apresentaram queda em valores médios para esses fluxos.

A eficiência quântica máxima do (PHiPo) de plantas com valores inferiores a 0,75 elétrons quantum-1 indicam o início de situação de estresse e redução do potencial fotossintético na planta. Quando o aparelho fotossintético se encontra intacto, os valores variam entre 0,75 e 0,85 elétrons quantum-1 (SILVA et al., 2015), observando no presente trabalho valores entre 0,64 e 0,70 elétrons quantum-1.

O transporte de elétrons por centro de reação ET0/RC não variou substancialmente ao longo do tempo, indicando que a planta não se encontrava em condição de estresse. Contudo, os valores de PI(ABS) começaram a cair após os 120 DAT, sugerindo que o crescimento em vasos de 8L não estava mais adequado para as mudas. O PI(ABS) é mais sensível para a detecção e quantificação de danos causados às plantas, e relaciona a eficiência de absorção, captura e transferência de energia de excitação do fotossistema II, proporcionando melhor definição do grau de efeito do ambiente estressante diretamente sobre o transporte de elétrons (SAMPAIO et al., 2012).

Os parâmetros de fluorescência da clorofila a, estão diretamente associados a coloração foliar. Zhang et al. (2018) ao compararem as partes verde e amarela das folhas de *Aucuba japonica* observaram que os níveis de fluorescência mínima F0 e fluorescência máxima Fm, foram amplamente superiores nas partes verdes do que amarela das folhas. Neste trabalho foi evidenciado a diminuição na pigmentação das folhas a partir dos 120 DAT, podendo explicar as perdas associadas a diversos dos parâmetros de fluorescência avaliados. Estes efeitos foram corroborados pelos transientes OJIP que mostraram menor desempenho após os 120 DAT.

As variáveis referentes a trocas gasosas apresentaram comportamento semelhante, sendo os maiores valores observados também aos 120 DAT com posterior redução. Segundo (BRANDÃO et al., 2013) a taxa fotossintética se relaciona diretamente com o teor de clorofila das folhas, variável essa que também reduziu seus valores a partir dos 120 dias no presente estudo. O incremento nos valores de Ci foi acompanhado de decréscimos na Gsw, indicando que a limitação estomática seria a principal causa da redução do desempenho fotossintético, já que, quanto maior a abertura estomática maior

a difusão de CO₂ para a câmara subestomática (SILVA et al., 2015). Assim, se a condutância estomática (G_{sw}) foi maior aos 102 DAT a taxa fotossintética também foi superior.

Para a taxa de transpiração (E), segundo SILVA et al. (2015) o comportamento estomático determina a demanda transpiratória a que as folhas estão potencialmente sujeitas controlando sua perda de H₂O para o ambiente, na forma de vapor de água. Foi observado uma correlação negativa entre o DI0/RC e Taxa transpiratória (E), em que a primeira variável reflete ao parâmetro da fluorescência da clorofila de dissipação da energia capturada inicialmente na forma de calor, não sendo esta capturada para o centro de reação que levaria ao transporte de elétrons e consequentemente a fixação do CO₂ nas plantas de Jatobá. Diferentemente do esperado, não foi observada correlação entre o aumento da taxa fotossintética e elevações no crescimento ou acúmulo de matéria seca da cultura. Dastrini et al. (2019) demonstraram que em plantas de açafrão (*Crocus sativus* L) maiores taxas fotossintéticas culminaram em aumentos na matéria seca das folhas.

5. CONCLUSÃO

No geral, após os 120 dias foi observado manutenção nos padrões de crescimento linear das plantas de jatobá, embora tenha sido verificada queda nos parâmetros de trocas gasosas, fluorescência e pigmentos, portanto não é indicada a manutenção de plantas dessa espécie em sistema de cultivo hidropônico, por períodos acima de 120 DAT.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, T.V.; SANTANNA-SANTOS, B.F.; AZEVEDO, A.A.; FERREIRA, R. S. Anati Quanti: Software de analyses quantitativas para estudos em anatomia vegetal. **Planta Daninha**. v.25, p. 649-659, 2007.

ALVES, J. D. N.; SOUZA, F. C. A.; OLIVEIRA, M. L.; OLIVEIRA, M. C. M. A.; OKUMURA, R. S. Fontes de fósforo no crescimento inicial de mudas de jatobá-docerrado (*Hymenaea stigonocarpa* Mart.). **Nucleus**, v.12, n.2, 2015.

BESSA, L. A.; SILVA, F. G.; MOREIRA, M. A.; TEODORO, J. P. R.; SOARES, F. A. L. Characterization of nutrient deficiency in *Hancornia speciosa* Gomes seedlings by omitting micronutrients from the nutrient solution. **Revista Brasileira de Fruticultura**, 35(2), 616-624, 2013.

BESSA, L.A.; MOREIRA, M.A.; SILVA, F.G.; MOTA, C.S.; VITORINO, L.C. Growth, nutrient concentration and principal component analysis of Cagaita (*Eugenia dysenterica* DC.) seedlings grown in nutrient solution. **Aust J Crop Sci**. 10, 425-432, 2016.

BILGER, W.; SCHEREIBER, U.; BOCK, M. Determination of the quantum efficiency of photosystem II and of non-photochemical quenching of chlorophyll fluorescence in the field. **Oecologia**, v.102, p. 425-432, 1995.

CHAVOUSHI, M.; NAJAFI, F.; SALIMI, A.; ANGAJI, S. A. Effect of salicylic acid and sodium nitroprusside on growth parameters, photosynthetic pigments and secondary metabolites of safflower under drought stress. **Scientia Horticulturae**, 259, 108823, 2020.

DASTRANJ, M; SEPASKHAH, A. R. Response of saffron (*Crocus sativus*L.) to irrigation water salinity, irrigation regime and planting method: Physiological growth and gas exchange. **Scientia Horticulturae**. v. 257, p. 1-14, 108714, 2019.

FERREIRA, T., W. RASBAND. 2010. O ImageJ Guia do Usuário-Version 1,43. Disponível em: <<http://rsbweb.nih.gov/ij/docs/user-guide.pdf>> acesso jan. 2019, 2010.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia** (UFLA), v. 35, p. 1039-1042. 2011

GENTY, B.; BRIANTAIS, J. M.; BAKER, N. R. The relationship between the quantum yield of photosynthetic electron transport and quenching of chlorophyll fluorescence. **Biochimica et Biophysica Acta**, v.990, p.87-92, 1989.

GONÇALVES, J. F. C.; SILVA, C. E.; GUIMARÃES, D. G.; BERNARDES, R. S. Análise dos transientes da fluorescência da clorofila a de plantas jovens de *Carapa guianensis* e de *Dipteryx odorata* submetidas a dois ambientes de luz. **Acta Amazonica**, VOL. 40(1) 2010.

HOAGLAND, D.R.; ARNON, D.I. The water culture method for growing plants without soils. Berkeley: California Agricultural Experimental Station, 347p., 1950.

JUNG, H. Y.; KIM, J. K.; Complete reutilisation of mixed mackerel and brown seaweed wastewater as a high-quality biofertiliser in open-flow lettuce hydroponics. **Journal of Cleaner Production**, p. 119081, 2019.

KARNOVSKY, M.J. A. formaldehyde-glutaraldehyde fixative of high osmolality for use in electron microscopy. **Journal of Cell Biology**. v. 27, p.137-138. 1965.

MARTINAZZO, E. G.; PERBONI, A. T.; OLIVEIRA, P. V.; BIANCHI, V. J.; BACARIN, M. A. Atividade fotossintética em plantas de ameixeira submetidas ao déficit hídrico e ao alagamento. **Ciência Rural**, v. 43, n. 1, 2013.

MARTINAZZO, E. G.; PERBONI, A. T.; OLIVEIRA, P. V.; BIANCHI, V. J.; BACARIN, M. A. Atividade fotossintética em plantas de ameixeira submetidas ao déficit hídrico e ao alagamento. **Ciência Rural**, 43(1), 2013.

MORZELLE, M. C.; BACHIEGA, P.; SOUZA, E. D.; Vilas Boas, E. V. B.; Lamounier, M. L. Caracterização química e física de frutos de curriola, gabioba e murici provenientes do cerrado brasileiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, 37(1), 96-103, 2015.

NIU, F., ZHANG, D., LI, Z., VAN IERSEL, M. W., ALEM, P. Morphological response of eucalypts seedlings to phosphorus supply through hydroponic system. **Scientia Horticulturae**, 194, 295-303. 2015.

NOGUEIRA, R. J. M. C.; ALBUQUERQUE, M. B.; SILVA JUNIOR, J. F. Efeito do substrato na emergência, crescimento e comportamento estomático em plântulas de mangabeira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.25, n.1, p.15-18, 2003.

O'BRIEN, T.P.; MCCULLY, M.E. The study of plant structure: principles and selected methods. Melbourne: Termarcaphy.

PINHAL, H. F.; ANASTÁCIO, M. R.; CARNEIRO, P. A. P.; SILVA, V. J.; MARAIS, T.P.; LUZ, J. M. Q. Aplicações da cultura de tecidos vegetais em fruteiras do Cerrado. **Ciência Rural**, v. 41, n. 7, p. 1136-1142, 2011.

RASCHER, U.; LIEBIG, M.; LÜTTGE, U. Evaluation of instant light response curves of chlorophyll fluorescence parameters obtained with a portable chlorophyll fluorometer on site in the field. **Plant Cell Environ**. vol. 23 p.1397-1405, 2000.

R CORE TEAM. R: A LANGUAGE AND ENVIRONMENT FOR STATISTICAL COMPUTING. R FOUNDATION FOR STATISTICAL COMPUTING. Disponível em: <https://www.R-project.org/>. Acesso em: 30 de novembro de 2017.

SAMPAIO, M. F.; DO COUTO, S. R.; SILVA, C. A.; SILVA, A. C. A.; DA SILVA, A. A. S.; TEIXEIRA, A. L. Influência de diferentes substratos associados a métodos de superação de dormência na germinação e emergência de sementes de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.). **Revista Farociência**, 2(1), 11-27, 2015.

SAMPAIO, O. M., SILVA, M. F. D. G. F., VEIGA, T. A. M., KING-DÍAZ, B., & LOTINA-HENNSEN, B. Avaliação de furanocumarinas como inibidores da fotossíntese através de ensaios de fluorescência da clorofila *a*. **Química Nova**, 2012.

SCHOCK, A. A.; RAMM, A.; MARTINAZZO, E. G.; SILVA, D. M.; BACARIN, M. A. Crescimento e fotossíntese de plantas de pinhão-manso cultivadas em diferentes condições de luminosidade. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental-Agriambi**, 18(1), 2014.

SILVA, F. G.; DUTRA, W. F.; DUTRA, A. F.; OLIVEIRA, I. M.; FILGUEIRAS, L.M.B; MELO, A. S. Trocas gasosas e fluorescência da clorofila em plantas de berinjela sob lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental-Agriambi**, 19(10), 2015.

SHEZI, S., MAGWAZA, L. S., MASHILO, J., TESFAY, S. Z., MDITSHWA, A. Photosynthetic efficiency and relationship to mesocarp dry matter content of ‘Carmen’ avocado (*Persea americana* Mill.) fruit in a cool subtropical climate. **Scientia Horticulturae**, 253, 209-216. 2019.

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

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. – Porto Alegre: Artmed, 2017.

TISCHER, J. C.; NETO, M. S. Avaliação da deficiência de macronutrientes em alface crespa. **Ensaio e Ciência: C. Biológicas, Agrárias e da Saúde**, Vol. 16, nO 2, p.43-53, 2012.

VIDIGAL, S.M.; D.D. PACHECO, E.L.; COSTA, C.E. FACION. Crescimento e acúmulo de macro e micronutrientes pela melancia em solo arenoso. **Revista Ceres**, 56:112-118, 2009.

WELLBURN, A.R. The spectral determination of chlorophylls a and b, as well as total carotenoids, using various solvents with spectrophotometers of different resolution. **Journal of Plant Physiology**, v. 144, p. 307-313, 1997.

XIAO, X.; XU, X.; YANG, F.; Adaptive responses to progressive drought stress in two *Populus cathayana* populations. **Silva Fenn.** 42, 705–719, 2008.

ZHANG, Q.; ZHANG, M.; DING, Y.; ZHOU, P.; FANG, Y. Composition of photosynthetic pigments and photosynthetic characteristics in green and yellow sectors of the variegated *Aucuba japonica* ‘Variegata’ leaves. **Flora**, 240, 25-33, 2018.

CAPÍTULO II

AVALIAÇÃO NUTRICIONAL E MORFOANATÔMICA DE *Hymenaea courbaril* L. CULTIVADA EM SISTEMA HIDROPÔNICO

RESUMO

SOUSA, D. C. V. Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde – GO, janeiro de 2020. **Avaliação nutricional e morfoanatômica de *Hymenaea courbaril* L. Cultivada em sistema hidropônico.** Orientadora: Layara Alexandre Bessa. Orientadora: Luciana Cristina Vitorino.

O jatobá é uma frutífera nativa de ocorrência em grande parte do Brasil. Seus frutos são bastante utilizados pelos consumidores locais e é cada vez maior a procura de mudas desta espécie para recuperação de áreas degradadas. Com o intuito de entender as exigências desta frutífera foi instalado um experimento em casa de vegetação em cultivo hidropônico, em função de diferentes épocas após o transplântio (DAT) em solução nutritiva, a planta foi colhida e separada em folhas, caules e raízes. As partes amostradas (em cada período de avaliação) foram secas em estufa com circulação forçada de ar a 65°C, posteriormente levadas para determinação do teor de macro e micronutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn) e morfoanatomia foliar para medições do diâmetro e densidade do vaso, foram feitas seções transversais manuais usando uma lâmina, as seções foram coradas. As medições foram feitas em uma área selecionada de aproximadamente 25% de cada seção transversal, nas plantas. Concluiu-se neste estudo que a densidade de estômática foi maior no tratamento de 60 DAT (405,95 mm²). O magnésio foi o macronutriente menos absorvido pelas plantas com concentração máxima aos 180 DAT (1,37 g kg⁻¹), e o N (2,60 g kg⁻¹) o mais absorvido aos 30 DAT. O micronutriente mais absorvido pelas plantas foi o Fe (550,2 mg/kg⁻¹) aos 30 DAT, e o menos absorvido foi o Cu (17 mg/kg⁻¹) aos 30 DAT.

Palavras-chave: Anatomia foliar, solução nutritiva, histoquímica, *Hymenaea courbaril* L

ABSTRACT

SOUSA, D. C. V. Goiano Instituto Federal – Rio Verde Campus– GO, January de 2020. **Nutritional and morphoanatomical evaluation of *Hymenaea courbaril* L. Grown in hydroponic system.** Advisor: Layara Alexandre Bessa. Co-advisors: Luciana Cristina Vitorino.

The jatobá is a fruit native to most of Brazil. Its fruits are widely used by local consumers and there is an increasing demand for seedlings of this species to recover degraded areas. In order to understand the requirements of this fruit, an experiment was installed in a greenhouse under hydroponic cultivation, due to different times after transplanting (DAT) in nutrient solution, the plant was harvested and separated into leaves, stems and roots. The sampled parts (in each evaluation period) were dried in an oven with forced air circulation at 65 ° C, then taken to determine the content of macro and micronutrients (N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn and Zn) and leaf morphology to measure the diameter and density of the vessel, so manual cross sections were made using a slide then the sections were stained. The measurements were made in a selected area of approximately 25% of each cross section, on the plants. It was concluded in this study that the stoma density was higher in the treatment of 60 DAT (405.95 mm²). Magnesium was the macronutrient least absorbed by plants with maximum concentration at 180 DAT (1.37 g kg⁻¹), and N (2.60 g kg⁻¹) the most absorbed at 30 DAT. The micronutrient most absorbed by the plants was Fe (550.2 mg / kg⁻¹) at 30 DAT, and the least absorbed was Cu (17 mg / kg⁻¹) at 30 DAT.

Key words: Leaf anatomy, nutritive solution, histochemistry, *Hymenaea courbaril* L

1. INTRODUÇÃO

O jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) é uma frutífera nativa semidecídua com ampla distribuição na América do Sul e América Central, sendo frequente em florestas de terra firme e em planícies altas, bem como em solos argilosos e pobres (Duarte et al., 2016). É uma árvore semidecídua, que está presente desde o Estado do Piauí até a região norte do Paraná (Carvalho Filho, 2003). Esta espécie é amplamente utilizada para extração de sua madeira resistente, na indústria alimentícia para produção de farinha, bolos e pães (Silva et al., 2001; Silva et al., 2016), bem como na recuperação de áreas degradadas. Apesar de sua frequência constante, e o uso em expansão de sua árvore e frutos, esta espécie ainda

necessita de estudos acerca da descrição do crescimento, exigência nutricional e morfoanatomia para se entender o desenvolvimento e consequente produzir mudas que atendam a alta demanda.

O conhecimento das estruturas morfológicas das espécies florestais é de grande importância para muitos estudos relacionados à silvicultura. Estudos morfológicos de frutos, sementes, plântulas e mudas se mostram essenciais para o reconhecimento das espécies no ambiente natural (Duarte et al., 2016) e o manuseio e produção de mudas em grande escala.

Os efeitos do estresse nutricional gerados pela absorção e acúmulo de nutrientes, são percebidos nas folhas, sendo que a anatomia foliar é uma ferramenta que podem auxiliar no entendimento das alterações que as diferentes concentrações de nutriente podem provocar na planta mesmo antes que estes possam se tornar visíveis (Bessa et al., 2017).

Para que as mudas com qualidade se estabeleçam em campo, é necessário conhecer à demanda adequada de nutrientes especialmente durante a fase inicial de desenvolvimento dessas plantas. Esta etapa, constitui-se de forma fundamental deste processo e pode possibilitar aos agricultores inclusive na aquisição em larga escala através de produção própria ou até mesmo da compra em viveiros (Bessa et al., 2016) espécies florestais nativas.

O crescimento e a absorção de nutrientes seguem o modelo padrão de curva de crescimento e a consequente absorção nutricional que é expressa na forma de curva de resposta em função da idade das plantas. Tal método é essencial para se conhecer os períodos em que é absorvido os nutrientes em maiores quantidades, indicando intervenções de adubações futuras na planta de forma a evitar o consumo demasiado de fertilizantes (Vidigal et al., 2009).

O crescimento, bem como a exigência nutricional aliados a descrições morfoanatômicas das folhas são características peculiares de cada espécie, o intuito deste trabalho é elucidar e descrever a influência que marcha de absorção de nutrientes podem afetar no desenvolvimento e nas características anatômicas foliares em mudas de jatobá.

Com o desenvolvimento da agricultura comum especialmente na região central do Brasil, no domínio do cerrado, com as espécies vegetais endêmicas e que perderam espaço para as culturas. Porém, tais espécies como o jatobá estão adquirindo espaço no mercado consumidor na preparação de medicamentos, na indústria alimentícia com preparação de bolos e pães, além de sua utilização especialmente na recuperação de áreas degradadas.

Estas atividades estão associadas aos pequenos agricultores da região dos cerrados e constitui fonte de renda para as famílias. Como se trata de produtos exóticos atrai o interesse de diversas populações de grandes centros, que buscam produtos com estas características, por serem mais saudáveis (Schiassi et al., 2018).

Para atender a grande demanda de mudas desta espécie é necessário inicialmente conhecer a exigência nutricional ao longo do tempo e descrever os efeitos destes nutrientes nas folhas, através de avaliação da morfonatomia foliar.

Com o provável aumento na demanda por mudas destas espécies, é importante que possuam qualidades de desenvolvimento e sanidade, fazendo-se necessários estudos sobre todo o processo de formação, pois estas plantas apesar da importância que representam ainda não foram domesticadas. De acordo com Nogueira et al, (2003) há carência de estudos em plantas nativas, abrangendo as fases de desenvolvimento e fisiologia e assim, refletindo nos diferentes comportamentos apresentados por estas espécies.

Os nutrientes representam fator relevante na organização estrutural do vegetal, contribuindo para composição organizacional de estruturas essenciais ao desenvolvimento da planta. Conhecer a demanda nutricional ao longo do tempo é fundamental para produção de mudas e constituição de pomares.

Alterações na anatomia da folha constituem aspectos decisivos no conhecimento de espécies expostas a diferentes condições nutricionais e fisiológicas provocadas pelo ambiente, sendo a estrutura que mais se modifica em resposta a alguma alteração ambiental, constituindo o principal sítio de produção de fotoassimilados (Elias et al., 2003).

Diante do exposto, o conhecimento dos efeitos da curva de crescimento e aspectos morfológicos em função do tempo nas espécies frutíferas do nativas, entre essas o Jatobá (*Hymenaea courbaril* L.), fornecerão informações importantes que vão contribuir para a dominação do processo produtivos destas espécies.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Condições de Cultivo

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Laboratório de Cultura de Tecidos Vegetais do Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde. Os frutos de jatobá foram coletados na fazenda Varginha, município de Rio Verde- GO.

Após a obtenção das sementes, estas foram extraídas manualmente e, lavadas em seguida com água corrente, posteriormente, submetidas ao tratamento de superação de dormência por meio de escarificação mecânica, atritando-se um dos lados das sementes em uma lixa d'água do lado oposto ao hilo até o desgaste visível do tegumento as sementes foram semeadas em bandejas de plásticas contendo areia como substrato.

A semeadura foi realizada em bandejas plásticas (50x35x8 cm). Aos 60 dias após a semeadura, quando apresentou três a quatro folhas completamente desenvolvidas, as mudas foram transferidas para os vasos de oito litros contendo solução nutritiva de Hoagland e Arnon (1950) com 50% da sua força iônica, por um período de 30 dias.

Durante a condução do experimento as plantas foram colocadas em solução nutritiva mantida sob aeração constante com ar comprimido. O pH foi ajustado diariamente a $5,5 \pm 0,5$ com adição de HCl ou NaOH, quando necessário e, a troca da solução nutritiva realizada com o critério de 30% de depleção do valor inicial da condutividade elétrica.

Aos 30, 60, 90, 120, 150 e 180 dias após o transplântio das mudas para solução nutritiva foi determinado o crescimento da planta. A planta foi colhida e separada em folhas, caules e raízes. As partes amostradas (em cada período de avaliação) foram secas em estufa com circulação forçada de ar a 65°C, até a massa seca constante e então pesadas para obter a massa da matéria seca e posteriormente levadas para determinação do teor de macro e micronutrientes seguindo a metodologia proposta por Malavolta (1997).

Aos 30, 60, 90, 120, 150 e 180 DAT (Dias Após o Transplântio) foram coletadas amostras de 0,5 cm² do terço médio das folhas de uma planta por vaso utilizando navalhas descartáveis. As amostras do material vegetal foram fixadas em solução de Karnovsky (1965) por 24 horas, desidratadas em série etílica crescente, pré-infiltradas e infiltradas em historesina (Historesin-Leica), de acordo com as recomendações do fabricante. O material então seccionado transversalmente com 5µm de espessura, em micrótomo rotativo (Modelo 1508R). Posteriormente, os cortes foram corados com azul de toluidina – coloração policromáticas, a 0,05% em tampão fosfato 0,1 M, pH 6,8 para análise estrutural e micromorfométricas (O'Brien et al.,1964).

Para medições do diâmetro e densidade do vaso, foram feitas seções transversais manuais usando lâmina de barbear. As seções foram coradas por lignina com phloroglucinol ácido. As medições foram feitas em área selecionada de aproximadamente 25% de cada seção transversal.

2.2 Análise estatística

Os dados foram submetidos às análises de variância e de regressão, utilizando o software sisvar 5.3 (Ferreira, 2010). Os modelos de regressão foram escolhidos baseados: nos maiores coeficientes de determinação, e na significância dos coeficientes de regressão, utilizando o teste t ao nível de até 5% de probabilidade.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Caracterização morfoanatômica foliar de mudas de *Hymenaea courbaril* L.

Plantas de Jatobá *Hymenaea courbaril* L. tem porte arbóreo ocorrem desde florestas úmidas e ambientes alagados até florestas sazonais secas, como Cerrado e Caatinga, possuem folhas bifolioladas, folíolos assimétricos, hipanto campanulado, frutos indeiscentes, endocarpo farináceo. (Ribeiro et al., 2015). A análise anatômica considerou os atributos de espessura da epiderme das faces adaxial e abaxial, mesofilo, espessura do parênquima paliçádico, espessura do parênquima lacunoso, espessura total do limbo, comprimento vertical, comprimento horizontal, densidade e média estomática

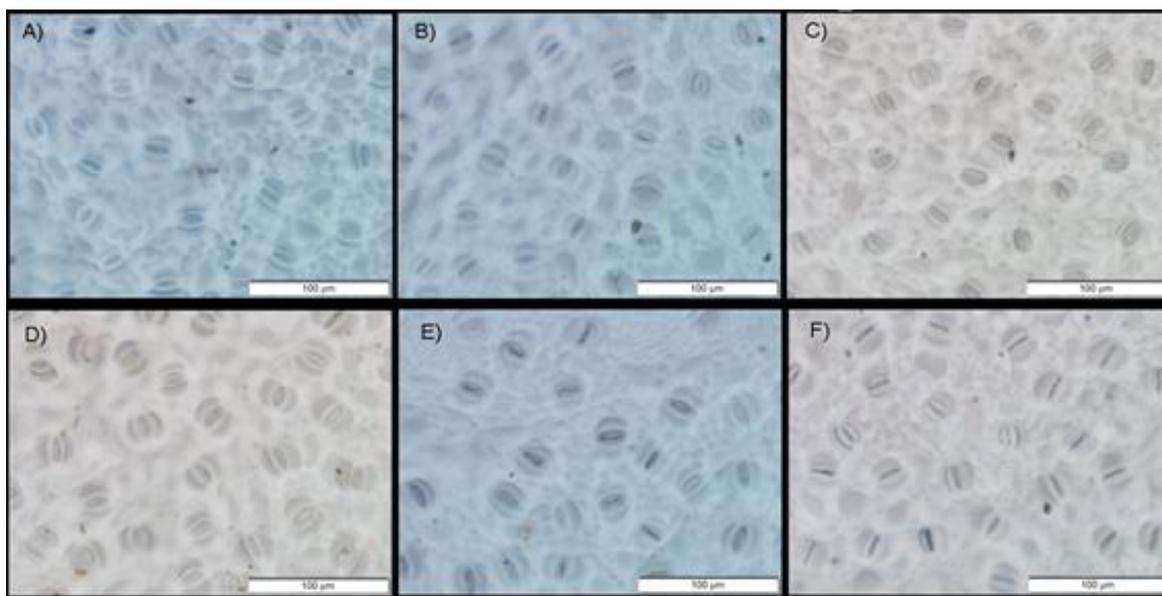


Figura 1. Fotos dos estômatos do jatobá (*Hymenaea Courbaril* L.) em diferentes épocas: 30 DAT (A); 60 DAT (B); 90 DAT (C); 120 DAT (D); 150 DAT (E); e 180 DAT (F).

Os dados apresentaram variação significativas na espessura de estômatos na face abaxial e adaxial, com valores de 16,3 μm aos 53 DAT e 13,3 μm aos 84 DAT respectivamente (Figura 2A, B), em estudo da anatomia foliar de diferentes cultivares de soja e sua relação com incidência e severidade de doenças, realizado por (Lourenço et al., 2011) encontrou para as cultivares Anta 82 a maior altura de epiderme adaxial (16,0350 μm) e a cultivar BRS – Valiosa a menor (13,0250 μm). Com relação à altura da epiderme abaxial em corte transversal as cultivares que apresentaram a maior altura da epiderme abaxial foram Anta 82 (11,7033 μm) e Monsoy – 6101 (11,3633 μm).

Houve também diferenças entre os tratamentos de espessura parênquima paliçádico 68,1 μm aos 98 DAT, lacunoso 184,7 μm aos 100 DAT e mesófilo 294,3 μm aos 136 DAT. (Figura 2 C,D e E), em folhas de Jatobá *Hymenaea courbaril* L. Para (Lourenço et al., 2011) na soja os valores encontrados foram para a espessura do parênquima lacunoso, a cultivar que apresentou maior espessura foi a Monsoy 6101 (50,2650 μm), e com relação a espessura do parênquima paliçádico as cultivares Pioneer P98Y11 (87,7483 μm) e Monsoy – 6101 (83,7016 μm) apresentaram as maiores espessuras.

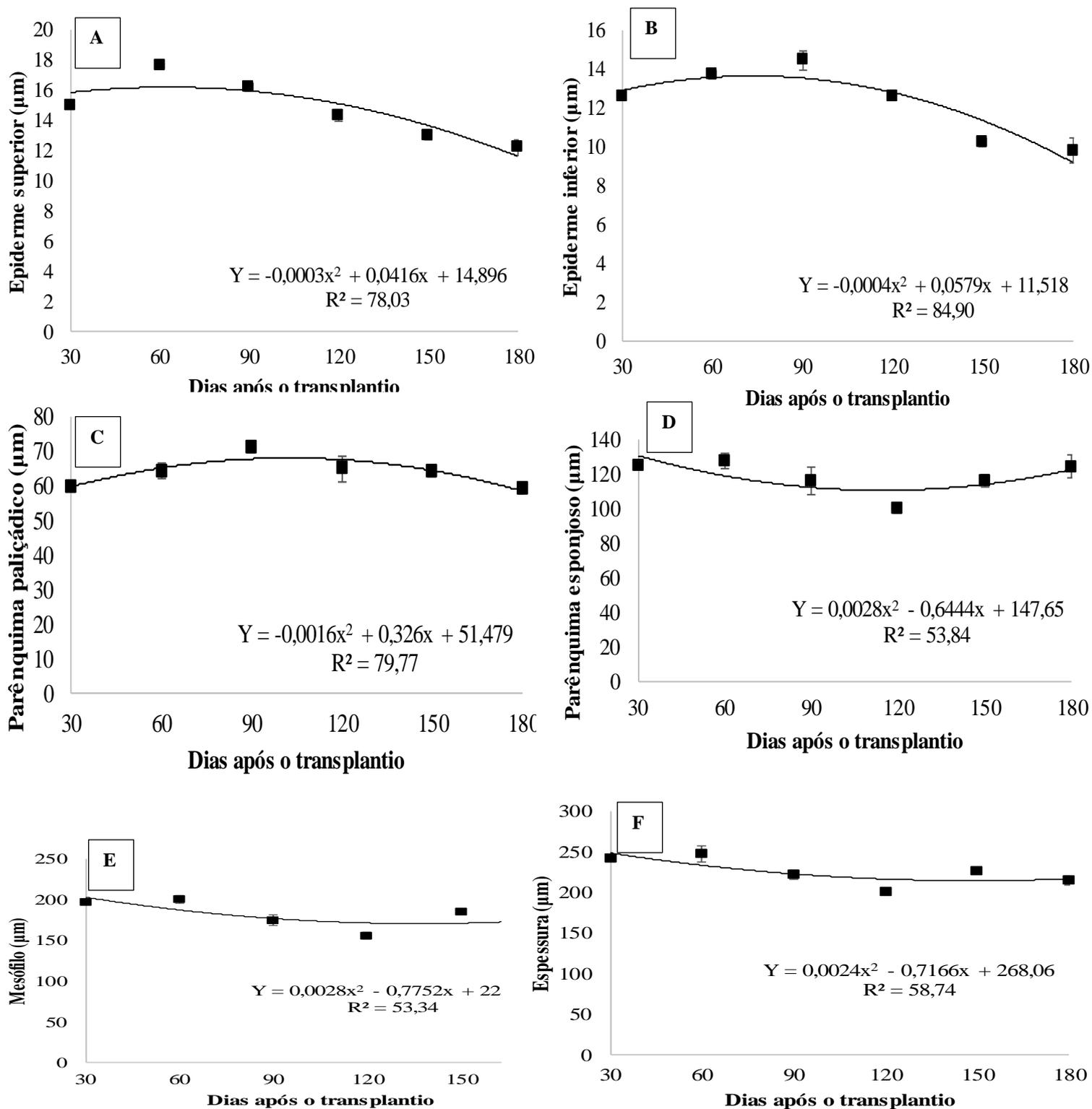


Figura 2. Análise anatômica de atributos de: espessura da epiderme das faces adaxial (A); espessura da epiderme abaxial (B); espessura do parênquima paliçádico (C); espessura do parênquima lacunoso (D); mesófilo (E); e espessura total do limbo (F) em mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.), em função dias após o transplântio.

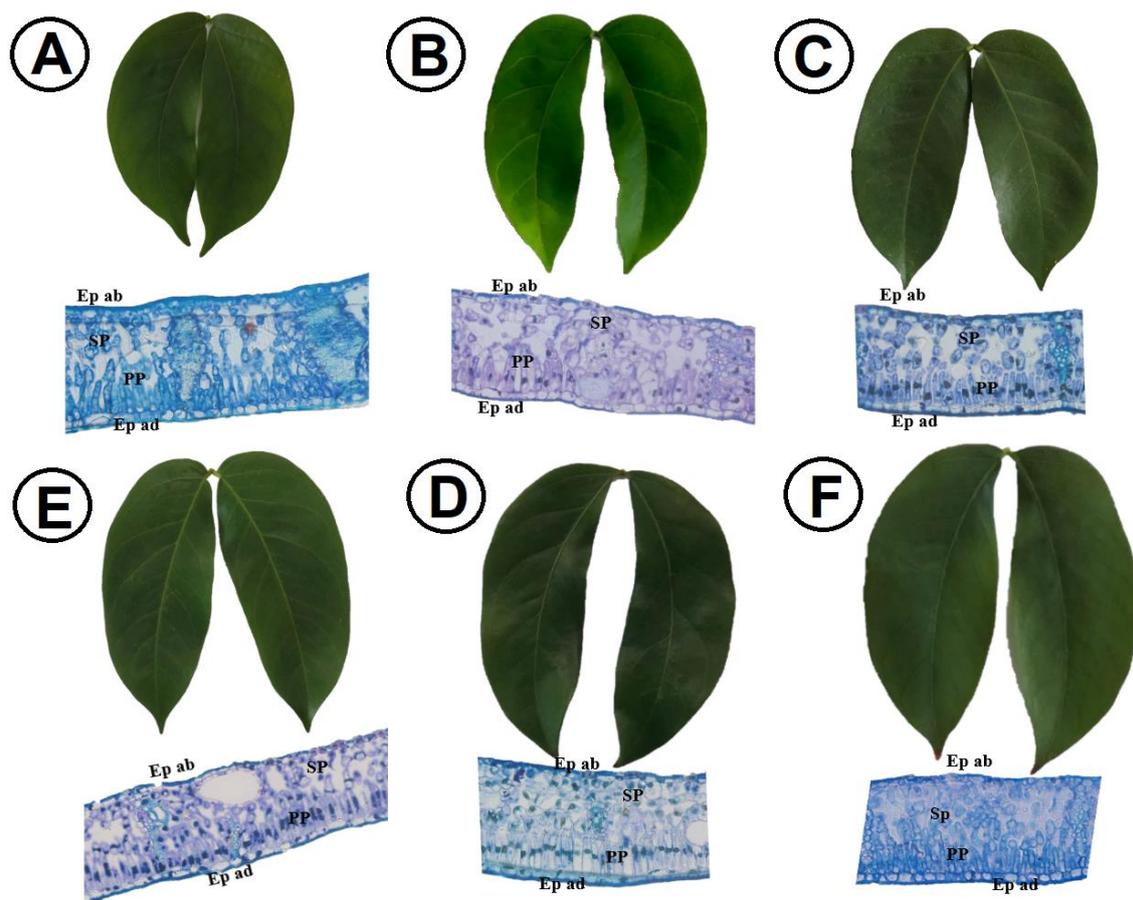


Figura 3. Fotomicrografias de folhas de *Hymenaea courbaril* L., cortes transversais mostrando estruturas anatômicas após 30 DAT (A), 60 DAT (B), 90 DAT (C), 120 DAT (D), 150 DAT (E) e 180 DAT, Barra de escala 100 μ m.

As folhas de Jatobá *Hymenaea courbaril* L. apresentam estômatos de formato reniforme na face abaxial da folha, sendo assim chamados de hipoestomáticas. A densidade de estômatos foi maior no tratamento de 60 DAT (Figura 4 C), assim como a espessura total do limbo (Figura 2 F), para comprimento vertical o valor máximo foi de 22,91 μ m aos 180 DAT e comprimento horizontal com média de 15,95 μ m aos 30 DAT. (Figura 4 A, B). A densidade e distribuição dos estômatos na superfície foliar variaram em função dos tratamentos, nos atributos de densidade estomática e média estomática (Figura 4 C,D), observou-se comportamento basicamente semelhante, a densidade estomática apresentou queda nos tratamentos em função do tempo, já com o comprimento horizontal ocorreu o inverso.

A epiderme foliar mostrou alterações em função dos dias após o transplante em solução nutritiva (Figura 3). Estudos anatômicos ou bioquímicos são escassos para o

gênero *Hymenaea* e estão restritos apenas ao conhecimento da madeira pelo uso comercial (Nascimento et al., 2017).

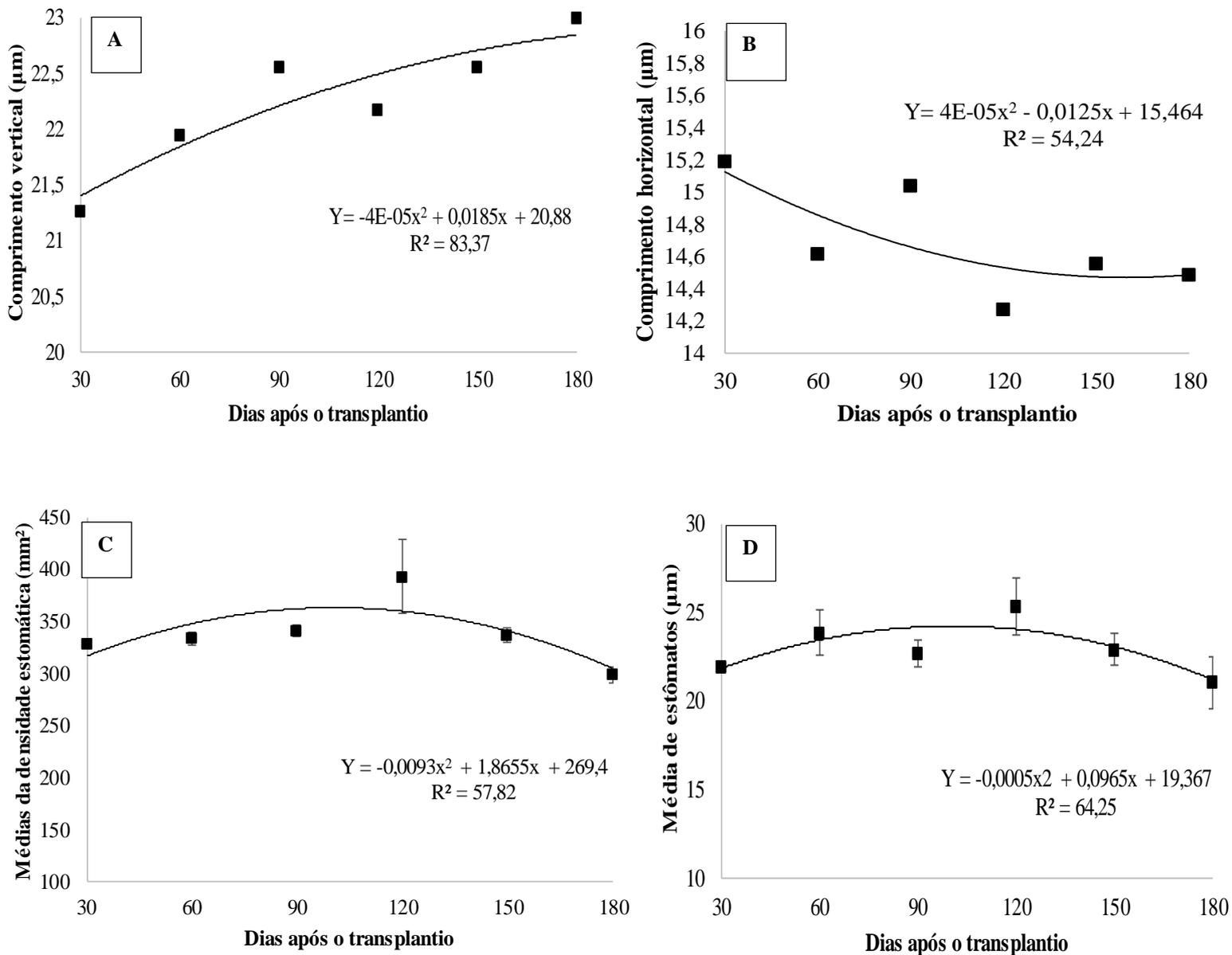


Figura 4 Análise anatômica de atributos de comprimento estomático vertical (A); comprimento estomático horizontal (B); densidade estomática (C); e média estomática (D), em mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) em função dos dias após o transplântio. Barra de escala 100 μm .

Observou-se que as características morfoanatômicas foliares bem como a absorção de nutrientes e densidade estomática foram afetadas, em função dos dias após o

transplântio mudas de Jatobá mantidas em solução nutritiva. Sendo importante a variação no tamanho dos estômatos, que influencia diretamente na densidade estomática.

Os tecidos vegetais responsáveis pela condução de seiva pela planta também foram estudados. A análise de duas características funcionais do xilema no caule revelou que houve diferença. O diâmetro e o comprimento do vaso, mostraram que o efeito do tratamento ou tempo de amostragem foi de 30,37 μm aos 30DAT e 34,87 μm aos 180DAT para diâmetro e para a característica comprimento dos vasos, em que os maiores valores são encontrados aos 30 DAT com 51,08 μm e a menor medida aos 114 DAT de 33,45 μm (Figura7 A). Para a raiz a característica de comprimento dos vasos do xilema o maior valor 24,5 μm comprimento aos 180 DAT e 21,61 μm aos 110 DAT para diâmetro. (Figura7 B).

O transporte eficiente da água nos vasos do xilema, desempenham papel crucial na sobrevivência das plantas. O diâmetro do vaso é talvez o parâmetro mais importante da estrutura do xilema em relação ao fluxo de gua. O comprimento no xilema também tem impacto na condutância da água, vasos de xilema mais longos transportam a água de maneira mais eficaz, mas também são mais vulneráveis  cavitação. O comprimento do vaso no xilema teve comportamento inverso ao diâmetro. Vasos largos estão fortemente associados a melhor capacidade de condução, mas um diâmetro maior do vaso torna o xilema mais vulnerável  cavitação, enquanto vasos estreitos conduzem a água com menos eficiência, mas são mais seguros para a planta. Conseqüentemente, o diâmetro do vaso parece ser bastante importante para a eficiência do uso da água durante os estágios iniciais das mudas (SHTEIN et al.,2011).

Para as características de tudo crivado do floema, o comprimento e diâmetro dos vasos tiveram comportamento linear crescente em que os maiores valores foram observados aos 180 DAT de 11,55 μm e 12,84 μm para o caule (Figura 7 C). Nas raízes 13,61 μm aos 136 DAT e diâmetro de 13,28 μm aos 180 DAT. (Figura 7 D).

O floema é um tecido vascular complexo constituído por elementos de condução, células de sustentação e células de armazenamento, e é formado tipicamente por três tipos de células. São elas: os elementos crivados, as células do parênquima e as células do esclerênquima. Existem basicamente dois tipos de elementos de crivados: células crivadas e elementos de tubo de crivado. Os elementos do tubo crivado se distinguem pela presença de placas crivadas, ou áreas crivadas com poros mais amplos e mais abundantes, geralmente em ambas as extremidades extremas das células. Os elementos do tubo crivado estão sempre acompanhados de uma célula denominada célula

companheira. Ela tem a mesma origem da célula do procâmbio. Acredita-se que essa célula esteja relacionada com o transporte de seiva elaborada e comande atividades do elemento de tubo crivado. Pace et al.,2019.

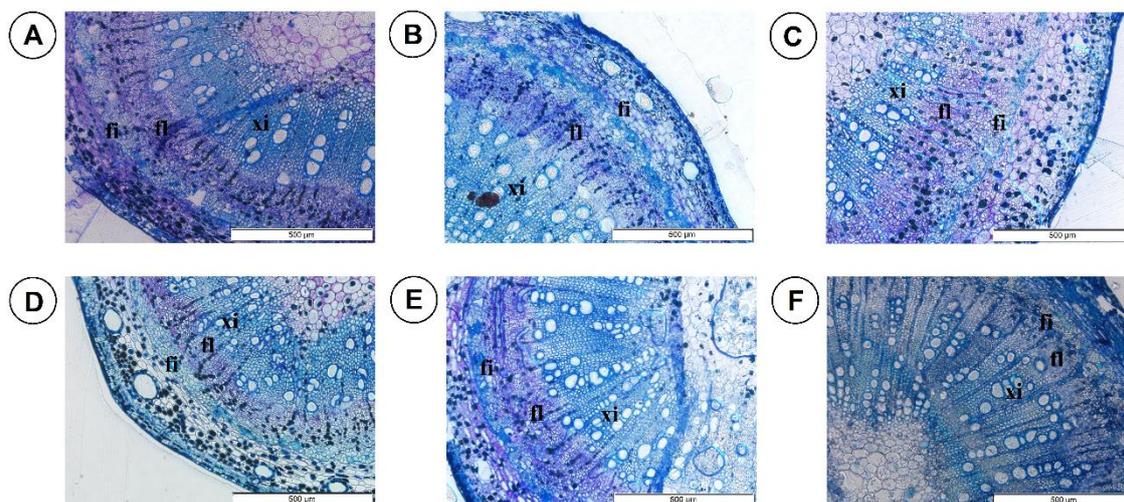


Figura 5. Cortes transversais do caule de *Hymenaea courbaril* L., aspecto geral de mudas em diferentes épocas: 30 DAT (A); 60 DAT (B); 90 DAT (C); 120 DAT (D); 150 DAT (E); e 180 DAT (F). fi: fibras, fl: floema, xi: xilema. Barras: C (500 µm).

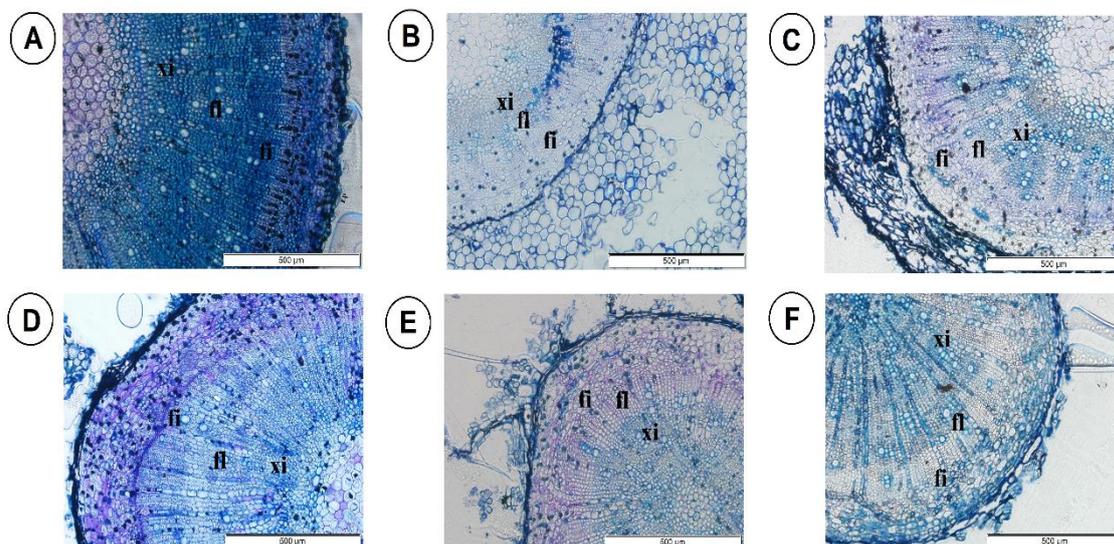


Figura 6. Cortes transversais da raiz de *Hymenaea courbaril* L., aspecto geral de mudas em diferentes épocas: 30 DAT (A); 60 DAT (B); 90 DAT (C); 120 DAT (D); 150 DAT (E); e 180 DAT (F). fi: fibras, fl: floema, xi: xilema. Barras: C (500 µm).

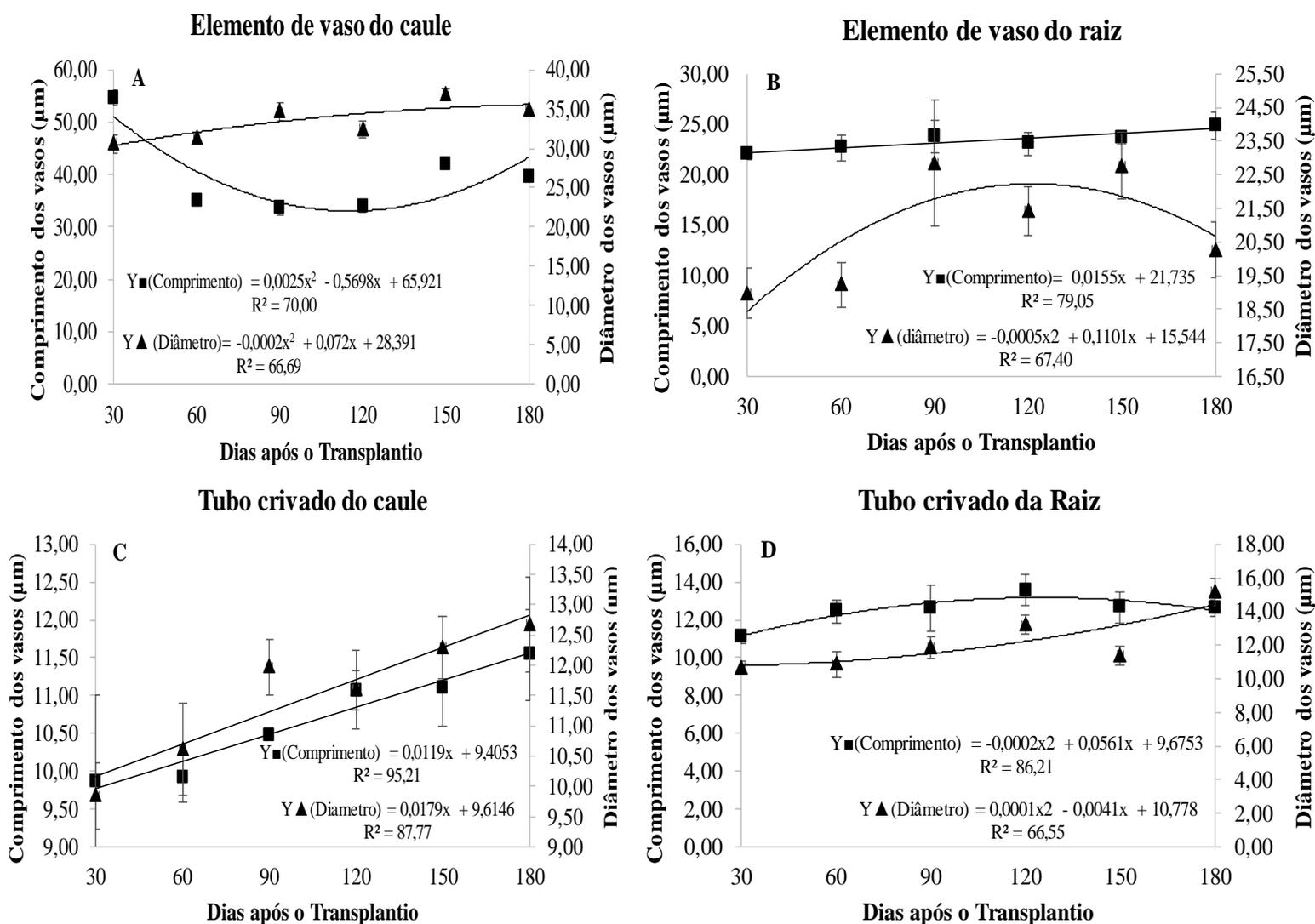


Figura 7. Relação entre dias após o transplântio e características dos vasos do xilema (elementos de vasos) e floema (elementos de tubo crivado) do caule e raiz de mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.): (A) diâmetro do vaso; (B) comprimento do vaso; (C) tubo crivado caule e (D) tubo crivado raiz. Barra de escala 100 μm .

3.2. Acúmulo de macronutrientes e micronutrientes em mudas de *Hymenaea courbaril* L.

Os teores de macro e micronutrientes foram analisados, coletados de mudas de jatobá, em função dias após o transplântio em solução nutritiva e submetidas à secagem em estufa a 65°C até a obtenção de massa constante. O material seco foi moído para obtenção de teores de cada nutriente.

O nitrogênio (N) foi o nutriente que mais se acumulou na planta inteira, atingindo ao final de 180 DAT o valor médio de 66,8 g kg⁻¹. O teor de N nas folhas foi significativamente menor aos 125 DAT com 21,6 g kg⁻¹ e maior aos 30 DAT com 25,3 g kg⁻¹. Enquanto no caule e nas raízes os valores estimados de N foram de 19,3 g kg⁻¹ e 22,2 g kg⁻¹ aos 180 DAT respectivamente (Figura 8 A, B, C). Em estudos realizados com espécies nativas do bioma Mata Atlântica que estão entre as mais frequentes na arborização em (Santa Maria RS), (Brun et al., 2019) relataram teores foliares médios de N para a espécie *Caesalpinia pluviosa* Benth. e *Eugenia uniflora* L. entre 24,77 e 15,57 g kg⁻¹ respectivamente, que em comparação com outros trabalhos realizados apresentaram teores de N considerados dentro de intervalo adequado (entre médio e alto) entre 15-25 g kg⁻¹. Os teores de fósforo (P) nas folhas atingiu o valor máximo de 8,4 g kg⁻¹ aos 180 DAT enquanto os teores de P para o caule e raiz foram de 9,0 g kg⁻¹, aos 180 DAT e 10,6 g kg⁻¹, aos 131 DAT, respectivamente (Figura 8 A, B, C). Segundo a classificação apresentada em (Brun et al. 2019), para espécies nativas adultas do bioma Mata Atlântica, já anteriormente citado, os teores de P foliares são considerados normais quando entre 1,4 e 1,9 g kg⁻¹ e altos quando acima de 1,9 g kg⁻¹, para *Hymenaea courbaril* L. apresentaram tanto para folhas, caule e raiz teores muito elevados do nutriente. Os teores dos nutrientes nas plantas ao longo do ciclo, seguem diferentes modelos polinomiais, indicando que as variações são dependentes do nutriente que é influenciado pela velocidade de absorção e sua interação com a taxa de crescimento da planta (Prado et al., 2011).

Foram atingidos os maiores valores estimados para os teores de K, 14,8 aos 180 DAT; 10,9 aos 30 DAT e 16,9g kg⁻¹ aos 97DAT nas folhas, caules e raízes, respectivamente. (Figura 8 A, B, C).

(Malta et al., 2019) avaliando teores foliares de NPK em graminheira sob adubação orgânica e mineral, observou maior teor de potássio foliar no tratamento com esterco bovino (34 g/kg-1) e os menores teores foram observados nos tratamentos testemunha (28,5 g/kg-1), os autores consideraram adequado teor de K foliar adequado quando acima de 26 g/kg e suficiente quando acima de 6,4 g/kg. Assim, nenhum dos teores obtidos neste estudo estão abaixo da faixa de suficiência determinada por estes pesquisadores.

O maior valor estimado do teor de cálcio foliar foi de 13,2 g kg⁻¹ aos 180 DAT, no caule foi de 15,0 g kg⁻¹ o maior valor aos 180 DAT e a raiz o valor de 12,0 g kg⁻¹ aos 180 DAT (Figura 8 A,B,C).

(Kheloufi et al. 2019), investigando a caracterização físico-bioquímica de duas espécies de acácias em condições salinas, observaram aumento do Ca foliar em condições de estresse salino e que o acúmulo de Ca em condições de extremas de salinidade poderia ajudar a proteger as duas espécies dos efeitos tóxicos de Na^+ , ativando vias que protegem contra danos na membrana celular. Para o presente estudo, o bom suprimento de Ca pela espécie desempenha papel fundamental na estabilização da estrutura da parede celular, mantendo a integridade estrutural e funcional da membrana celular, regulando o transporte e troca iônica e atuando como mensageiro na sinalização de estresse

O teor de Mg nas folhas teve o maior valor estimado de $2,9 \text{ g Kg}^{-1}$ com 180 DAT, os maiores teores no caule e nas raízes também ocorreram aos 180 DAT, o valor acumulado foi de $4,1 \text{ g Kg}^{-1}$ e $4,4 \text{ g Kg}^{-1}$ respectivamente. (Figura 8 A, B, C). (Brun et al., 2019) em estudos realizados com espécies nativas do bioma Mata Atlântica apresentaram como referência para teor de Mg na matéria seca de plantas valores entre $2,0$ a $8,0 \text{ g kg}^{-1}$, e observaram que na espécie *Cedrella fissilis* obteve o maior teor de Mg, com $2,20 \text{ g kg}^{-1}$, dentro dos teores de referência.

(Bessa et al., 2016) ao trabalharem com mudas de Cagaita (*Eugenia dysenterica* DC.) em cultivo hidropônico, os teores de magnésio (Mg) nas folhas e no caule foram de $0,44$ e $0,36 \text{ g kg}^{-1}$ respectivamente. Enquanto nas raízes esse nutriente apresentou acúmulo máximo aos 178 DAT com $0,29 \text{ g kg}^{-1}$ de Mg.

O enxofre (S) foi o macronutriente de menor acúmulo em mudas de jatobá, atingiu em toda a planta ao final de cultivo de 180 DAT (folha, caule e raiz) o teor de $2,2 \text{ g kg}^{-1}$. As raízes, entre os órgãos da planta, foram a que mais acumularam S, atingido o valor máximo estimado de $1,0 \text{ g kg}^{-1}$ aos 180 DAT, enquanto nas folhas e caule foram os teores de $0,9$ e $0,8 \text{ g kg}^{-1}$, aos 44 DAT e 180 DAT, respectivamente. (Figura 8 A, B, C). Tais resultados, verificados no presente trabalho, não corroboram com os obtidos por (Prado et al., 2011 e Gondim et al., 2011), enquanto no tomateiro em cultivo hidropônico Prado encontrou o máximo de $0,54 \text{ g}$ por planta ($10,8 \text{ kg ha}^{-1}$), concentrando nas folhas a maior parte deste macronutriente (60%), em comparação ao caule (23%), as raízes (2%) e aos frutos (15%), Gondim encontrou nas plantas de beterraba, o valor máximo de $0,1 \text{ g planta}^{-1}$ ($3,5 \text{ kg ha}^{-1}$), concentrando nas folhas a maior parte deste macronutriente (68%), em comparação a raiz tuberosa (30%) e raízes (2%).

Observou-se que para os teores de macronutrientes nas folhas de jatobá, houve ajuste quadrático para N, Mg e S, situação semelhante observado por (Gondim et al., 2011) houve ajuste quadrático no acúmulo de macronutrientes em folhas de

beterraba ao longo do cultivo, exceto o teor de S que aumentou linearmente. Com base nos resultados, os teores de macronutrientes em mudas de *Hymenaea courbaril* L. obedeceram a seguinte ordem decrescente aos 180 DAT: N>Ca>K>P>Mg>S. Nota-se diferença entre esta ordem de extração de macronutrientes e aquelas encontradas por outros autores como, (Prado et al., 2011) (K>N>Ca>P>Mg>S) e (Gondim et al., 2011) (K>N>P>Mg>Ca>S). Enquanto para (Bessa et al., 2016) os teores de macronutrientes em mudas de *E. dysenterica* DC. obedeceram a seguinte ordem decrescente aos 180 DAT: N>Ca>K>P>Mg>S.

O nitrogênio e o potássio são os nutrientes mais requisitados na fase inicial de desenvolvimento da planta, o nitrogênio na divisão celular e na produção de clorofila, e o potássio em processos osmóticos, na síntese e manutenção de proteínas, na permeabilidade das membranas e no controle do pH. As exigências nutricionais da planta em alta demanda, deve-se à intensa atividade metabólica nesta fase inicial de desenvolvimento. (Freitas et al., 2011).

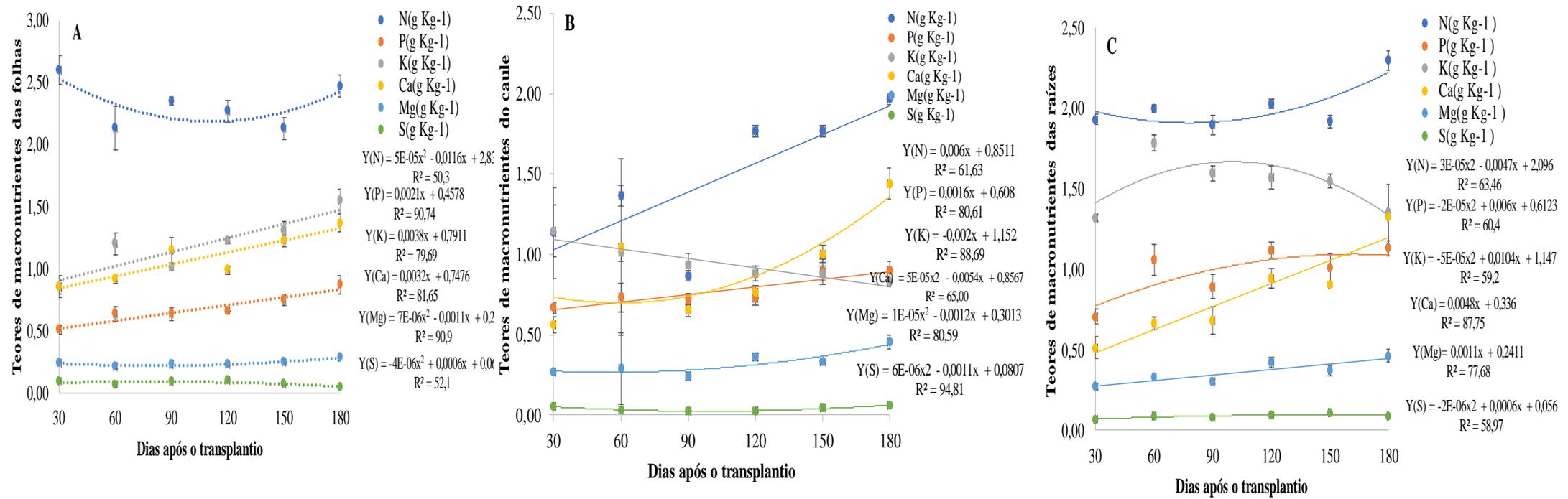


Figura 8. Teor na folha (A), Caule (B) e Raiz (C) de: Nitrogênio; Fósforo; Potássio; Cálcio; Magnésio e Enxofre em mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.), em função dias após o transplantio em solução nutritiva.

O maior teor foliar de boro em mudas de jatobá ocorreu aos 180 DAT, com 97,8 mg/kg⁻¹, quantidade acumulada foi de 91,41 mg/kg⁻¹, observados aos 30 DAT no caule e de 89,73 mg/kg⁻¹ 84 DAT na raiz (Figura 9 A, B, C). O boro é um micronutriente que desempenha funções essenciais para o desenvolvimento vegetal. Apesar dos micronutrientes serem requeridos em quantidades menores, eles são tão importantes quanto os macronutrientes para o crescimento e desenvolvimento vegetal (Malavolta, 2006). O boro (B) é um micronutriente essencial para as plantas, está relacionado com a translocação de açúcares, e seu efeito fisiológico mais importante na planta é a função estrutural do boro atuando ainda diretamente com o metabolismo de Ca²⁺, a síntese de ácidos nucleicos e a integridade da membrana celular, sintomas de falta aparecem primeiro nas plantas jovens, pois é um nutriente imóvel / pouco móvel nos tecidos vegetais. (Brun et al., 2017). Ainda segundo Brun, no estudo em 23 espécies adultas exóticas e nativas sobre fatos nutricionais e limites para micronutrientes em espécies arbóreas utilizadas na silvicultura urbana, os níveis foliares adequados de micronutrientes (mg kg⁻¹) são os seguintes: B (20,0 a 60,0); Cu (5,0 a 20,0); Fe (50,0 a 150,0); Mn (190,0 a 840,0); Zn (20,0 a 50,0), estando o presente estudo com teores acima dos níveis adequados.

Para o Cobre, percebeu-se que o maior teor médio foi encontrado para folhas foi de 17,0 mg/kg-1 aos 30 DAT, no período de 180 DAT os valores estimados encontrados no caule e nas raízes foram respectivamente 18,79 e 17,43 mg kg-1 (Figura 9 A, B, C). No estudo realizado por (Brun et al., 2012), os teores de Cu em *Caesalpinia pluviosa* foram de (15,75 mg kg-1), dentro da faixa esperada para muitas espécies arbóreas.

O teor de ferro (Fe) no caule obteve o valor médio de 404,67 mg/kg⁻¹ aos 30 DAT. Nas raízes foram obtidas as maiores concentrações deste nutriente atingindo o maior valor estimado de 1017,7 mg/kg⁻¹ aos 50 DAT, enquanto nas folhas o valor máximo estimado foi de Fe, 238,2 mg/kg⁻¹ aos 108 DAT (Figura 9 B,C, A). Os maiores valores médio de micronutrientes acumulados até aos 180 DAT na planta (folha, caule e raízes) foram os teores de Fe, 1.612,90 mg kg⁻¹. Em estudo realizado por (Pereira et al., 2018) com níveis de luminosidade que afetam o crescimento inicial de mudas e a acumulação de nutrientes em *khaya senegalensis* A. JUSS, verificou-se que os teores de ferro nos baixos níveis de luminosidade encontrados nas mudas de mogno africano foram de 313 mg.kg⁻¹. Nesta pesquisa, os teores de Fe analisados ficaram bem superiores aos descritos por (Brun et

al., 2017), para espécies florestais, indicando grande exigência nutricional das plantas por esse micronutriente.

Por apresentar baixa mobilidade dentro da planta, sua ocorrência preferencial é nas folhas em função da sua participação na formação da clorofila, é o componente das proteínas ferro-enzofre e também necessárias durante a fotossíntese, a respiração e a fixação de N_2 . Cerca de 80% do ferro em folha está localizado no cloroplasto e 60% do ferro está envolvido no funcionamento regular da cadeia de transporte de elétrons. Portanto, sob condições de deficiência de ferro, processos fisiológicos e bioquímicos normais no sistema da planta são severamente prejudicados. (Chakraborty et al., 2012).

O teor de manganês (Mn) na planta inteira (folha, caule e raízes) foi de 804,91 $mg\ kg^{-1}$ ao final do ciclo de 180 DAT, o maior acúmulo nas folhas foi com valor médio de 567,1 $mg\ kg^{-1}$, o maior acúmulo estimado de Mn no caule ocorreu aos 30 DAT com 165,24 $mg\ kg^{-1}$, e nas raízes foram acumuladas em média 123,4 $mg\ kg^{-1}$, que ocorreu aos 106 DAT (Figura 9 A, B, C). O conteúdo de manganês em estudo realizado com níveis de luminosidade e a acumulação de nutrientes de mudas *khaya senegalensis* A. JUSS mostrou os resultados de 34,01 a 66,75 $mg.kg^{-1}$. O manganês é essencial no metabolismo do nitrogênio, pois ele é constituinte da enzima nitrito redutase, atua na fotossíntese com participação nos componentes enzimáticos e cofatores, na reação de fotossíntese na fotólise da água, liberando o oxigênio para formar ATP e NAPH para posterior fixação de CO_2 (Pereira et al., 2018).

O maior valor estimado de teor de zinco (Zn) ocorreu no caule com média de 40,6 $mg\ kg^{-1}$, enquanto nas folhas os valores máximos estimados foram de 33,2 $mg\ kg^{-1}$ e na raiz ocorreu o acúmulo médio de 38,16 $mg\ kg^{-1}$ aos 30 DAT respectivamente (Figura 9 B, A, C). De acordo (Brun et al., 2017) que encontrou valores de referência entre 20,0 a 50,0 $mg\ kg^{-1}$, estando o presente estudo com teores nos níveis adequados.

Considerando este estudo, a ordem geral encontrada para os teores de micronutrientes obedeceu a seguinte ordem decrescente de exigência aos 180 DAT: Fe>Mn>B>Zn>Cu, ficando o Fe e Mn com as maiores concentrações para a espécie avaliada. Nota-se diferença entre esta ordem de extração de micronutrientes indicada por outros autores, como (Gondim, et al., 2011) que apresentou maior acúmulo de Mn>Zn>Fe>B>Cu, em cultivo de plantas de beterraba cultivadas em sistema hidropônico.

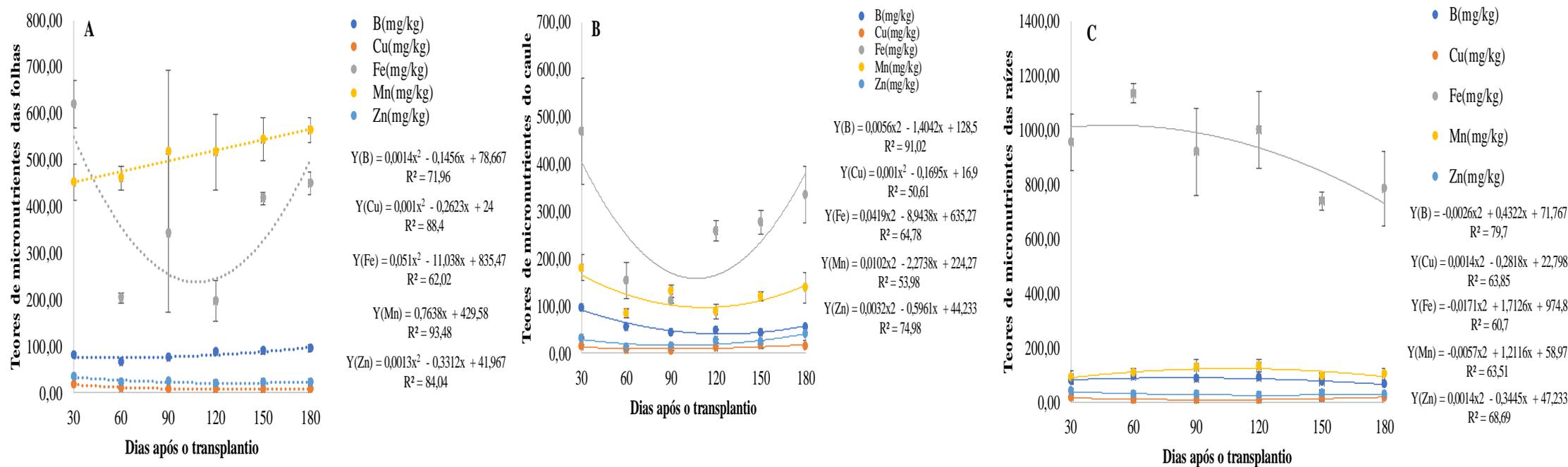


Figura 9. Teor na folha (A), Caule (B) e Raiz (C) de Boro, Manganês, Cobre, Ferro e Zinco em mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.), em função dias após o transplântio em solução nutritiva.

As concentrações médias declinaram para todos os nutrientes em direção à maturidade das culturas. O efeito do tratamento com N variou com o tempo de amostragem e entre os locais para a maioria dos elementos, exceto Fe e Mn em alguns casos as concentrações da maioria dos nutrientes geralmente aumentam com a concentração de N (exceções para Cu, Mn, B, Zn e P em alguns casos).

O crescimento e a absorção de nutrientes seguem o modelo padrão de curva de crescimento e a consequente absorção nutricional que é expressa na forma de curva de resposta em função da idade das plantas. Tal método é essencial para se conhecer os períodos em que é absorvido os nutrientes em maiores quantidades e adubações futuras na planta de forma a evitar o consumo demasiado de fertilizantes (Vidigal et al., 2009)

Para que uma planta se desenvolva e expresse todo o seu potencial produtivo, é necessário o correto suprimento de nutrientes. Além dos macronutrientes orgânicos, carbono, hidrogênio e oxigênio, os quais constituem o maior peso da planta verde ou da sua matéria seca, é preciso considerar também os sais minerais que, embora sejam requeridos em pequenas quantidades, são fundamentais para o desempenho das principais funções metabólicas da célula. Assim, o adequado suprimento desses nutrientes é ponto chave para o crescimento e desenvolvimento de espécies florestais, bem como de outras plantas. (Corcioli et al., 2016).

4. CONCLUSÃO

Diante do trabalho apresentado pode-se concluir que as características morfoanatômicas foliares bem como a absorção de nutrientes e densidade estomática foram afetadas, em função dos dias após o transplântio mudas de Jatobá mantidas em solução nutritiva. Sendo importante a variação no tamanho dos estômatos, que influencia diretamente na densidade estomática.

Com base nos resultados, os teores de macronutrientes em mudas de *Hymenaea courbaril* L. obedeceram a seguinte ordem decrescente aos 180 DAT: N>Ca>K>P>Mg>S.

Considerando este estudo, a ordem geral encontrada para os teores de micronutrientes obedeceu a seguinte ordem decrescente de exigência aos 180 DAT: Fe>Mn>B>Zn>Cu, ficando o Fe e Mn com as maiores concentrações para a espécie avaliada.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BESSA, L. A.; MOREIRA, M. A.; SILVA, F. G.; MOTA, C. S.; VITORINO, L. C. Growth, nutrient concentration and principal component analysis of Cagaita ('Eugenia dysenterica' DC.) seedlings grown in nutrient solution. *Australian Journal of Crop Science*, 10(3), 425. 2016
- BRUN, E. J.; ROSA, S. F.; ROPPA, C.; SCHUMACHER, M. V.; BRUN, F. G. K. Nutritional evaluation in native forest species used in afforestation on campus of the Universidade Federal de Santa Maria, RS. *Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana*, 7(1), 89-111. 2019.
- BRUN, F. G.; BRUN, E. J.; GERBER, D.; SZYMCAK, D. A.; LONDERO, E. K.; MEYER, E. A.; NAVROSKI, M. C. Nutrition facts and limits for micronutrients in tree species used in urban forestry. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 89(3), 1881-1893. 2017.
- CAMPELO, D. D. H.; LACERDA, C. F. D.; SOUSA, J. A. D.; BEZERRA, A. M. E.; ARAÚJO, J. D. M.; NEVES, A. L. R.; SOUSA, C. H. C. Morphophysiological leaf characteristics and nutritional status of six woody species as a function of the soil water availability. *Ciência Florestal*, 28(3), 924-936. 2018
- CARVALHO, Espécies arbóreas brasileiras. **Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo: Embrapa Florestas.** v.1. 2003
- CORCIOLI, G.; BORGES, J. D.; JESUS, R. P. D. MACRO AND MICRONUTRIENT DEFICIENCY IN MATURE SEEDLINGS OF KHAYA IVORENSIS STUDIED IN NURSERY. *Cerne*, 22(1), 121-128. 2016.
- CHAKRABORTY, B.; SINGH, P. N.; SHUKLA, A.; MISHRA, D. S. Physiological and biochemical adjustment of iron chlorosis affected low-chill peach cultivars supplied with different iron sources. *Physiology and Molecular Biology of Plants*, 18(2), 141-148. 2012.
- DUARTE, M. M.; PAULA, S. R. P.; FERREIRA, F. R. L.; NOGUEIRA, A. C. Morphological characterization of fruit, seed and seedling and germination of *Hymenaea courbaril* L. (Fabaceae) ('Jatobá'). *Journal of Seed Science*. v.38 n.3, p.204-211, 2016.
- ELIAS, S.R.M.; ASSIS, R.M.; SERAPHIN, E.S.; RESENDE, M.H. Anatomia foliar em plantas jovens de *Solanum lycocarpum* A.St.-Hil. (Solanaceae). *Brasilian Journal of Botany*, v. 26, n. 2, p. 169-174, 2003.
- FERREIRA, D.F. SISVAR - Sistema de análise de variância. Versão 5.3. Lavras-MG: UFLA. 2010.
- FREITAS, N.; PRADO, R. M.; ROZANE, D. E.; TORRES, M. H.; AROUCA, M. B. Marcha de absorção de nutrientes e crescimento de mudas de caramboleira enxertada com a cultivar nota-10. *Semina: Ciências Agrárias*, 32(4), 1231-1241. 2011.

GONDIM, A. R. O.; CORREIA, M. A. R.; ALVES, A. U.; PRADO, R. M.; CECÍLIO FILHO, A. B. Crescimento e marcha de acúmulo de nutrientes em plantas de beterraba cultivadas em sistema hidropônico. **Bioscience Journal**, 27(4). 2011

KARNOVSKY, M.J. A formaldehyde-glutaraldehyde fixative of high osmolality for use in electron microscopy. **Journal of Cell Biology**. v. 27, p.137-138. 1995.

Malavolta, E.; Vitti, G.C.; Oliveira, A.S. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. Piracicaba: Potafós. 1997. 319 p.

KHELOUFI, A.; MANSOURI, LM; MAMI, A. E; DJELILATE, M. Caracterização físico-bioquímica de duas espécies de acácias (*A. karroo Hayn* e *A. saligna Labill.*) Em condições salinas. **Reforesta**, (7), 33-49. 2019

MALTA, A. O.; PEREIRA, W. E.; TORRES, M. N. N.; MALTA, A. O.; MEDEIROS, D. A.; DIAS, J. A. Teores foliares de NPK em gravioleira sob adubação orgânica e mineral. **PesquisAgro**, 2(1), 47-56. 2019.

MELLO PRADO, R.; SANTOS, V. H. G.; GONDIM, A. R. O.; ALVES, A. U.; CECÍLIO FILHO, A. B.; CORREIA, M. A. R. Crescimento e marcha de absorção de nutrientes em tomateiro cultivar Raísa cultivado em sistema hidropônico. **Semina: Ciências Agrárias**, 32(1), 19-30. 2011.

NOGUEIRA, R.J.M.C.; ALBUQUERQUE, M.B.; SILVA JUNIOR, J.F. Efeito do substrato na emergência, crescimento e comportamento estomático em plântulas de mangabeira. **Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal**, v.25, n.1, p.15-18, 2003.

O'Brien, T.P.; McCully, M.E. The study of plant structure: principles and selected methods. Melbourne: Termarcaphy Pty, 1981.

OLIVEIRA, H. A. L.; VASCONCELOS FILHO, S. C., VASCONCELOS, J. M.; CAMPOS, H. D. Anatomia foliar de diferentes cultivares de soja e sua relação com incidência e severidade de doenças. **Global Science and Technology**, 4(3). 2011.

PACE, M. R. Phloem: Cell Types, Structure, and Commercial Uses. In: **Plant Science-Structure, Anatomy and Morphogenesis in Plants Cultured in Vivo and in Vitro**. IntechOpen, 2019.

PEREIRA, M. A.; GONÇALVES, D. S.; SOUZA, P. A. D.; LUCENA, F. R.; SILVA, R. R. D.; BRONDANI, G. E. LUMINOSITY LEVELS AFFECT THE INITIAL SEEDLINGS GROWTH AND NUTRIENT ACCUMULATION IN *Khaya senegalensis* A. JUSS. **Cerne**, 24(4), 344-351. 2018

SILVA, C. A.; DOURADO NETO, D.; SILVA, C. J.; FREITAS, C. A. Development of *Hymenaea Courbaril* seedlings in function of containers and irrigation blades. **Revista Árvore**, v. 40, n3, 2016.

SILVA, M.R.; SILVA, M.S.; MARTINS, K.A.; 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**, v.21, n.2, p.176-182, 2001.

SILVA, W. G.; TUCCI, C. A. FRANCO; HARA, F. A. S.; SANTOS, R. A. C. Efeito de micronutrientes sobre o crescimento de mudas de mogno (*Swietenia Macrophylla* King) em Latossolo amarelo. **Acta Amaz**, vol.37, n.3, pp.371-376. 2007.

SHTEIN, I.; MEIR, S., RIOV, J.; PHILOSOPH-HADAS, S. Interconnection of seasonal temperature, vascular traits, leaf anatomy and hydraulic performance in cut *Dodonaea* 'Dana' branches. **Postharvest Biology and Technology**, 61(2-3), 184-192. 2011.

SCHIASSI, M. C. E. V., SOUZA, V. R., LAGO, A. M. T., CAMPOS, L. G., QUEIROZ, F. Fruits from the Brazilian Cerrado region: physico-chemical characterization, bioactive compounds, antioxidant activities, and sensory evaluation. **Food chemistry**, 245, 305-311. 2018.

VIDIGAL, S.M.; D.D. PACHECO, E.L.; COSTA, C.E. FACION. Crescimento e acúmulo de macro e micronutrientes pela melancia em solo arenoso. **Revista Ceres** 56:112-118. 2009

6. CONCLUSÃO GERAL

Este estudo possibilitou compreensão dos processos fisiológicos envolvidos nos mecanismos de adaptação e aclimatação da planta, o crescimento de mudas de *Hymenaea Courbaril* apresentou comportamento linear até aos 180 dias após o transplante. A massa da matéria seca total de mudas de *Hymenaea Courbaril* foi de 19,51 g ao final do ciclo de cultivo. Os teores de macro e micronutrientes obedeceram a seguinte ordem: N>Ca>K>P>Mg>S e Fe>Mn>B>Zn>Cu. A análise das épocas de avaliações (DAT) por meio destes componentes principais foi importante para definir a maioria das variáveis analisadas, após os 120 dias foi observado a manutenção nos padrões de crescimento das plantas de jatobá, com queda nos parâmetros de trocas gasosas, fluorescência e pigmentos, por estes métodos é possível caracterizar, quantificar e detectar o estresse de plantas antes que os sintomas se tornem visíveis nas folhas, sendo considerado um método não invasivo, confiável, rápido e facilmente mensurável. Portanto para esta espécie não é indicada a sua manutenção em sistema de cultivo hidropônico, por períodos acima de 120 DAT. Esse estudo reforça a necessidade de mais trabalhos voltados as espécies nativas com grandes potenciais econômicos a serem explorados.