DARCI BARBIERI JÚNIOR

DESENVOLVIMENTO DE *Hymenaea courbaril* L. E *Bixa orellana* L. SOB EFEITO DA INOCULAÇÃO MICORRÍZICA E ADUBAÇÃO FOSFATADA

Dissertação apresentada à Universidade do Estado de Mato Grosso, para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais.

CÁCERES
Mato Grosso
2008

DARCI BARBIERI JÚNIOR

DESENVOLVIMENTO DE *Hymenaea courbaril* L. E *Bixa orellana* L. SOB EFEITO DA INOCULAÇÃO MICORRÍZICA E ADUBAÇÃO FOSFATADA

Dissertação apresentada à Universidade do Estado de Mato Grosso, para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais.

Orientadora: Profª. Drª. Lúcia Filgueiras Braga

CÁCERES
Mato Grosso
2008

FICHA CATALOGRÁFICA

Barbieri Júnior, Darci.
B236d Desenvolvimento de *hymenaea courbaril* l. e *bixa orellana* l. sob efeito da inoculação micorrízica e adubação fosfatada / Darci Barbieri Júnior. – Cáceres, 2008.
109 f. ; 30 cm.

DISSERTAÇÃO (MESTRADO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS) – UNIVERSIDADE DO ESTADO DE MATO GROSSO, 2008.

Orientador: Lúcia Filgueiras Braga

1. Índices fisiológicos. 2. *hymenaea courbaril* l. 3. *bixa orellana* l. I. Autor. II. Título.

CDU 631.8

WALTER CLAYTON DE OLIVEIRA – CRB – 2049/MT

FOLHA DE APROVAÇÃO

DARCI BARBIERI JUNIOR

DESENVOLVIMENTO DE *Hymenaea courbaril* L. E *Bixa orellana* L. SOB EFEITO DA INOCULAÇÃO MICORRÍZICA E ADUBAÇÃO FOSFATADA

Esta Dissertação foi julgada e aprovada como requisito para a obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais

Cáceres, 26 de Abril de 2008

BANCA EXAMINADORA

_____

Profª. Drª. Lúcia Filgueiras Braga
UNEMAT
Orientadora

_____

Profª. Drª. Elisabeth Furtado de Mendonça
FAMEV-UFMT

_____

Prof. Dr. Cassiano Garcia Roque
UNEMAT

DEDICO

A meus pais, Ozana e Darci, pelo apoio, amor, exemplo e vida. Seria impossível chegar a algum lugar sem vocês, amo-os...

OFEREÇO

A quem demonstra que não somos sós, e

que, nosso amor é simplesmente tudo! Mary.

Ao casal Liana e Carlos,

sempre ao meu lado. Li, te amo!

Meu herói de infância,

meu irmão, Giu!

Aos meus avós;

Dante Barbieri (*in memorian*) e Mabile (*in memorian*),

Zé Góis e Marina.

AGRADECIMENTOS

A Deus, obrigado sempre.

À minha orientadora, Professora Lúcia Filgueiras Braga, pelo acompanhamento, aprendizado, amadurecimento, respeito e muita paciência. Agradeço de coração.

Ao programa de pós-graduação da Unemat e seus profissionais, pela vivência, profissionalismo, carinho e oportunidade de realizar esse curso.

Aos departamentos de Ciências Biológicas, Agronomia e Engenharia Florestal da UNEMAT, campus universitário de Alta Floresta, pelo apoio e disponibilidade dos laboratórios e equipamentos para a realização da pesquisa.

A todos os amigos e profissionais da Unemat, incentivadores e companheiros.

A CAPES, pela concessão da bolsa de estudo.

Ao Professor Vander de Freitas Rocha e o Biólogo Paulinho pela disponibilização das dependências do Laboratório da Fundação Agro Ambiental da Amazônia (Funam).

Aos Professores Cassiano Roque e Ostenildo Campos, pelo companheirismo e apoio.

Ao Professor Rubens Rondon pela oportunidade de estágio.

Ao Professor Marcilio Sousa pelo auxilio e incentivo.

Às professoras Maria Cristina de Figueiredo e Albuquerque e Elisabeth Furtado de Mendonça, da UFMT, pelo carinho, conselhos, sugestões e profissionalismo na qualificação e na defesa respectivamente.

Aos amigos que colaboraram direto ou indiretamente; Anderson Ortiz, Cebolinha Show, Luis Paggi, Alex Stein, Mairo Camargo, João Vitor, Edjair, Adriana, Iris, Vanessa, Dom Juan, Natal, Claudinha e é claro, não poderia esquecer José Luis, Vagner Smermamm, Hugmar, Henrique Bertipaglia e Enázia que me auxiliaram nas horas difíceis na condução desta pesquisa.

A todos os profissionais e amigos da Escola Tancredo, pelo apoio.

A Coordenadora Sueli Dutra, pelos conselhos, compreensão e ética.

A Ediléia, Kelly e Carla Galbiat, pela atenção e paciência.

A Agropecuária Verde Paraíso, pelo espaço, apoio e material e aos seus funcionários e amigos, Ronaldo, Ivan e Fagui pela força.

À Embrapa Agrobiologia pelo fornecimento do fungo *Glomus clarum*.

Ao senhor Nilson Gonçalves, pelo apoio no campo.

A AB Agroflorestal pelo fornecimento da tela sombrite.

Aos amigos de mestrado, pela amizade, convivência, atenção e auxilio.

SUMÁRIO

Páginas

RESUMO..... 08

ABSTRACT..... 09

Lista de Figuras..... 10

Lista de Quadros..... 14

Listas de Tabelas..... 15

1. INTRODUÇÃO GERAL..... 16

2. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA GERAL..... 21

3. CAPÍTULO I: CRESCIMENTO DE *Hymenaea courbaril* L. SOB EFEITO DA INOCULAÇÃO MICORRIZICA E ADUBAÇÃO FOSFATADA..... 23

3.1 INTRODUÇÃO..... 23

3.2 MATERIAL E MÉTODOS..... 24

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO..... 26

3.4 CONCLUSÃO..... 38

3.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... 38

4. CAPÍTULO II: CRESCIMENTO DE *Bixa orellana* L. SOB EFEITO DA INOCULAÇÃO MICORRÍZICA E ADUBAÇÃO FOSFATADA..... 41

4.1 INTRODUÇÃO..... 42

4.2 MATERIAL E MÉTODOS..... 43

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO..... 46

4.4 CONCLUSÃO..... 60

4.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... 60

5. CAPÍTULO III: ANÁLISE DE CRESCIMENTO DE *Hymenaea courbaril* L. SOB EFEITO DA INOCULAÇÃO MICORRIZICA E ADUBAÇÃO FOSFATADA..... 64

5.1 INTRODUÇÃO..... 65

5.2 MATERIAL E MÉTODOS..... 66

5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO..... 70

5.4 CONCLUSÃO..... 79

5.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... 80

6. CAPÍTULO IV: ANÁLISE DECRESCIMENTO DE *Bixa orellana* L. SOB EFEITO DA INOCULAÇÃO MICORRIZICA E ADUBAÇÃO FOSFATADA..... 83

6.1 INTRODUÇÃO..... 85

6.2 MATERIAL E MÉTODOS..... 87
6.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO..... 92
6.4 CONCLUSÃO..... 104
6.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... 105
7. APÊNDICE..... 109

DESENVOLVIMENTO de *Hymenaea courbaril* L. e *Bixa orellana* L. SOB EFEITO DA INOCULAÇÃO MICORRÍZICA E ADUBAÇÃO FOSFATADA

Resumo – *Hymenaea courbaril* L. (Fabaceae) é uma planta clímax, e *Bixa orellana* L. (Bixaceae) é uma planta pioneira, consideradas medicinais e com importância para reflorestamentos e recuperação de áreas degradadas. Devido à importância das espécies, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o desenvolvimento inicial da *Hymenaea courbaril* L. e *Bixa orellana* L. em substrato com adição de micorriza e diferentes dosagens de fósforo, visando determinar o seu comportamento em viveiro. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, perfazendo seis tratamentos (3 doses de P x presença ou ausência de micorriza), com trinta repetições, totalizando 180 plantas. Além destas, 40 plantas foram utilizadas para determinação de índices fisiológicos, sendo 10 destruídas por mês. As sementes foram semeadas em sacos de polietileno com dimensões de 0,18 X 0,30 m e capacidade de 1,3 kg de substrato. Antes da semeadura foi inoculado 2g do fungo micorrízico arbuscular *Glomus clarum* no terço superior do substrato de metade dos sacos de polietileno de cada tratamento. As dosagens de fósforo foram 0, 4.200 e 8.400 g m^{-3}. As avaliações foram realizadas em intervalos de trinta dias após a estabilização da emergência das plântulas. As avaliações de crescimento consistiram de medidas do diâmetro do coleto, comprimento de parte aérea, comprimento de raiz, número de folhas, área foliar e massa da matéria seca de parte aérea e radicial. Nas análises de crescimento determinou-se a massa da matéria seca total, a razão de área foliar, a área foliar específica, a taxa assimilatória líquida, a taxa de crescimento relativo e a taxa de crescimento absoluto. A espécie *Hymenaea courbaril* L. comportou-se como facultativas em relação à inoculação do *Glomus clarum* e aplicações de P, enquanto as plantas de *Bixa orellana* L. apresentaram maior desenvolvimento inicial com a utilização do *Glomus clarum* e aplicação de 4.200 g m^{-3} de fósforo ao substrato.

Palavras-chave: índices fisiológicos, micorriza, fósforo, jatobá, urucum.

DEVELOPMENT OF *Hymenaea courbaril* L. and *Bixa orellana* L. UNDER IN

EFFECT OF INOCULATION MYCORRHIZAL PHOSPHATE FERTILIZING IN THE

Abstract - *Hymenaea courbaril* L. (Fabaceae) is a plant climax, and *Bixa orellana* L. (Bixaceae) is a pioneer plant, considered medicinal and with importance to reforestation and restoration of degraded areas. Due to the importance of the species, the present work had like objective evaluate the initial development of *Hymenaea courbaril* L. and *Bixa orellana* L. on substrate with addition of mycorrhiza and different dosages of phosphorus, targeting determine their behavior in nursery. The experimental design was completely randomized, comprising six treatments (3 doses of P x presence or absence of mycorrhizal), with thirty repetitions, totaling 180 plants. Beyond these, 40 plants were used for determination of physiological index, and 10 destroyed in one month. Seeds were sown in plastic bags with dimensions of 0.18 x 0.30 me capacity of 1.3 kg of substrate. Before sowing was inoculated 2g of arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus clarum* in the upper third of the substrate half of the plastic bags for each treatment. The strengths of phosphorus were 0, 4,200 and 8,400 g m^{-3}. Evaluations were performed at intervals of thirty days after the stabilization of the emergence of the seedlings. Evaluations of growth consisted of measures to collect the diameter, length of the shoot, length of the root, number of leaves, leaf area and dry mass of the shoot and root. In analyses of growth it was determined the mass of the total dry matter, the ratio of leaf area, a specific leaf area, assimilate rate liquid, the growth rate relative and the absolute growth rate. The species *Hymenaea courbaril* L. behaved itself as optional in relation to inoculation of the *Glomus clarum* and applications of P, while the plants of *Bixa orellana* L. had greater initial development with the use of the *Glomus clarum* and application of 4,200 g m^{-3} of phosphorus to substrate.

Key-words: physiological index, mycorrhiza, phosphorus, jatobá, urucum.

Lista de Figuras

CAPITULO I Páginas

Figura 1. Diâmetro do coleto (mm) de plantas de Jatobá em função dos tratamentos: M0P0 (controle), M0P1 (sem micorriza e aplicação de 4.200 g m^{-3} de P), M0P2 (sem micorriza e aplicação de 8.400 g m^{-3} de P), M1P0 (com micorriza sem aplicação de P), M1P1 (com micorriza e aplicação de 4.200 g m^{-3} de P), M1P2 (com micorriza e aplicação de 8.400 g m^{-3} de P). Função ajustada linear e polinomial quadrática..... 27

Figura 2. Altura (cm) de plantas de Jatobá em função dos tratamentos: M0P0 (controle), M0P1 (sem micorriza e aplicação de 4.200 g m^{-3} de P), M0P2 (sem micorriza e aplicação de 8.400 g m^{-3} de P), M1P0 (com micorriza sem aplicação de P), M1P1 (com micorriza e aplicação de 4.200 g m^{-3} de P), M1P2 (com micorriza e aplicação de 8.400 g m^{-3} de P). Função ajustada polinomial quadrática..... 28

Figura 3. Comprimento da raiz (cm) de plantas de Jatobá, em função dos tratamentos: M0P0 (controle), M0P1 (sem micorriza e aplicação de 4.200 g m^{-3} de P), M0P2 (sem micorriza e aplicação de 8.400 g m^{-3} de P), M1P0 (com micorriza sem aplicação de P), M1P1 (com micorriza e aplicação de 4.200 g m^{-3} de P), M1P2 (com micorriza e aplicação de 8.400 g m^{-3} de P). Função ajustada polinomial quadrática..... 30

Figura 4. Número de folhas de plantas de Jatobá em função dos tratamentos: M0P0 (controle), M0P1 (sem micorriza e aplicação de 4.200 g m^{-3} de P), M0P2 (sem micorriza e aplicação de 8.400 g m^{-3} de P), M1P0 (com micorriza sem aplicação de P), M1P1 (com micorriza e aplicação de 4.200 g m^{-3} de P), M1P2 (com micorriza e aplicação de 8.400 g m^{-3} de P). Função ajustada polinomial quadrática..... 32

Figura 5. Área foliar (dm^2) de plantas de Jatobá em função dos tratamentos: M0P0 (controle), M0P1 (sem micorriza e aplicação de 4.200 g m^{-3} de P), M0P2 (sem micorriza e aplicação de 8.400 g m^{-3} de P), M1P0 (com micorriza sem aplicação de P), M1P1 (com micorriza e aplicação de 4.200 g m^{-3} de P), M1P2 (com micorriza e aplicação de 8.400 g m^{-3} de P). Função ajustada linear e polinomial quadrática..... 34

Figura 6. Massa de matéria seca da parte aérea (g) de plantas de Jatobá em função dos tratamentos: M0P0 (controle), M0P1 (sem micorriza e aplicação de 4.200 g m^{-3} de P), M0P2 (sem micorriza e aplicação de 8.400 g m^{-3} de P), M1P0 (com micorriza sem aplicação de P), M1P1 (com micorriza e aplicação de 4.200 g m^{-3} de P), M1P2 (com micorriza e aplicação de 8.400 g m^{-3} de P). Função ajustada linear e polinomial quadrática..... 35

Figura 7. Massa de matéria seca da raiz (g) de plantas de Jatobá em função dos tratamentos: M0P0 (controle), M0P1 (sem micorriza e aplicação de 4.200 g m^{-3} de P), M0P2 (sem micorriza e aplicação de 8.400 g m^{-3} de P), M1P0 (com micorriza sem aplicação de P), M1P1 (com micorriza e aplicação de 4.200 g m^{-3} de P), M1P2 (com micorriza e aplicação de 8.400 g m^{-3} de P). Função ajustada linear e polinomial quadrática..... 37

CAPITULO II

Figura 1. Diâmetro do coleto (mm) de plantas de Urucum em função dos tratamentos: M0P0 (controle), M0P1 (sem micorriza e aplicação de 4.200 g m^{-3} de P), M0P2 (sem micorriza e aplicação de 8.400 g m^{-3} de P), M1P0 (com micorriza sem aplicação de P), M1P1 (com micorriza e aplicação de 4.200 g m^{-3} de P), M1P2 (com micorriza e aplicação de 8.400 g m^{-3} de P). Função ajustada linear e polinomial quadrática..... 47

Figura 2. Altura (cm) de plantas de Urucum em função dos tratamentos: M0P0 (controle), M0P1 (sem micorriza e aplicação de 4.200 g m^{-3} de P), M0P2 (sem micorriza e aplicação de 8.400 g m^{-3} de P), M1P0 (com micorriza sem aplicação de P), M1P1 (com micorriza e aplicação de 4.200 g m^{-3} de P), M1P2 (com micorriza e aplicação de 8.400 g m^{-3} de P). Função ajustada linear e polinomial quadrática..... 49

Figura 3. Comprimento da raiz (cm) de plantas de Urucum em função dos tratamentos: M0P0 (controle), M0P1 (sem micorriza e aplicação de 4.200 g m^{-3} de P), M0P2 (sem micorriza e aplicação de 8.400 g m^{-3} de P), M1P0 (com micorriza sem aplicação de P), M1P1 (com micorriza e aplicação de 4.200 g m^{-3} de P), M1P2 (com micorriza e aplicação de 8.400 g m^{-3} de P). Função ajustada linear e polinomial quadrática..... 51

Figura 4. Número de folhas de plantas de Urucum em função dos tratamentos: M0P0 (controle), M0P1 (sem micorriza e aplicação de 4.200 g m^{-3} de P), M0P2 (sem micorriza e aplicação de 8.400 g m^{-3} de P), M1P0 (com micorriza sem aplicação de P), M1P1 (com micorriza e aplicação de 4.200 g m^{-3} de P), M1P2 (com micorriza e aplicação de 8.400 g m^{-3} de P). Função ajustada linear e polinomial quadrática..... 52

Figura 5. Área foliar (dm^2) de plantas Urucum em função dos tratamentos: M0P0 (controle), M0P1 (sem micorriza e aplicação de 4.200 g m^{-3} de P), M0P2 (sem micorriza e aplicação de 8.400 g m^{-3} de P), M1P0 (com micorriza sem aplicação de P), M1P1 (com micorriza e aplicação de 4.200 g m^{-3} de P), M1P2 (com micorriza e aplicação de 8.400 g m^{-3} de P). Função ajustada linear e polinomial quadrática..... 55

Figura 6. Massa de matéria seca da parte aérea (g) de plantas de Urucum em função dos tratamentos: M0P0 (controle), M0P1 (sem micorriza e aplicação de 4.200 g m^{-3} de P), M0P2 (sem micorriza e aplicação de 8.400 g m^{-3} de P), M1P0 (com micorriza sem aplicação de P), M1P1 (com micorriza e aplicação de 4.200 g m^{-3} de P), M1P2 (com micorriza e aplicação de 8.400 g m^{-3} de P). Função ajustada linear e polinomial quadrática..... 56

Figura 7. Massa de matéria seca da raiz (g) de plantas de Urucum em função dos tratamentos: M0P0 (controle), M0P1 (sem micorriza e aplicação de 4.200 g m^{-3} de P), M0P2 (sem micorriza e aplicação de 8.400 g m^{-3} de P), M1P0 (com micorriza sem aplicação de P), M1P1 (com micorriza e aplicação de 4.200 g m^{-3} de P), M1P2 (com micorriza e aplicação de 8.400 g m^{-3} de P). Função ajustada linear e polinomial quadrática..... 58

CAPITULO III

Figura 1. Massa de matéria seca total (g) de plantas de jatobá em função dos tratamentos: M0P0 (controle), M0P1 (sem micorriza e aplicação de 4.200 g m^{-3} de P), M0P2 (sem micorriza e aplicação de 8.400 g m^{-3} de P), M1P0 (com micorriza sem aplicação de P), M1P1 (com micorriza e aplicação de 4.200 g m^{-3} de P), M1P2 (com micorriza e aplicação de 8.400 g m^{-3} de P). Função ajustada pela equação polinomial quadrática..... 71

Figura 2. Razão de área foliar (dm^2 g^{-1}) de plantas de jatobá em função dos tratamentos: M0P0 (controle), M0P1 (sem micorriza e aplicação de 4.200 g m^{-3} de P), M0P2 (sem micorriza e aplicação de 8.400 g m^{-3} de P), M1P0 (com micorriza sem aplicação de P), M1P1 (com micorriza e aplicação de 4.200 g m^{-3} de P), M1P2 (com micorriza e aplicação de 8.400 g m^{-3} de P). Função ajustada pela equação polinomial quadrática..... 72

Figura 3. Área foliar especifica (dm^2 g^{-1}) de plantas de Jatobá em função dos tratamentos: M0P0 (controle), M0P1 (sem micorriza e aplicação de 4.200 g m^{-3} de P), M0P2 (sem micorriza e aplicação de 8.400 g m^{-3} de P), M1P0 (com micorriza sem aplicação de P), M1P1 (com micorriza e aplicação de 4.200 g m^{-3} de P), M1P2 (com micorriza e aplicação de 8.400 g m^{-3} de P). Função ajustada pela equação polinomial quadrática..... 73

Figura 4. Taxa assimilatória líquida ($g.dm^{-2}$ dia^{-1}) de plantas de Jatobá em função dos tratamentos: M0P0 (controle), M0P1 (sem micorriza e aplicação de 4.200 g m^{-3} de P), M0P2 (sem micorriza e aplicação de 8.400 g m^{-3} de P), M1P0 (com micorriza sem aplicação de P), M1P1 (com micorriza e aplicação de 4.200 g m^{-3} de P), M1P2 (com micorriza e aplicação de 8.400 g m^{-3} de P). Função ajustada pela equação polinomial quadrática..... 75

Figura 5. Taxa de crescimento relativo ($g.g^{-1}.dia^{-1}$) de plantas de Jatobá em função dos tratamentos: M0P0 (controle), M0P1 (sem micorriza e aplicação de 4.200 g m^{-3} de P), M0P2 (sem micorriza e aplicação de 8.400 g m^{-3} de P), M1P0 (com micorriza sem aplicação de P), M1P1 (com micorriza e aplicação de 4.200 g m^{-3} de P), M1P2 (com micorriza e aplicação de 8.400 g m^{-3} de P). Função ajustada pela equação polinomial quadrática..... 77

Figura 6. Taxa de crescimento absoluto (g^{-1}. dia^{-1}) de plantas de jatobá em função dos tratamentos: M0P0 (controle), M0P1 (sem micorriza e aplicação de 4.200 g m^{-3} de P), M0P2 (sem micorriza e aplicação de 8.400 g m^{-3} de P), M1P0 (com micorriza sem aplicação de P), M1P1 (com micorriza e aplicação de 4.200 g m^{-3} de P), M1P2 (com micorriza e aplicação de 8.400 g m^{-3} de P). Função ajustada pela equação polinomial quadrática..... 78

CAPITULO IV

Figura 1. Massa de matéria seca total (g) de plantas de urucum em função dos tratamentos: M0P0 (controle), M0P1 (sem micorriza e aplicação de 4.200 g m^{-3} de P), M0P2 (sem micorriza e aplicação de 8.400 g m^{-3} de P), M1P0 (com micorriza sem aplicação de P), M1P1 (com micorriza e aplicação de 4.200 g m^{-3} de P), M1P2 (com micorriza e aplicação de 8.400 g m^{-3} de P). Função ajustada pela equação polinomial quadrática..... 94

Figura 2. Razão de área foliar (dm^2 g^{-1}) de plantas de Urucum em função dos tratamentos: M0P0 (controle), M0P1 (sem micorriza e aplicação de 4.200 g m^{-3} de P), M0P2 (sem micorriza e aplicação de 8.400 g m^{-3} de P), M1P0 (com micorriza sem aplicação de P), M1P1 (com micorriza e aplicação de 4.200 g m^{-3} de P), M1P2 (com micorriza e aplicação de 8.400 g m^{-3} de P). Função ajustada pela equação polinomial quadrática..... 95

Figura 3. Área foliar especifica (dm^2 g^{-1}) de plantas de Urucum em função dos tratamentos: M0P0 (controle), M0P1 (sem micorriza e aplicação de 4.200 g m^{-3} de P), M0P2 (sem micorriza e aplicação de 8.400 g m^{-3} de P), M1P0 (com micorriza sem aplicação de P), M1P1 (com micorriza e aplicação de 4.200 g m^{-3} de P), M1P2 (com micorriza e aplicação de 8.400 g m^{-3} de P). Função ajustada pela equação polinomial quadrática..... 98

Figura 4. Taxa assimilatória liquida ($g.dm^{-2}.$ dia^{-1}) de plantas de Urucum em função dos tratamentos: M0P0 (controle), M0P1 (sem micorriza e aplicação de 4.200 g m^{-3} de P), M0P2 (sem micorriza e aplicação de 8.400 g m^{-3} de P), M1P0 (com micorriza sem aplicação de P), M1P1 (com micorriza e aplicação de 4.200 g m^{-3} de P), M1P2 (com micorriza e aplicação de 8.400 g m^{-3} de P). Função ajustada pela equação polinomial quadrática..... 99

Figura 5. Taxa de crescimento relativo ($g.g^{-1}.dia^{-1}$) de plantas de Urucum em função dos tratamentos: M0P0 (controle), M0P1 (sem micorriza e aplicação de 4.200 g m^{-3} de P), M0P2 (sem micorriza e aplicação de 8.400 g m^{-3} de P), M1P0 (com micorriza sem aplicação de P), M1P1 (com micorriza e aplicação de 4.200 g m^{-3} de P), M1P2 (com micorriza e aplicação de 8.400 g m^{-3} de P). Função ajustada pela equação polinomial quadrática..... 101

Figura 6. Taxa de crescimento absoluto ($g^{-1}.$ dia^{-1}) de plantas de urucum em função dos tratamentos: M0P0 (controle), M0P1 (sem micorriza e aplicação de 4.200 g m^{-3} de P), M0P2 (sem micorriza e aplicação de 8.400 g m^{-3} de P), M1P0 (com micorriza sem aplicação de P), M1P1 (com micorriza e aplicação de 4.200 g m^{-3} de P), M1P2 (com micorriza e aplicação de 8.400 g m^{-3} de P). Função ajustada pela equação polinomial quadrática..... 104

Lista de Quadros

CAPÍTULO II

Quadro 1 Características químicas e físicas da amostra de terra utilizada para a produção de mudas de urucum..... 44
Quadro 2 Valores médios de diâmetro do coleto (mm) de plantas de urucum em função de doses de fósforo e micorrizas..... 47
Quadro 3 Valores médios do comprimento de parte aérea (cm) de plantas de urucum em função de doses de fósforo e micorrizas..... 49
Quadro 4 Valores médios do comprimento de raiz (cm) de plantas de urucum em função de doses de fósforo e micorrizas..... 51
Quadro 5 Valores médios do número de folhas de plantas de urucum em função de doses de fósforo e micorrizas..... 53
Quadro 6 Valores médios da área foliar (dm^2) de plantas de urucum em função de doses de fósforo e micorrizas..... 55
Quadro 7 Valor médio de massa de matéria seca parte aérea (g) de planta de urucum em função de doses de fósforo e micorrizas..... 57
Quadro 8 Valores médios da massa de matéria seca da raiz (g) de planta de urucum em função de doses de fósforo e micorrizas..... 59

Lista de Tabelas

CAPITULO I

Tabela 1 Características químicas e físicas da amostra de terra utilizada para a produção de mudas de jatobá..... 25
Tabela 2 Valores médios de diâmetro do coleto (mm) de plantas de jatobá em função de doses de fósforo e micorrizas..... 27
Tabela 3 Valores médios de comprimento de parte aérea (cm) de plantas de jatobá em função de doses de fósforo e micorrizas..... 29
Tabela 4 Valores médios do comprimento da raiz (cm) de jatobá em função de doses de fósforo e micorrizas..... 30
Tabela 5 Valores médios do número do número de folhas de jatobá em função de doses de fósforo e micorrizas..... 33
Tabela 6 Valores médios de área foliar (dm^2) de jatobá em função de doses de fósforo e micorrizas..... 34
Tabela 7 Valores médios da massa de matéria seca (g) da parte aérea de jatobá em função de doses de fósforo e micorriza..... 35
Tabela 8 Valores médios da massa de matéria seca da raiz (g) de jatobá em função de doses de fósforo e micorrizas..... 37

CAPITULO III

Tabela 1 Características químicas e físicas da amostra de terra utilizada para a produção de mudas de jatobá..... 67

CAPITULO IV

Tabela 1 Características químicas e físicas da amostra de terra utilizada para a produção de mudas de urucum..... 88

1. INTRODUÇÃO GERAL

O paradigma dos reflorestamentos deve basear-se na restauração da paisagem florestal, no menor espaço de tempo possível e ao menor custo, propiciando o máximo de acumulação de biomassa aliada a uma biodiversidade, de tal forma que os benefícios sociais e ecológicos da recuperação das áreas degradadas em regiões originalmente cobertas por florestas tropicais possam ser realizados com sucesso. O esforço de recuperação de ecossistemas naturais, baseado nas informações disponíveis, tem sido crescente, mas insuficiente, uma vez que o impacto e a escala dos distúrbios são significativamente superiores à geração de conhecimentos. Nos trópicos a transferência de tecnologia tem sido realizada, mas poucos resultados consistentes têm-se encontrado, pois as tecnologias importadas não têm levado em conta as peculiaridades dos ecossistemas tropicais (SALOMÃO e ROSA, 2000).

De modo geral, a recomposição das áreas degradadas no Brasil tem sido efetuada através de novos plantios, o que exige o conhecimento do comportamento nutricional das espécies usadas. Os solos a serem reflorestados possuem diferentes características químicas, que, associadas ao grande número de espécies florestais nativas com exigências nutricionais distintas (SIQUEIRA et al., 1995), indicam que a obtenção de informações sobre as demandas nutricionais, e a resposta dessas espécies à fertilização é de fundamental importância.

Nos habitats oligotróficos há uma deficiência geral de substâncias nutritivas e este é um fator determinante no crescimento das espécies e no espectro das formas de vida de comunidades vegetais que os ocupam. Especialmente severa é a deficiência em elementos organogênicos, principalmente fósforo. Em ambientes

extremamente pobres em minerais ocorrem formas de vida altamente especializadas.

Nas pesquisas sobre nutrição de plantas destaca-se o estudo do fósforo (P), que é um nutriente de grande importância nos solos tropicais, pois leva a grandes limitações no rendimento das culturas. Este fato decorre, entre outros fatores, da alta capacidade de fixação deste elemento nestes solos, devido, basicamente, a presença de grandes quantidades de minerais compostos de ferro e alumínio. A disponibilidade de P para microorganismos e raízes se constitui, frequentemente, um fator limitante no ecossistema terrestre (GRANT e ROBERTSON, 1997).

A baixa disponibilidade de P nos solos tropicais é uma das causas que mais limita o crescimento e a produção florestal (PRIMAVESI, 2002).

O fósforo é um macro-elemento essencial para crescimento de plantas em solos tropicais, podendo tanto ser regulador como inibidor. Vários autores descreveram a importância do P para crescimento e estabelecimento de plantas (ODUM, 1988; RICKLEFS, 2001; RAVEN et al., 2001; GLIESSMAN, 2001; PRIMAVESI, 2002).

Espécies que ocupam locais permanentemente pobres em nutrientes apresentam estratégias eficientes (KAGEYAMA et al., 2003) e, apesar dessa situação de baixa oferta de nutrientes, alcançam à necessária atividade metabólica para seu estabelecimento. Isso pode ocorrer por meio de um aumento na eficiência da absorção mineral, por exemplo, pelo crescimento do sistema radicial ou associações simbióticas com fungos micorrízicos arbusculares.

As simbioses mutualísticas com micorrizas favorecem o desenvolvimento de plantas, proporcionando maior absorção de nutrientes pelas raízes e evitando-se possíveis patógenos. Fungos micorrízicos são aqueles, que através de relações

simbióticas não patogênicas, trazem benefícios para as plantas. O fungo favorece a nutrição da planta e em troca ela proporciona energia e fatores de crescimento para o fungo micorrízico. A simbiose de fungos micorrízicos com espécies arbóreas tropicais pode favorecer a absorção de fósforo e promover o desenvolvimento de plantas.

As micorrizas arbusculares (MA) aumentam a área explorada pelo sistema radicial favorecendo o uso dos nutrientes, principalmente, o fósforo. Espécies não micorrizadas ou mesmo colonizadas por fungos micorrízicos arbusculares (FMA) ineficientes, crescendo em condições de baixa disponibilidade de fósforo, em geral necessitam de mais fertilizantes fosfatados do que plantas eficientemente micorrizadas. De uma maneira geral, em solos com baixa disponibilidade de fósforo as plantas colonizadas com FMA apresentam maior crescimento que as não colonizadas (MONTEIRO, 1990). A inoculação de FMAs pode ser praticada na formação de mudas (SAGGIN JÚNIOR e LOVATO, 1999), garantindo o estabelecimento da simbiose.

Fungos micorrízicos arbusculares são biotróficos obrigatórios, ou seja, apenas crescem e esporulam na presença de raízes vivas, o que faz com que sua utilização em larga escala na agricultura seja limitada pela falta de inoculante aceito comercialmente e de um padrão oficial para seu controle de qualidade (MONTEIRO, 1990).

Variáveis de crescimento, como diâmetro de caule, altura, número de folhas, área foliar, comprimento de raízes e massa da matéria seca têm sido utilizadas para avaliar o comportamento das mudas de espécies florestais em relação ao fósforo e FMA em viveiro. A análise de crescimento também tem sido muito aplicada para descrição das condições morfofisiológicas de plantas em diferentes intervalos de

tempo, acompanhando assim seu crescimento, o que segundo Benincasa (2003) é o meio mais acessível e bastante preciso para avaliar o crescimento e mensurar a contribuição de diferentes processos fisiológicos sobre o comportamento vegetal.

O Jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) é uma espécie clímax da família Fabaceae, sendo planta semidecídua, heliófita, pouco exigente em fertilidade, que atinge altura de 15-20 m, com tronco de até 1 metro de diâmetro. Árvore de fácil multiplicação, não podendo faltar na composição de reflorestamentos heterogêneos. Os frutos contêm uma polpa que origina uma farinha muito nutritiva, consumida tanto pelo homem como pelos animais silvestres (LORENZI, 1998), além de produzir sementes com abundância e regularidade sendo espécie com possibilidade de uso comercial (CAMPOS e UCHIDA, 2002) e, segundo Panizza (1997) apresenta indicação medicinal, produzindo óleo essencial, taninos, materiais resinosos e pécticos, amido e açúcares, sendo as cascas e folhas utilizadas no tratamento de diarréias, cólicas intestinais, cistite, tosses, bronquite e asma.

Lorenzi (1998) descreveu o urucum como da família Bixácea, também denominada urucu, árvore que pode atingir 5 metros de altura. É encontrada na floresta pluvial da Região Amazônica como espécie pioneira característica, sendo suas sementes condimentares e tinturiais, muito utilizada na indústria. Possui qualidades ornamentais e pela rapidez de crescimentos em ambientes abertos pode ser plantada em composição com outras espécies em áreas degradadas de preservação permanente destinadas à recomposição da vegetação. Silva et al. (1998) afirmaram que o urucum é intensamente utilizado no setor industrial, sendo um dos poucos corantes de uso permitido pela Organização Mundial de Saúde, visto não ser tóxico, nem alterar o sabor dos alimentos. A bixina é amplamente utilizada na elaboração de produtos da indústria leiteira e é também bastante usada como

matéria-prima de corantes nas indústrias de panificação, bebidas, condimentos, massas e cosméticos. A cultura é perene e têm boas perspectivas em programas agrícolas. As sementes de *Bixa orellana* L. são largamente empregadas na medicina popular como expectorante, na forma de xarope; em decocto, são usadas para gargarejos, como laxativas, estomáticas, anti-hemorrágicas, cicatrizantes e contra dispepsia. As sementes secas, em maceração ou decocção, também são usadas nos males de fígado, tuberculose, afecções do coração, problemas na pele, antipiréticas e antiinflamatórias (FLEICHER et al., 2003).

O presente estudo objetivou avaliar o desenvolvimento das espécies arbóreas *Hymenaea courbaril* L. e *Bixa orellana* L. em substrato com adição de micorriza e diferentes dosagens de fósforo, visando determinar o seu comportamento em viveiro.

2. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA GERAL

BENINCASA, M.M.P. **Análise de crescimento de plantas**: noções básicas. Jaboticabal: Funeb, 2003. 41p.

CAMPOS, M.A.A: UCHIDA, T. Influência do sombreamento no crescimento de mudas de três espécies amazônicas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, n.3, p.281-288, 2002.

FLEISCHER, T. C. et al. Antimicrobial activity of the leaves and seeds of *Bixa orellana.* **Fitoterapia,** Elsevier, v.74, n.1-2, p.136-138, 2003.

GLIESSMAN, S.R. **Agroecologia:** processos ecológicos em agricultura sustentável. 2. ed. Porto Alegre: UFRGS, 2001. 653p.

GRANT, R.F.; ROBERTSON, J.A. Phosphorus uptake by root systems: mathematical modelling in ecosystem. **Plant and Soil,** Dordrecht, v.188, n.2, p.279-297, 1997.

KAGEYAMA, P.Y.; GANDARA, F.B.; OLIVEIRA, R.E. **Restauração ecológica de ecossistemas naturais.** Botucatu: FEPAF, 2003. 340p.

LORENZI, H. **Árvores Brasileiras:** manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil, vol. 1. 2ª. ed. Nova Odessa - SP: Plantarum, 1998. 381 p.

MONTEIRO E. M. S. **Resposta de leguminosas arbóreas à inoculação com rizóbio e fungos micorrízicos em solo ácido.** 1990 221f. Tese (Doutorado em Ciências do Solo) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Itaguaí.

ODUM, E.P. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1988. 426p.

PANIZZA, S. **Plantas que curam**: cheiro de mato. 15 ed. São Paulo: IBRASA, 1997. 279p.

PRIMAVESI, A. **Manejo ecológico do solo**: agricultura em regiões tropicais. São Paulo: Nobel, 2002. 548p.

RAVEN, P.H.; EVETE, R.F.; EICHHORN, S.E. **Biologia vegetal**. Guanabara Koogan, 6. ed. 2001. 906p.

RICKLEFS, R.E. **A economia da Natureza.** Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, S. A.: 2001. 470p.

SAGGIN JÚNIOR, O.J.; LOVATO, P.E. Aplicação de micorrizas arbusculares na produção de mudas e plantas micropropagadas. In: SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, F. M. S.; LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G.; FAQUIN, V.; FURTINI NETO, A. E.; CARVALHO, J. G. (Ed.). **Inter-relação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo/Ufla, p.725-774, 1999.

SALOMÃO, R.P.; ROSA, N. A. Aptidão ecológica de espécies arbóreas amazônicas para a recuperação de áreas degradadas pela mineração de bauxita, Porto Trombetas, Município de Oriximiná, Pará - IN: IV Simpósio Nacional de Recuperação de Áreas Degradadas - "Silvicultura Ambiental". **Anais**. Blumenau - SC. 2000.

SILVA, E.M.R. et al. **Ocorrência e efetividade de fungos micorrízicos em plantas cultivadas**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia: 1998. 25p.

SIQUEIRA, J.O. et al. **Aspectos de solos, nutrição vegetal e microbiologia na implantação de matas ciliares**. Belo Horizonte: CEMIG, 1995. 28p.

3. CAPÍTULO I

CRESCIMENTO DE *Hymenaea courbaril* L. SOB EFEITO DA INOCULAÇÃO MICORRIZICA E ADUBAÇÃO FOSFATADA

Darci Barbieri Junior[1]; Lúcia Filgueiras Braga[2]

1 Bolsista Capes, pós-graduando em Ciências Ambientais da UNEMAT – Universidade do Estado de Mato Grosso, Cáceres – MT, 78200-000, e-mail: kimbarbieri@hotmail.com
2 Profª Drª do departamento de Ciências Biológicas da UNEMAT - Universidade do Estado de Mato Grosso, Alta Floresta - MT, e-mail: luciabraga@unemat.br

Resumo - Este estudo objetivou avaliar o crescimento de *Hymenaea courbaril* L. sob efeito da inoculação micorrízica e adubação fosfatada. As plantas foram cultivadas em sacos de polietileno contendo 1,3 kg de substrato em viveiro coberto por sombrite a 50% de radiação. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado com seis tratamentos e trinta repetições. As dosagens de fósforo utilizadas foram 0, 4.200 e 8.400 g m^{-3} de substrato. O fungo micorrízico arbuscular da espécie *Glomus clarum,* foi utilizado em metade dos tratamentos (com e sem micorrizas). Para as plantas que receberam micorrizas, foram aplicados 2g do fungo. Determinou-se o diâmetro ao nível do coleto, altura, comprimento da raiz, número de folhas, área foliar, massa de matéria seca da parte aérea e radicial. As avaliações ocorreram aos 30, 60, 90, 120 e 150 dias após emergência. As plantas de *Hymenaea courbaril* L. comportaram-se como facultativas em relação à inoculação do fungo micorrízico arbuscular *Glomus clarum* e aplicação de P, não havendo obrigatoriedade da inoculação e nem aplicação de P para seu desenvolvimento inicial.

Palavras-chave: jatobá, crescimento de mudas, micorriza, fósforo.

GROWTH OF *Hymenaea courbaril* L. UNDER EFFECT OF INOCULATION MYCORRHIZAS AND PHOSPHATE FERTILIZING

Abstract - This study aimed to evaluate the growth *Hymenaea courbaril* L. under effect of mycorrhizal inoculation and phosphate fertilizing. The plants were grown in plastic bags containing 1.3 kg of substrate in nursery covered by sombrit 50% of radiation. The experimental design used was completely randomized with six treatments and thirty repetitions. The strengths of phosphorus used were 0, 4,200 and 8,400 g m^{-3} of substrate. The arbuscular mycorrhizal fungus of the specie *Glomus clarum* was used in half of the treatments (with and without mycorrhiza). For the plants that received mycorrhiza, were applied 2 g of the fungus. It was determined the diameter at level of collect, height, the root length, number of leaves, leaf area, dry matter shoot and root. Assessments occurred at 30, 60, 90, 120 and 150 days after emergence. Plants of *Hymenaea courbaril* L. behaved themselves like as optional in relation to inoculation of arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus clarum* and application of P, there isn't requirement of inoculation and neither application of P for its initial development.

Key words: jatobá, growth of seedlings, mycorrhiza, phosphorus.

3.1 INTRODUÇÃO

Os ecossistemas tropicais têm sido suprimidos e descaracterizados no ambiente terrestre por diversas atividades impactantes, entre elas, a agropecuária, extrativismo vegetal e mineração, gerando anualmente extensas áreas degradadas. O rápido declínio da fertilidade do solo provocado pela perturbação da área, com deterioração das propriedades físicas, químicas e biológicas, dificulta a resiliência dos ecossistemas naturais.

Se por um lado esse habitat contém mais da metade das espécies da biota mundial, por outro apresentam as mais altas taxas de degradação, resultando na extinção de muitas espécies e, consequentemente na irreversível perda biológica (WILSON, 1997).

O sucesso na recuperação de áreas degradadas é promovido pela capacidade das plantas de absorverem nutrientes disponíveis, se desenvolverem e se estabelecerem. Segundo Galvão (2000), as características silviculturais necessárias para as espécies utilizadas em programas de recuperação de áreas degradadas, são o rápido crescimento, o formato e a característica da copa, fechar rapidamente o terreno para competição com gramíneas anuais e perenes, deposição de folhedo, longevidade, sistema radicial agressivo e na maioria dos casos apresentarem associações simbióticas (rizóbios e fungos micorrízico).

As simbioses mutualísticas com micorrizas favorecem o desenvolvimento de plantas, proporcionando maior absorção de nutrientes pelas raízes e evitando possíveis patógenos. Fungos micorrízicos são aqueles, que através de relações simbióticas não patogênicas, trazem benefícios para as plantas. O fungo favorece a nutrição da planta e em troca ela proporciona energia e fatores de crescimento para o fungo micorrízico (SOUZA & SILVA, 1996).

A simbiose com fungos micorrízicos com espécies arbóreas tropicais pode favorecer a absorção de fósforo e promover o desenvolvimento de plantas. Sem fósforo não existe crescimento vegetal, pois é o elemento responsável pela transferência de energia e síntese de substâncias orgânicas (PRIMAVESI, 2002). O mesmo autor relatou que tanto o déficit como o excesso de fósforo pode prejudicar o crescimento de plantas, o que foi confirmado por Costa et al. (2005) e Rocha et al. (2006) em trabalhos com fungos micorrízicos arbusculares em espécies arbóreas tropicais.

O fungo micorrízico promove uma maior absorção de água e nutrientes minerais do solo, especialmente o fósforo, além do manganês, cobre, zinco, ferro e molibdênio. Também favorece a absorção do nitrogênio principalmente na forma de NH_4, já que este íon é menos móvel no solo que o NO_3 (PEREIRA et al., 1996).

O jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) espécie pertencente à família Fabaceae, é indicada para compor reflorestamentos heterogêneos, cujos frutos podem ser consumidos pelo homem e animais silvestres (LORENZI, 1998), apresentando possibilidades de uso comercial (CAMPOS & UCHIDA, 2002) e propriedades medicinais (PANIZZA, 1997).

O presente estudo objetivou avaliar o crescimento inicial da espécie *Hymenaea courbaril* L. em substrato com adição de micorriza e diferentes dosagens de fósforo, visando determinar o comportamento dessa espécie em viveiro.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em viveiro no município de Carlinda - MT (localização, 09º56’15’’S e 55º40’54’’W) no período de novembro de 2006 a abril de 2007.

Utilizou-se um Argissolo Vermelho Amarelo distrófico e textura média (EMBRAPA, 1999). Para a coleta da terra da camada arável do solo, descartaram-se os 20 cm iniciais da camada superior, sendo então utilizado a terra abaixo dessa, chamada de terra de barranco.

Foram retirados 0,880 m^{-3} (80%) dessa terra sendo misturada a 0,220 m^{-3} areia (20%), totalizando 1.100 m^{-3} de substrato o qual foi esterilizado em autoclave a 120ºC por 60 minutos, sendo posteriormente acondicionado em sacos plásticos os quais foram lacrados e armazenados no Laboratório da Fundação Agro Ambiental da Amazônia (FUNAM), Alta Floresta - MT. Uma amostra foi tomada para análises químicas e físicas (Tabela 1).

Ao substrato foram, posteriormente, adicionados 400 g m^{-3} de sulfato de amônio e 200 g m^{-3} de cloreto de potássio, como fonte, respectivamente de nitrogênio e potássio.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, perfazendo seis tratamentos, com trinta repetições, totalizando 180 plantas. Além destas, 40 plantas foram utilizadas para determinação de área foliar e massa de matéria seca, sendo destruídas a cada 30 dias 10 plantas.

TABELA 1 - Características químicas e físicas da amostra de terra utilizada para a produção de mudas de jatobá.

pH	MO	P	K	Ca	Mg	Al
H_2O	g dm^{-3}	mg dm^{-3}	----------$cmol_c$ dm^{-3}----------			
5,9	12	2,9	0,12	1,13	0,87	0,00

H+Al	T	S	V	Argila	Silte	Areia
----------$cmol_c$ dm^{-3}----------			(%)	----------g kg^{-1}----------		
2,0	4,1	2,1	51,5	257	82	661

K e P: Menlich; Ca, Mg e Al: KCL 1N; H + Al: Acetato de Cálcio pH = 7,0

As dosagens de P (superfosfato simples) utilizadas foram 0, 4.200 e 8.400 g m^{-3} de substrato. O fungo micorrízico arbuscular (FMA) da espécie *Glomus clarum* Nicolson & Schenck foram multiplicados em raízes de *Brachiaria decumbens* Stapf., cultivadas em vasos. A dose de inóculo aplicada nos tratamentos que receberam os fungos foi de 2g. Os tratamentos utilizados foram denominados pelas letras M para micorrizas e P para fósforo, sendo:

M0P0 – sem micorrizas e sem P - controle;
M0P1 – sem micorrizas e 4.200 g m^{-3} de P;
M0P2 – sem micorrizas e 8.400 g m^{-3} de P;
M1P0 – 2 g de FMA e 0 g m^{-3} de P;
M1P1 – 2 g de FMA e 4.200 g m^{-3} de P;
M1P2 – 2 g de FMA e 8.400 g m^{-3} de P.

Os tratamentos foram aplicados usando as diferentes dosagens de P misturadas ao substrato com auxílio de enxada sobre encerado de plástico em ambiente coberto, sendo posteriormente acondicionados nos sacos de polietileno com dimensões de 0,18 x 0,30 m e capacidade de 1,3 kg de substrato.

A inoculação com o fungo micorrízico arbuscular (FMA) foi feita no terço superior do substrato acondicionado nos sacos de polietileno, irrigando-se posteriormente este substrato duas vezes ao dia durante cinco dias antes da semeadura.

As sementes de *Hymenaea courbaril* L. (jatobá) foram coletadas de árvores matrizes da região de Carlinda – MT em agosto de 2006 e acondicionadas em sacos de papel mantidos em temperatura ambiente até o início dos ensaios.

As sementes de jatobá foram escarificadas em esmeril elétrico no sentido oposto do eixo hipocótilo-radícula, desinfestadas em hipoclorito de sódio a 10% por 30 minutos e lavadas posteriormente, com água destilada em duas etapas, uma em imersão por 20 minutos e a outra em enxágüe, quando então foram tratadas com o fungicida Benlat 500 (Benomyl) a 0,25% do peso das sementes, sendo semeadas em seguida. Foram semeadas três sementes diretamente nos sacos plásticos, sendo realizado o desbaste quando as plântulas atingiram 3,0 cm de altura, mantendo-se somente uma por saco. As plantas receberam uma adubação foliar na última semana de cada mês, sempre ao final do dia, na proporção de 1 g de sulfato de amônio por litro de água aos 30 e 60 dias e posteriormente 2 g de amônia por litro de água aos 90, 120 e 150 dias.

O viveiro, construído em área aberta foi coberto e cercado por sombrite 50% de radiação, sendo os sacos de polietileno depositados sobre uma bancada de madeira desinfestada com hipoclorito de sódio a 10%.

As avaliações foram realizadas em intervalos de trinta dias após a estabilização da emergência das plântulas (10 dias após semeadura).

As avaliações de área foliar, massa de matéria seca, altura e comprimento de raiz de plantas foram realizadas em quatro coletas (30, 60, 90 e 120 dias) com dez repetições cada, com exceção de altura que foram 30 repetições, enquanto as variáveis, diâmetro de coleto e número de folhas foram realizadas em cinco coletas (30, 60, 90, 120 e 150 dias) com trinta repetições cada.

Diâmetro do coleto: obtido com paquímetro digital, rente ao solo.

Altura de planta: definido como a distância em centímetros, medido com auxílio de régua, do colo da planta até seu ponto mais alto. A altura representa a média dos comprimentos das plantas por repetição.

Comprimento de raiz: definido como a distância em centímetros, medido com auxílio de régua, do colo da planta até o ápice radicial. O comprimento da raiz representa à média dos comprimentos das plantas por repetição.

Número de folhas: representa à média do total de folhas de cada planta.

Área foliar: determinada com um medidor de área foliar, modelo LI-300, e expressa em decímetros quadrados. A área foliar média foi definida como o produto da soma das medidas individuais das áreas de todas as lâminas foliares de cada planta por repetição.

Massa de matéria seca de parte aérea: definida como o peso médio, expresso em gramas, correspondente à soma de caules, pecíolos e lâminas foliares, de cada planta por repetição.

Massa de matéria seca de raiz: definida como o peso médio das raízes, expresso em gramas por repetição.

Para determinação da massa de matéria seca das plantas, foram separados caule, raiz, pecíolos e lâminas foliares, sendo acondicionados em saco de papel e colocados em estufa com circulação forçada de ar a temperatura de ± 65ºC até atingir peso constante. Após secagem completa, o material foi pesado em balança analítica de até 0,001 g.

Os resultados foram submetidos à análise de variância (teste F) e a comparação das médias pelo teste Tukey a 5% de probabilidade com ajustes em modelos matemáticos de regressão para cada tratamento. Foi usado o programa estatístico SISVAR.

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1 observa-se o diâmetro de plantas de jatobá (curvas ajustadas) no período de cinco meses de avaliação, em função dos tratamentos de diferentes dosagens de fósforo, sem e com micorriza. O diâmetro do coleto, durante o período de avaliação manteve-se maior nas plantas submetidas aos tratamentos M0P0 e M1P0.

A comparação de médias (Tabela 2) revelou que houve diferenças entre os tratamentos em todas as avaliações. Observa-se que os tratamentos M0P0 e M1P0 promoveram os maiores diâmetros de caule de plantas de jatobá no período de 30 a 150 dias, porém esses tratamentos não diferiram, aos trinta dias, de M0P2 e M1P2 e, aos 60 dias, de M0P1 e M0P2. Aos 90 dias o tratamento M1P0 se igualou estatisticamente à M0P1 e M1P1, enquanto aos 120 e 150 dias M0P0 e M1P0 foram superiores aos demais.

Este comportamento de maior diâmetro do coleto na ausência de fósforo, provavelmente, se deve ao fato do jatobá ser capaz de assimilar o mínimo possível de P disponível, e em doses maiores não haver resposta acentuada no crescimento em diâmetro, como observado aos 30, 60 e 90 dias da emergência. Duboc (1994), ao estudar o estado nutricional do jatobá, verificou que não houve diferenças significativas entre a omissão de fósforo e tratamentos completos (120 mg kg^{-1} de P) para a variável diâmetro aos 100 dias de avaliação, indicando capacidade de crescimento de plantas de jatobá mesmo em condições de pequena disponibilidade de nutrientes devido a sua reserva nas sementes. Comportamento

semelhante foi descrito por Bovi et al. (2002) para plantas de palmeiras, que adubadas na sua fase inicial com nitrogênio, fósforo e potássio, somente o nitrogênio favoreceu o aumento de diâmetro.

Conforme Ramos et al. (2003), o comportamento do jatobá está relacionado ao fato de suas sementes serem grandes, característica de espécies clímax, apresentando dessa maneira maior probabilidade de sobrevivência nos primeiros meses de vida em comparação a espécies pioneiras ou secundárias, contando com largas reservas nos cotilédones de modo que consegue germinar e crescer vigorosamente nos primeiros meses, sofrendo pouca influência do meio externo.

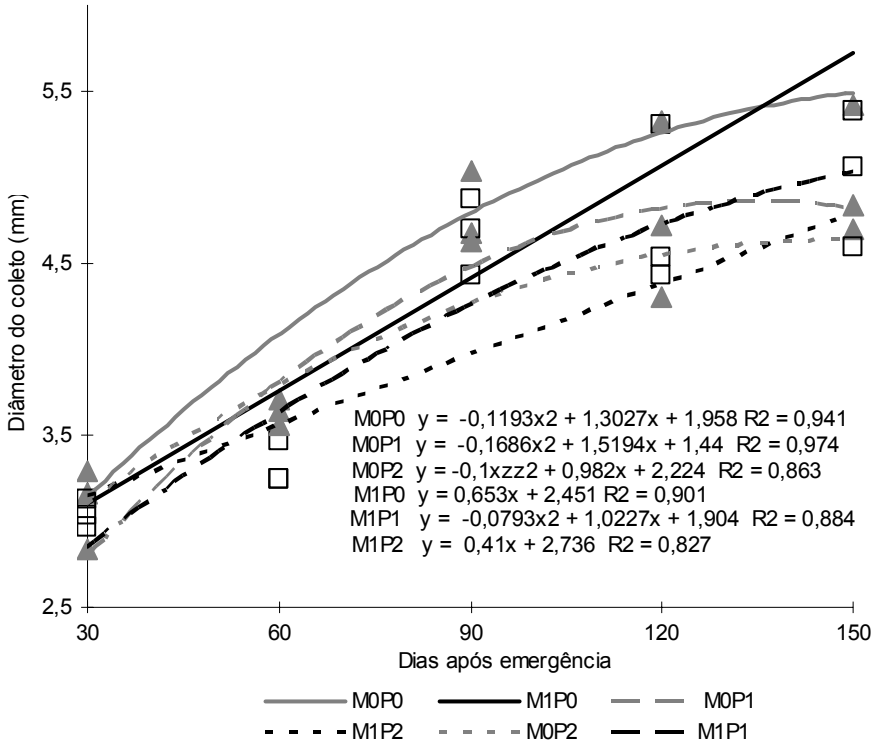

FIGURA 1 - Diâmetro do coleto (mm) de plantas de jatobá em função dos tratamentos: M0P0 (controle), M0P1 (sem micorriza e aplicação de 4.200 g m^{-3} de P), M0P2 (sem micorriza e aplicação de 8.400 g m^{-3} de P), M1P0 (com micorriza sem aplicação de P), M1P1 (com micorriza e aplicação de 4.200 g m^{-3} de P), M1P2 (com micorriza e aplicação de 8.400 g m^{-3} de P). Função ajustada linear e polinomial quadrática.

TABELA 2 - Valores médios de diâmetro do coleto (mm) de plantas de jatobá em função de doses de fósforo e micorrizas.

Dias após emergência	TRATAMENTOS					
	M0P0	M0P1	M0P2	M1P0	M1P1	M1P2
30	3,29 A	2,84 C	3,16 AB	3,03 AB	2,97 BC	3,31 ABC
60	3,71 A	3,64 A	3,56 A	3,47 AB	3,24 B	3,25 B
90	5,03 A	4,68 BC	4,63 C	4,87 AB	4,70 BC	4,43 CD
120	5,32 A	4,72 B	4,30 C	5,30 A	4,53 BC	4,43 BC
150	5,42 A	4,84 BC	4,70 C	5,38 A	5,06 B	4,59 C
Médias	4,55 A	4,14 B	4,02 B	4,41 A	4,10 B	3,96 B

Médias seguidas pelas mesmas letras, nas linhas, não diferem significamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

O fato dos tratamentos M0P0 (controle) e M1P0 terem apresentado diâmetros iguais durante todos os períodos avaliados, indicam que o fungo *Glomus clarum* não influenciou no aumento do diâmetro do colo de plantas de jatobá. Caldeira et al. (1999) relataram em trabalho sobre o efeito de fungos micorrízicos arbusculares *Glomus clarum* e *Gigaspora margarita* no desenvolvimento de duas leguminosas arbóreas, pau-roxo-da-várzea (*Peltogyne venosa*) e taxi-branco (*Sclerolobium paniculatum*) que não houve diferença significativa entre o tratamento controle (sem micorrizas) e o tratamento com inoculação de *Glomus clarum*. Carneiro et al. (1996) também observaram que o diâmetro do jatobá não apresentou diferença significativa aos 120 dias entre os tratamentos controle (sem adição de fósforo e sem micorrizas) e os tratamentos com e sem inoculação de fungos micorrízicos (*Glomus etunicatum* e *Gigaspora margarita*) e com e sem fósforo (150 mg kg^{-1} de superfosfato simples).

Na Figura 2 observa-se a altura de plantas de jatobá (curvas ajustadas) que apresentaram em todos os tratamentos tendência inicial de aumento, com estabilização aos 120 dias após emergência.

A comparação de médias entre os tratamentos (Tabela 3) revelou que o controle (M0P0) apresentou maior altura em todo o período avaliado, porém aos 30 dias diferiu significativamente somente dos tratamentos M1P1 e M1P2, enquanto aos 60 e 90 dias foi semelhante ao tratamento M1P0.

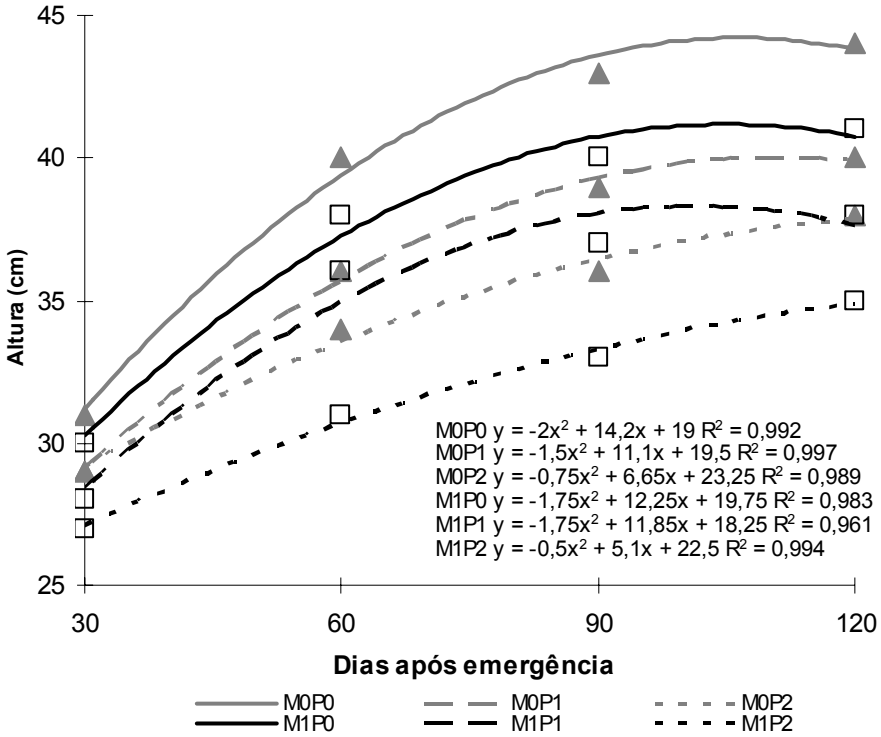

FIGURA 2 - Altura (cm) de plantas de jatobá em função dos tratamentos: M0P0 (controle), M0P1 (sem micorriza e aplicação de 4.200 g m^{-3} de P), M0P2 (sem micorriza e aplicação de 8.400 g m^{-3} de P), M1P0 (com micorriza sem aplicação de P), M1P1 (com micorriza e aplicação de 4.200 g m^{-3} de P), M1P2 (com micorriza e aplicação de 8.400 g m^{-3} de P). Função ajustada polinomial quadrática.

TABELA 3 - Valores médios da altura (cm) de plantas de jatobá em função de doses de fósforo e micorrizas.

Dias após emergência	TRATAMENTOS					
	M0P0	M0P1	M0P2	M1P0	M1P1	M1P2
30	31,21 A	28,76 ABC	28,64 ABC	30,28 AB	28,32 BC	27,41 C
60	39,65 A	35,95 BC	34,08 C	37,65 AB	35,59 BC	31,14 D
90	42,80 A	39,26 BC	37,98 DE	40,08 AB	36,90 CD	33,45 E
120	44,35 A	40,17 BC	37,89 C	41,03 B	38,28 BC	34,82 D
Médias	39.50 A	36,03 AB	34,64 BC	37,26 AB	34,77 BC	31,70 C

Médias seguidas pelas mesmas letras, nas linhas, não diferem significamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Estes resultados indicam que em 120 dias de avaliação não houve influência do P e do fungo *Glomus clarum* no crescimento em altura de mudas de jatobá. Dados semelhantes foram publicados por vários autores, com espécies e/ou gêneros de fungos diferentes dos utilizados, bem como com doses de P diferenciadas. No trabalho realizado por Duboc (1994) a altura de plantas de jatobá foi maior nas testemunhas do que no tratamento com 120 mg kg^{-1} de P, demonstrando ser pouco responsiva à aplicação deste nutriente, enquanto Carneiro et al. (1996) verificaram que entre 31 espécies arbóreas tropicais somente o jatobá não apresentou resposta significativa aos tratamentos com superfosfato (150 mg kg^{-1} de P) e fungos micorrízicos (*Glomus etunicatum* e *Gigaspora margarita*), após 120 dias de avaliação da altura, devendo esse comportamento estar relacionado à reserva das sementes, já que de acordo com Ramos et al. (2003) a espécie *Hymenaea stigonocarpa* tem em suas sementes grande quantidades de reservas nutritivas, e nos primeiros meses de vida não necessita de reservas externas, ocorrendo dessa maneira demora em resposta a tratamentos.

Na Figura 3 observa-se a redução no comprimento de raiz de plantas de jatobá (curvas ajustadas) no período de 30 a 90 dias após emergência em todos os tratamentos. Os valores observados para o tratamento M0P1 foram mais elevados até os 90 dias, porém o tratamento M1P2 aos 120 apresentou o maior comprimento de raiz entre os tratamentos avaliados.

A comparação de médias para os comprimentos de raízes (Tabela 4) demonstrou que o tratamento M0P1 foi superior a M1P0 aos 30 dias, enquanto aos 90 dias superou os tratamentos M1P0 e M1P1. Aos 60 dias não houve diferenças significativas entre os tratamentos. Já aos 120 dias, as plantas que receberam o dobro da dose recomendada de P + FMA (M1P2) apresentaram maior comprimento de raiz, diferindo do tratamento com omissão de P + FMA (M1P0).

O comportamento das plantas de jatobá nestes tratamentos não é diferente do controle (M0P0), indicando que o jatobá não necessitou de P e que a associação com o fungo *Glomus clarum* foi facultativa no período avaliado, o que também foi verificado por Carneiro et al. (1996) em sua pesquisa conduzida com plantas de jatobá submetidas a tratamentos com FMAs (*Glomus etunicatum* e *Gigaspora margarita*) e superfosfato simples (150 mg kg^{-1}) que não apresentaram diferença significativa em relação à testemunha, aos 120 dias, para a massa seca de raiz. Já Caldeira et al. (1999), estudando pau-roxo-da-várzea (*Peltogyne venosa*) inoculado com FMA *Glomus margarita* demonstraram que não houve efeito significativo do FMA sobre o comprimento das raízes aos 168 dias da germinação. Para Duboc (1994) plantas de jatobá com aplicação de 150 mg^{-1} de P não apresentaram diferenças significantes em relação à testemunha.

Estudo realizado por Fernandes (2000), com paineira (*Chorisia speciosa*) utilizando diferentes doses de P, no entanto, demonstrou que o crescimento radicular e massa seca de raízes estão relacionados diretamente com a disponibilidade de P, sendo inibitórios valores acima de 600 mg dm^{-3}, enquanto Resende et al. (1999), observaram que espécies clímax que

foram submetidas à aplicação de fósforo tiveram decréscimo do crescimento radicular e conseqüentemente maior acúmulo de matéria seca na parte aérea com o aumento da disponibilidade de P no solo.

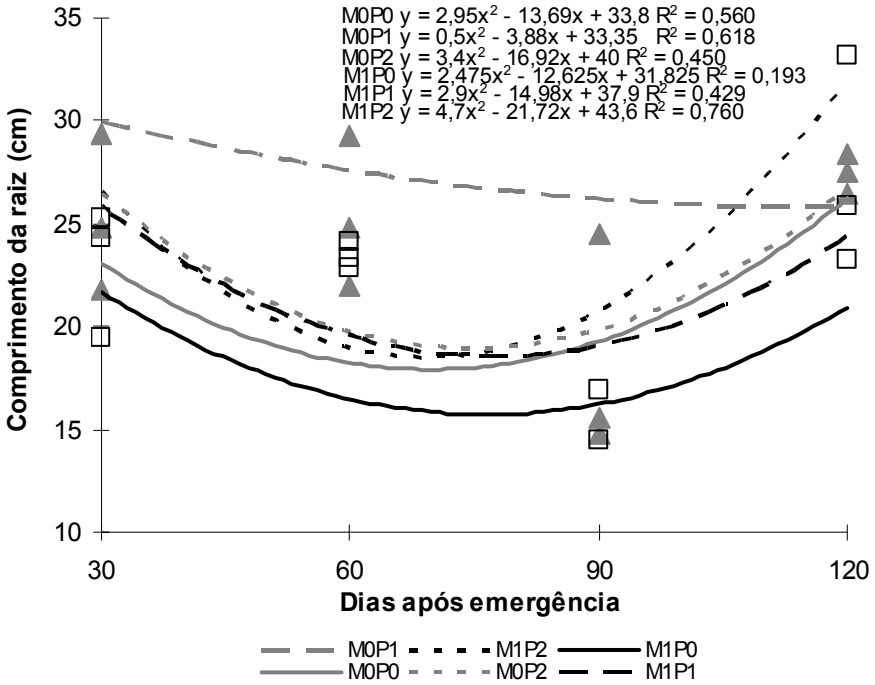

FIGURA 3 - Comprimento da raiz (cm) de plantas de jatobá, em função dos tratamentos: M0P0 (controle), M0P1 (sem micorriza e aplicação de 4.200 g m^{-3} de P), M0P2 (sem micorriza e aplicação de 8.400 g m^{-3} de P), M1P0 (com micorriza sem aplicação de P), M1P1 (com micorriza e aplicação de 4.200 g m^{-3} de P), M1P2 (com micorriza e aplicação de 8.400 g m^{-3} de P). Função ajustada linear e polinomial quadrática.

TABELA 4 - Valores médios do comprimento da raiz (cm) de plantas de jatobá em função de doses de fósforo e micorrizas.

Dias após emergência	TRATAMENTOS					
	M0P0	M0P1	M0P2	M1P0	M1P1	M1P2
30	21,75 AB	29,35 A	24,80 AB	19,40 B	24,26 AB	25,30 AB
60	22,03 A	29,28 A	24,75 A	23,34 A	24,06 A	22,80 A
90	15,45 AB	24,45 A	14,80 AB	9,35 B	14,50 B	16,92 AB
120	27,45 AB	26,40 AB	28,30 AB	23,20 B	25,90 AB	33,20 A
Médias	21,67 BC	27,37 A	23,16 ABC	18,82 C	22,18 BC	24,55 AB

Médias seguidas pelas mesmas letras, nas linhas, não diferem significamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Observando o comprimento de raiz de jatobá (Figura 3) e altura de planta (Figura 2), verifica-se que houve aumento na altura até 120 dias, enquanto no período até 90 dias o crescimento da raiz não foi priorizado. A partir de 120 dias houve aumento acentuado do comprimento radicial, quando as plantas exibiram tendência a menor altura.

Este fato pode estar relacionado ao ajuste de origem genética da espécie em resposta ao desenvolvimento da planta à fase vegetativa, em que diferentes órgãos estão interagindo, desde a absorção de nutrientes pela raiz, condução pelo caule e transformação química pelas folhas, característica dessa espécie, considerada por muitos autores como espécie clímax

tolerante. Resende et al. (2000) verificaram que o aproveitamento do P oriundo do solo pelas espécies clímax é influenciado por diferenças genotípicas das espécies vegetais, as quais se relacionam à capacidade de absorção e à eficiência de utilização deste nutriente. Larcher (2006) afirmou que o balanço dinâmico que existe entre a parte aérea e a porção subterrânea é conseqüência de um sistema regulatório morfogenético que assegura o suprimento de substâncias minerais, efetivado pelos sinais hormonais proveniente das raízes.

Esta variação no crescimento da raiz de plantas de jatobá está relacionada ao desenvolvimento total da planta, onde funções fisiológicas em conjunto nos órgãos alteram o crescimento e armazenamento em órgãos diversos, em favorecimento da distribuição de fotoassimilados e crescimento de órgãos específicos, processos desencadeados por hormônios, o que foi observado por Resende et al. (1999) que ao estudarem o desenvolvimento do jatobá, verificaram que a partição de fotoassimilados acarretou um decréscimo do crescimento radicular. Benincasa (2003) descreveu em trabalho com sorgo (*Sorghum bicolor*) que o crescimento total de uma planta resulta da interação do crescimento de diferentes órgãos ou aspectos da planta.

Larcher (2006) afirmou que para um desenvolvimento harmônico da planta como um todo é essencial que cada um dos órgãos receba a quantidade necessária de assimilados, sendo possível manter suprida uma zona em franco crescimento e evitar que outro órgão seja super abastecido, sendo os hormônios vegetais fundamentais, organizando o desenvolvimento e as funções dos vegetais. Isso explicaria os resultados observados neste trabalho, pois mesmo com a redução do comprimento da raiz entre 60 e 90 dias (Tabela 4) houve, no mesmo período de avaliação, aumento de massa seca de raízes, massa seca de parte aérea, comprimento de parte aérea e número de folhas.

Os resultados são semelhantes aos observados por Cabral et al. (2004) que ao avaliar plantas de ipê-amarelo (*Tabebuia áurea*) tiveram maior crescimento de parte aérea em relação à raiz até 90 dias após a germinação. Resende et al. (1999) também observaram que a partição de fotoassimilados em todas as espécies clímax acarretou decréscimo do crescimento radicular e conseqüentemente maior acúmulo de matéria seca na parte aérea com o aumento da disponibilidade de P no solo.

Outro fator que pode ter influenciado é o fato de outros elementos poderem surtir efeito isoladamente, como por exemplo, o nitrogênio, que é um macronutriente altamente exigido para o crescimento de plantas, pois é essencial no protoplasma e enzimas (PRIMAVESI, 2002). Illenseer & Paulilo (2002) afirmaram que uma adequada relação N/P favorece o crescimento de *Euterpe edulis,* mas que o efeito isolado do P não é significativo. Neste trabalho, até a segunda avaliação (60 dias após emergência) fazia-se adubação foliar das plantas de jatobá na proporção de 1 g de sulfato de amônio por litro d'água (1g $NH_4(_2SO_4)$ L^{-1}), sendo após esse período aplicado 2 g de amônia por litro d'água (2g $CO(NH_2)2$ L^{-1}) o que poderia explicar os valores decrescentes até 90 dias e posterior elevação aos 120 dias.

Larcher (2006) citou que a absorção de nitrogênio pode ser feita tanto pela raiz (maior proporção) quanto pelas folhas e sua principal reserva de nitrogênio na planta lenhosa fica na parte aérea, e sua deficiência afeta o crescimento de outras partes, como a raiz, tornando a relação parte área/raiz desproporcional, sendo a raiz a que tem menor crescimento.

Dados semelhantes foram encontrados na espécie *Euterpe edulis* por Illenseer & Paulilo (2002), onde a falta de nitrogênio limitou o crescimento de raízes e não a falta de fósforo, ocasionando desproporção de parte aérea e raiz. Estes autores, considerando raiz e parte aérea separadamente, verificaram que as concentrações de nitrogênio e fósforo foram diferentes em raiz e parte aérea, havendo mais nitrogênio e menos fósforo na parte aérea que na raiz, independente do regime de luz.

Os fatores determinantes do crescimento radicial são complexos e envolvem o estado nutricional, disponibilidade de oxigênio do solo, hormônios de crescimento, suprimento de

carboidratos e sua alocação relativa na raiz e parte aérea. A temperatura do solo e do ar também são importantes reguladores da atividade radical (LIMA, 2005). O requerimento externo de P pode estar associado a diversos fatores, como o tamanho da semente e seu conteúdo de nutrientes, o grau de desenvolvimento do sistema radicular, a dependência micorrízica, a taxa de crescimento e o estádio de desenvolvimento da planta (SIQUEIRA et al., 1998).

Na Figura 4 observa-se a tendência para o número de folhas de plantas de jatobá (curvas ajustadas), onde se verifica que as plantas correspondentes ao o tratamento M0P0 mantiveram o maior o número de folhas durante todo o período de avaliação, estabilizando aos 120 dias e diminuindo aos 150 dias. O mesmo comportamento foi verificado nas plantas dos demais tratamentos.

A comparação de médias do número de folhas de plantas de jatobá (Tabela 5) demonstrou que o tratamento M0P0 foi superior a M1P1, no entanto não se diferenciaram dos demais tratamentos aos 30 dias. Aos 60 dias, o tratamento M0P0 foi estatisticamente semelhante a M0P1 e, aos 90 dias se igualou a M1P0. Aos 120 dias M0P2 e M1P2 apresentaram menor número de folhas. Nos tratamentos M0P0, M0P1, M1P0 e M1P1, aos 150 dias após emergência, apresentaram maior número de folhas.

O incremento de fósforo e do fungo *Glomus clarum* não proporcionaram respostas superiores ao controle, o que também foi verificado por Duboc (1996) e Carneiro et al. (1996). Burity et al. (2000) observaram que os tratamentos com interações micorrízicas em mudas de sabiá (*Mimosa caesalpiniifolia*) não diferiram estatisticamente entre si, considerando que provavelmente o P pode ter exercido inibição na esporulação micorrízica. A adição de 40 kg ha^{-1} de P_2O_5 (ou 20 ppm de P) indicou inibição da micorrização, uma vez que a colonização foi maior em níveis de 0 a 20 kg ha^{-1} de P_2O_5. Para Carneiro et al. (1996) a aplicação de 150 $g.kg^{-1}$ de P_2O_5 no substrato não influenciou a colonização micorrízica de 31 espécies arbóreas tropicais.

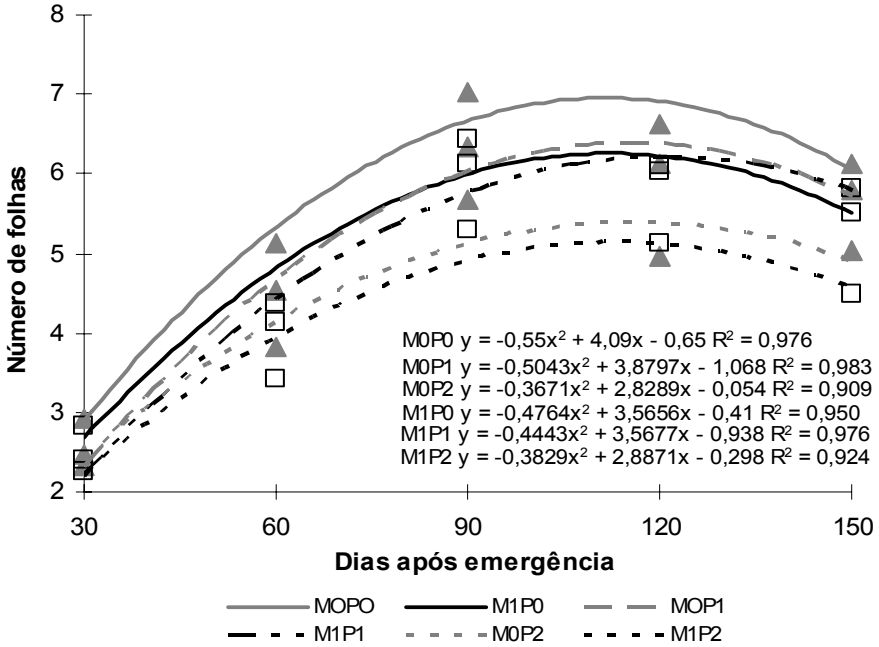

FIGURA 4 - Número de folhas de plantas de jatobá em função dos tratamentos: M0P0 (controle), M0P1 (sem micorriza e aplicação de 4.200 g m^{-3} de P), M0P2 (sem micorriza e aplicação de 8.400 g m^{-3} de P), M1P0 (com micorriza sem aplicação de P), M1P1 (com micorriza e aplicação de 4.200 g m^{-3} de P), M1P2 (com micorriza e aplicação de 8.400 g m^{-3} de P). Função ajustada e polinomial quadrática.

TABELA 5 - Valores médios do número de folhas de jatobá em função de doses de fósforo e micorrizas

Dias após emergência	TRATAMENTOS					
	M0P0	M0P1	M0P2	M1P0	M1P1	M1P2
30	2,93 A	2,33 AB	2,47 AB	2,83 AB	2,27 B	2,40 AB
60	5,13 A	4,53 AB	3,83 CD	4,53 BC	4,13 BC	3,43 D
90	7,03 A	6,33 B	6,10 CD	6,53 AB	6,13 BC	5,30 D
120	6,63 A	6,13 A	4,97 B	6,10 A	6,03 A	5,13 B
150	6,13 A	5,80 A	5,03 BC	5,50 AB	5,83 A	4,50 C
Médias	5,57 A	5,02 AB	4,39 CD	5,06 AB	4,88 BC	4,15 D

Médias seguidas pelas mesmas letras, nas linhas, não diferem significamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Todos os tratamentos demonstraram valores médios menores no número de folhas dos 120 a 150 dias de avaliação. Supõe-se que a adubação foliar nitrogenada (2 g de amônia por litro d'água aplicada a partir dos 90 dias) contribuiu para a diminuição dessa variável. A maior quantidade de nitrogênio pode ter favorecido a fotossíntese, pelo possível aumento da produção da enzima RuBP (Ribulose bifosfato carboxilase/oxigenase), chamada Rubisco, que catalisa a fixação de carbono no primeiro estágio de Ciclo de Calvin convertendo-o em sacarose ou amido. Segundo Raven et al. (2001) e Larcher (2006) essa enzima está contida na folha em grandes quantidades (representa 50% da proteína solúvel do cloroplasto) que converte o triose fosfato (GAP) em carboidratos. No mesmo período em que ocorreu estabilização no número de folhas de jatobá (entre 90 a 120 dias) precedendo a redução (120-150 dias) houve o aumento do comprimento e biomassa de sua raízes (Figuras 3 e 7). Benincasa (2003) descreveu que o detrimento de um órgão favorece o desenvolvimento de outras partes das plantas, o que foi confirmado por Larcher (2006). Assim, acredita-se que a produção, translocação e armazenamento de fotoassimilados favoreceu o aumento no número de folhas nas plantas de jatobá até os 90 dias e o crescimento de raízes dos 90 aos 120 DAS.

Na Figura 5 são apresentados os resultados médios de aérea foliar de plantas de jatobá (curvas ajustadas) onde se observa que todos os tratamentos apresentaram tendência de aumento de área foliar, com exceção M0P0 entre 30 e 90 dias e M0P2 a partir dos 90 dias tiveram redução em área foliar.

A comparação de médias entre tratamentos (Tabela 6) revelou que todos os tratamentos apresentaram área foliar igual aos 30 e 60 dias. Aos 90 dias M1P2 foi inferior a M1P1 e aos 120 dias superou M0P2, não se diferenciando dos demais tratamentos. Este comportamento sugere que a aplicação de fósforo e FMA sejam facultativas ao aumento de área foliar em jatobá aos 120 dias, pois os tratamentos não diferenciaram em relação ao controle. Flores-Aylas et al. (2003) trabalhando com plantas de aroeira (*Schinus terebenthifolius*), inoculadas com fungos *Glomus etunicatum* e aplicação de 0,02 mg L^{-1} de fósforo e tratamento com a mesma proporção de P e sem inoculação não detectou diferenças significativas aos 120 dias em relação à área foliar, da mesma forma que Carneiro et al. (2004) também não encontraram diferenças significativas para a área foliar nas diferentes doses de P_2O_5 (zero, 85, 170 e 255 g kg^{-1}) e inoculação de uma mistura de esporos de fungos micorrízicos, composta de *Gigaspora margarita*, *Glomus etunicatum*, *Glomus occultum*, *Acaulospora appendicula* e *Entrophospora columbiana* em plantas de embaúba (*Cecropia pachystachya*) aos 120 dias. No entanto, Costa et al. (2005) em trabalho com plantas de mangabeira (*Harconia speciosa*) afirmou que a área foliar foi influenciada sob tratamentos com *Glomus albida e Glomus etunicatum* e baixa dosagens de fósforo (3 mg dm^{-3}) aos 150 dias em casa de vegetação. Possivelmente essa variação de respostas é devida à utilização de diferentes espécies vegetais, FMA, doses de P e metodologias.

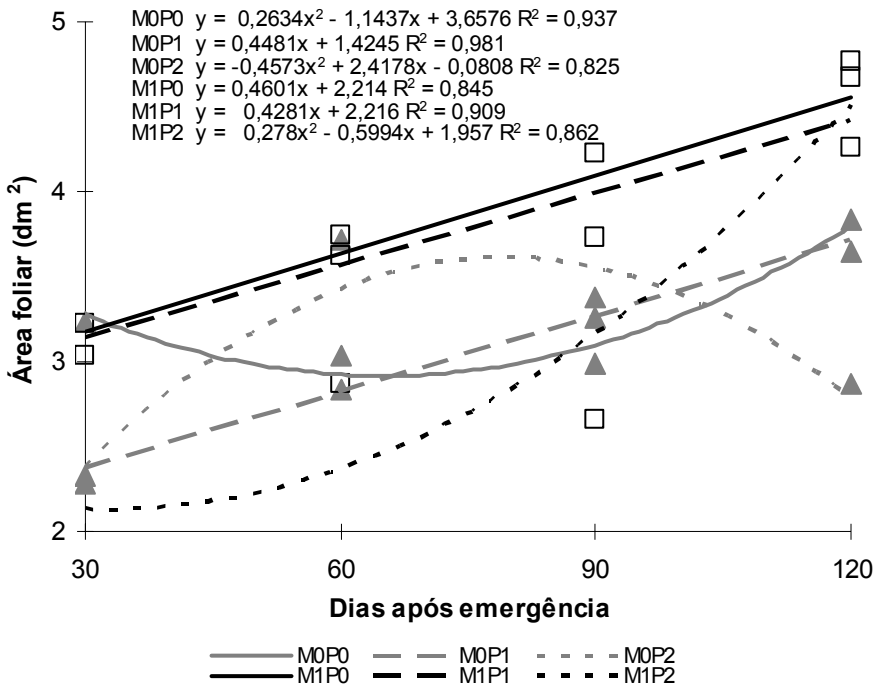

FIGURA 5 - Área foliar (dm^2) de plantas de jatobá em função dos tratamentos: M0P0 (controle), M0P1 (sem micorriza e aplicação de 4.200 g m^{-3} de P), M0P2 (sem micorriza e aplicação de 8.400 g m^{-3} de P), M1P0 (com micorriza sem aplicação de P), M1P1 (com micorriza e aplicação de 4.200 g m^{-3} de P), M1P2 (com micorriza e aplicação de 8.400 g m^{-3} de P). Função ajustada linear e polinomial quadrática.

TABELA 6 - Valores médios de área foliar (dm^2) de jatobá em função de doses de fósforo e micorrizas.

Dias após emergência	TRATAMENTOS					
	M0P0	M0P1	M0P2	M1P0	M1P1	M1P2
30	2,73 A	1,82 A	1,78 A	2,72 A	2,53 A	1,47 A
60	2,53 A	2,33 A	3,22 A	3,24 A	3,11 A	2,36 A
90	2,48 AB	2,87 AB	2,76 AB	3,22 AB	3,78 A	2,16 B
120	3,35 AB	3,14 AB	2,37 B	4,26 A	3,76 AB	4,17 A
Médias	2,77 AB	2,54 B	2,53 B	3,36 A	3,28 A	2,54 B

Médias seguidas pelas mesmas letras, nas linhas, não diferem significamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O fato de não ter havido influência dos tratamentos com P e FMA, pode também, estar relacionado à capacidade das sementes do jatobá promoverem os nutrientes para o desenvolvimento no período avaliado, como afirmou Duboc (1994) ao avaliar que o efeito de diferentes dosagens de fósforo até 150 dias foi devido a carga nutricional das sementes.

Na Figura 6 observa-se a tendência da massa seca da parte aérea de plantas de jatobá (curvas ajustadas). Esta variável apresentou aumento linear em todos os tratamentos, exceto aqueles onde foi usado a maior dosagem de P ao final de 120 dias a maior média verificada no tratamento M1P1.

A comparação de médias entre tratamentos (Tabela 7) revelou diferenças significativas aos 90 dias, onde o tratamento M1P2 apresentou menor massa de matéria seca em relação ao tratamento M1P1. Aos 120 dias o tratamento M0P2 foi inferior aos tratamentos M1P0, M1P1 e M1P2. Porém, verificou-se que em todos os períodos avaliados o controle (M0P0) não foi

diferente estatisticamente dos tratamentos com maiores ou menores médias de biomassa da parte aérea de plantas de jatobá. Os resultados indicam que provavelmente o jatobá utilizou o mínimo possível de fósforo disponível e os FMA foram facultativos nos períodos avaliados.

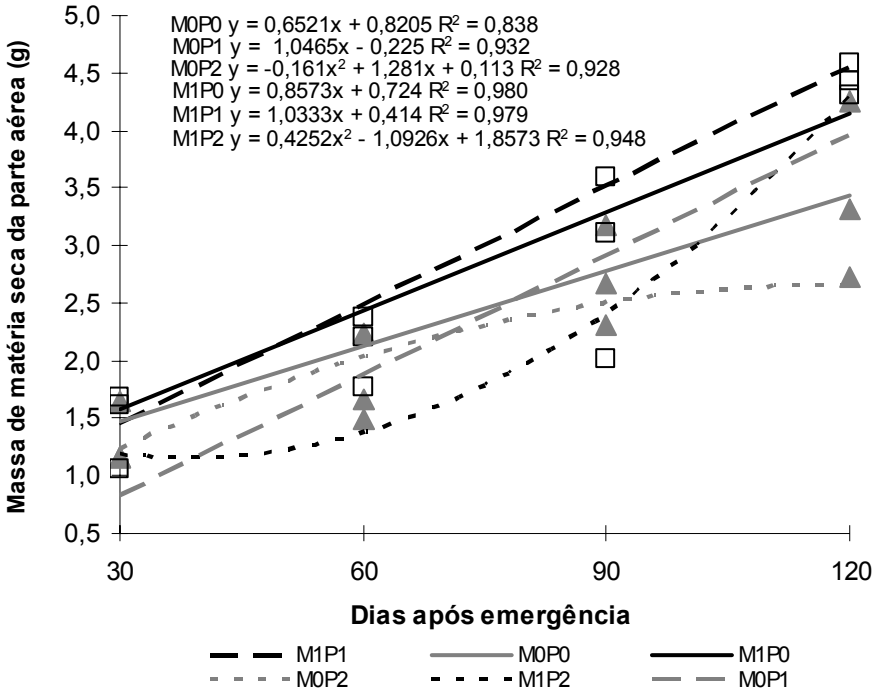

FIGURA 6 - Massa de matéria seca da parte aérea (g) de plantas de jatobá em função dos tratamentos: M0P0 (controle), M0P1 (sem micorriza e aplicação de 4.200 g m^{-3} de P), M0P2 (sem micorriza e aplicação de 8.400 g m^{-3} de P), M1P0 (com micorriza sem aplicação de P), M1P1 (com micorriza e aplicação de 4.200 g m^{-3} de P), M1P2 (com micorriza e aplicação de 8.400 g m^{-3} de P). Função ajustada linear e polinomial quadrática.

TABELA 7 - Valores médios da massa de matéria seca (g) da parte aérea de jatobá em função de doses de fósforo e micorriza

Dias após emergência	Tratamentos					
	M0P0	M0P1	M0P2	M1P0	M1P1	M1P2
30	1,64 A	1,15 A	1,16 A	1,68 A	1,60 A	1,06 A
60	1,66 A	1,49 A	2,23 A	2,37 A	2,20 A	1,76 A
90	3,16 AB	2,67 AB	2,30 AB	3,11 AB	3,59 A	2,01 B
120	3,31 AB	4,25 AB	2,73 B	4,29 A	4,59 A	4,41 A
Médias	2,44 ABC	2,39 ABC	2,10 B	2,86 AB	2,99 A	2,31 BC

Médias seguidas pelas mesmas letras, nas linhas, não diferem significamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Outros autores descreveram comportamento semelhante, como Carneiro et al. (1996) em seu trabalho sobre fungos micorrízicos e aplicação de superfosfato no crescimento de espécies arbóreas tropicais, relataram que o jatobá não respondeu a diferentes tratamentos, isolados ou em interação. Resende et al. (1999) também não observaram incremento na produção de matéria seca de plantas de jatobá em relação à adubação com P. Os mesmos autores afirmaram que o jatobá não foi responsivo ao P por seu desenvolvimento inicial ser rápido, característica de plantas clímax, sendo a reserva de nutrientes das sementes a responsável pelo rápido crescimento, independente de nutrientes externos. Duboc et al. (1996) verificaram que

o tratamento com omissão de fósforo apresentou o mesmo teor foliar (0,4 g/kg) que o tratamento completo, indicando uma elevada capacidade de extração pelas plantas de jatobá, mesmo em condições de pequena disponibilidade no substrato (1 mg dm^3 de P).

A produção de matéria seca da parte aérea de embaúba (*Cecropia pachystachya*) não foi afetada pelos fatores estudados (aplicação de P_2O_5 na proporção de 0, 85, 170, 255 e 340 g kg^{-1}, inoculação de FMA *Gigaspora margarita*, *Glomus etunicatum*, *Glomus occultum*, *Acaulospora appendicula* e *Entrophospora columbiana* e interação) (CARNEIRO et al. 2004). Caldeira et al. (1999) não encontraram diferença estatística no peso seco de parte aérea das espécies *Peltogyne venosa* e *Sclerolobium paniculatum*, inoculadas com *Glomus clarum* e *Glomus margarita*, aos 168 dias após a emergência.

Dados diferentes foram encontrados por Flores-Aylas et al. (2003) em aroeira (*Schinus terebenthifolius*), onde os tratamentos que apresentaram os menores teores de P foram os de maior produção de massa seca de parte aérea. Os mesmos autores descreveram que em relação ao P naturalmente disponível no solo (0,002 mg L^{-1}), a elevação para 0,2 mg L^{-1} de P na solução do solo resultou em aumentos significativos na produção de massa seca da parte aérea em plantas de mutamba (*Guazuma ulmifolia*) em todos os tratamentos de inoculação. Para Primavesi (2002), os FMA liberam fósforo absorvido, gradualmente para as plantas. Essa idéia é compartilhada por Odum (1988), Gliessman (2001) e Larcher (2006).

Na Figura 7 observa-se a tendência da massa seca de raízes de plantas de jatobá (curvas ajustadas). O tratamento M1P1 foi superior no acúmulo de massa seca de raiz aos 120 dias, enquanto M0P2 apresentou menor valor.

A comparação de médias entre tratamentos (Tabela 8) revelou que não houve diferença significativa aos 30, 60 e 90 dias, sendo M1P1 superior aos demais tratamentos aos 120 dias após emergência, enquanto M0P2 apresentou menor média, não se diferenciando do controle.

A maior massa de matéria seca da raiz do tratamento M1P1 na última avaliação sugere a captação de P, facilitada por simbiose com FMA *Glomus clarum*, a partir de 120 dias, na dosagem de 4.200 g m^{-3}. No entanto Carneiro et al. (1996) não verificaram diferenças significativas na variável massa seca de raízes de jatobá entre a testemunha e tratamento com aplicação de fósforo e inoculação de FMA *Glomus etunicatum* e *Gigaspora margarita* aos 120 dias. O mesmo foi descrito por Caldeira (1997) em que verificaram que o peso seco de raízes de plantas de copaíba (*Copaifera martii*) submetidas a tratamentos com inoculação de *Glomus clarum* e correção de P não se diferenciaram em relação à testemunha aos 168 dias. Caldeira et al. (1999) observaram que o peso seco de raízes das espécies pau-roxo (*Peltogyne venosa*) e táxi-branco (*Sclerolobium paniculatum*), inoculadas com *Glomus clarum* e *Glomus margarita*, aos 168 dias após a emergência não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos.

Espécies clímax se comportam de forma menos pronunciada em relação à fertilização fosfatada, conduzindo a resultados à primeira vista pouco conclusivos quanto às suas exigências nutricionais (RESENDE et al., 1999). De acordo com Araújo et al. (2001) a interação de FMAs (*Gigaspora margarita, Glomus etunicatum e Scuttelospora nigra*) e fósforo (20 kg ha^{-1}) influenciou o aumento de massa seca de raízes de leucena (*Leucaena leucocephala*), podendo ser fatores limitantes e provocarem efeitos antagônicos caso aplicados em excesso. Costa et al. (2005) em trabalho com plantas de mangabeira (*Harconia speciosa*) observou que a massa seca aumentou com tratamentos com *Glomus albida e Glomus etunicatum* e dosagens de fósforo (3 mg dm^{-3}) aos 150 dias. Para Larcher (2006) e Raven et al. (2001) as plantas têm seu sistema radicular aumentado para facilitar a absorção de nutrientes, necessitando no seu desenvolvimento o elemento fósforo.

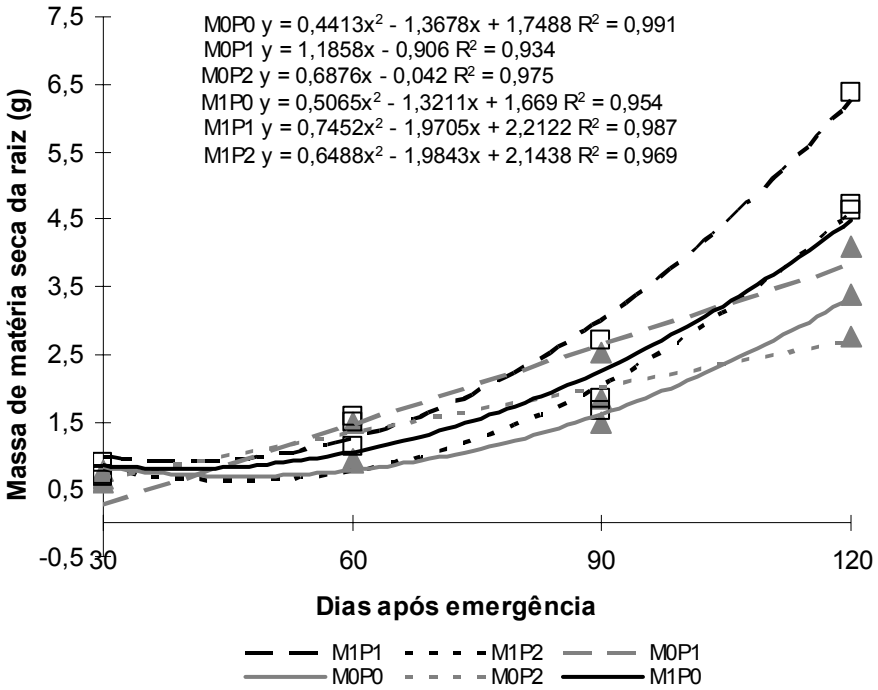

FIGURA 7 - Massa de matéria seca da raiz (g) de plantas de jatobá em função dos tratamentos: M0P0 (controle), M0P1 (sem micorriza e aplicação de 4.200g m^{-3} de P), M0P2 (sem micorriza e aplicação de 8.400 g m^{-3} de P), M1P0 (com micorriza sem aplicação de P), M1P1 (com micorriza e aplicação de 4.200 g m^{-3} de P), M1P2 (com micorriza e aplicação de 8.400 g m^{-3} de P). Função ajustada linear e polinomial quadrática.

TABELA 8 - Valores médios da massa de matéria seca da raiz (g) de jatobá em função de doses de fósforo e micorrizas.

Dias após emergência	TRATAMENTOS					
	M0P0	M0P1	M0P2	M1P0	M1P1	M1P2
30	0,78 A	0,66 A	0,59 A	0,71 A	0,88 A	0,68 A
60	0,90 A	0,96 A	1,48 A	1,47 A	1,56 A	1,14 A
90	1,45 A	2,51 A	1,84 A	1,83 A	2,68 A	1,65 A
120	3,38 CD	4,09 BC	2,76 D	4,62 BC	6,36 A	4,70 B
Médias	1,63 B	2,05 B	1,67 B	2,16 B	2,87 A	2,04 B

Médias seguidas pelas mesmas letras, nas linhas, não diferem significamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

O comportamento observado para massa de matéria seca de raiz de plantas de jatobá submetidas ao tratamento M1P1 aos 120 dias (Tabela 7) indica uma resposta morfofisiológica da espécie, pois houve elevado número de folhas (Figura 4 e Tabela 4) e área foliar (Figura 5 e Tabela 5) no mesmo período de avaliação, contribuindo na captação de energia luminosa, promovendo fotossíntese e produção de fotoassimilados e consequentemente acúmulo de massa de matéria seca nas raízes e parte aérea. Nesta condição, as plantas micorrizadas apresentaram maiores valores de produção de matéria seca (principalmente de parte aérea). Infere-se que, para haver este ganho em termos de biomassa, deve ter ocorrido aumento nas taxas de fotossíntese, ou seja, aumento na assimilação do CO_2, o que poderia ser atribuído à presença benéfica do FMA no sistema, por favorecer aumento na absorção de micro e macronutrientes, em especial o P, elemento-chave na produção de fotossintatos (SENA et al., 2004). Conforme Benincasa (2003) há correlação linear no aumento de área foliar e matéria

seca devido ao fato de aumentar a fotossíntese líquida e consequentemente a matéria seca produzida. Sena et al., (2004) afirmaram que os possíveis aumentos nas taxas de fotossíntese das plantas de tangerina (*Citrus reshni*) podem ser respaldados pelo aumento marcante na área foliar das plantas micorrizadas até a dose de 150 mg kg^{-1} de P no substrato, sendo possível que a energia que poderia ser perdida no processo respiratório esteja sendo canalizada para produção de carboidratos, em especial sacarose, para acúmulo de biomassa vegetal.

A interação de 4.200 g m^{-3} de P e FMA *Glomus clarum* indica aumento de biomassa de raízes pela quantidade de P aplicado que não inibiu as micorrizas e, que por vez disponibilizou P inorgânico à planta devido à presença de micélio externo a raiz, aumentando a absorção de P e produção de carboidratos. Este comportamento se assemelha ao obtido por Minhomi & Auler (2003) em plantas de mamoeiro com inoculação de FMA e aplicação de 240 mg kg^{-1}.

3.4 CONCLUSÃO

Os resultados permitiram concluir que o jatobá é uma espécie facultativa a simbiose com FMA *Glomus clarum* e que não necessita de P inorgânico no seu desenvolvimento inicial.

3.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, A.S.F.; BURITY, H.A.; LYRA, M.C.C. 2001. Influência dos diferentes níveis de nitrogênio e fósforo em leucena inoculada com *rhizobium* e fungo micorrízicos arbuscular. **Revista Ecossistema**, Piracicaba, v.26, n.1, p.35-38.

BENINCASA, M.M.P. 2003. **Análise de crescimento de plantas:** noções básicas. Jaboticabal: Funep, 41p.

BOVI, M.L.A.; GODOY J.; SPIERING, S.H. 2002. Resposta de crescimento de pupunheira à adubação NPK. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.59, n.1, p.161-162.

CABRAL, E.L.; BARBOSA, D.C.A.; SIMABUKURO, E.A. 2004. Crescimento de plantas jovens de *Tabebuia aurea* (Manso) Benth & Hook. F. ex S. Moore submetidas a estresse hídrico. **Acta Botânica Brasileira**, São Paulo, v.18, n.3, p.241-251.

CALDEIRA, M.V.W. 1997. Crescimento de leguminosas arbóreas em respostas a inoculação com fungos micorrízicos arbusculares. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.7, n.1, p.1-10.

CALDEIRA, M.V.W.; SILVA, E.M.R.; FRANCO, A.A.; ZANON, M.L.B. 1999. Efeitos de fungos micorrízicos arbusculares no desenvolvimento de duas leguminosas arbóreas. **Ciência Florestal**. Santa Maria, v.9, n.1, p.63-70.

CAMPOS, M.A.A: UCHIDA, T. Influência do sombreamento no crescimento de mudas de três espécies amazônicas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, n.3, p.281-288, 2002.

CARNEIRO, M.A.C.; SIQUEIRA, J.O.; DAVIDE, A.C.; GOMES, L.J.; CURI, N.; VALE, F.R. 1996. Fungo micorrízico e superfosfato no crescimento de espécies arbóreas tropicais. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v.50, p.21-36.

CARNEIRO, M.A.C.; SIQUEIRA, J.O.; DAVIDE, A.C. 2004. Fósforo e inoculação com fungos micorrízicos arbusculares no estabelecimento de mudas de embaúba (C*ecropia pachystachya* Trec). **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Lavras, v.34, n.3, p.119-125.

COSTA, C.M.C.; CAVALCANTE, U.M.T.; GOTO, B.T.; SANTOS, V.F.; MAIA, L.C. 2005. Fungos micorrízicos arbusculares e adubação fosfatada em mudas de mangabeira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.40, n.3, p.225-232.

DUBOC, E. 1994. **Requerimentos nutricionais de espécies florestais nativas**: *Hymeneaea courbaryl* L. var. *stilbocarpa* (Haynee) Lee et Lang (Jatobá), *Copaifera langsdorffii* Desf. (Óleo copaíba) e *Peltophorum dubium* (Spreng) Taub. (Canafístula). 1994. 68f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Escola Superior de Agricultura de Lavras, Universidade Federal de Lavras, Lavras.

DUBOC, E.; VENTORIM, N.; VALE, F.R.; DAVIDE, A.C. 1996. Nutrição do jatobá (*Hymenaea courbaril* L. var. *stilbocarpa* (Hayne) Lee et Lang. **Cerne**. Lavras, v.12, n.1, p.1-12.

EMBRAPA. 1999. Empresa Brasileira DE Pesquisa Agropecuária -. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Rio de Janeiro, 169p.

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

FLORES-AYLAS, W.W.; SAGGIN-JÚNIOR, O.J.O.; DAVIDE, A.C. 2003. Efeito de *Glomus etunicatum* e fósforo no crescimento inicial de espécies arbóreas em semeadura direta. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.38, n.2, p.257-266.

GALVÃO, A.P.M. 2000. **Reflorestamento de propriedades rurais para fins produtivos e ambientais:** um guia para ações municipais e regionais. Colombo: Embrapa Florestas, 351p.
GLIESSMAN, S.R. 2001. **Agroecologia:** processos ecológicos em agricultura sustentável. 2. ed. Porto Alegre: UFRGS, 653p.

ILLENSEER, R.; PAULILO, M.T.S. 2002. Crescimento e eficiência na utilização de nutrientes em plantas jovens de *Euterpe edulis* Mart. sob dois níveis de irradiância, nitrogênio e fósforo. **Acta Botânica Brasílica**, São Paulo, v.16, n.4, p.385-394.

LARCHER, W. 2006. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima, 531p.

LIMA, L.S.H. 2005. **Crescimento de plantas jovens de *Euterpe edulis* Martius em resposta a diferentes dosagens de fósforo**. 2005. 73f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria - Centro de Ciências Rurais, Santa Maria.

LORENZI, H. **Árvores Brasileiras:** manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil. V. 2. Nova Odessa: Plantarum, 1998. 381p.

MINHOMI, M.T.A.; AULER, P.M.A. 2003. Efeito do fósforo, fumigação do substrato e fungo micorrízico arbuscular sobre o crescimento de plantas de mamoeiro. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v.27, n.5, p.841-847.

ODUM, E.P. 1988. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan. 426p.

PANIZZA, S. 1997. **Plantas que curam**: cheiro de mato. 15. ed. São Paulo: IBRASA, 279p.

PEREIRA, E.G.; SIQUEIRA, J.O.; CURI, N.; MOREIRA, F.M.S.; PURCINO, A.A.C. 1996. Efeitos da micorriza e do suprimento de fósforo na atividade enzimática e na resposta de espécies arbóreas ao nitrogênio. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**. Santa Maria, v.8, n.1, p.59-65.

PRIMAVESI, A. 2002. **Manejo ecológico do solo.** São Paulo: Nobel, 548p.

RAMOS, K.M.O.; FELFILIL, J.M.; SOUZA-SILVA, J.C.; FAGG, C.W.; FRANCO, A.C. 2003. Desenvolvimento inicial de plântulas de *Hymenaea stigonocarpa* Mart. Ex. L., sob diferentes condições de sombreamento. Brasília: **Ibama**, n.77.

RAVEN, P.H.; EVERTE, R.F.; EICHHORN, S.E. 2001. **Biologia vegetal**. 6.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan. 906p.

RESENDE, Á.V.; NETO, A.E.F.; MUNIZ, J.A.; CURIS, N.; FAQUIN, V. 1999. Crescimento inicial de espécies florestais de diferentes grupos sucessionais a doses de fósforo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira,** Brasília, v.34, n.11, p.2071-2081.

RESENDE, A.V.; NETO, A.E.F.; CURI, N.; MUNIZ, J.A.; FARIAS, M.R. 2000. Acúmulo e eficiência nutricional de macronutrientes por espécies florestais de diferentes grupos sucessionais em resposta à fertilização fosfatada. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.24, n.1, p.160-173.

ROCHA, F.S.; SAGGIN-JUNIOR, O.J.; SILVA, E. M. R.; LIMA, W. L. 2006. Dependência e resposta de mudas de cedro a fungos micorrízicos arbusculares. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.1, p.77-84.

SENA, J.O.A.; LABATE, C.A.; CARDOSO, E.J.B.N. 2004. Caracterização fisiológica da redução de crescimento de mudas de citros micorrizadas em altas doses de fósforo. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v.28, n.5, p.827-832.

SIQUEIRA, J.O.; CARNEIRO, M.A.C.; CURI, N.; ROSADO, S.C.S; DAVIDE, A.C. 1998. Mycorrhizal colonization and mycotrophic growth of native woody species as related to successional groups in Southeastern Brazil. **Forest Ecology and Management**, New York, v.107, p.241-252.

SOUZA, F.A.; SILVA, E.M.R. 1996. Micorrizas arbusculares na revegetação de áreas degradadas. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**, Lavras, p.255-290.

WILSON, E.O. 1997. **Biodiversidade**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 321p.

4. CAPÍTULO II

Crescimento de B*ixa orellana* L. sob efeito da inoculação micorrízica e adubação fosfatada

Darci Barbieri Junior[1]*; Lúcia Filgueiras Braga*[2]

RESUMO - Este estudo objetivou avaliar o crescimento de *Bixa orellana* L. sob efeito da inoculação micorrízica e adubação fosfatada. As plantas foram cultivadas em sacos de polietileno contendo 1,3 kg de substrato em viveiro coberto por sombrite a 50% de radiação. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado com seis tratamentos e trinta repetições. As dosagens de fósforo utilizadas foram 0, 4.200 e 8.400 g m^{-3} de substrato. O fungo micorrízico arbuscular da espécie *Glomus clarum,* foi utilizado em metade dos tratamentos (com e sem micorrizas). Para as plantas que receberam micorrizas, foram aplicados 2g do fungo. Determinou-se o diâmetro ao nível do coleto, altura, comprimento da raiz, número de folhas, área foliar, massa de matéria seca da parte aérea e radicial. As avaliações ocorreram aos 30, 60, 90, 120 e 150 dias após emergência. As plantas de *Bixa orellana* L. apresentaram maior desenvolvimento inicial com a utilização do FMA *Glomus clarum* e aplicação de fósforo (4.200 g m^{-3} de substrato).

Palavras-chave: Urucum, crescimento de mudas, micorriza, fósforo.

Growth of B*ixa orellana* L. under effect of inoculation mycorrhizas and phosphate fertilizing

ABSTRACT - This study aimed to evaluate the growth of *Bixa orellana* L. under effect of mycorrhizal inoculation and phosphate fertilization. The plants were grown in plastic bags containing 1.3 kilograms of substrate in nursery sombrit covered by the 50% of radiation. The experimental design was completely randomized with six treatments and thirty repetitions. The strengths of phosphorus used were 0, 4,200 and 8,400 g m^{-3} of substrate. The arbuscular

[1] Bolsista Capes, pós-graduando em Ciências Ambientais da Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT), Cáceres – MT. E-mail: kimbarbieri@hotmail.com.
[2] Departamento de Ciências Biológicas da Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT), Alta Floresta - MT. E-mail: luciabraga@unemat.br

mycorrhizal fungus of the species *Glomus clarum* was used by half of the treatments (with and without mycorrhiza). For the plants that received mycorrhiza, were applied 2g of the fungus. It was determined the diameter at the level of collect, height, the root length, number of leaves, leaf area, dry matter of shoot and root. Evaluations occurred at 30, 60, 90, 120 and 150 days after emergence. The plants of *Bixa orellana* L. had greater initial development with the use of the FMA *Glomus clarum* and application of phosphorus (4,200 g m^{-3} of substrate).

Keywords: Urucum, growth of seedlings, mycorrhiza, phosphorus.

4.1 INTRODUÇÃO

O equilíbrio dos ecossistemas naturais depende das complexas inter-relações e sinergismo, sendo a evolução do mesmo dependente do estabelecimento de espécies (ODUM, 1988). Existem espécies que podem contribuir satisfatoriamente no estabelecimento e rápida sucessão ecológica promovida por adubação fosfatada e simbiose com fungos, para recuperação de áreas degradadas. O conhecimento sobre a capacidade das espécies em formar simbioses com certos fungos do solo é de fundamental importância para o sucesso do reflorestamento, podendo determinar a necessidade ou não da inoculação de plantas na fase de formação de mudas (JASPER et al., 1991).

Pereira (2006) afirmou que a implantação de espécies para recuperação depende do objetivo, da espécie e das tecnologias empregadas para o seu sucesso, evitando-se despesas que possam impossibilitar tais processos. A identificação das relações ecológicas e das necessidades nutricionais das plantas pode contribuir para o estabelecimento de plantas para revegetação de áreas degradadas e proporcionar fins sócio-econômicos (KAGEYAMA et al., 2003). Segundo Primavesi (2002), a importância do fósforo ao estabelecimento e crescimento das plantas é fundamental, pois sem o mesmo não há metabolismo por não haver transferência de energia e nem mesmo o nitrogênio é metabolizado na sua ausência. O mesmo autor descreveu que fungos presentes no solo podem promover associações simbióticas aumentado à área de captação de nutrientes das plantas.

A presença de fungos micorrízicos no sistema radicular das plantas aumenta a absorção de nutrientes do solo, principalmente daqueles elementos minerais pouco móveis no solo, como o fósforo. O crescimento do fungo, além das raízes ramificando-se no solo é considerado o principal responsável pelo aumento da capacidade de absorção das raízes distantes dos sítios atingíveis pelas radicelas das plantas, tornando-as capazes de utilizar

nutrientes, que ocorrem em quantidades limitantes no solo, reduzindo-se, assim, deficiências de vários micronutrientes. Além disso, as pesquisas têm demonstrado que micorrizas podem aumentar a absorção de água, a resistência das plantas a períodos de estiagem, aumentar a resistência das plantas a patógenos do sistema radicular e, de maneira geral, aumentar o crescimento e produção de plantas, principalmente em solos de baixa fertilidade (PAULA e SIQUEIRA, 1987).

Lorenzi (1998) descreveu o urucum como espécie pioneira característica da floresta amazônica, sendo suas sementes condimentares e tinturiais, muito utilizada na indústria. Possui qualidades ornamentais e pela sua rapidez de crescimentos em ambientes abertos pode ser plantada em composição com outras espécies em áreas degradadas de preservação permanente destinadas à recomposição da vegetação.

Silva et al. (1998) afirmou que o mercado internacional para sementes de urucum encontra-se em ascensão devido à sua intensa utilização no setor industrial, sendo um dos poucos corantes de uso permitido pela Organização Mundial de Saúde, visto não ser tóxico, nem alterar o sabor dos alimentos. A bixina é amplamente utilizada na elaboração de produtos da indústria leiteira e é bastante usada também como matéria-prima de corantes nas indústrias de panificação, bebidas, condimentos, massas e cosméticos. A cultura é perene e têm boas perspectivas em programas agrícolas.

As sementes de *Bixa orellana* L. são largamente empregadas na medicina popular como expectorante, na forma de xarope; em decocto, são usadas para gargarejos, como laxativas, estomáticas, anti-hemorrágicas, cicatrizantes e contra dispepsia. As sementes secas, em maceração ou decocção, também são usadas nos males de fígado, tuberculose, afecções do coração, problemas na pele, antipiréticas e antiinflamatórias. Recentemente foi relatado que as sementes também possuem ação antimicrobiana (LIMA, 2006).

O presente estudo objetivou avaliar o crescimento inicial da espécie arbórea *Bixa orellana* L. em substrato com adição de micorriza e diferentes dosagens de fósforo, visando determinar o comportamento em viveiro.

4.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em viveiro no município de Carlinda – MT (localização, 09º56’15’’S e 55º40’54’’W) no período de novembro de 2006 a abril de 2007.

Utilizou-se um Argissolo Vermelho Amarelo distrófico e textura média (EMBRAPA, 1999). Para a coleta da terra da camada arável do solo, descartou-se os 20 cm iniciais da camada superior, sendo então utilizado a terra abaixo dessa, chamada de terra de barranco.

Foram retirados 0,880 m^{-3} (80%) dessa terra sendo misturada a 0,220 m^{-3} areia (20%), totalizando 1.100 m^{-3} de substrato o qual foi esterilizado em autoclave a 120ºC por 60 minutos, sendo posteriormente acondicionado em sacos plásticos os quais foram lacrados e armazenados no Laboratório da Fundação Agro Ambiental da Amazônia (Funam), Alta Floresta - MT. Uma amostra foi tomada para análises químicas e físicas (Quadro1).

Quadro 1 - Características químicas e físicas da amostra de terra utilizada para a produção de mudas de urucum

Table 1 *- Chemical and physical characteristics of the sample of land used for the production of seedlings of urucum*

pH	MO	P	K	Ca	Mg	Al
H_2O	g dm^{-3}	mg dm^{-3}	----------$cmol_c$ dm^{-3}----------			
5,9	12	2,9	0,12	1,13	0,87	0,00

H+Al	T	S	V	Argila	Silte	Areia
----------$cmol_c$ dm^{-3}----------			(%)	----------g kg^{-1}----------		
2,0	4,1	2,1	51,5	257	82	661

K e P: Menlich; Ca, Mg e Al: KCL 1N; H + Al: Acetato de Cálcio pH = 7,0

Ao substrato foram, posteriormente, adicionados 400 g m^{-3} de sulfato de amônio e 200 g m^{-3} de cloreto de potássio, como fonte, respectivamente de nitrogênio e potássio.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, perfazendo seis tratamentos, com trinta repetições, totalizando 180 plantas. Além destas, 40 plantas foram utilizadas para determinação de área foliar e massa de matéria seca, sendo destruídas a cada 30 dias 10 plantas.

As dosagens de P (superfosfato simples) utilizadas foram 0, 4.200 e 8.400 g m^{-3} de solo. O fungo micorrízico arbuscular (FMA) da espécie *Glomus clarum* Nicolson & Schenck, foram multiplicados em raízes de *Brachiaria decumbens* Stapf., cultivadas em vasos. A dose de inóculo aplicada nos tratamentos que receberam o fungo foi de 2g. Os tratamentos utilizados foram denominados pelas letras M para micorrizas e P para fósforo, sendo:

M0P0 – sem micorrizas e sem P - controle;

M0P1 – sem micorrizas e 4.200 g m^{-3} de P;

M0P2 – sem micorrizas e 8.400 g m^{-3} de P;

M1P0 – 2 g de FMA e 0 g m^{-3} de P;
M1P1 – 2 g de FMA e 4.200 g m^{-3} de P;
M1P2 – 2 g de FMA e 8.400 g m^{-3} de P.

Os tratamentos foram aplicados usando as diferentes dosagens de P misturadas ao substrato com auxílio de enxada sobre encerado de plástico em ambiente coberto, sendo posteriormente acondicionados nos sacos de polietileno com dimensões de 0,18 x 0,30 m e capacidade de 1,3 kg de substrato.

A inoculação com o fungo micorrízico arbuscular (FMA) foi feita no terço superior do substrato acondicionado nos sacos de polietileno, irrigando-se posteriormente este substrato duas vezes ao dia durante cinco dias antes da semeadura.

As sementes de *Bixa orellana* L. (urucum) foram coletadas de árvores matrizes da região de Carlinda – MT em novembro de 2006 e acondicionadas em sacos de papel mantidos em temperatura ambiente até o inicio dos ensaios.

As sementes de urucum foram desinfestadas em hipoclorito de sódio a 10% por 30 minutos e lavadas posteriormente, com água destilada em duas etapas, uma em imersão por 20 minutos e a outra em enxágüe, quando então foram tratadas com o fungicida Benlat 500 (Benomyl) a 0,25% do peso das sementes, sendo semeadas em seguida. Foram semeadas três sementes diretamente nos sacos plásticos, sendo realizado o desbaste quando as plântulas atingiram 3,0 cm de altura, mantendo-se somente uma por saco. As plantas receberam uma adubação foliar na última semana de cada mês, sempre ao final do dia, na proporção de 1 g de sulfato de amônio por litro de água aos 30 e 60 dias e posteriormente 2 g de amônia por litro de água aos 90, 120 e 150 dias.

O viveiro, construído em área aberta para desenvolver esse trabalho, foi coberto e cercado por sombrite 50% de radiação, sendo os sacos de polietileno depositados sobre uma bancada de madeira desinfestada com hipoclorito de sódio a 10%.

As avaliações foram realizadas em intervalos de trinta dias após a estabilização da emergência das plântulas (10 dias após semeadura).

As avaliações de área foliar, comprimento de raiz e massa de matéria seca de plantas foram realizadas em quatro coletas (30, 60, 90 e 120 dias) com dez repetições cada, enquanto as variáveis, diâmetro de coleto, altura, e número de folhas foram realizadas em cinco coletas (30, 60, 90, 120 e 150 dias) com trinta repetições cada.

Diâmetro do coleto: obtido com paquímetro digital, rente ao solo.

Altura de planta: definido como a distância em centímetros, medido com auxílio de régua, do colo da planta até seu ponto mais alto. A altura representa à média dos comprimentos das plantas por repetição.

Comprimento de raiz: definido como a distância em centímetros, medido com auxílio de régua, do colo da planta até o ápice radicial. O comprimento da raiz representa à média dos comprimentos das plantas por repetição.

Número de folhas: representa à média do total de folhas de cada planta.

Área foliar: determinada com um medidor de área foliar, modelo LI-300, e expressa em decímetros quadrados. A área foliar média foi definida como o produto da soma das medidas individuais das áreas de todas as lâminas foliares de cada planta por repetição.

Massa de matéria seca de parte aérea: definida como o peso médio, expresso em gramas, correspondente à soma de caules, pecíolos e lâminas foliares, de cada planta por repetição.

Massa de matéria seca de raiz: definida como o peso médio das raízes, expresso em gramas por repetição.

Para determinação da massa de matéria seca das plantas, foram separados em caule, raiz, pecíolos e lâminas foliares, sendo acondicionados em saco de papel e colocados em estufa com circulação forçada de ar a temperatura de ± 65ºC até atingir peso constante. Após secagem completa, o material foi pesado em balança analítica de até 0,001 g.

Os resultados foram submetidos à análise de variância (teste F) e a comparação das médias pelo teste Tukey a 5% de probabilidade com ajustes em modelos matemáticos de regressão para cada tratamento. Foi usado o programa estatístico SISVAR.

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1 observa-se o diâmetro de plantas de urucum (curvas ajustadas) no período de cinco meses de avaliação, em função dos tratamentos de diferentes dosagens de fósforo, sem e com micorriza. As plantas submetidas ao tratamento M1P1 apresentaram maior diâmetro, em relação aos demais tratamentos, dos 60 aos 150 dias após emergência, e, o tratamento M0P0 os menores valores, no mesmo período de avaliação.

A comparação de médias (Quadro 2) revelou que aos 30 dias os tratamentos foram semelhantes e, dos 60 aos 150 dias no tratamento M1P1 ocorreram as maiores médias de diâmetro do coleto, que não diferiram de M0P1 e M1P0 aos 60 dias e 150 dias e, de M1P0 aos 90 e 150 dias. Estes resultados indicam que a inoculação com o fungo *Glomus clarum* influenciou no aumento do diâmetro de plantas de urucum e que a utilização de 4.200 g m^{-3} de

fósforo (em simbiose micorrízica ou não) não contribuiu significativamente no aumento do diâmetro.

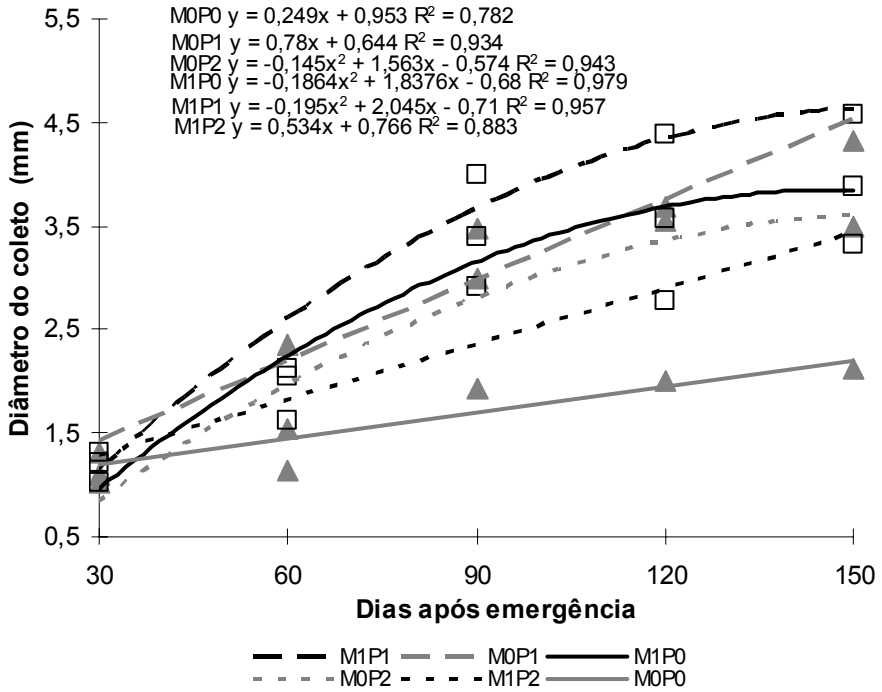

Figura 1 - Diâmetro do coleto (mm) de plantas de urucum em função dos tratamentos: M0P0 (controle), M0P1 (sem micorriza e aplicação 4.200 g m^{-3} de P), M0P2 (sem micorriza e 8.400 g m^{-3} de P), M1P0 (com micorriza sem aplicação de P), M1P1 (com micorriza e aplicação de 4.200 g m^{-3} de P), M1P2 (com micorriza e aplicação 8.400 g m^{-3} de P). Função ajustada linear e polinomial quadrática.

Figure 1 *- Diameter of the collect (mm) of plants of urucum in function of the according the treatments: M0P0 (control), M0P1 (without mycorrhiza and application 4,200 g m^{-3} of P), M0P2 (without mycorrhiza and 8,400 g m^{-3} of P), M1P0 (with mycorrhiza without application of P), M1P1 (with mycorrhiza and application of 4,200 g m^{-3} of P), M1P2 (with mycorrhiza and application 8,400 g m^{-3} of P). Linear function adjusted and quadratic polynomial.*

Quadro 2 - Valores médios de diâmetro do coleto (mm) de plantas de urucum em função de doses de fósforo e micorriza

Table 2 *- Values average of diameter of the collect (mm) of plants of urucum in function according of doses of phosphorus and mycorrhiza*

.Dias após emergência	TRATAMENTOS					
	M0P0	M0P1	M0P2	M1P0	M1P1	M1P2
30	1,32 A	1,09 A	1,03 A	1,03 A	1,32 A	1,21 A
60	1,12 D	2,34 A	1,53 CD	2,04 AB	2,13 A	1,60 BC
90	1,92 E	3,46 B	2,99 CD	3,40 AB	4,00 A	2,90 D
120	1,99 D	3,69 B	3,55 B	3,56 B	4,37 A	2,77 C
150	2,12 E	4,31 AB	3,49 CD	3,87 AB	4,57 A	3,31 D
Médias	1,69 D	2,98 AB	2,25 BC	2,78 AB	3,28 A	2,36 C

Médias seguidas pelas mesmas letras, nas linhas, não diferem significamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Nos tratamentos M0P0, M0P2 e M1P2 (a partir dos 60 dias) ocorreram as menores médias de diâmetro do coleto, indicando que possivelmente o fósforo na dosagem de 8.400 g m^{-3} seja limitante ao crescimento das plantas de urucum (Quadro 2). Vários autores descreveram tais comportamentos em plantas com excesso de fósforo (ODUM, 1988; DUBOC, 1994; PRIMAVESI, 2002 e LARCHER, 2006). Raven et al. (2001) e Ricklefs (2003) afirmaram que espécies vegetais necessitam de macro-elementos como o fósforo e podem ter seu crescimento afetado em falta ou excesso desse mineral.

Chu et al. (2004) verificaram que a adubação fosfatada (90 mg de fósforo dm^{-3}) em mudas de guaruba (*Vochysia maxima*) com ou sem inoculação de FMA apresentaram maiores diâmetros, enquanto que Missio et al. (2004) descreveram que 180 mg dm^{-3} de P favoreceu o aumento do diâmetro de grápia (*Apuleia leilocarpa*) aos 120 dias, diferenciando-se significativamente das dosagens de 0, 60 e 120 mg dm^{-3} de P. Já em plantas de guapavuru (*Schizolobium parahyba*) tratadas com 20 mg kg^{-1} de P e inoculadas com *Glomus etunicatum* e *Gigaspora margarita* ocorreu maior diâmetro em relação à testemunha aos 120 dias (CARNEIRO et al., 1996).

Plantas de tangerina (*Citrus resnhi*) adubadas com 250 mg kg^{-1} e micorrizadas com *Glomus intraradices* tenderam a apresentar níveis mais reduzidos de transpiração e mais elevados de resistência estomática (SENA et al., 2004).

Na Figura 2, são apresentadas as curvas (ajustadas) para a altura de plantas de urucum que apresentaram aumento dos 30 aos 150 dias, com menores valores para o controle (M0P0). O tratamento M1P1 apresentou as maiores médias dos 60 aos 150 dias, e o tratamento M1P0 provocou estabilização das plantas entre 120 e 150 dias.

A comparação de médias entre os tratamentos (Quadro 3) revelou que aos 30 dias após emergência não houve diferença significativa entre os tratamentos e, partir de 60 dias as maiores médias foram observadas no tratamento M1P1 que não diferiu dos tratamentos M0P1 e M1P0 somente aos 150 dias. Estes resultados indicam que houve influência de FMA *Glomus clarum* e a dosagem 4.200 g m^{-3} de fósforo para produção de mudas de urucum com maior comprimento de parte aérea, o que é contrario ao observado por Silva et al. (1998), que não verificaram diferença significativa entre o controle e tratamentos com inoculação de FMA *Glomus clarum, Glomus etunicatum, Gigaspora margarita e Scutellospora heterogama* em mudas de urucum.

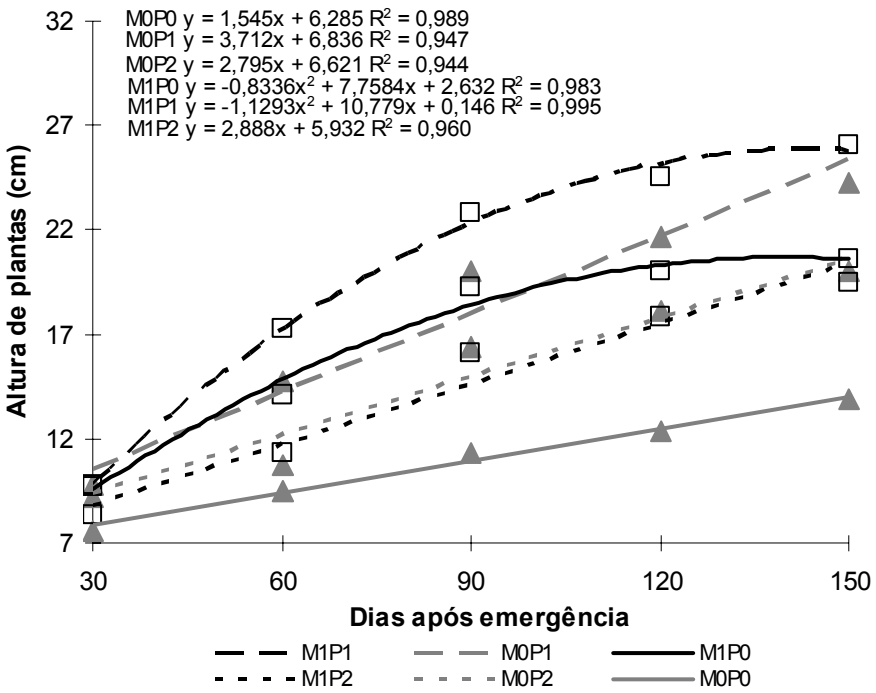

Figura 2 - Altura (cm) de plantas de urucum em função dos tratamentos: M0P0 (controle), M0P1 (sem micorriza e aplicação 4.200 g m^{-3} de P), M0P2 (sem micorriza e 8.400 g m^{-3} de P), M1P0 (com micorriza sem aplicação de P), M1P1 (com micorriza e aplicação de 4.200 g m^{-3} de P), M1P2 (com micorriza e aplicação 8.400 g m^{-3} de P). Função ajustada linear e polinomial quadrática.

Figure 2 *- Height (cm) of plants of urucum in function of the according the treatments: M0P0 (control), M0P1 (without mycorrhiza and application 4,200 g m^{-3} of P), M0P2 (without mycorrhiza and 8,400 g m^{-3} of P), M1P0 (with mycorrhiza without application of P), M1P1 (with mycorrhiza and application of 4,200 g m^{-3} of P), M1P2 (with mycorrhiza and application 8,400 g m^{-3} of P). Linear function adjusted and quadratic polynomial.*

Quadro 3 - Valores médios da altura (cm) de plantas de urucum em função de doses de fósforo e micorriza

Table 3 *- Values average of the height (cm) of plants of urucum in function according of doses of phosphorus and mycorrhiza*

Dias após emergência	TRATAMENTOS					
	M0P0	M0P1	M0P2	M1P0	M1P1	M1P2
30	7,58 A	9,16 A	9,79 A	9,79 A	9,70 A	8,33 A
60	9,46 C	14,74 B	10,70 C	14,05 B	17,21 A	11,26 C
90	11,36 D	20,02 B	16,30 C	19,23 B	22,79 A	16,26 C
120	12,37 D	21,70 B	18,10 C	20,01 BC	24,52 A	17,81 C
150	13,86 C	24,24 A	20,00 B	20,62 A	26,05 A	19,49 B
Médias	10,92 D	17,97 AB	15,00 C	16,74 B	20,05 A	14,59 C

Médias seguidas pelas mesmas letras, nas linhas, não diferem significamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Já Chu et al. (2004) não verificaram em mudas de quaruba (*Vochysia maxima*) com e sem FMA (*Glomus mosseae*) aumento do diâmetro aos 180 dias de avaliação, sem aplicação de superfosfato simples. De forma contrária Costa (2005) observou que a inoculação de *Glomus etunicatum* e aplicação de 48 mg dm^{-3} de P promoveram maior crescimento em altura da parte aérea do que o controle em mudas de mangabeira (*Hancornia speciosa*). Esses comportamentos estão associados ao fato de os FMAs promoverem benefícios com baixa disponibilidade de P, efeito que é diminuído com a maior disponibilidade desse nutriente, chegando ao ponto de o fungo ser desnecessário à planta (ROCHA et al, 2006). Os resultados deste trabalho corroboram com os de Rocha et al. (2006) ao verificarem que plantas de cedro (*Cedrela fissilis*) inoculadas com FMA *Glomus clarum* e dosagem entre 30 e 480 mg kg^{-1} de P apresentaram respostas quadráticas, e redução na altura na dose 960 mg kg^{-1} de P. Sena et al. (2004) também observaram menor altura em plantas de tangerina (*Citros reshni*) com aplicação de 250 mg kg^{-1} de P e maior altura em doses menores de P e inoculação com *Glomus intraradices.*

Segundo os mesmos autores, doses de P extremas (0 e 250 mg kg^{-1}) podem levar a redução da taxa de transpiração e maior resistência estomática. Larcher (2006) afirmou que menores taxas de transpiração e resistência estomática podem reduzir crescimento de plantas.

Na Figura 3 observa-se o comprimento de raiz de plantas de urucum (curvas ajustadas) que foi maior sob o tratamento M1P1 aos 120 dias, tendo o controle (M0P0) e o tratamento M1P0 o menor comprimento entre 90 e 120 dias.

A comparação de médias entre tratamentos (Quadro 4) revelou que até os 90 dias não houve diferença significativa entre os tratamentos, enquanto aos 120 dias o maior comprimento de raiz foi observado no tratamento M1P1, sugerindo que provavelmente a simbiose do FMA *Glomus clarum* e o fósforo podem, durante os três meses iniciais, ter promovido crescimento prioritário da parte aérea das plantas de urucum, em detrimento do crescimento radicial, provavelmente por que o P é mineral essencial ao processo fotossintético. Assim, até 90 dias, provavelmente houve investimento na aquisição de maior número de folhas das plantas, para em seguida haver crescimento radicial. As médias gerais (Quadro 4) dos tratamentos ao longo do período avaliado, indicam que o tratamento M1P1 (FMA *Glomus clarum* + 4.200 g m^{-3} de P) foi favorável ao crescimento radicial de plantas de urucum.

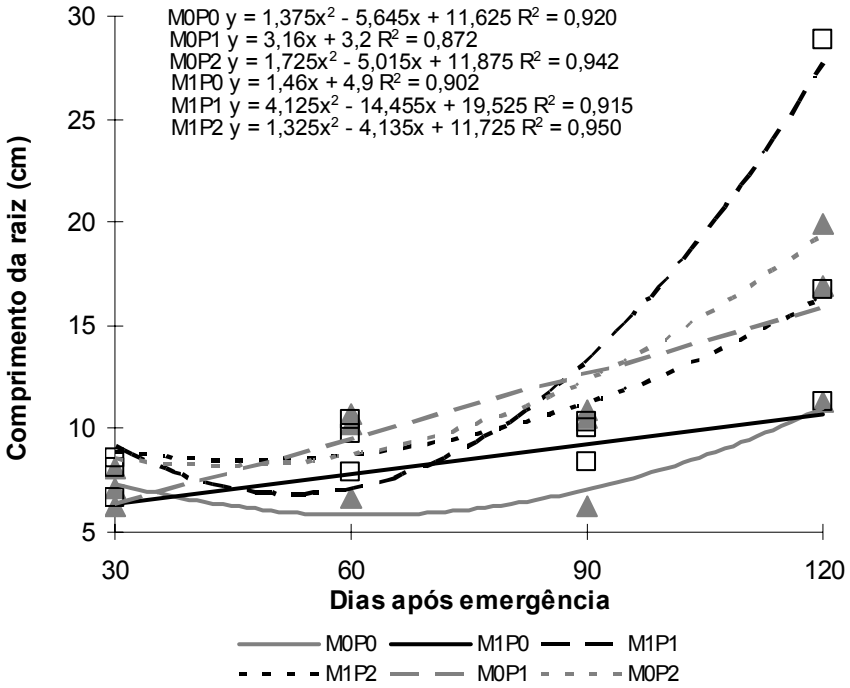

Figura 3 - Comprimento da raiz (cm) de plantas de urucum em função dos tratamentos: M0P0 (controle), M0P1 (sem micorriza e aplicação 4.200 g m^{-3} de P), M0P2 (sem micorriza e 8.400 g m^{-3} de P), M1P0 (com micorriza sem aplicação de P), M1P1 (com micorriza e aplicação de 4.200 g m^{-3} de P), M1P2 (com micorriza e aplicação 8.400 g m^{-3} de P). Função ajustada linear e polinomial quadrática.

Figure 3 - *Length of the root (cm) of plants of urucum in function of the according the treatments: M0P0 (control), M0P1 (without mycorrhiza and application 4,200 g m^{-3} of P), M0P2 (without mycorrhiza and 8,400 g m^{-3} of P), M1P0 (with mycorrhiza without application of P), M1P1 (with mycorrhiza and application of 4,200 g m^{-3} of P), M1P2 (with mycorrhiza and application 8,400 g m^{-3} of P). Linear function adjusted and quadratic polynomial.*

QUADRO 4 - Valores médios do comprimento de raiz (cm) de plantas de urucum em função de doses de fósforo e micorriza

TABLE 4 - *Values average length of the root (cm) of plants of urucum in function according of doses of phosphorus and mycorrhiza*

Dias após emergência	TRATAMENTOS					
	M0P0	M0P1	M0P2	M1P0	M1P1	M1P2
30	7,12 A	6,25 A	8,05 A	6,55 A	8,10 A	8,55 A
60	6,60 A	10,71 A	10,19 A	7,86 A	10,42 A	9,71 A
90	6,29 A	10,47 A	10,85 A	8,40 A	9,98 A	10,25 A
120	11,30 C	16,85 BC	19,60 B	11,31 C	28,80 A	16,65 BC
Médias	7,82 D	11,07 BC	12,17 AB	8,53 CD	14,32 A	11,29 ABC

Médias seguidas pelas mesmas letras, nas linhas, não diferem significamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Carneiro et al. (2002) estudando plantas de alfafa (*Medicago sativa*) com aplicação de P e inoculação com *Glomus etunicatum* observaram maior crescimento de raízes na dosagem

considerada ótima (120 mg kg^{-1}) de P aos 70 dias após semeadura. Sena et al. (2004) também averiguaram que dosagens entre 50-200 mg kg^{-1}de P influenciaram em maiores médias no crescimento de raízes de tangerina (*Citrus reshni)* micorrizadas com *Glomus intraradices*. Os mesmos autores consideraram que dosagens extremas de P (0 e 250 mg kg^{-1}) influenciaram negativamente no crescimento das raízes, promovendo maior transpiração e resistência estomática. Odum (1988) afirmou que fungos simbiônticos de raízes metabolizam fósforo do solo, disponibilizando-os para a raiz, favorecendo seu crescimento. No entanto dosagens altas de P ou falta do mesmo podem inibir o crescimento de raízes (PRIMAVESI, 2002; MINHOMI e AULER, 2003), por deixar o zinco indisponível para absorção, o que implica em não contribuir para sintetização de hormônios de crescimento (NEVES et al., 2004).

Na Figura 4 encontram-se os valores médios do número de folhas de plantas de urucum (curvas ajustadas) onde se verifica que nas plantas correspondentes ao tratamento controle (M0P0), o número de folhas foi menor entre 90 e 150 dias.

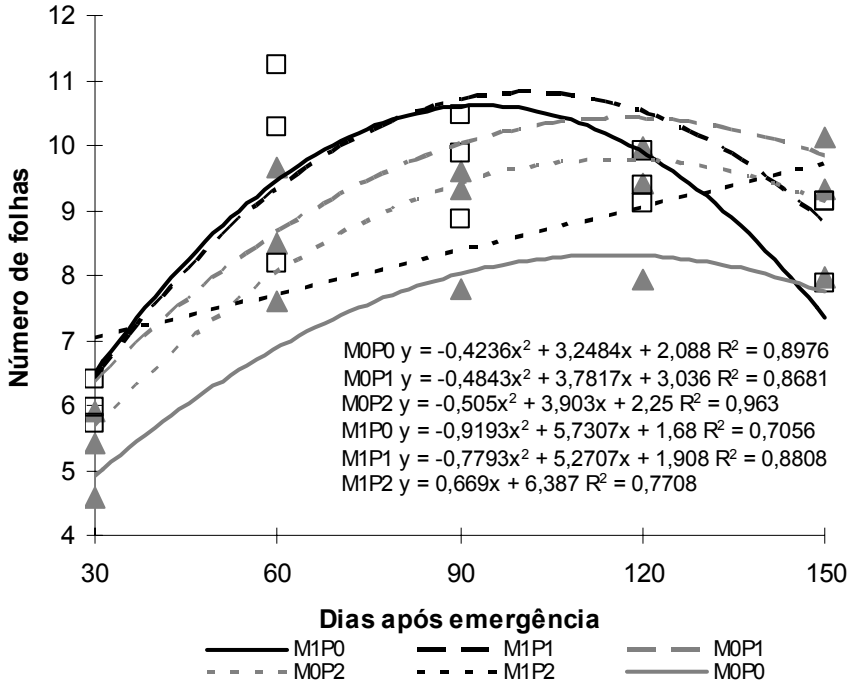

FIGURA 4 - Número de folhas de plantas de urucum em função dos tratamentos: M0P0 (controle), M0P1 (sem micorriza e aplicação 4.200 g m^{-3} de P), M0P2 (sem micorriza e 8.400 g m^{-3} de P), M1P0 (com micorriza sem aplicação de P), M1P1 (com micorriza e aplicação de 4.200 g m^{-3} de P), M1P2 (com micorriza e aplicação 8.400 g m^{-3} de P). Função ajustada linear e polinomial quadrática.

FIGURE 4 - *Number of leaves of plants of urucum in function of the according the treatments: M0P0 (control), M0P1 (without mycorrhiza and application 4,200 g m^{-3} of P), M0P2 (without mycorrhiza and 8,400 g m^{-3} of P), M1P0 (with mycorrhiza without application of P), M1P1 (with mycorrhiza and application of 4,200 g m^{-3} of P), M1P2 (with mycorrhiza and application 8,400 g m^{-3} of P). Linear function adjusted and quadratic polynomial.*

A comparação de médias entre os tratamentos (Quadro 5), demonstrou que após 60 dias as plantas do controle (M0P0) mantiveram número menor de folhas, por planta, com variações de comportamento desta variável sob efeito dos diferentes tratamentos. A média geral mostra que todos os tratamentos promoveram maior número de folhas do que o controle, portanto os fatores isolados (aplicação de P e de FMA *Glomus clarum*) ou não contribuíram semelhantemente para o aumento do número de folhas de plantas de urucum.

QUADRO 5 - Valores médios do número de folhas de plantas de urucum em função de doses de fósforo e micorriza

TABLE 5 - *Values average of the number of leaves of plants urucum in function according of doses of phosphorus and mycorrhiza*

Dias após emergência	TRATAMENTOS					
	M0P0	M0P1	M0P2	M1P0	M1P1	M1P2
30	4,60 B	5,90 AB	5,73 AB	5,73 AB	5,96 A	6,40 A
60	7,60 D	9,66 BC	8,50 CD	11,23 A	10,26 AB	8,16 D
90	7,76 C	9,60 AB	9,33 AB	9,86 AB	10,46 A	8,86 BC
120	7,93 B	9,96 A	9,43 A	9,10 AB	9,90 A	9,40 A
150	7,96 B	10,13 A	9,33 A	7,86 B	9,13 AB	9,13 AB
Médias	7,17 B	9,05 A	8,46 A	8,76 A	9,14 A	8,39 A

Médias seguidas pelas mesmas letras, nas linhas, não diferem significamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

O resultado deste trabalho concorda com os de Chu et al. (2004) que observaram efeito predominante da adubação fosfatada (90 mg dm^{-3}) sobre mudas de guaruba (*Vochysia máxima*) com ou sem inoculação de FMAs, sendo que as mudas desenvolveram pouco sem aplicação de fósforo, o que evidencia a necessidade de fósforo para o crescimento das plantas. Ao avaliarem a emergência da grápia (*Apuleia leiocarpa*), Missio et al. (2004) verificaram que aos 120 dias o número de folhas respondeu à adubação de P, sendo as doses de máxima eficiência estimada à adubação acima de 180mg kg^{-1} em todas as épocas avaliadas. A inoculação com o FMA e a adição de doses crescentes de fósforo, isoladamente, exerceram efeitos positivos significativos sobre o número de folhas de plantas de mamoeiro (MINHONI e AULER, 2003).

Fernandes et al. (2000) sugeriram que os diferentes comportamentos do crescimento de plantas a diferentes dosagens de P estejam relacionados aos ajustes metabólicos da mesma. No entanto fungos micorrízicos podem influenciar no processo metabólico de plantas em relação à assimilação de P (COSTA et al., 2005), podendo apresentar menor dependência pelo nutriente por via alternativa, como é o caso da micorrização (CARNEIRO et al., 2002). A

interação de FMA e P pode influenciar o aumento do número de folhas, induzindo a maior produção de fotoassimilados (LARCHER, 2006).

Sena et al. (2004) trabalhando com tangerina (*Citros reshni*) micorrizadas em altas doses de fósforo verificaram que dosagens adequadas podem influenciar nas taxas fotossintéticas e na resistência estomática. Também sugeriram os mesmos autores que FMA e P podem influenciar alterações no nível hormonal, pois o fósforo pode influenciar na absorção de zinco pela planta, que está relacionada à sintetização de hormônios de crescimento.

A aérea foliar de plantas de urucum (curvas ajustadas) encontra-se na Figura 5, onde se verifica que os tratamentos M1P2, M1P1 e M0P2 apresentaram área foliar com aumento crescente dos 60 aos 120 dias. O controle (M0P0) apresentou menor área foliar dos 60 aos 120 dias.

A comparação de médias entre tratamentos (Quadro 6) revela que todos os tratamentos mantiveram médias significativamente iguais até 90 dias e aos 120 dias após emergência, as maiores médias ocorreram nos tratamentos M1P2, M1P1 e M0P2, sugerindo que para esta variável houve influência dos fatores envolvidos nos referidos tratamentos.

Flores-Aylas et al. (2003) observaram que a elevação de 0,002 para 0,2 mg L^{-1} de P em mudas de gravitinga (*Solannum granuloso*) micorrizadas com *Glomus etunicatum* influenciou o aumento de área foliar aos 120 dias após emergência, e que a concentração de fósforo acumulada na lâmina foliar, pode estar relacionada a uma alta absorção do elemento. Rocha et al. (2006) ao estudarem a dependência de mudas de cedro (*Cedrela fissilis*) e FMA, verificaram que plantas inoculadas tiveram aumento de P nos discos das folhas em resposta à adição de P ao solo. Silveira et al. (2002) verificaram que a área foliar de plantas de abacateiro inoculadas com *Scutellospora heterogama, Glomus etunicatum e Acaulospora scrobiculata* foram superiores ao controle. Em estudo realizado por Carneiro et al. (2004) também foi verificado que plantas de embaúba (*Cecropia pachystachya*) inoculadas com FMA diferiram significativamente das não inoculadas, apresentando maior área foliar. Chu et al. (2004) verificaram que mudas de guaruba (*Vochysia maxima*) inoculadas com FMAs responderam a dosagens de 90 mg kg^{-1} de P.

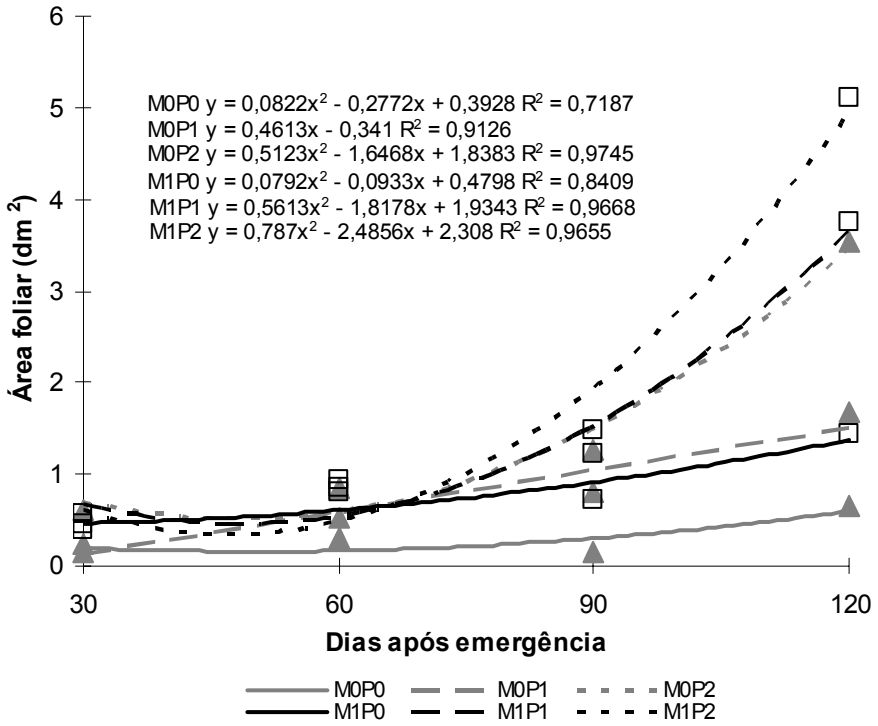

FIGURA 5 - Área foliar (dm^2) de plantas urucum em função dos tratamentos: M0P0 (controle), M0P1 (sem micorriza e aplicação 4.200 g m^{-3} de P), M0P2 (sem micorriza e 8.400 g m^{-3} de P), M1P0 (com micorriza sem aplicação de P), M1P1 (com micorriza e aplicação de 4.200 g m^{-3} de P), M1P2 (com micorriza e aplicação 8.400 g m^{-3} de P). Função ajustada linear e polinomial quadrática.

FIGURE 5 - *Area leaf (dm^2) of plant of urucum in function of the according the treatments: M0P0 (control), M0P1 (without mycorrhiza and application 4,200 g m^{-3} of P), M0P2 (without mycorrhiza and 8,400 g m^{-3} of P), M1P0 (with mycorrhiza without application of P), M1P1 (with mycorrhiza and application of 4,200 g m^{-3} of P), M1P2 (with mycorrhiza and application 8,400 g m^{-3} of P). Linear function adjusted and quadratic polynomial.*

QUADRO 6 - Valores médios da área foliar (dm^2) de plantas de urucum em função de doses de fósforo e micorriza

TABLE 6 - *Average values of the leaf area (dm^2) of plant of urucum in function according of doses of phosphorus and mycorrhiza*

Dias após emergência	TRATAMENTOS					
	M0P0	M0P1	M0P2	M1P0	M1P1	M1P2
30	0,149 A	0,239 A	0,620 A	0,398 A	0,574 A	0,457 A
60	0,311 A	0,519 A	0,841 A	0,813 A	0,852 A	0,941 A
90	0,157 A	0,812 A	1,250 A	0,710 A	1,220 A	1,470 A
120	0,647 B	1,670 B	3,538 A	1,440 B	3,746 A	5,107 A
Médias	0,310 C	0,810 BC	1,560 AB	0,840 BC	1,590 AB	1,990 A

Médias seguidas pelas mesmas letras, nas linhas, não diferem significamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Na Figura 6 observa-se a massa de matéria seca da parte aérea de plantas de urucum (curvas ajustadas) em que todos os tratamentos apresentaram maiores valores em relação ao controle dos 30 e 120 dias, com maior influência de M1P2, M0P2 e M1P1. Haag et al. (1992) analisaram o crescimento do urucum sob adubação fosfatada e constataram aumento de matéria seca da parte aérea após 180 dias.

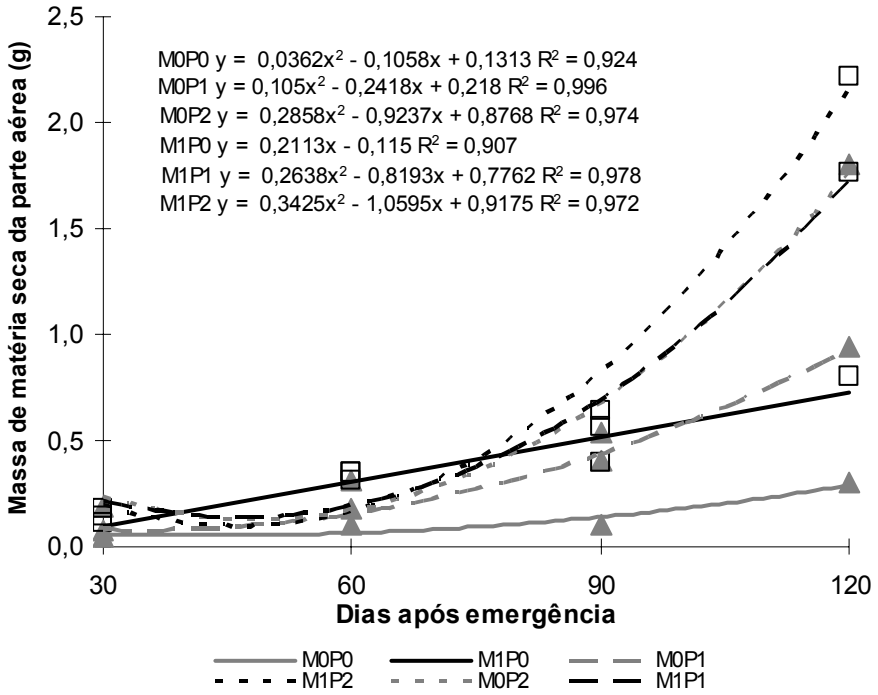

FIGURA 6 - Massa de matéria seca da parte aérea (g) de plantas de urucum em função dos tratamentos: M0P0 (controle), M0P1 (sem micorriza e aplicação 4.200 g m^{-3} de P), M0P2 (sem micorriza e 8.400 g m^{-3} de P), M1P0 (com micorriza sem aplicação de P), M1P1 (com micorriza e aplicação de 4.200 g m^{-3} de P), M1P2 (com micorriza e aplicação 8.400 g m^{-3} de P). Função ajustada linear e polinomial quadrática.

FIGURE 6 - *Mass of dry matter of shoot (g) of plants of urucum in function of the according the treatments: M0P0 (control), M0P1 (without mycorrhiza and application 4,200 g m^{-3} of P), M0P2 (without mycorrhiza and 8,400 g m^{-3} of P), M1P0 (with mycorrhiza without application of P), M1P1 (with mycorrhiza and application of 4,200 g m^{-3} of P), M1P2 (with mycorrhiza and application 8,400 g m^{-3} of P). Linear function adjusted and quadratic polynomial.*

A comparação de médias entre tratamentos (Quadro 7) revela que todos foram significativamente idênticos dos 30 aos 90 dias após emergência. Aos 120 dias os tratamentos M0P2, M1P1 e M1P2 apresentaram maior massa de matéria seca da parte aérea, indicando absorção e incremento de P, provavelmente influenciada por FMA *Glomus clarum*. Os resultados obtidos são compatíveis com aumento da área foliar (Quadro 6), já que o acumulo de matéria seca na parte aérea está relacionada à maior taxa de fotossíntese e sintetização de

fotoassimilados, resultando em ganho de biomassa, o que também foi observado por Rocha et al. (2006) em mudas de cedro (*Cedrela fissilis*) micorrizadas por *Glomus clarum* com adição de 808 mg kg^{-1} de P, onde aos 120 dias houve maior matéria seca de parte aérea, influenciado pelo aumento de área foliar, demonstrando beneficio mesmo em solos com alto teor de P disponível. Sena et al. (2004) também relacionaram os possíveis aumentos nas taxas de fotossíntese respaldada pelo aumento marcante na área foliar.

QUADRO 7 - Valor médio de massa de matéria seca parte aérea (g) de plantas de urucum em função de doses de fósforo e micorrizas

TABLE 7 - *Average value of dry matter shoot (g) of plants of urucum in function according of urucum of doses of phosphorus and mycorrhiza*

Dias após emergência	TRATAMENTOS					
	M0P0	M0P1	M0P2	M1P0	M1P1	M1P2
30	0,052 A	0,072 A	0,193 A	0,110 A	0,177 A	0,143 A
60	0,102 A	0,182 A	0,307 A	0,350 A	0,315 A	0,351 A
90	0,105 A	0,410 A	0,539 A	0,393 A	0,565 A	0,643 A
120	0,303 B	0,937 B	1,804 A	0,795 B	1,755 A	2,220 A
Médias	0,140 C	0,400 BC	0,710 AB	0,412 BC	0,703 AB	0,840 A

Médias seguidas pelas mesmas letras, nas linhas, não diferem significamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

As diferenças apresentadas aos 120 dias (Quadro 7) demonstram que o urucum é espécie capaz de apresentar absorção de fósforo e provavelmente acúmulo na parte aérea, influenciada pela alta disponibilidade de P (nos tratamentos M0P2 e M1P2) e pela micorrização em dose menor de P (M1P1). Fernandes et al. (2000) verificaram que o fornecimento de P ao solo ocasionou aumento nos teores de P total solúvel em ácido (Pts), P inorgânico (Pi) e P orgânico (Po) nas folhas de todas as espécies florestais estudadas, nos níveis mais elevados de fertilização fosfatada (300 e 600 mg dm^{-3}) especialmente para a paineira (*Chorisia speciosa*). Os mesmos autores observaram que essa reserva de P pode ser utilizada pela planta para seu crescimento ou no caso de pouca disponibilidade de P do solo, por exemplo, ocorrendo à mobilização do Pi vacuolar para o citoplasma celular.

Silva et al. (1998) verificaram diferenças significantes entre pupunheira (*Bactris gasipaes*) inoculadas com FMA *Glomus clarum* e não, em relação à massa seca parte aérea. Os mesmos autores ainda verificaram que não houve diferenças entre os tratamentos inoculados com FMA *Glomus clarum* e não para o urucum (*Bixa orellana*) para a variável massa seca parte aérea, provavelmente pelo fato de P disponível (não descrita pelo autor) ser suficiente, pois os mesmo não avaliaram dosagens de P, apenas FMA isoladamente. O mesmo foi verificado por Costa et al. (2001), que ao estudarem diferentes gêneros de fungos

micorrízicos em aceroleira (*Malpighi emarginata*) não observaram correlação entre os tratamentos.

Na Figura 7 encontram-se as curvas ajustadas para a massa seca de raízes de plantas de urucum que apresentou maior acúmulo no tratamento M1P1 aos 90 e 120 dias, e menor no controle (M0P0), durante todo o período de avaliação.

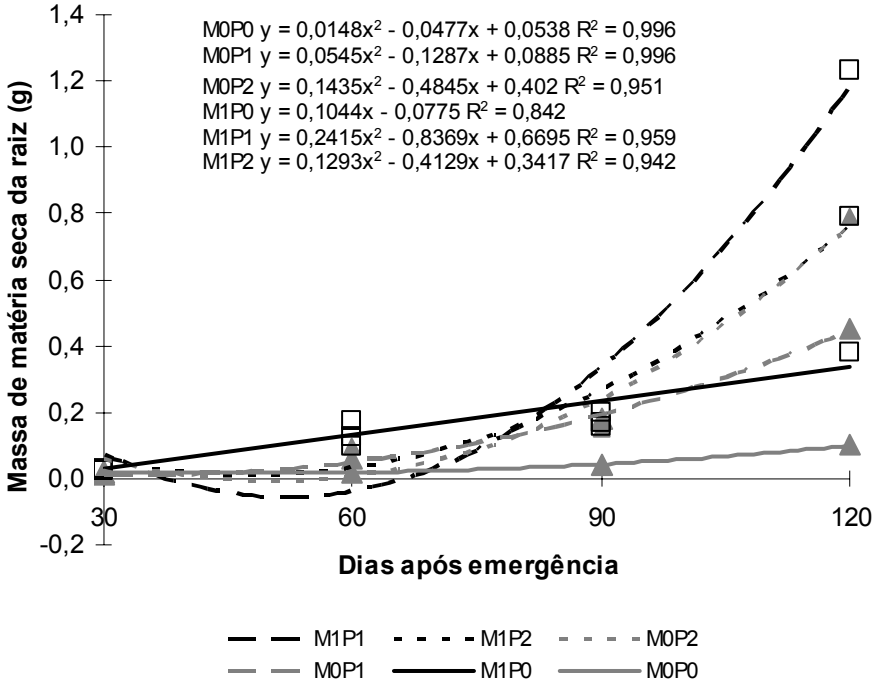

FIGURA 7 - Massa de matéria seca da raiz (g) de plantas de urucum em função dos tratamentos: M0P0 (controle), M0P1 (sem micorriza e aplicação 4.200 g m^{-3} de P), M0P2 (sem micorriza e 8.400 g m^{-3} de P), M1P0 (com micorriza sem aplicação de P), M1P1 (com micorriza e aplicação de 4.200 g m^{-3} de P), M1P2 (com micorriza e aplicação 8.400 g m^{-3} de P). Função ajustada linear e polinomial quadrática.

FIGURE 7 - *Mass of dry matter of root (g) of plants of urucum in function of the according the treatments: M0P0 (control), M0P1 (without mycorrhiza and application 4,200 g m^{-3} of P), M0P2 (without mycorrhiza and 8,400 g m^{-3} of P), M1P0 (with mycorrhiza without application of P), M1P1 (with mycorrhiza and application of 4,200 g m^{-3} of P), M1P2 (with mycorrhiza and application 8,400 g m^{-3} of P). Linear function adjusted and quadratic polynomial.*

A comparação de médias entre tratamentos (Quadro 8) revela que ocorreram diferenças significativas somente aos 120 dias onde M1P1 foi superior, sugerindo que fungos micorrízicos e aplicação de fósforo podem influenciar incremento de massa de matéria seca de raízes no desenvolvimento inicial de plantas.

QUADRO 8 - Valores médios da massa de matéria seca da raiz (g) de plantas de urucum em função de doses de fósforo e micorrizas

TABLE 8. *- Average values of dry matter of root (g) of plants of urucum in function according of doses of phosphorus and mycorrhiza*

Dias após emergência	TRATAMENTOS					
	M0P0	M0P1	M0P2	M1P0	M1P1	M1P2
30	0,170 A	0,001 A	0,002 A	0,001 A	0,026 A	0,001 A
60	0,021 A	0,001 A	0,002 A	0,003 A	0,002 A	0,001 A
90	0,001 A	0,181 A	0,153 A	0,002 A	0,201 A	0,168 A
120	0,102 C	0,446 BC	0,792 B	0,384 C	1,230 A	0,790 B
Médias	0,096 C	0,159 BC	0,241 AB	0,096 BC	0,365 A	0,239 A

Médias seguidas pelas mesmas letras, nas linhas, não diferem significamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Verificou-se neste trabalho que até os 90 dias provavelmente houve incremento de biomassa em outros órgãos das plantas, como por exemplo, nas folhas (Figura 4) e que somente a partir deste período ocorreu investimento nas raízes (Figuras 3 e 7). O P é um dos elementos que mais influencia o crescimento de raízes (PRIMAVESI, 2002). Fernandes et al. (2000) em estudo com a paineira (*Chorisia speciosa*) verificaram que o crescimento das plantas foi influenciada pelos drenos de fotossintatos das raízes para outro(s) órgão(s) em dosagens de até 600 mg dm^{-3} de P. Benincasa (2003) descreveu que fotossintatos podem ser transferidos de um órgão ao outro, favorecendo o crescimento de um em detrimento de outro, o que foi corroborado por Larcher (2006). Segundo Sena et al. (2004) quanto menos P disponível menores são as taxas de transpiração e aumento da resistência estomática, diminuindo as trocas gasosas de O_2 e CO_2, e estando as plantas micorrizadas pode-se inverter estes fatores, resultando em maiores ou menores taxas fotossintéticas e maiores ou menores incrementos de massa matéria seca. O mesmo autor verificou que plantas de tangerina (*Citrus reshni*) inoculadas com *Glomus intradices* apresentaram maiores taxas fotossintéticas e consequentemente em maiores ganhos de biomassa em dosagens de 150 mg kg^{-1} de P aos 180 dias.

De acordo com Araújo et al. (2001) a interação de FMA (*Gigaspora margarita, Glomus etunicatum e Scutellospora nigra*) e a dosagem de 19,80 kg ha^{-1} de fósforo favoreceu o acúmulo de massa seca de raízes de leucena (*Leucaena leucocephala*), e que o excesso de fósforo pode exercer ação limitante e promover efeito antagônico. Resende et al. (1999) verificaram aumento de massa seca de raízes de aroeira aos 90 dias com aplicação de P, porém em doses maiores que 800 mg dm^{-3}, houve maior incremento na massa seca de parte aérea por preferência da planta em acumular fotoassimilados nessa região. Doses de 250-500

mg dm^{-3} de P influenciam mais o incremento em raízes e dose 0 mg dm^{-3} não apresentou resposta. Flores-Aylas et al. (2003) observaram que espécies pioneiras como a gravitinga (*Solanum granuloso*) inoculadas com FMA *G. etunicatum* em baixa e média disponibilidade de fósforo favoreceu o aumento de massa seca.

A limitação na disponibilidade de fósforo provavelmente diminui o crescimento de raízes de plantas de urucum, consequentemente a sua biomassa. Estresse promovido pelo fósforo diminui o número de raízes de plantas (NOWAK, 2001). Larcher (2006) e Raven et al. (2001) afirmaram que plantas têm seu sistema radicular aumentado para facilitar a absorção de nutrientes, necessitando para seu crescimento o elemento fósforo.

4.4 CONCLUSÃO

O presente estudo permitiu concluir que:

- As plantas de *Bixa orellana* L. apresentaram maior desenvolvimento inicial com inoculação de FMA *Glomus clarum* e aplicação de fósforo (4.200g m^{-3}) no substrato.

4.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, A.S.F.; BURITY, H.A.; LYRA, M.C.C. Influência dos diferentes níveis de nitrogênio e fósforo em leucena inoculada com *rhizobium* e fungo micorrízicos arbuscular. **Revista Ecossistema**, Piracicaba, v.26, n.1, p.35-38, 2001.

BENINCASA, M.M.P. **Análise de crescimento de plantas**: noções básicas. Jaboticabal: FUNEP, 2003. 41p.

CARNEIRO, M.A.C.; SIQUEIRA, J.O.; DAVIDE, A.C.; GOMES, L.J.; CURI, N.; VALE, F.R. Fungo micorrízico e superfosfato no crescimento de espécies arbóreas tropicais. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v.50, p.21-36, 1996.

CARNEIRO, R.F.V.; EVANGELISTA, A.R.; TONELLI, M.T. REIS, S.T. Inoculação com fungos micorrízicos arbusculares em alfafa (*Medicago sativa* L.) em solos com doses crescentes de fósforo. **Ciências Agrotécnicas,** Lavras, v.26, n.3, p.618-625, 2002.

CARNEIRO, M.A.C.; SIQUIERA J.O.; DAVIDE, A.C. Fósforo e inoculação com fungos micorrízicos arbusculares no estabelecimento de mudas de embaúba (*Cecropia pachystachya* Trec). **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Lavras, v.34, n.3, p.119-125, 2004.

COSTA C.M.C.; MAIA, L.C.; CAVALCANTE, U.M.T. Influência de fungos micorrízicos arbusculares sobre o crescimento de dois genótipos de aceroleira (Malpighia emarginata DC). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36, n.6, p.893-901, 2001.

COSTA, C.M.C.; CAVALCANTE, U.M.T.; GOTO, B.T.; SANTOS, V.F.; MAIA, L.C. Fungos micorrízicos arbusculares e adubação fosfatada em mudas de mangabeira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.40, n.3, p.225-232, 2005.

CHU, E.Y.; YARED, J.A.G.; MAKI-ONUKI, H.J. Efeitos da inoculação micorrízica e da adubação fosfatada em mudas de *Vochysia maxima* Ducke. **Revista Árvore**, Viçosa, v.28, n.2, p.157-165, 2004.

DUBOC, E. **Requerimentos nutricionais de espécies florestais nativas**: *Hymeneaea courbaril* L. var. *stilbocarpa* (Haynee) Lee et Lang (Jatobá), *Copaifera langsdorffii* Desf. (Óleo copaíba) e *Peltophorum dubium* (Spreng) Taub. (Canafístula). 1994. 68f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras. MG, 1994.

EMBRAPA. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária** -. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. Rio de Janeiro, 1999. 169p.

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

FLORES-AYLAS, W.W.; SAGGIN-JÚNIOR, O.J.O.; DAVIDE, A.C. Efeito de *Glomus etunicatum* e fósforo no crescimento inicial de espécies arbóreas em semeadura direta. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.38, n.2, p.257-266, 2003.

HAAG, H.P.; ROSOLEN, D.L.; MINAKI, K. Crescimento, absorção e exportação de nutrientes por uma cultura de urucu. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.42, n.1, p.53-60, 1992.

JASPER, D.A; ABBOTT, L.K.; ROBSON, A.D. The effect of soil disturbance on vesiculararbuscular mycorrhizal fungi in soils from different vegetation types. **New Phytologist**, Oxforde, v.118, n.3, p.471-476, 1991.

KAGEYAMA, P.Y.; GANDARA, F.B.; OLIVEIRA, R.E. **Restauração ecológica de ecossistemas naturais.** Botucatu: FEPAF, 2003. 340p.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos; RIMA, 2006. 550p.

LIMA, R.J.C. Taninos hidrolisáveis em *bixa orellana* L. **Química Nova**, São Paulo, v.29, n.3, p.507-509, 2006.

LORENZI, H. **Árvores Brasileiras:** manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil. v.2. Nova Odessa: PLANTARUM, 1998. 381p.

MINHONI, M.T.A.; AULER, P.A.M. Efeito do fósforo, fumigação do substrato e fungo micorrízico arbuscular sobre o crescimento de plantas de mamoeiro. *Revista Brasileira de* **Ciências do Solo,** Viçosa, v.27, n.5, p.841-847, 2003.

MISSIO, E.L.; NICOLOSO, F.T.; JUCOSKI, G.O.; SARTORI, L. Exigências nutricionais da grápia ao fósforo e enxofre em argissolo vermelho distrófico arênico: efeito da adubação no crescimento. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, n.4, p.1051-1057, 2004.

NEVES, O.S.C.; SÁ, J.R.; CARVALHO, J.G.C. Crescimento e sintomas visuais de deficências de micronutrientes em umbuzeiros. **Revista Brasileira de Fruticultura**. Jaboticabal, v.26, n.2, p.306-309, 2004.

NOWAK, J. The effect of phosphorus nutrition on growth, flowering and leaf nutrient concetrations of osteospermum. **Acta Horticulturae**, n.548, p.557-559, 2001.

ODUM, E.P. **Ecologia**. Rio de Janeiro: GUANABARA KOOGAN S.A.. 1988. 434p.

PAULA, M.A.; SIQUEIRA, J.O. Efeitos da umidade do solo sobre a simbiose endomicorrízica em soja. II. Crescimento, nutrição e relação água-planta. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Campinas, p.289-293, 1987.

PEREIRA, A.R. **Como selecionar plantas para áreas degradadas e controle de erosão**. Belo Horizonte: FAPI, 2006. 150p.

PRIMAVESI, A. **Manejo ecológico do solo**: agricultura em regiões tropicais. São Paulo: NOBEL, 2002. 548p.

RAVEN, P.H.; EVERT, R.F.; EICHHORN, S.E. **Biologia Vegetal**. Rio de Janeiro: GUANABARA KOOGAN S. A.: 2001. 906p

RESENDE, Á.V.; NETO, A.E.F.; MUNIZ, J.A.; CURIS, N.; FAQUIN, V. Crescimento inicial de espécies florestais de diferentes grupos sucessionais a doses de fósforo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira,** Brasília, v.34, n.11, p.2071-2081, 1999.

RICKLEFS, R.E. **A economia da Natureza.** Rio de Janeiro: GUANABARA KOOGAN S.A., 1993. 470p.

ROCHA, F.S.; SAGGIN-JUNIOR, O.J.; SILVA, E.M.R.; LIMA, W.L. Dependência e resposta de mudas de cedro a fungos micorrízicos arbusculares. **Pesquisa Agropecuária Brasileira,** Brasília, v.41, n.1, p.77-84, 2006.

SENA, J.O.A.; LABATE, C.A.; CARDOSO, E.J.B.N. Caracterização fisiológica da redução de crescimento de mudas de citrus micorrizadas em altas doses de fósforo. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 28, n. 5, p. 827-832, 2004.

SILVA, E.M.R.; SUDO, A.; A, D.L.; ALMEIDA, D.L.; MATOS, R.M.B.; PEREIRA, M.G.; BOVI, M.L.A.; MACHADO, C.T.T. **Ocorrência e efetividade de fungos micorrízicos em plantas cultivadas**. Seropédica: EMBRAPA AGROBIOLOGIA: 1998. 25p.

SILVEIRA, S.V.; SOUZA, P.V. D.; KOLLER, O.C. Influência de fungos micorrízicos arbusculares sobre o desenvolvimento vegetativo de porta-enxertos de abacateiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, n.3, p.303-309, 2002.

5. Capítulo III

ANÁLISE DE CRESCIMENTO DE *Hymenaea courbaril* L. SOB EFEITO DA INOCULAÇÃO MICORRIZICA E ADUBAÇÃO FOSFATADA

DARCI BARBIERI. JUNIOR[3], LÚCIA FILGUEIRAS. BRAGA[4]

RESUMO - Este estudo objetivou avaliar o desenvolvimento de *Hymenaea courbaril* L. em condições de viveiro sob efeito da inoculação micorrízica e adubação fosfatada. As plantas foram cultivadas em sacos de polietileno de dimensões de 0,18 X 0,30 m, com capacidade de 1,3 kg de substrato. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado com seis tratamentos e dez repetições, sendo dez plantas destruídas por mês para avaliações de índices fisiológicos. As dosagens de fósforo utilizadas foram 0, 4.200 e 8.400 g m^{-3} de substrato. O fungo micorrízico arbuscular da espécie *Glomus clarum,* foi utilizado em metade dos tratamentos (com e sem micorrizas) com inoculação de 2 g do fungo. As avaliações ocorreram 30, 60, 90 e 120 dias após emergência. Determinou-se a massa de matéria seca total, a razão de área foliar, área foliar específica, taxa assimilatória líquida, taxa de crescimento relativo e a taxa de crescimento absoluto. Concluiu-se que a espécie *Hymenaea courbaril* foi facultativa em relação à inoculação com fungo micorrízico arbuscular *Glomus clarum* e aplicação de fósforo em seu desenvolvimento inicial.

Termos para indexação: Jatobá, índices fisiológicos, desenvolvimento, micorriza, fósforo.

ANALYSES OF GROWTH OF *HYMENAEA COURBARIL* L. UNDER EFFECTS OF MYCORRHIZAL INOCULATION AND PHOSPHATE FERTILIZING.

Index terms: Jatobá, physiological index, development, mycorrhiza, phosphorus.

[3] Bolsita Capes, pós-graduando mestrado em Ciências Ambientais (Unemat) – Universidade do Estado de Mato Grosso, Cáceres - MT, 78200-000, kimbarbieri@hotmail.com
[4] Profª Drª do departamento de Ciências Biológicas (Unemat) – Universidade do Estado de Mato Grosso, Rodovia MT 208, Alta Floresta-MT, 78580-000, luciabraga@unemat.br

ABSTRACT - This study aimed to evaluate the development of *Hymenaea courbaril* L. in conditions of nursery under effect of mycorrhizal inoculation and phosphate fertilization. The plants were grown in plastic bags with dimensions of 0.18 x 0.30 m, with a capacity of 1.3 kg of substrate. The experimental design was completely randomized with six treatments and ten repetitions, and ten plants destroyed per month for evaluation of physiological indices. The strengths of phosphorus used were 0, 4,200 and 8,400 g m^{-3} of substrate. The arbuscular mycorrhizal fungu of the species *Glomus clarum* was used by half of the treatments (with and without mycorrhizal) with 2 g of inoculation of the fungus. The ratings were 30, 60, 90 and 120 days after sowing. It was determined the total dry matter, the ratio of leaf area, specific leaf area, assimilate rate liquid, relative growth rate and the absolute growth rate. It was concluded that the species *Hymenaea courbaril* L. was optional in relation to inoculation with arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus clarum* and application of phosphorus in their initial development.

Index terms: Jatobá, physiological index, development, mycorrhiza, phosphorus.

5.1 INTRODUÇÃO

A recuperação de áreas degradadas pode ser realizada pelo crescimento de espécies remanescentes como também o plantio de novas mudas (Fernandes et al., 2000), podendo necessitar de elementos minerais, como o fósforo, o que pode onerar os custos. Com o intuito de minimizar esse problema, alternativas biológicas, como a utilização de fungos micorrízicos pode ter sucesso, maximizando o fósforo disponível às plantas.

O fósforo é um macro-elemento essencial para crescimento de plantas em solos tropicais, podendo tanto ser regulador como inibidor. Vários autores descreveram a importância do P para crescimento e estabelecimento de plantas (Odum, 1988; Ricklefs, 2001; Raven et al., 2001; Gliessman, 2001; Primavesi, 2002).

As simbioses mutualísticas de micorrizas favorecem o desenvolvimento de plantas, proporcionando maior absorção de nutrientes pelas raízes e evitando-se possíveis patógenos. Fungos micorrízico são aqueles, que através de relações simbióticas não patogênicas, trazem benefícios para as plantas. O fungo favorece a nutrição da planta e em troca ela proporciona energia e fatores de crescimento para o fungo micorrízico.

Variáveis de crescimento têm sido utilizadas para avaliar o comportamento das mudas de espécies florestais em relação ao fósforo e fungos micorrízicos arbusculares (FMA) em viveiro. A análise de crescimento descreve as condições morfofisiológicas da planta em diferentes intervalos de tempo, acompanhando assim seu crescimento, o que segundo Benincasa (2003) é o meio mais acessível e bastante preciso para avaliar o crescimento e mensurar a contribuição de diferentes processos fisiológicos sobre o comportamento vegetal.

Respostas à aplicação de fósforo e inoculação com FMA em viveiro são descritas na literatura para várias espécies (Carneiro et al., 1996; Caldeira et al., 1999; Resende et al., 1999; Fernandes et al., 2000; Minhoni e Auler, 2003; Carneiro et al., 2004). No entanto, outras espécies, com potencial em programas de reflorestamento, devem ser estudadas quanto ao seu comportamento morfofisiológico em viveiro, pois a simbiose de fungos micorrízicos com espécies arbóreas tropicais pode favorecer a absorção de fósforo e promover o desenvolvimento destas plantas.

O Jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) é uma espécie clímax da família Fabaceae, sendo planta semidecídua, heliófita, pouco exigente em fertilidade, que atinge altura de 15-20 m, com tronco de até 1 metro de diâmetro. Árvore de fácil multiplicação, não podendo faltar na composição de reflorestamentos heterogêneos. Os frutos contêm uma polpa que origina uma farinha muito nutritiva, consumida tanto pelo homem como pelos animais silvestres (Lorenzi, 1998), além de produzir sementes com abundância e regularidade sendo espécie com possibilidade de uso comercial (Campos & Uchida, 2002) e que segundo Panizza (1997) apresenta indicação como medicinal, produzindo óleo essencial, taninos, materiais resinosos e pécticos, amido e açúcares, sendo as cascas e folhas utilizadas no tratamento de diarréias, cólicas intestinais, cistite, tosses, bronquite e asma.

O presente estudo objetivou avaliar o desenvolvimento inicial da espécie *Hymenaea courbaril* L. em substrato com adição de micorriza e diferentes dosagens de fósforo, visando determinar seu comportamento em viveiro.

5.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em viveiro no município de Carlinda - MT (localização, 09º56’15’’S e 55º40’54’’W) no período de novembro de 2006 a março de 2007.

Utilizou-se um Argissolo Vermelho Amarelo distrófico e textura média (Embrapa, 1999). Para a coleta da terra da camada arável do solo, descartou-se os 20 cm iniciais da camada superior, sendo então utilizado a terra abaixo dessa, chamada de terra de barranco.

Foram retirados 0,880 m^{-3} (80%) dessa terra sendo misturada a 0,220 m^{-3} de areia (20%), totalizando um total de 1.100 m^{-3} de substrato o qual foi esterilizado em autoclave a 120ºC por 60 minutos, sendo posteriormente acondicionado em sacos plásticos os quais foram lacrados e armazenados no Laboratório da Fundação Agro Ambiental da Amazônia (FUNAM), Alta Floresta - MT. Uma amostra foi tomada para análises químicas e físicas (Tabela 1).

TABELA 1 - Características químicas e físicas da amostra de terra utilizada para a produção de mudas de jatobá

pH	MO	P	K	Ca	Mg	Al
H_2O	g dm^{-3}	mg dm^{-3}	----------$cmol_c$ dm^{-3}----------			
5,9	12	2,9	0,12	1,13	0,87	0,00
H+Al	T	S	V	Argila	Silte	Areia
----------$cmol_c$ dm^{-3}----------			(%)	----------g kg^{-1}----------		
2,0	4,1	2,1	51,5	257	82	661

K e P: Menlich; Ca, Mg e Al: KCL 1N; H + Al: Acetato de Cálcio pH = 7,0

Ao substrato foram, posteriormente, adicionados 400 g m^{-3} de sulfato de amônio e 200 g m^{-3} de cloreto de potássio, como fonte, respectivamente de nitrogênio e potássio.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, perfazendo seis tratamentos, com trinta repetições, totalizando 180 plantas. Além destas, 40 plantas foram utilizadas para determinação de área foliar e massa seca, sendo destruídas a cada 30 dias 10 plantas.

As dosagens de P (superfosfato simples) utilizadas foram 0, 4.200 e 8.400 g m^{-3} de substrato. O fungo micorrízico arbuscular (FMA) da espécie *Glomus clarum* Nicolson & Schenck foram multiplicados em raízes de *Brachiaria decumbens* Stapf., cultivadas em vasos. A dose de inóculo aplicada nos tratamentos que receberam o fungo foi de 2g. Os tratamentos utilizados foram denominados pelas letras M para micorrizas e P para fósforo, sendo:

M0P0 – sem micorrizas e sem P - controle;

M0P1 – sem micorrizas e 4.200 g m^{-3} de P;

M0P2 – sem micorrizas e 8.400 g m^{-3} de P;
M1P0 – 2 g de FMA e 0 g m^{-3} de P;
M1P1 – 2 g de FMA e 4.200 g m^{-3} de P;
M1P2 – 2 g de FMA e 8.400 g m^{-3} de P.

Os tratamentos foram aplicados usando as diferentes dosagens de P misturadas ao substrato com auxílio de enxada sobre encerado de plástico em ambiente coberto, sendo posteriormente acondicionados nos sacos de polietileno com dimensões de 0,18 x 0,30 m e capacidade de 1,3 kg de substrato.

A inoculação com o fungo micorrízico arbuscular (FMA) foi feita no terço superior do substrato acondicionado nos sacos de polietileno, irrigando-se posteriormente este substrato duas vezes ao dia durante cinco dias antes da semeadura.

As sementes de *Hymenaea courbaril* L. (jatobá) foram coletadas de árvores matrizes da região de Carlinda – MT em agosto de 2006 e acondicionadas em sacos de papel mantidos em temperatura ambiente até o início dos ensaios.

As sementes de jatobá foram escarificadas em esmeril elétrico no sentido oposto do eixo hipocótilo-radícula, desinfestadas em hipoclorito de sódio a 10% por 30 minutos e lavadas posteriormente, com água destilada em duas etapas, uma em imersão por 20 minutos e a outra em enxágüe, quando então foram tratadas com o fungicida Benlat 500 (Benomyl) a 0,25% do peso das sementes, sendo semeadas em seguida. Foram semeadas três sementes diretamente nos sacos plásticos, sendo realizado o desbaste quando as plântulas atingiram 3,0 cm de altura, mantendo-se somente uma por saco. As plantas receberam uma adubação foliar na última semana de cada mês, sempre ao final do dia, na proporção de 1 g de sulfato de amônio por litro de água aos 30 e 60 dias e posteriormente 2 g de amônia por litro de água aos 90, 120 e 150 dias.

O viveiro, construído em área aberta foi coberto e cercado por sombrite 50% de radiação, sendo os sacos de polietileno depositados sobre uma bancada de madeira desinfestada com hipoclorito de sódio a 10%.

As avaliações foram realizadas em quatro coletas com dez plantas cada, a intervalos de trinta dias após a estabilização da emergência das plântulas (10 dias após semeadura). Determinou-se o comprimento de parte aérea e raiz, diâmetro do coleto, número de folhas e a área foliar das plantas, que em seguida foram separadas em caule, raiz, pecíolos e lâminas

foliares, sendo acondicionados todos os órgãos em sacos de papel, colocados em estufa com circulação forçada de ar a temperatura de ± 65ºC até atingir peso constante. Após a secagem completa, o material foi pesado em balança analítica de até 0,001 g para determinação da massa seca.

Procedeu-se a estimativa dos seguintes índices fisiológicos, de acordo com Benincasa (2003):

Massa de matéria seca total (MST): A massa de matéria seca total correspondeu à soma das massas de todos os órgãos existentes, em cada coleta, sendo definida como a média das massas.

Razão de área foliar (RAF): A razão de área foliar ($dm^2\ g^{-1}$) expressa a área foliar útil para fotossíntese e foi definida como o quociente entre a área foliar (AF), área responsável pela intercepção de energia luminosa e a massa seca total (MST), resultado da fotossíntese.

$$\mathbf{RAF = AF / MST}$$

Área foliar especifica (AFE): É o componente morfológico e anatômico da RAF porque relaciona a superfície (AF) com o peso da massa seca das folhas (MSF).

$$\mathbf{AFE = AF / MSF}$$

Taxa assimilatória líquida (TAL): A taxa assimilatória liquida ($g\ dm^{-2}\ dia^{-1}$) expressa a taxa de fotossíntese líquida, em termos de massa seca produzida. Foi obtida pela equação:

$$\mathbf{TAL\ (g\ dm^{-2}\ dia^{-1}) = \frac{P_2 - P_1}{t_2 - t_1} \cdot \frac{Ln\ A_2 - Ln\ A_1}{A_2 - A_1}}$$

Em que: p = peso massa seca; t = tempo em dias; 1 e 2 = amostras sucessivas; Ln = logarítmo nepereriano; A = amostra.

Taxa de crescimento relativo (TCR): A taxa de crescimento relativo ($g\ dia^{-1}$) de uma planta ou qualquer órgão da planta reflete o aumento da matéria orgânica em um intervalo de tempo, dependente do material pré existente. Essa taxa foi calculada pela equação:

$$\mathbf{TCR\ (g\ g^{-1}\ dia^{-1}) = \frac{Ln\ P_2 - Ln\ P_1}{t_2 - t_1}\ g \cdot g^{-1}\ dia\ ou\ semana}$$

Em que: p = peso massa seca; t = tempo em dias; 1 e 2 = amostras sucessivas; Ln = logarítimo nepereriano.

Taxa de crescimento absoluto (TCA): A taxa de crescimento absoluto é a variação ou o incremento do crescimento em gramas por dia entre duas amostragens ao longo do ciclo. Essa taxa foi calculada pela equação:

$$\mathbf{TCA} = \frac{\mathbf{P^2 - P^1}}{\mathbf{t^2 - t^1}}$$

Em que: p = peso massa seca; t = tempo em dias; 1 e 2 amostras sucessivas.

As variáveis foram analisadas pelo programa computacional ANACRES, de acordo com as especificações de Portes & Castro Junior (1991) e os valores ajustados pela equação polinomial quadrática.

5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 mostra que a massa de matéria seca total (MST) de plantas de jatobá aumentou em todos os tratamentos, sendo que até os 90 dias os tratamentos foram semelhantes e aos 120 dias M1P1 apresentou maior MST. Estes resultados sugerem que os tratamentos influenciaram no incremento de MST aos 90 dias e que aos 120 dias demonstraram que interações FMA e doses de P influenciaram esse aumento, porém M0P1 manteve-se com valores iguais aos tratamentos com interação FMA e doses de P. Os tratamentos M0P0 e M0P2 apresentaram menor MST aos 120 dias, demonstrando que a ausência de FMA, dosagem 0 e 8.400 g m^{-3} P não promoveram incremento de matéria seca.

Minhoni & Auler (2003) observaram efeitos positivos na inoculação de FMA *Glomus macrocarpum* em mamoeiros (*Carica papaya*) diminuindo a necessidade de P conforme se aumenta a dosagem do mesmo para seu crescimento. Para haver esse ganho de biomassa, deve ter havido aumento nas taxas de fotossíntese, ou seja, aumento da assimilação de CO_2, o que poderia ser atribuído à presença benéfica do FMA no sistema, por favorecer aumento na absorção de micro e macronutrientes, em especial de P, elemento chave na produção de fotossintatos (Sena et al., 2004).

Os resultados obtidos indicam que provavelmente o jatobá acumule mais biomassa na presença de FMA, independente do P disponível, já que os tratamentos com micorriza apresentaram maior acúmulo de matéria seca total, ou seja, incremento de biomassa o que segundo Sena et al. (2004) justifica-se devido as maiores taxas de fotossíntese das plantas micorrízadas.

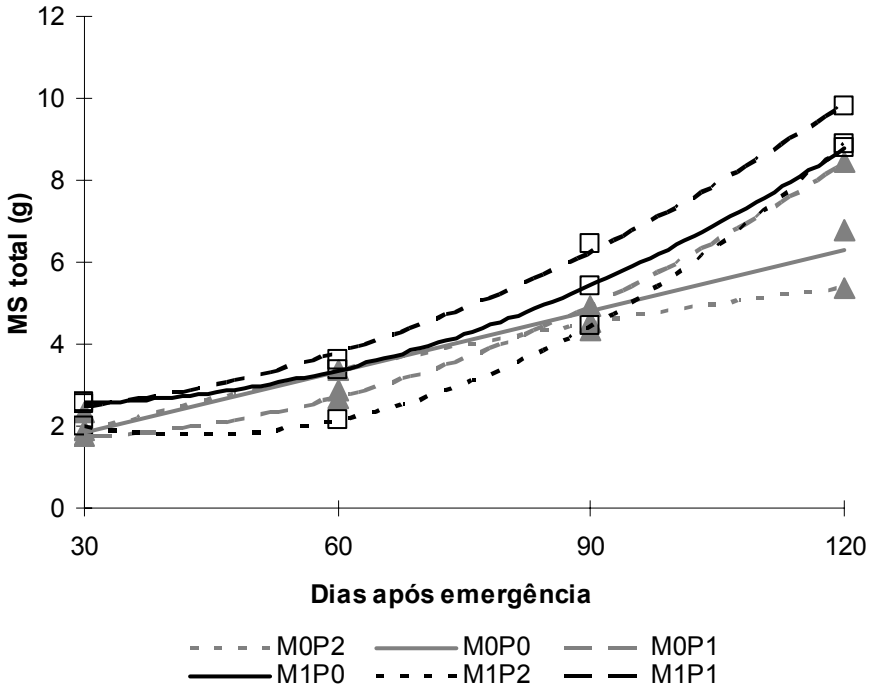

FIGURA 1 - Massa de matéria seca total (g) de plantas de jatobá em função dos tratamentos: M0P0 (controle), M0P1 (sem micorrizas e aplicação de 4.200 g m^{-3} de P), M0P2 (sem micorrizas e aplicação de 8.400 g m^{-3} de P), M1P0 (com micorrizas sem aplicação de P), M1P1 (com micorrizas e aplicação de 4.200 g m^{-3} de P), M1P2 (com micorrizas e aplicação de 8.400 g m^{-3} de P). Valores ajustados pela equação polinomial quadrática.

Na Figura 2 observa-se a razão de área foliar (RAF) de plantas de jatobá no período de quatro meses de avaliação.

As plantas de todos os tratamentos apresentaram tendência semelhante da RAF, sendo maior aos 30 dias, com acentuada diminuição dos 30 aos 120 dias após emergência. A RAF elevada no início do desenvolvimento das plantas de jatobá indica que houve investimento no desenvolvimento das folhas para a captação de energia luminosa e posteriormente, devido à maturação das folhas, direcionamento dos fotoassimilados para outras partes da planta. Em seu trabalho com sorgo (*Sorghum bicolor*) Benincasa (2003) observou que a RAF declinou a partir do 13º ao 111º dias após semeadura. Urchei et al. (2000) verificaram que as curvas da razão de área foliar do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*) em função do tempo evidenciaram aumento acelerado durante o período vegetativo, ou seja, até 30-37 dias após estabilização, indicando que nessa fase a maior parte do material fotossintetizado foi convertido em folhas, para maior captação da radiação solar disponível, ocorrendo a partir desse período

decréscimos subseqüentes com o desenvolvimento fenológico da cultura, decorrentes do surgimento de tecidos e estruturas não assimilatórias, como flores, vagens e sementes, além do auto-sombreamento, secamento e queda de folhas com a idade da planta.

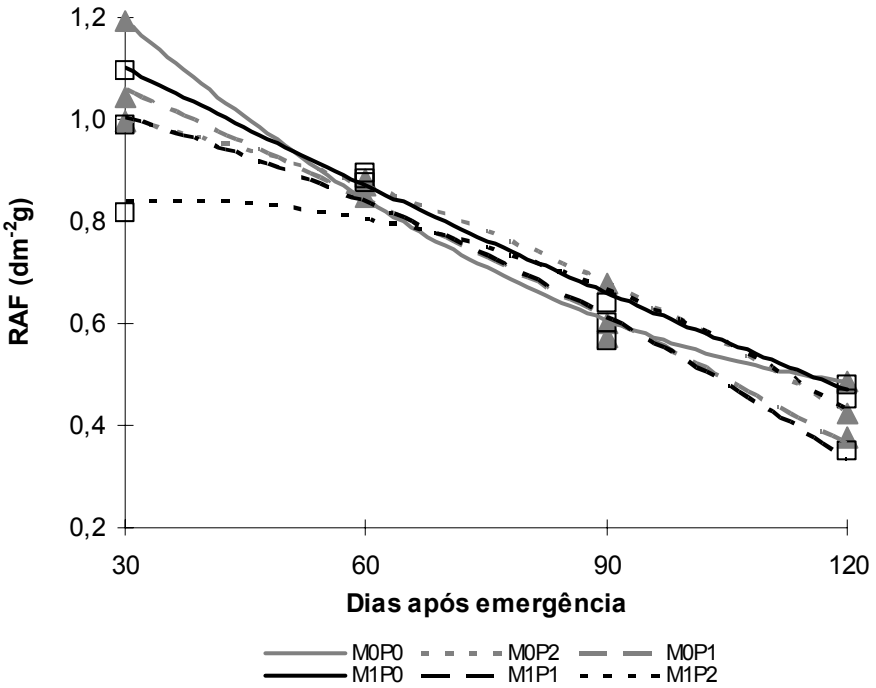

FIGURA 2 - Razão de área foliar ($dm^2\ g^{-1}$) de plantas de jatobá em função dos tratamentos: M0P0 (controle), M0P1 (sem micorrizas e aplicação de 4.200 g m^{-3} de P), M0P2 (sem micorrizas e aplicação de 8.400 g m^{-3} de P), M1P0 (com micorrizas sem aplicação de P), M1P1 (com micorrizas e aplicação de 4.200 g m^{-3} de P), M1P2 (com micorrizas e aplicação de 8.400 g m^{-3} de P). Valores ajustados pela equação polinomial quadrática.

As plantas cultivadas com M0P0 (Figura 2) apresentaram maior RAF aos 30 e 120 dias após emergência, sendo verificada menor RAF nos tratamentos M0P1 e M1P1. No entanto os tratamentos apresentaram redução nos valores dos 30 aos 120 dias, sugerindo que plantas de jatobá no seu desenvolvimento inicial independem da aplicação de fósforo e fungos micorrízicos arbusculares, semelhante ao observado por outros autores, em que afirmaram que tal comportamento da RAF é resultado do crescimento da planta, indicando menor área fotossintetizante das folhas e ganho em biomassa (Duboc, 1994; Carneiro et al., 1996; Ramos et al., 2003). Outro fator considerado pode ser o próprio comportamento fisiológico da planta já que, de acordo com Benincasa (2003), a RAF expressa a área foliar útil para fotossíntese, sendo a relação entre área foliar, responsável pela intercepção da energia luminosa e CO_2 e a

massa seca total, resultado da fotossíntese. Assim, com o crescimento da planta, aumenta a interferência das folhas superiores sobre as inferiores, com tendência de redução da área foliar útil, a partir de certa fase.

Na Figura 3 observa-se a área foliar especifica (AFE) de plantas de jatobá. O comportamento da AFE que correlaciona a superfície da folha com a massa seca da própria folha, variou no período de avaliação.

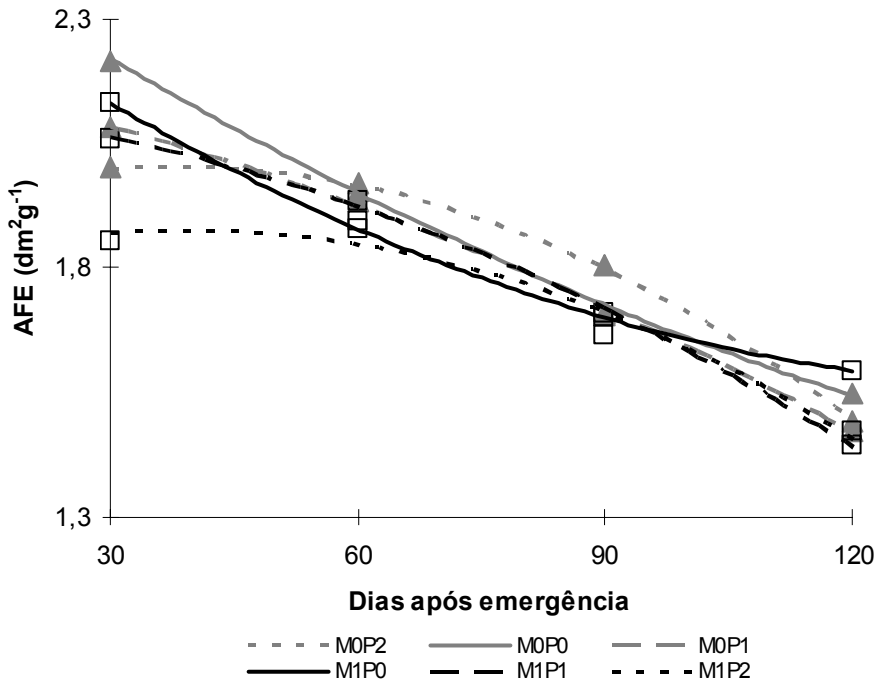

FIGURA 3 - Área foliar especifica (dm^2 g^{-1}) de plantas de jatobá em função dos tratamentos: M0P0 (controle), M0P1 (sem micorrizas e aplicação de 4.200 g m^{-3} de P), M0P2 (sem micorrizas e aplicação de 8.400 g m^{-3} de P), M1P0 (com micorrizas sem aplicação de P), M1P1 (com micorrizas e aplicação de 4.200 g m^{-3} de P), M1P2 (com micorrizas e aplicação de 8.400 g m^{-3} de P). Valores ajustados pela equação polinomial quadrática.

A maior AFE em todos os tratamentos foi aos 30 dias após emergência, apresentando redução ao longo do período, atingindo o menor valor aos 120 dias. Benincasa (2003) verificou que os valores da AFE, no inicio do desenvolvimento, podem ser maiores, revelando folhas pouco espessas, com pouca massa seca e área foliar. O desenvolvimento da cultura proporciona aumento de área foliar e massa seca das folhas, provocando a diminuição da AFE. O mesmo foi observado por Ferreira (1996) quando verificou diminuição da AFE de milho (*Zea mays*) sob adubação com fósforo. Benincasa (2003) afirmou que a área foliar

especifica é o componente morfológico e anatômico da razão da área foliar, porque relaciona a superfície com o peso de matéria seca da própria folha, ou seja, a superfície foliar é componente morfológico e o número e tamanho das células do mesófilo foliar é o anatômico. Larcher (2006) também concluiu que a superfície e o mesófilo foliar fornecem uma variável de crescimento de plantas.

A tendência da AFE é de redução (Benincasa, 2003), justificada pelo fato de quando ocorre diminuição da AFE, aumenta o número de folhas e biomassa das mesmas, ou seja, a translocação de fotoassimilados favorecendo um órgão em detrimento de outro. Os tratamentos M0P0 e M1P0 tiveram maior RAF aos 30 e 120 dias em relação aos demais. Benincasa (2003) observou oscilações da AFE em sorgo (*Sorghum bicolor*), resultado das taxas de crescimento das folhas individuais. Larcher (2006) afirmou que o aumento de biomassa e número de folhas se faz diante a alocação de fotoassimilados, diminuindo a superfície e aumentado o mesófilo.

Na Figura 4 encontram-se as curvas para a taxa assimilatória líquida (TAL) de plantas de jatobá. Com exceção do tratamento M0P2, os demais tratamentos influenciaram a TAL dos 30 aos 120 dias após emergência. Este comportamento está relacionado ao acúmulo de biomassa, proporcionado pelo aumento da fotossíntese líquida devido ao aproveitamento da maior intercepção e fixação de energia luminosa por unidade de área. Benincasa (2003) se referiu a TAL como a taxa de fotossíntese líquida em termos de matéria seca produzida (em gramas), por unidade de área foliar (dm^{-2}) por unidade de tempo, o que indica a correlação entre a área foliar e matéria seca total. Urchei et al (2000) verificaram em trabalho sobre o feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*), aumento da fotossíntese líquida, devido ao aumento da área foliar.

O aumento do número de folhas e área foliar provoca o aumento de fotossíntese líquida, ocorrendo auto-sombreamento podendo diminuir conseqüentemente a TAL.

Segundo Rodrigues (1990), o comportamento da TAL pode ser influenciada por fatores climáticos, forma de condução dos experimentos e pelas variações intra-especificas da TAL. Ressalta-se neste trabalho que a cada coleta, aumentava-se o espaço físico de cada planta, devido às amostragens destrutivas, proporcionando maior captação de luz lateral, favorecendo a fotossíntese líquida e elevando a TAL. Este comportamento foi observado por Lima et al. (2007) em mamoeiro (*Carica papaya*) ao afirmarem que conforme destruíam mudas,

aumentava a intercepção luminosa lateral, consequentemente aumentando a fotossíntese líquida.

O tratamento M0P2 foi o único que apresentou redução da TAL entre 30 e 90 dias, estabilizando aos 120 dias. Houve aumento de área foliar dos 30 aos 90 dias e estabilização em seguida podendo influenciar em maior ou menor fotossíntese líquida, dependendo de outras variáveis ecológicas, fisiológicas e ambientais, não somente genética da espécie e, segundo Rodrigues (1990) a TAL pode divergir, pois depende de variáveis ambientais e dos próprios processos. Valmorbida (2002) atribuiu o aumento da área foliar de menta (*Mentha piperita*) como responsável pelo sombreamento das folhas inferiores e consequentemente diminuição da TAL.

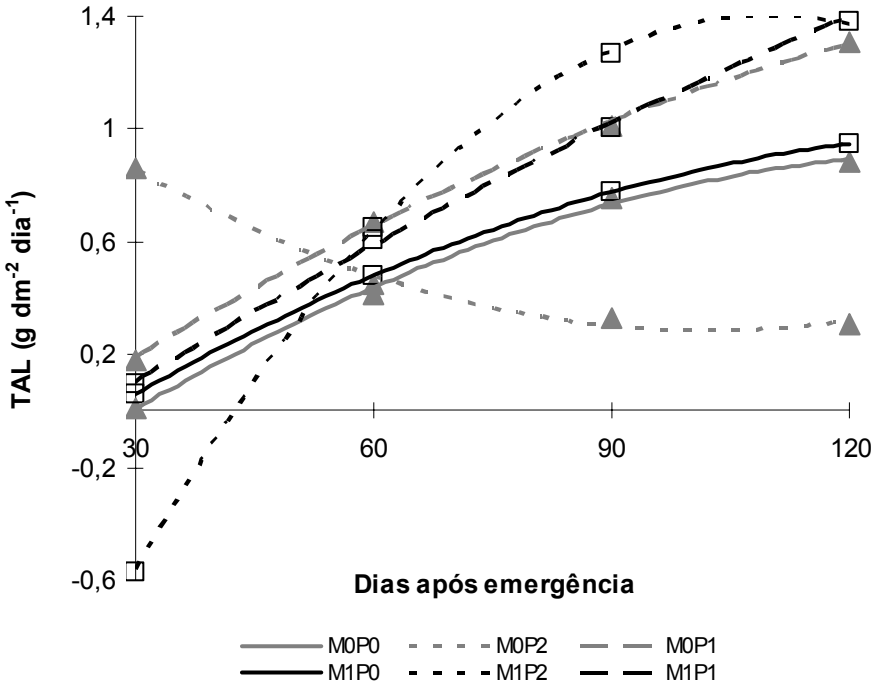

FIGURA 4 - Taxa assimilatória líquida ($g.dm^{-2}$ dia^{-1}) de plantas de jatobá em função dos tratamentos: M0P0 (controle), M0P1 (sem micorrizas e aplicação de 4.200 g m^{-3} de P), M0P2 (sem micorrizas e aplicação de 8.400 g m^{-3} de P), M1P0 (com micorrizas sem aplicação de P), M1P1 (com micorrizas e aplicação de 4.200 g m^{-3} de P), M1P2 (com micorrizas e aplicação de 8.400 g m^{-3} de P). Valores ajustados pela equação polinomial quadrática.

Outro fator para a diminuição da TAL no tratamento M0P2 pode ser relacionado à dosagem excessiva de P sem inoculação de micorriza e que pode torna-se desta maneira limitante. De acordo com Sena et al. (2004) o excesso de fósforo provoca a diminuição de absorção de zinco, que está relacionado diretamente com a sintetização de hormônios de crescimento relacionados diretamente com a parte aérea. Neves et al. (2004) verificaram que o umbuzeiro (*Spondias tuberosa*) aos 35 dias apresentou alterações morfológicas, produzindo folhas pequenas, retorcidas e cloróticas. Illensser & Paulilo (2002) observaram que mudas de *Euterpe edulis* apresentaram maior taxa assimilatória líquida com aplicação de 10 e 20 mg^{-1} L^{-3} de P e segundo Burity et al., (2000), a maior absorção de P por planta disponibilizada por fungos micorrízicos arbusculares, pode aumentar a área foliar das plantas, que nesse caso podem suplementar fotossintatos suficiente para o simbionte e suprir a demanda de energia.

As plantas de jatobá de todos os tratamentos apresentaram comportamento semelhante, com aumento da taxa de crescimento relativo (TCR), dos 30 aos 90 dias e redução entre 90 e 120 dias, com exceção de M0P2 que diminuiu dos 30 aos 90 e estabilizou aos 120 dias (Figura 5). As plantas submetidas ao tratamento M1P1 apresentaram valores mínimos aos 30 dias e máximos aos 90 dias após emergência. Estas variações da TCR são normais, uma vez que qualquer incremento ao longo de um determinado período está diretamente relacionado ao tamanho alcançado no período anterior (Lima, 2007). De acordo com Benincasa (2003) a TCR representa o aumento da massa seca de uma planta ou de qualquer um dos seus órgãos, em relação à massa seca existente no instante em que se inicia o período de observação.

Verificou-se nesse trabalho que o comportamento da TCR é idêntico a TAL e ambos contrários a RAF. A RAF diminuiu por conseqüência do auto-sombreamento das folhas, mas a TCR aumentou devido ao acúmulo de biomassa, resultante da assimilação líquida da fotossíntese. Benincasa (2003) e Rocha et al. (2006) consideram esses resultados normais, pois houve incremento de biomassa.

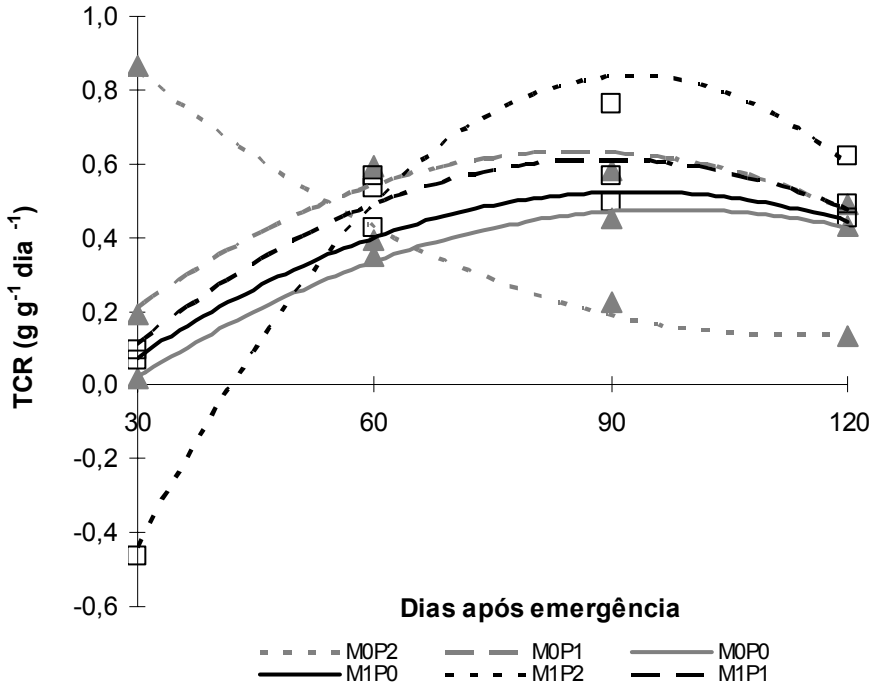

FIGURA 5 - Taxa de crescimento relativo ($g.g^{-1}.dia^{-1}$) de plantas de jatobá em função dos tratamentos: M0P0 (controle), M0P1 (sem micorrizas e aplicação de 4.200 g m^{-3} de P), M0P2 (sem micorrizas e aplicação de 8.400 g m^{-3} de P), M1P0 (com micorrizas sem aplicação de P), M1P1 (com micorrizas e aplicação de 4.200 g m^{-3} de P), M1P2 (com micorrizas e aplicação de 8.400 g m^{-3} de P). Valores ajustados pela equação polinomial quadrática.

As plantas submetidas aos tratamentos M0P2 e M1P2 apresentaram comportamentos inversos, sugerindo que o tratamento com FMA influenciou na disponibilização de fósforo a partir dos 30 dias, no entanto a aplicação isolada de 8.400 g m^{-3} de fósforo inibiu esta variável. Odum (1988) observou em mudas de pinheiro branco (*Pinus strobus*) que a presença de micorrizas reduziu a necessidade de aplicação de fósforo, favorecendo o crescimento devido à absorção de fósforo pelas micorrizas e disponibilização gradual para a mesma. Minhoni & Auler (2003) verificaram que a adição de 480 mg kg^{-1} de P no solo causou uma inversão nos ganhos em crescimento de mamoeiro (*Carica papaya*), ou seja, estes foram menores para as plantas não inoculadas por FMA *Glomus macrocarpum*.

Com relação à taxa de crescimento absoluto (TCA), Benincasa (2003) afirmou que é a variação ou incremento do crescimento em gramas por dia entre duas amostragens, podendo ser utilizada para se ter idéia da velocidade média de crescimento ao longo do período de observação.

Nas plantas de jatobá (Figura 6) houve aumento da TCA dos 30 aos 120 dias, com exceção do tratamento M0P2, onde ocorreu redução do crescimento durante o período de avaliação, sugerindo que a aplicação de 8.400 g m^{-3} de P sem inóculos de FMA *Glomus clarum* prejudicou o crescimento das plantas submetidas a este tratamento, visto que não ocorreu incremento no crescimento entre as amostragens. Minhoni & Auler (2003) observaram o mesmo comportamento com a adição de 480 mg kg^{-1} de P em mamoeiro (*Carica papaya*) inoculado por FMA *Glomus macrocarpum*. Os resultados de Sena et al. (2004) indicaram que altas doses de P influenciaram nas reduções das taxas de transpiração e acúmulo de biomassa em mudas de tangerina (*Citrus reshni*). Também foi observado por Neves et al. (2004) que mudas de umbuzeiro (*Spondias tuberosa*) tiveram seu crescimento e biomassa diminuída por alta dosagem de fósforo.

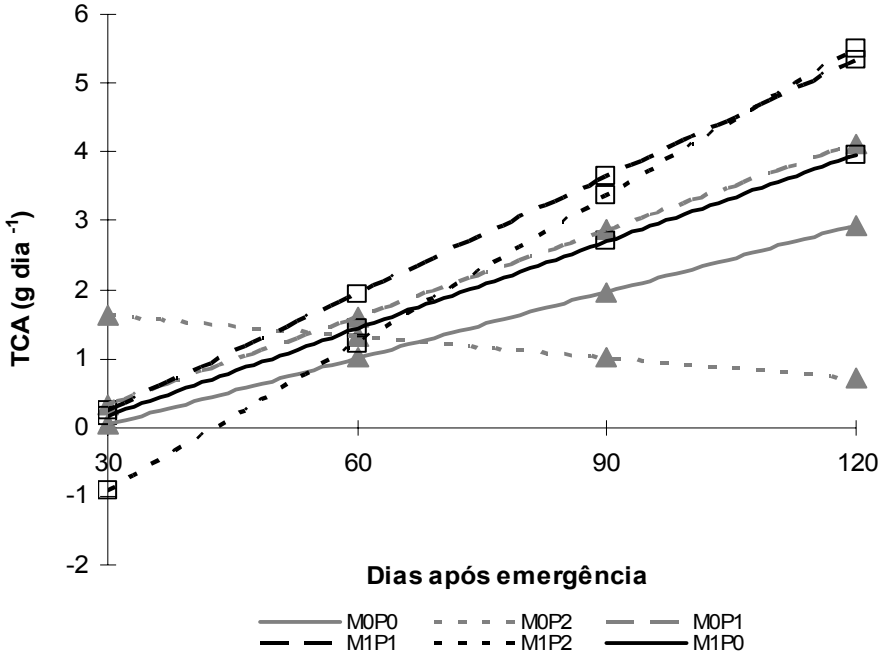

FIGURA 6 - Taxa de crescimento absoluto (g^{-1}. dia^{-1}) de plantas de jatobá em função dos tratamentos: M0P0 (controle), M0P1 (sem micorrizas e aplicação de 4.200 g m^{-3} de P), M0P2 (sem micorrizas e aplicação de 8.400 g m^{-3} de P), M1P0 (com micorrizas sem aplicação de P), M1P1 (com micorrizas e aplicação de 4.200 g m^{-3} de P), M1P2 (com micorrizas e aplicação de 8.400 g m^{-3} de P). Valores ajustados pela equação polinomial quadrática.

Verificou-se que todos os tratamentos, com exceção de M0P2, apresentaram comportamento semelhante dos 30 aos 120 dias, comparando-os com o controle, indicando que os mesmos não influenciaram no aumento de TCA no período avaliado, provavelmente

devido ao acúmulo de nutrientes nas sementes serem suficientes para o período avaliado. Duboc (1994) e Resende et al. (1999) evidenciaram que as reservas nutritivas das sementes de jatobá são suficientes para o crescimento entre 90 e 120 dias após plantio.

Observa-se que houve incremento de biomassa, referenciado tanto pela TCR e TCA. A TAL também aumentou, e segundo Benincasa (2003) para ocorrer o aumento da TAL tem-se a diminuição do número de folhas. Observa-se ainda que ocorreu diminuição do número de folhas a partir dos 90 dias, e no período anterior esse aumento relacionou-se ao maior tamanho das folhas. Lorenzi (1998) confirmou que as folhas de jatobá são de tamanhos considerados grandes. O fato do tratamento M0P2 ter influenciado na diminuição da TCA acredita-se ser devido ao efeito inibitório do P aplicado isoladamente na dosagem de 8.400 g m^{-3} ocasionando menor crescimento de parte área por poder deixar o zinco indisponível, pois o mesmo influencia a sintetização de hormônios de crescimento. Neves et al. (2004) também afirmaram que o fósforo aplicado em doses altas promoveu a diminuição de incremento de biomassa, causando a inibição de Zn, que diretamente se relaciona com auxina/citocinina, hormônios promotores de crescimento vegetal.

O comportamento da TCA demonstrou que as plantas apresentaram produtividade líquida positiva, exceto M0P2. Sena et al. (2004) afirmaram que os possíveis aumentos na taxas fotossintéticas das plantas de tangerina (*Citrus reshni*) micorrizadas com dose de até 150 mg kg^{-1} de P promoveram maior produção de carboidratos, em especial sacarose, para acúmulo de biomassa, por outro lado, nas mais altas doses de P ocorreram reduções das taxas de transpiração, aumento da resistência estomática e tendência de redução na produção de biomassa.

5.4 CONCLUSÃO

O presente estudo permitiu concluir que:

- Os índices fisiológicos das plantas de *Hymenaea courbaril* L. caracterizam-na como espécie facultativa em relação à inoculação com fungo micorrízico arbuscular *Glomus clarum* e aplicação de P em seu desenvolvimento inicial.

5.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BENINCASA, M.M.P. **Análise de crescimento de plantas**: noções básicas. Jaboticabal: Funep, 2003. 41p.

BURITY, H.A.; LYRA, M.C.C.P; SOUZA, E.S.; MERGULHÃO, A.C.E.S; SILVA, M.L.R.B. Efetividade de inoculação com rizóbios e fungos micorrízicos arbusculares em mudas de sabiá submetidas a diferentes níveis de fósforo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.35, n.4, p.801-807. 2000.

CAMPOS, M.A.A: UCHIDA, T. INFLUÊNCIA DO SOMBREAMENTO NO CRESCIMENTO DE MUDAS DE TRÊS ESPÉCIES AMAZÔNICAS. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, n.3, p.281-288, 2002.

CALDEIRA, M.V.W.; SILVA, E.M.R.; FRANCO, A.A.; ZANON, M.L.B. Efeito de fungos micorrízicos arbusculares no desenvolvimento de duas leguminosas arbóreas. **Ciência Florestal**. Santa Maria, v.9, n.1, p.63-70, 1999.

CARNEIRO, M.A.C.; SIQUEIRA, J.O.; DAVIDE, A.C.; GOMES, L.J.; CURI, N.; VALE, F.R. Mycorrhizal fungi and superphosphate on growth of tropical woody species. **Scientia Forestalis**. Lavras. n.50, p.21-36, 1996.

CARNEIRO, M.A.C.; SIQUEIRA J.O.; DAVIDE, A.C. Fósforo e inoculação com fungos micorrízicos arbusculares no estabelecimento de mudas de embaúba (*Cecropia pachystachya* Trec). **Pesquisa Agropecuária Tropical**. Lavras. v.34, n.3, p.119-125, 2004.

DUBOC, E. ***Requerimentos nutricionais de espécies florestais nativas*: *Hymeneaea courbaril*** L. var. *stilbocarpa* (Haynee) Lee et Lang (Jatobá), *Copaifera langsdorffii* Desf. (Óleo copaíba) e *Peltophorum dubium* (Spreng) Taub. (Canafístula). 1994. 68f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal). – Escola Superior de Agricultura de Lavras, Universidade Federal de Lavras, Lavras.

EMBRAPA. Empresa Brasileira DE Pesquisa Agropecuária -. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Rio de Janeiro, 1999. 169p.

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

FERREIRA, E. **Ajustamento osmótico e análise de crescimento de plantas de milho (*Zea mays* L.), em função do nível de potássio e estresse hídrico**. 1996, 121f. Tese (Doutorado em Agronomia/Irrigação e drenagem) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista. Botucatu.

GLIESSMAN, S.R. **Agroecologia:** processos ecológicos em agricultura sustentável. 2. ed. Porto Alegre: UFRGS, 2001. 653p.

ILLENSEER, R.; PAULILO, M.T.S. Crescimento e eficiência na utilização de nutrientes em plantas jovens de *Euterpe edulis* Mart. sob dois níveis de irradiância, nitrogênio e fósforo. **Acta Botânica Brasileira**, v.16. n.4, p.385-394, 2002.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima, 2006. 531p.

LIMA, J.L.; PEIXOTO, C.P.; LEDO, C.A.S. Índices fisiológicos e crescimento inicial de mamoeiro (C*arica papaya* L.) em casa de vegetação. **Ciência Agrotécnica**. Lavras, v.31, n.5, p.1358-1363, 2007.

LORENZI, H. **Árvores Brasileiras:** manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil. V. 2. Nova Odessa: Plantarum, 1998. 381p.

MINHONI, M.T.A.; AULER, P.A.M.; Efeito do fósforo, fumigação do substrato e fungo micorrízico arbuscular sobre o crescimento de plantas de mamoeiro. **Revista Brasileira Ciência do Solo**. Viçosa, v.27, n.5, p.841-847, 2003.

NEVES, O.S.C.; SÁ, J.R.; CARVALHO, J.G.C. Crescimento e sintomas visuais de deficências de micronutrientes em umbuzeiros. **Revista Brasileira de Fruticultura**. Jaboticabal, vol.26, n.2, p.306-309, 2004.

ODUM, E.P. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan S. A., 1988. 426p.

PANIZZA, S. **Plantas que curam**: cheiro de mato. 15. ed. São Paulo: IBRASA, 1997. 279p.

PRIMAVESI, A. **Manejo ecológico do solo.** São Paulo: Nobel, 2002. 548p.
PORTES, T.A.; CASTRO JUNIOR, L.G.; Análise de crescimento de plantas: um programa computacional auxiliar. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Londrina, v.3 n.1, p.53-56. 1991.

RAMOS, K.M.O.; FELFILI, J.M.; SILVA-SOUSA, J.C.; FAGG, C.W.; FRANCO, A.C.; Desenvolvimento inicial de plântulas de *Hymenaea stigonocarpa* Mart. Ex. L., sob diferentes condições de sombreamento. **Ibama**, Brasília, n.77, 2003.

RAVEN, P.H.; EVERTE, R.F.; EICHHORN, S.E.. **Biologia Vegetal**. Guanabara Koogan, 6. ed. 2001. 906p.

RESENDE, Á.V.; NETO, A.E.F.; MUNIZ, J.A.; CURI, N.; FAQUIN, V.; Crescimento inicial de espécies florestais de diferentes grupos sucessionais a doses de fósforo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira.** Brasília, v.34, n.11, p.2071-2081, 1999.

RICKLEFS, R. E. **A economia da Natureza.** Rio de Janeiro: Guanabara Koogan S. A., 5. ed. 2001. 503p.

ROCHA, F.S.; JUNIOR; O.J.S; SILVA, E.M.R. et al. Dependência e resposta de mudas de cedro a fungos micorrízzicos arbusculares. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.1, p.77-84, 2006.

RODRIGUES, J.D. **Influência de diferentes níveis de cálcio, sobre o desenvolvimento de plantas estilosantes (*Stylodanthes guyanensis* (Aubl.) Swartz cv cook), em cultivo hidropônico.** 1990. 180f. Tese (Livre docência em Fisiologia Vegetal) – Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

SENA, J.O.A.; LABATE, C.A.; CARDOSO, E.J.B.N. Caracterização fisiológica da redução de crescimento de mudas de citrus micorrizadas em altas doses de fósforo. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**. Viçosa, v.28, n.5, p.827-832, 2004.

URCHEI, M.A.; RODRIGUES, J.D.; STONE, L.V. Análise de crescimento de duas cultivares de feijoeiro sob irrigação, em plantio direto e preparo convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.35, n.3, p.497-506, 2000.

VALMORBIDA, J. **Níveis de potássio em solução nutritiva, desenvolvimento de plantas e produção de óleo essencial de *Mentha piperita* L.** 2002. 128f. Tese (Mestrado em Agronomia/ Horticultura) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

6. Capítulo IV

Análise de Crescimento de *Bixa Orellana* L. Sob Efeito da Inoculação Micorrízica e Adubação Fosfatada

BARBIERI, D.J.[1]; BRAGA, L.F.[2*]

[1] *Bolsista Capes. Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT – Mestrando em Ciência Ambientais, Campus de Cáceres, Av. São Pedro, s /nº: Cavalhada. CEP 78200-000. CEP: 78200-000, Cáceres MT. e-mail: kimbarbieri@hotmail.com.*

[2] *Universidade do estado de Mato Grosso – UNEMAT – Departamento de Ciências Biológicas. Campus de Alta Floresta, Rodovia MT 208, KM 147, Jardim Tropical. CEP 78580-000, Alta Floresta, MT. *e-mail: luciabraga@unemat.br*

RESUMO - Este estudo objetivou avaliar o desenvolvimento de *Bixa orellana* L. em condições de viveiro sob efeito da inoculação micorrízica e adubação fosfatada. As plantas foram cultivadas em sacos de polietileno de dimensões de 0,18 X 0,30 m, com capacidade de 1,3 kg de substrato. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado com seis tratamentos e dez repetições, sendo dez plantas destruídas por mês nas avaliações de índices fisiológicos. As dosagens de fósforo utilizadas foram 0, 4.200 e 8.400 g m^{-3} de substrato. O fungo micorrízico arbuscular (FMA) da espécie *Glomus clarum,* foi utilizado em metade dos tratamentos (com e sem micorrizas) com inoculação de 2 g do fungo. As avaliações ocorreram 30, 60, 90 e 120 dias após emergência. Determinou-se a massa de matéria seca total, a razão de área foliar, a área foliar específica, a taxa assimilatória líquida, a taxa de

crescimento relativo e a taxa de crescimento absoluto. Os índices fisiológicos das plantas de *Bixa orellana* L. permitiram concluir que houve diferenças entre os tratamentos e o urucum foi altamente exigente em relação à absorção de P, tendo os fungos micorrízicos como facilitadores desse processo. As áreas a serem plantadas com urucum devem apresentar solos com altos índices de P.

Palavras-chave: **Urucum, índices fisiológicos, desenvolvimento, micorriza, fósforo.**

ABSTRACT - **Analyses of growth of *Bixa orellana* L. under effects of mycorrhizal inoculation and phosphate fertilizing.** This study aimed to evaluate the development of *Bixa orellana* L. in conditions of nursery under effect of mycorrhizal inoculation and phosphate fertilization. The plants were grown in plastic bags with dimensions of 0.18 x 0.30 m, with a capacity of 1.3 kg of substrate. The experimental design was completely randomized with six treatments and ten repetitions, and ten plants destroyed per month evaluations of physiological index. The strengths of phosphorus used were 0, 4,200 and 8,400 g m^{-3} of substrate. The arbuscular mycorrhizal fungus of the species *Glomus clarum* was used by half of the treatments (with and without mycorrhizal) with 2 g of inoculation of the fungus. The ratings were 30, 60, 90 and 120 days after emergence. It was determined the total dry matter, the ratio of leaf area, a specific leaf area, the assimilate rate liquid, the growth rate relative and the rate of growth absolute. The physiological index of the plant, *Bixa orellana* L. have concluded there were differences between the treatments and urucum was highly demanding with respect to the absorption of P, and the

mycorrhizal fungi as facilitators of this process and areas to be planted with urucum must submit soils with high rates of P.

Keywords: Urucum, physiological index, development, mycorrhiza, phosphorus.

6.1 INTRODUÇÃO

Variáveis de crescimento têm sido utilizadas para avaliar o comportamento das mudas de espécies florestais em relação ao fósforo e fungos micorrízicos arbusculares (FMA) em viveiro. A análise de crescimento descreve as condições morfofisiológicas da planta em diferentes intervalos de tempo, acompanhando assim seu crescimento, o que segundo Benincasa (2003) é o meio mais acessível e bastante preciso para avaliar o crescimento e mensurar a contribuição de diferentes processos fisiológicos sobre o comportamento vegetal.

Respostas à aplicação de fósforo e inoculação com FMA em viveiro são relatadas a respeito de várias espécies (Carneiro, 1996; Caldeira, 1999; Resende, 1999; Fernandes et al., 2000; Minhoni & Auler, 2003; Carneiro et al., 2004). No entanto, outras espécies com potencial em programas de reflorestamento devem ser estudadas quanto ao seu comportamento morfofisiológico em viveiro.

O fósforo é um macro-elemento essencial para crescimento de plantas em solos tropicais, podendo tanto ser regulador como inibidor. Vários autores

descreveram a importância do P para crescimento e estabelecimento de plantas (Odum, 1988; Ricklefs, 2001; Raven et al., 2001; Gliessman, 2001; Primavesi, 2002).

As simbioses mutualísticas de micorrizas favorecem o desenvolvimento de plantas, proporcionando maior absorção de nutrientes pelas raízes e evitando-se possíveis patógenos. Fungos micorrízico são aqueles, que através de relações simbióticas não patogênicas, trazem benefícios para as plantas. O fungo favorece a nutrição da planta e em troca ela proporciona energia e fatores de crescimento para o fungo micorrízico. A simbiose de fungos micorrízicos com espécies arbóreas tropicais pode favorecer a absorção de fósforo e promover o desenvolvimento de plantas.

O urucum (*Bixa orellana L.*) apresenta múltiplos usos, sendo planta ornamental e medicinal, além de fornecer sementes condimentares de onde se extraem o óleo industrial e a bixina, pigmento utilizado na indústria como corante. O mercado internacional para sementes de urucum encontra-se em ascensão devido à sua intensa utilização no setor industrial, sendo um dos poucos corantes de uso permitido pela Organização Mundial de Saúde, visto não ser tóxico, nem alterar o sabor dos alimentos. A bixina é amplamente utilizada na elaboração de produtos da indústria leiteira e também matéria-prima de corantes nas indústrias de panificação, bebidas, condimentos, massas e cosméticos (Silva et al., 1998). Lorenzi (1998) descreveu o urucum como espécie pioneira, característica da floresta amazônica, sendo suas sementes condimentares e tinturiais, muito utilizada na indústria. Possui qualidades ornamentais e pela sua rapidez de crescimento em ambientes

abertos pode ser plantada em composição com outras espécies em áreas degradadas de preservação permanente destinadas à recomposição da vegetação.

O presente estudo objetivou avaliar o desenvolvimento inicial da espécie arbórea *Bixa orellana* L. em substrato com adição de micorriza e diferentes dosagens de fósforo, visando determinar o seu comportamento em viveiro.

6.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em viveiro no município de Carlinda - MT (localização, 09º56'15''S e 55º40'54''W) no período de novembro de 2006 a março de 2007.

Utilizou-se um Argissolo Vermelho Amarelo distrófico e textura média (Embrapa, 1999). Para a coleta da terra da camada arável do solo, descartou-se os 20 cm iniciais da camada superior, sendo então utilizado a terra abaixo dessa, chamada de terra de barranco.

Foram retirados 0,880 m^{-3} (80%) dessa terra sendo misturada a 0,220 m^{-3} areia (20%), totalizando 1.100 m^{-3} de substrato o qual foi esterilizado em autoclave a 120ºC por 60 minutos, sendo posteriormente acondicionado em sacos plásticos os quais foram lacrados e armazenados no Laboratório da Fundação Agro Ambiental da Amazônia (FUNAM), Alta Floresta - MT. Uma amostra foi tomada para análises químicas e físicas (Tabela 1).

TABELA 1 - Características químicas e físicas da amostra de terra utilizada para a produção de mudas de urucum

pH	MO	P	K	Ca	Mg	Al
H_2O	g dm^{-3}	mg dm^{-3}	----------$cmol_c$ dm^{-3}----------			
5,9	12	2,9	0,12	1,13	0,87	0,00
H+Al	T	S	V	Argila	Silte	Areia
----------$cmol_c$ dm^{-3}----------			(%)	----------g kg^{-1}----------		
2,0	4,1	2,1	51,5	257	82	661

K e P: Mehlich; Ca, Mg e Al: KCL 1N; H + Al: Acetato de Cálcio pH = 7,0

Ao substrato foram, posteriormente, adicionados 400 g m^{-3} de sulfato de amônio e 200 g m^{-3} de cloreto de potássio, como fonte, respectivamente de nitrogênio e potássio.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, perfazendo seis tratamentos, com trinta repetições, totalizando 180 plantas. Além destas, 40 plantas foram utilizadas para determinação de área foliar e massa seca, sendo destruídas a cada 30 dias 10 plantas.

As dosagens de P (superfosfato simples) utilizadas foram 0, 4.200 e 8.400 g m^{-3} de substrato. O fungo micorrízico arbuscular (FMA) da espécie *Glomus clarum* Nicolson & Schenck foram multiplicados em raízes de *Brachiaria decumbens* Stapf., cultivadas em vasos. A dose de inóculo aplicada nos tratamentos que receberam os fungos foi de 2g. Os tratamentos utilizados foram denominados pelas letras M para micorrizas e P para fósforo, sendo:

M0P0 – sem micorrizas e sem P - controle;

M0P1 – sem micorrizas e 4.200 g m^{-3} de P;

M0P2 – sem micorrizas e 8.400 g m^{-3} de P;

M1P0 – 2 g de FMA e 0 g m^{-3} de P;

M1P1 – 2 g de FMA e 4.200 g m^{-3} de P;

M1P2 – 2 g de FMA e 8.400 g m^{-3} de P.

Os tratamentos foram aplicados usando as diferentes dosagens de P misturadas ao substrato com auxílio de enxada sobre encerado de plástico em ambiente coberto, sendo posteriormente acondicionados nos sacos de polietileno com dimensões de 0,18 x 0,30 m e capacidade de 1,3 kg de substrato.

A inoculação com o fungo micorrízico arbuscular (FMA) foi feita no terço superior do substrato acondicionado nos sacos de polietileno, irrigando-se posteriormente este substrato duas vezes ao dia durante cinco dias antes da semeadura.

As sementes de urucum (*Bixa Orellana* L.) foram coletadas de árvores matrizes da região de Carlinda – MT em novembro de 2006 e acondicionadas em sacos de papel mantidos em temperatura ambiente até o início dos ensaios.

As sementes de urucum foram desinfestadas em hipoclorito de sódio a 10% por 30 minutos e lavadas posteriormente, com água destilada em duas etapas, uma em imersão por 20 minutos e a outra em enxágüe, quando então foram tratadas com o fungicida Benlat 500 (Benomyl) a 0,25% do peso das sementes, sendo semeadas em seguida. Foram semeadas três sementes diretamente nos sacos plásticos, sendo realizado o desbaste quando as plântulas atingiram 3,0 cm de altura, mantendo-se somente uma por saco. As plantas receberam uma adubação foliar na última semana de cada mês, sempre ao final do dia, na proporção de 1 g de sulfato de amônio por litro de água aos 30 e 60 dias e posteriormente 2 g de amônia por litro de água aos 90, 120 e 150 dias.

O viveiro, construído em área aberta foi coberto e cercado por sombrite 50% de radiação, sendo os sacos de polietileno depositados sobre uma bancada de madeira desinfestada com hipoclorito de sódio a 10%.

As avaliações foram realizadas em quatro coletas com dez plantas cada, a intervalos de trinta dias após a estabilização da emergência das plântulas (10 dias após semeadura). Determinou-se o comprimento de parte aérea e raiz, diâmetro do coleto, número de folhas e a área foliar das plantas, que em seguida foram separadas em caule, raiz, pecíolos e lâminas foliares, sendo acondicionados todos os órgãos em sacos de papel, colocados em estufa com circulação forçada de ar a temperatura de ± 65ºC até atingir peso constante.

Após a secagem completa, o material foi pesado em balança analítica de até 0,001 g para determinação da massa seca.

Procedeu-se a estimativa dos seguintes índices fisiológicos, de acordo com Benincasa (2003).

Massa de matéria seca total (MST): A massa de matéria seca total correspondeu à soma das massas de todos os órgãos existentes, em cada coleta, sendo definida como a média das massas.

Razão de área foliar (RAF): A razão de área foliar ($dm^2\ g^{-1}$) expressa a área foliar útil para fotossíntese e foi definida como o quociente entre a área foliar (AF), área responsável pela intercepção de energia luminosa e a massa seca total (MST), resultado da fotossíntese.

$$\mathbf{RAF = AF / MST}$$

Área foliar especifica (AFE): É o componente morfológico e anatômico da RAF porque relaciona a superfície (AF) com o peso da massa seca das folhas (MSF).

$$AFE = AF / MSF$$

Taxa assimilatória líquida (TAL): A taxa assimilatória liquida (g dm^{-2} dia^{-1}) expressa a taxa de fotossíntese líquida, em termos de massa seca produzida. Foi obtida pela equação:

$$TAL\ (g\ dm^{-2}\ dia^{-1}) = \frac{P_2 - P_1}{t_2 - t_1} \cdot \frac{Ln\ A_2 - Ln\ A_1}{A_2 - A_1}$$

Em que: p = peso massa seca; t = tempo em dias; 1 e 2 = amostras sucessivas; Ln = logarítmo nepereriano; A = amostra.

Taxa de crescimento relativo (TCR): A taxa de crescimento relativo (g dia^{-1}) de uma planta ou qualquer órgão da planta reflete o aumento da matéria orgânica em um intervalo de tempo, dependente do material pré existente. Essa taxa foi calculada pela equação:

$$TCR\ (g\ g^{-1}\ dia^{-1}) = \frac{Ln\ P_2 - Ln\ P_1}{t_2 - t_1}\ g \cdot g^{-1}\ dia\ ou\ semana$$

Em que: p = peso massa seca; t = tempo em dias; 1 e 2 = amostras sucessivas; Ln = logarítimo nepereriano.

Taxa de crescimento absoluto (TCA): A taxa de crescimento absoluto é a variação ou o incremento do crescimento em gramas por dia entre duas amostragens ao longo do ciclo. Essa taxa foi calculada pela equação:

$$TCA = \frac{P^2 - P^1}{t^2 - t^1}$$

Em que: p = peso massa seca; t = tempo em dias; 1 e 2 amostras sucessivas.

As variáveis foram analisadas pelo programa computacional ANACRES, de acordo com as especificações de Portes & Castro Junior (1991) e os valores ajustados pela equação polinomial quadrática.

6.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 mostra que a massa de matéria seca total (MST) de plantas de urucum diminuiu entre 30 e 60 dias, com posterior aumento, com exceção dos tratamentos M1P0, que incrementou biomassa dos 30 aos 120 dias, e M0P0 que estabilizou dos 30 aos 60 e aumentou dos 60 aos 120 dias após emergência. Os tratamentos M0P2, M1P1 e M1P2 apresentaram aumento acentuado do peso seco das plantas ao fim das avaliações, demonstrando que a associação do P na dosagem de 4.200 g m^{-3} com o FMA *Glomus clarum* (tratamento M1P1) foi benéfica para o ganho de massa, já que o tratamento M0P1 (mesma dose de P na ausência de FMA) promoveu menor incremento. As curvas de produção de matéria seca do urucum com dosagens de 8.400 g m^{-3} de P em simbiose ou não com FMA (tratamentos M0P2 e M1P2, respectivamente) mostram que a elevação da dose de P também promove resultados idênticos ao observado no tratamento M1P1, principalmente quando associado ao FMA (tratamento M1P2).

Carneiro et al. (2004) observaram que plantas de alfafa inoculadas com *Glomus etunicatum* apresentaram maior matéria seca total com aplicação das dosagens de 30, 60, 120, 180 e 240 mg de P do que nos tratamentos sem inoculação. Segundo Sena et al. (2004) o aumento de biomassa está

relacionado diretamente com o aumento de fotossíntese que provavelmente foi favorecida pela presença de FMA, que capta nutrientes próximos à raiz e disponibiliza ao vegetal, principalmente o fósforo. Desta forma, evidencia-se a importância de micorrizas na absorção de fósforo, já que é um nutriente muito problemático em relação a sua pouca mobilidade no solo. A presença de micorrizas contribui para aumento na absorção de fósforo (Araújo et al., 2001).

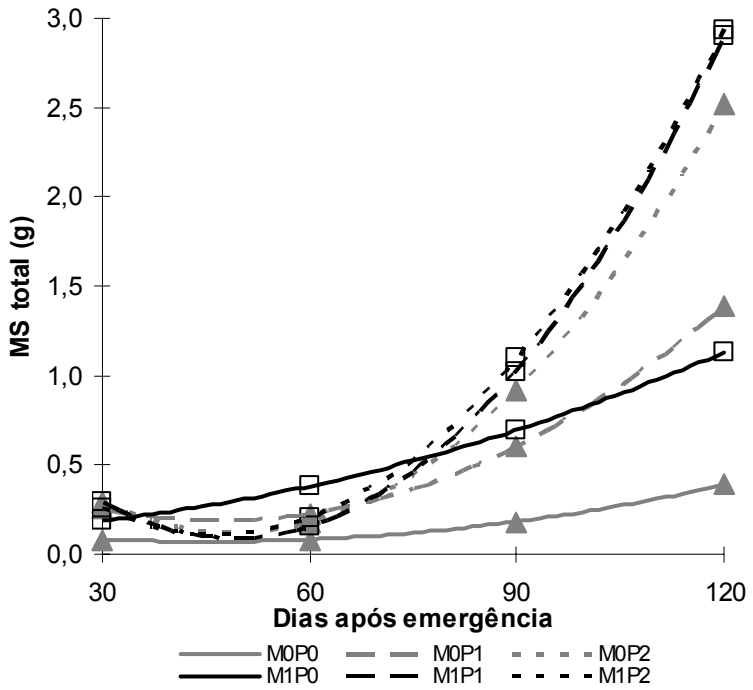

FIGURA 1 - Massa de matéria seca total (g) de plantas de urucum em função dos tratamentos: M0P0 (controle), M0P1 (sem micorrizas e aplicação de 4.200 g m^{-3} de P), M0P2 (sem micorrizas e aplicação de 8.400 g m^{-3} de P), M1P0 (com micorrizas sem aplicação de P), M1P1 (com micorrizas e aplicação de 4.200 g m^{-3} de P), M1P2 (com micorrizas e aplicação de 8.400 g m^{-3} de P). Valores ajustados pela equação polinomial quadrática.

O benefício do FMA *Glomus clarum* à planta hospedeira parece estar relacionado com sua maior eficiência em absorver P do solo e mantê-lo em altos níveis nos tecidos das plantas de cedro (*Cedrela fissilis*) aos 120 dias, mostrando-se superior nas doses de 30, 480 e 960 mg kg^{-1} (Rocha et al., 2006). Siqueira (1994) afirmou que a quantidade de P requerida para inibir a

colonização depende da capacidade de absorção e translocação pela espécie vegetal.

Verificou-se para o urucum que não houve efeito inibitório do P para a variável MST e que FMA *Glomus clarum* foi benéfico ao incremento de biomassa, resultado semelhante ao descrito por Minhoni & Auler (2003) em mamoeiro (*Carica papaya*).

O fato das plantas também acrescentarem maior matéria seca total sob o tratamento M0P2, comparando-se ao controle, implica que foi a dose de P que influenciou no aumento da MST. Chu et al. (2004) evidenciaram a necessidade de fósforo para o crescimento inicial de plantas. Resende et al. (1999) verificaram que aplicações de 800 mg dm^{-3} P isoladamente aumentou a matéria seca total de aroeira (*Lithraea molleioides*) e jacaré (*Piptadenia gonoacantha*) em 941 e 596% respectivamente em comparação a testemunha. O fósforo é um elemento essencial a sintetização de fotoassimilados e produção de matéria seca e responsável também por acúmulo de biomassa (Primavesi, 2002) e pela promoção de crescimento (Sena et al., 2004).

Na Figura 2 observa-se a razão de área foliar (RAF) de plantas de urucum no período de quatro meses de avaliação. Os tratamentos M1P1, M0P2 e M0P1 apresentaram aumento dos 30 aos 60 dias após emergência, com redução posterior até 120 dias. Os demais tratamentos diminuíram dos 30 aos 120 dias.

Entre 30-60 dias após emergência os tratamentos que tiveram RAF aumentada investiram em captação de energia luminosa, ou seja, investimento em folhas, e os demais tratamentos (com redução da RAF), provavelmente direcionaram os fotoassimilados para outras partes da planta. Este

comportamento é decorrente do amadurecimento das folhas, consequentemente ocorrendo com todos os tratamentos dos 60 aos 120 dias.

Verifica-se na Figura 2 que, com exceção de M1P2, todos os tratamentos foram inferiores ao controle aos 120 dias, caracterizando um comportamento normal da RAF, pois o acúmulo de biomassa (Figura1) demonstra que a matéria resultante da fotossíntese foi acumulada em biomassa total em detrimento da razão da área foliar.

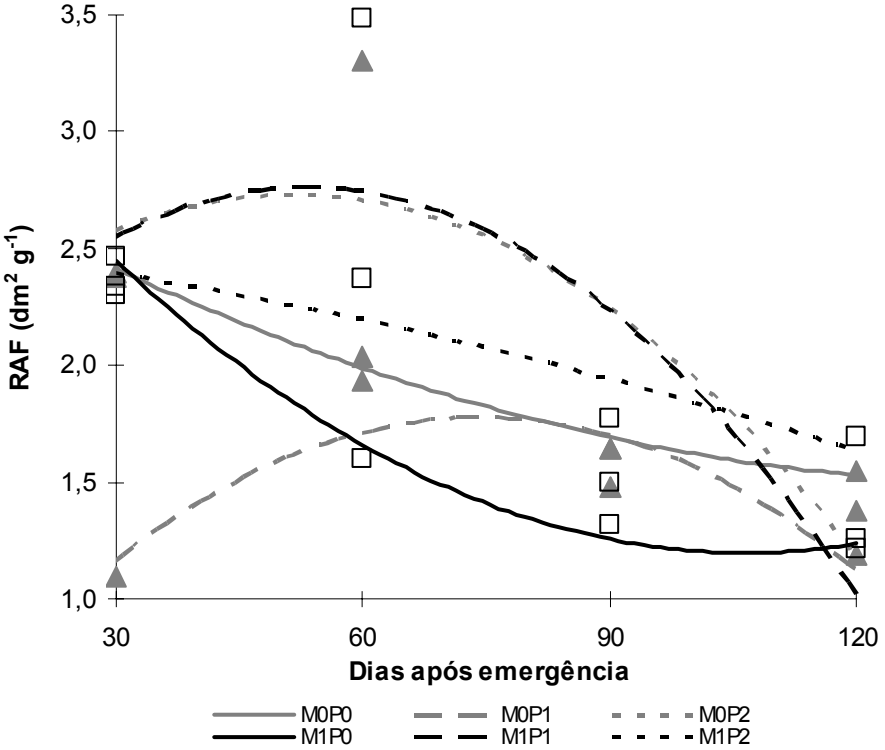

FIGURA 2 - Razão de área foliar ($dm^2\ g^{-1}$) de plantas de Urucum em função dos tratamentos: M0P0 (controle), M0P1 (sem micorrizas e aplicação de 4.200 g m^{-3} de P), M0P2 (sem micorrizas e aplicação de 8.400 g m^{-3} de P), M1P0 (com micorrizas sem aplicação de P), M1P1 (com micorrizas e aplicação de 4.200 g m^{-3} de P), M1P2 (com micorrizas e aplicação de 8.400 g m^{-3} de P). Valores ajustados pela equação polinomial quadrática.

A RAF expressa a área foliar útil para fotossíntese, sendo a relação entre área foliar, responsável pela intercepeção da energia luminosa e CO_2 e a massa seca total, resultado da fotossíntese. Assim, com o crescimento da

planta, aumenta a interferência das folhas superiores sobre as inferiores, com tendência de diminuir a área foliar útil, a partir de certa fase (Benincasa, 2003). A mesma autora verificou comportamento semelhante em sorgo (*Sorghum bicolor*) onde a RAF diminuiu do 13º ao 111º dias após semeadura corroborando com Urchei et al. (2000) que verificaram que a RAF do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*) aumentou até 30-37 dias após estabilização, ou seja, os materiais da fotossíntese foram convertidos em folhas, ocorrendo posterior decréscimo da RAF promovido pelo desenvolvimento morfofisiológico da planta e ganho em biomassa.

Estes resultados demonstram que aplicações de P na dosagem de 8.400 g m^{-3} e simbiose com FMA *Glomus clarum* (tratamento M1P2) favoreceu a RAF de plantas de urucum aos 120 dias. Rocha et al. (2006) também verificaram maior crescimento em mudas de cedro (*Cedrela fissilis*) inoculadas com *Glomus clarum* e aplicação de P até 960 mg kg^{-1} aos 120 dias após estabilização, enquanto Carneiro et al. (2002) e Costa et al. (2005) afirmaram que o melhor crescimento das espécies alfava (*Medicago sativa*) e mangabeira (*Hancornia speciosa*), respectivamente, foram em simbiose com FMA e baixas doses de P.

O resultado observado em plantas de urucum (Figura 2) provavelmente está relacionado ao fato da espécie ser exigente em P para seu crescimento, já que para a produção de fotoassimilados o P é um nutriente altamente exigido (Larcher, 2006) e os FMA facilitarem a assimilação do mesmo (Minhoni & Auler, 2003). Porém, segundo Siqueira (1994) o sucesso simbiótico depende da capacidade de absorção e translocação de P de cada espécie, podendo

diferentes espécies apresentar resultados diferentes a aplicações de fósforo, como verificado por Resende et al. (1999) no crescimento inicial de espécies florestais de diferentes grupos sucessionais em respostas a doses de fósforo, onde algumas espécies pioneiras responderam bem em dosagem zero e outras em dosagem de 800 mg dm^{-3} de P.

Na Figura 3 observa-se a área foliar especifica (AFE) de plantas de urucum. Os maiores valores foram observados nos tratamentos M0P1 e M1P0 aos 30 dias, com posterior redução até 120 dias. Os tratamentos M0P2 e M1P2 apresentaram valores semelhantes durante o período de avaliação e tendência à redução entre 90 e 120 dias, enquanto o tratamento M0P2 comportou-se de forma semelhante, porém com tendência a aumento entre 90-120 dias. O controle (M0P0) teve a AFE reduzida até 90 dias, seguida de aumento.

Segundo Benincasa (2003) a tendência de AFE é diminuir já que esta variável é a correlação entre superfície foliar e sua massa seca, pois conforme Larcher (2006) no desenvolvimento das plantas a superfície diminui e o mesofilo foliar aumenta, provocando diminuição da AFE devido à translocação de fotoassimilados das folhas para o incremento de biomassa.

O fato de os maiores valores serem apresentados pelos tratamentos M1P0, M0P1 sugere que tanto o P (4.200 g m^{-3}), quanto à inoculação com *Glomus clarum* isoladamente influenciaram essa variável. Chu et al. (2004) também verificaram maior eficiência da inoculação de quaruba (*Vochysia máxima*) na dosagem 0 de P.

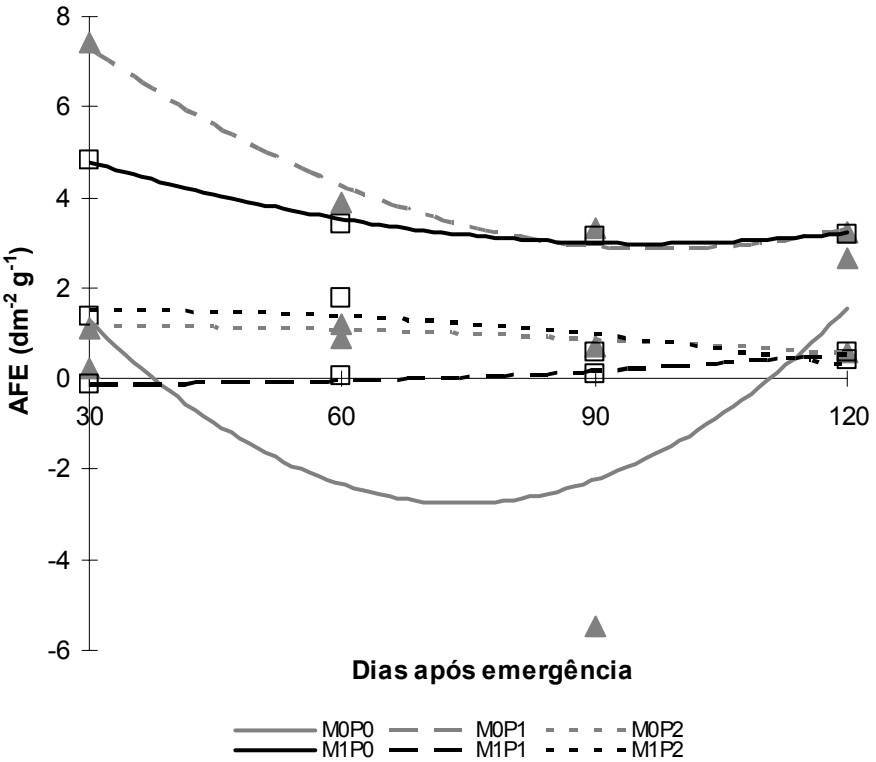

FIGURA 3 - Área foliar especifica (dm^2 g^{-1}) de plantas de Urucum em função dos tratamentos: M0P0 (controle), M0P1 (sem micorrizas e aplicação de 4.200 g m^{-3} de P), M0P2 (sem micorrizas e aplicação de 8.400 g m^{-3} de P), M1P0 (com micorrizas sem aplicação de P), M1P1 (com micorrizas e aplicação de 4.200 g m^{-3} de P), M1P2 (com micorrizas e aplicação de 8.400 g m^{-3} de P). Valores ajustados pela equação polinomial quadrática.

A necessidade de P em plantas de algodão (*Gossypium hirsutum*) foi relatada por Ferrari et al. (2005) ao observarem que a maior absorção e acúmulo nas folhas aconteceu após 64 dias da emergência.

Os tratamentos M1P1, M0P2 e M1P2 apresentaram os menores valores de AFE aos 120 dias, indicando maior área foliar e massa seca das folhas, evidenciando uma modificação na estrutura foliar das plantas submetidas a estes tratamentos em virtude do acúmulo de carboidratos nas folhas devido a menor retranslocação dos fotoassimilados das folhas para os drenos. Benincasa (2003) afirmou que os valores da AFE no início do desenvolvimento podem ser maiores, revelando menores áreas foliares e massa seca de folhas.

Este resultado sugere que a menor AFE dos tratamentos influenciaram outras variáveis, como MST, pois ocorreu translocação de fotoassimilados.

Na Figura 4 observam-se as curvas para a taxa assimilatória líquida (TAL) de plantas de urucum, onde os tratamentos M0P0, M1P1 e M1P2 apresentaram aumento dos 30 aos 90 dias, enquanto o tratamento M1P0 aumentou dos 30 aos 60 dias. Estes tratamentos apresentaram posterior redução nos valores da TAL, principalmente M1P1 e M1P2. Os tratamentos M0P1 e M0P2 tiveram redução nos valores da TAL durante o período avaliado.

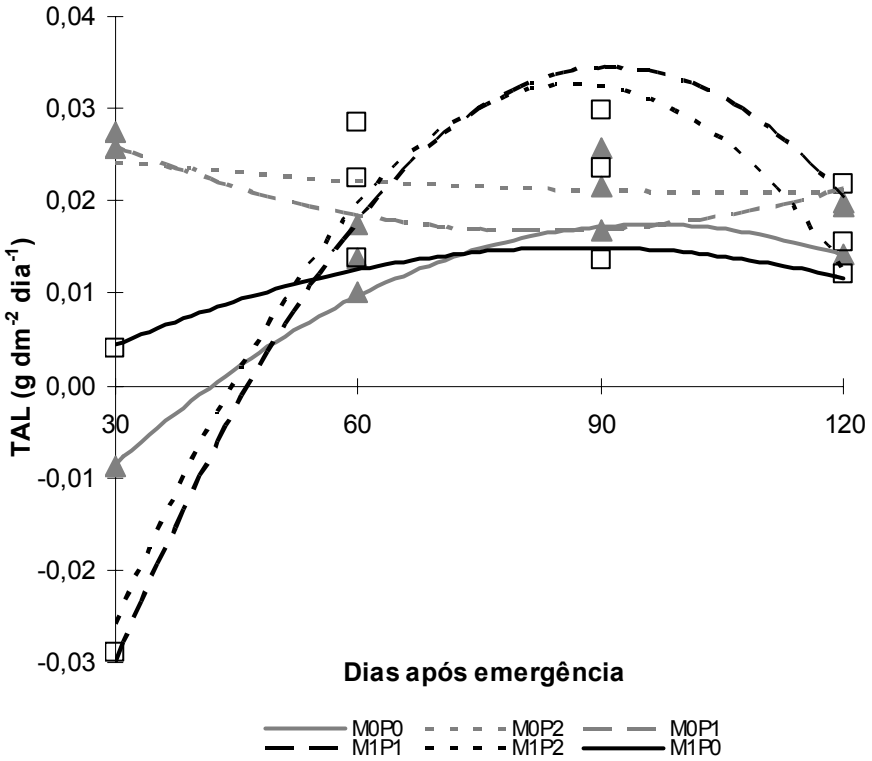

FIGURA 4 - Taxa assimilatória liquida ($g.dm^{-2}.\ dia^{-1}$) de plantas de Urucum em função dos tratamentos: M0P0 (Controle), M0P1 (Sem micorrizas e aplicação de 4.200 g m^{-3} de P), M0P2 (Sem micorrizas e aplicação de 8.400 g m^{-3} de P), M1P0 (Com micorrizas sem aplicação de P), M1P1 (Com micorrizas e aplicação de 4.200 g m^{-3} de P), M1P2 (Com micorrizas e aplicação de 8.400 g m^{-3} de P). Valores ajustados pela equação polinomial quadrática.

O aumento da TAL está diretamente relacionado ao acúmulo de biomassa provido pela fotossíntese, pois é o resultado liquido da mesma, enquanto a

diminuição da TAL está relacionada ao fato de que as plantas investiram em arquitetura foliar. O aumento do número de folhas e área foliar provoca o aumento de fotossíntese líquida e conseqüentemente do parâmetro fisiológico TAL. Urchei et al. (2000) afirmaram que a evolução da TAL com a idade da planta sugere diminuição progressiva desse parâmetro fisiológico ao longo dos diferentes estádios, evidenciando maiores valores durante o período vegetativo da cultura, com declínio mais acentuado, seguido de uma relativa constância da assimilação líquida na fase reprodutiva, com retomada de decréscimos sucessivos do final do estádio reprodutivo ao término do ciclo da cultura. Benincasa (2003) afirmou que existe correlação linear entre a área foliar e matéria seca total, pois a TAL expressa a taxa de fotossíntese líquida, matéria seca produzida (em gramas), por unidade de área foliar (dm^{-2}) por unidade de tempo.

Com exceção de M1P0, todos os tratamentos apresentaram maior TAL em relação ao controle (M0P0) aos 120 dias, indicando haver efeito sobre o balanço líquido da fotossíntese. O mesmo comportamento foi verificado por Rocha et al. (2006) na análise de crescimento de cedro (*Cedrela fissilis*) com aplicação de P em doses entre 30 e 480 mg kg^{-1} e inoculação de FMA *Glomus clarum* aos 180 dias. Illensser & Paulilo (2002) verificaram que mudas de *Euterpe edulis* apresentaram maior taxa assimilatória líquida com aplicação de 10 e 20 mg^{-1} L^{-3} de P.

A tendência da taxa crescimento relativo (TCR) de plantas de urucum (Figura 5) é de aumento dos 30 aos 90 dias e redução entre 90-120 dias, com exceção de M1P0 que teve redução da TCR durante todo o período de avaliação.

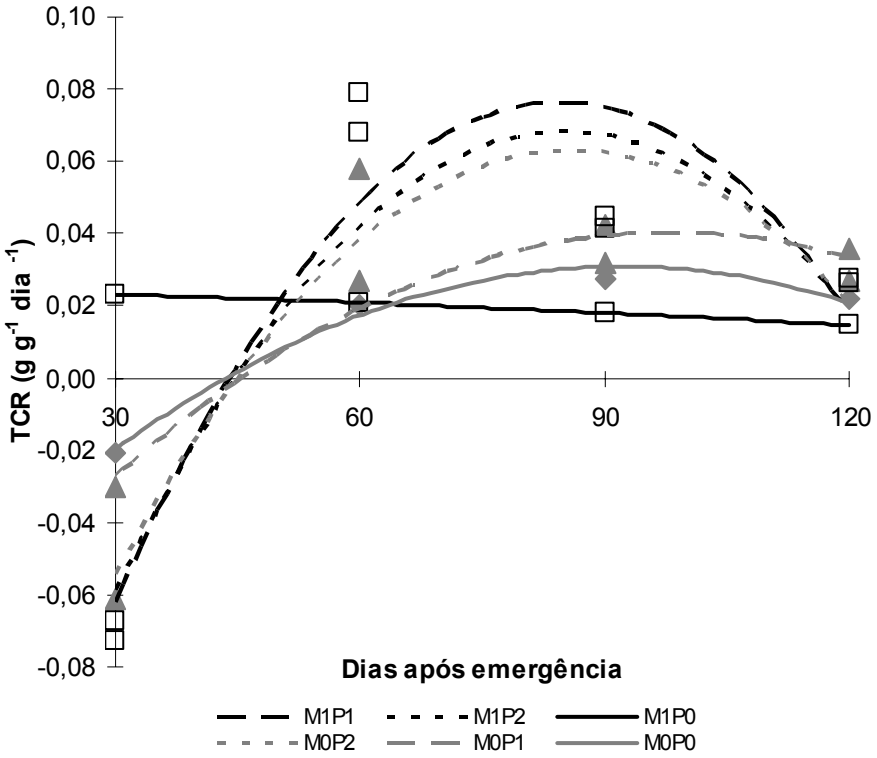

FIGURA 5 - Taxa de crescimento relativo ($g.g^{-1}.dia^{-1}$) de plantas de urucum em função dos tratamentos: M0P0 (controle), M0P1 (sem micorrizas e aplicação de 4.200 g m^{-3} de P), M0P2 (sem micorrizas e aplicação de 8.400 g m^{-3} de P), M1P0 (com micorrizas sem aplicação de P), M1P1 (com micorrizas e aplicação de 4.200 g m^{-3} de P), M1P2 (com micorrizas e aplicação de 8.400 g m^{-3} de P). Valores ajustados pela equação polinomial quadrática.

Benincasa (2003) afirmou que a TCR representa o aumento da massa seca de uma planta ou de qualquer um dos seus órgãos, em relação à massa seca existente no instante em que se inicia o período de observação e, Lima et al. (2007) afirmaram que variações da TCR podem ser consideradas normais uma vez que qualquer incremento ao longo de um determinado período está diretamente relacionado ao tamanho alcançado no período anterior, sendo que,

segundo Urchei et al. (2000), a diminuição da TCR pode ser explicada pela elevação da atividade respiratória e pelo auto-sombreamento, cuja importância aumenta com a idade da planta.

Aos 90 dias, os tratamentos M1P1, M1P2 e M0P2 apresentaram maior TCR, indicando que o urucum apresenta maior probabilidade de sobrevivência em solos com boa disponibilidade de P com ou sem simbiontes que possam fornecer aporte através da extensão de suas hifas. Moratelli et al. (2007) afirmaram que espécies que apresentam maior TCR garantem maiores condições de sobrevivência. Os mesmos autores também observaram que se ocorre aumento/diminuição da RAF, provavelmente ocorrerá também o mesmo comportamento da TCR, o que foi também verificado neste trabalho. Illenser & Paulilo (2002) afirmaram que a diminuição da RAF maximiza nutrientes para a maior demanda fotossintética e transpiratória.

Estes resultados indicam que o urucum é um ótimo extrator de fósforo e que as dosagens médias e altas de P com e sem FMA deste trabalho promoveram maiores valores de TCR. Carneiro et al. (2002) demonstraram que o FMA *Glomus etunicatum* promoveu aumento de crescimento da alfafa (*Medicago sativa*) em dosagens medianas de P (60, 120 e 180 mg P kg^{-1}). Chu et al. também verificou diferenças significativas no crescimento de mudas de guaruba (*Vochysia maxima*) inoculadas sem e com aplicação de P.

A taxa de crescimento absoluto (TCA) segundo Benincasa (2003) é a variação ou incremento entre duas amostragens, podendo ser utilizada para se ter idéia da velocidade média de crescimento ao longo do período de observação.

As curvas da TCA do urucum (Figura 6) em função do tempo evidenciam que as plantas apresentaram aumento de TCA dos 30 aos 120 dias após emergência em todos os tratamentos, com maiores valores nos tratamentos M0P2, M1P1 e M1P2, ficando o controle com valores consideravelmente mais baixos. Os resultados se assemelham ao obtido por Chu et al. (2004), que verificaram crescimento de guaruba (*Vochysia máxima*) sob tratamentos com aplicação de P, com e sem FMA. Minhoni & Auler (2003) também verificaram crescimento de mudas de mamoeiro (*Sunrise solo*) com aplicações isoladas de P e inoculação de FMA, sendo o máximo crescimento promovido pela interação entre os fatores. Costa et al. (2001) observaram maior crescimento de plantas de aceroleira (*Malpighia emarginata*) quando inoculadas com os fungos *Gigaspora margarita* e *Glomus etunicatum*.

Verificou-se que as curvas da TCA apresentaram certa semelhança com MST demonstrando incrementos de biomassa máximos aos 120 dias. Estes resultados indicam que o urucum foi exigente em P (com ou sem associação com FMA) para acúmulo de biomassa neste trabalho, o que também foi evidenciado pela TCA. Resende et al. (1999) verificaram que as espécies aroeira (*Lithraea molleoides*) e jacaré (*Piptadenia gonoacantha*) apresentaram maior crescimento com aplicação de 800 mg dm^{-3} de fósforo em relação à testemunha. Fernandes et al. (2000) verificaram que houve crescimento da paineira (*Chorosia speciosa*) até a dosagem de 600 mg dm^{-3} de P. Flores-Aylas et al. (2003) observaram que plantas de gravitinga (*Solanum granuloso*) inoculadas com *Glomus etunicatum* apresentaram maior crescimento com alta dosagem de fósforo (0,2 mg L^{-1}).

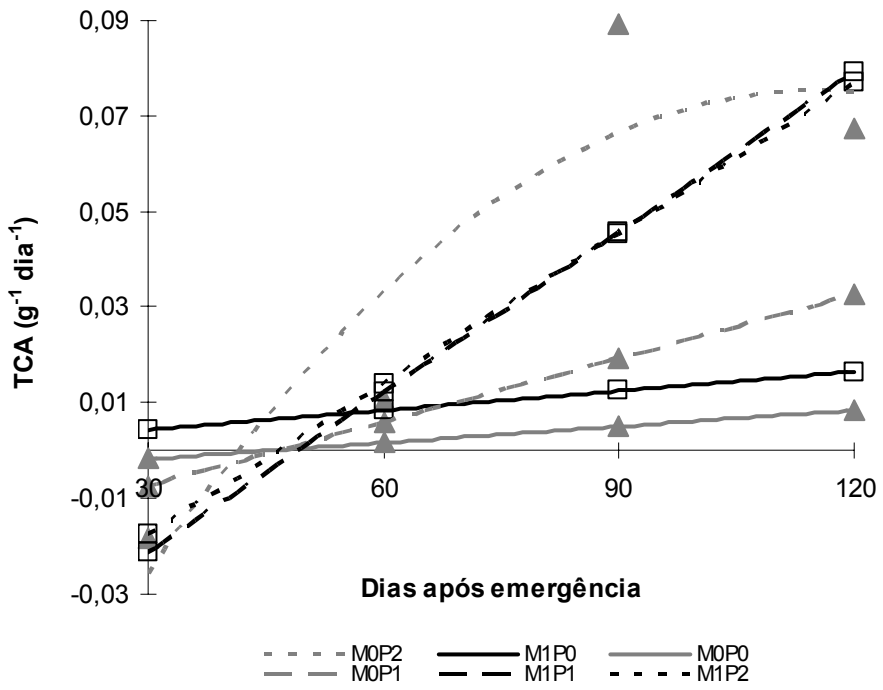

FIGURA 6 - Taxa de crescimento absoluto (g^{-1}. dia^{-1}) de plantas de urucum em função dos tratamentos: M0P0 (controle), M0P1 (sem micorrizas e aplicação de 4.200 g m^{-3} de P), M0P2 (sem micorrizas e aplicação de 8.400 g m^{-3} de P), M1P0 (com micorrizas sem aplicação de P), M1P1 (com micorrizas e aplicação de 4.200 g m^{-3} de P), M1P2 (com micorrizas e aplicação de 8.400 g m^{-3} de P). Valores ajustados pela equação polinomial quadrática.

6.4 CONCLUSÃO

O presente estudo permitiu concluir que:

- O urucum foi altamente exigente em relação à absorção de P e o fungo micorrízico facilitou esse processo.

- Doses de P de 4.200 g m^{-3} em associação com FMA *Glomus clarum* ou 8.400 g m^{-3} com ou sem essa associação são indicadas para o crescimento de plantas de urucum em viveiro por promoverem maiores índices fisiológicos, contribuindo no desenvolvimento.

6.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, A.S.F.; BURITY, H.A.; LYRA, M.C.C. Influência dos diferentes níveis de nitrogênio e fósforo em leucena inoculada com rhyzobium e fungo micorrízico arbuscular. **Revista Ecossistema**, Piracicaba, v.26, n.1, p.35-38, 2001.

BENINCASA, M.M.P. **Análise de crescimento de plantas**: noções básicas. Jaboticabal: Funep, 2003. 41p.

CALDEIRA, M.R. et al. Efeito de fungos micorrízicos arbusculares no desenvolvimento de duas leguminosas arbóreas. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.9, n.1, p.63-70, 1999.

CARNEIRO, M.A.C. et al. Mycorrhizal fungi and superphosphate on growth of tropical woody species. **Scientia Forestalis**, Lavras, n.50, p.21-36, 1996.

CARNEIRO, R.F.V. et al. Inoculação com fungos micorrízicos arbusculares em alfafa (*Medicago sativa* L.) em solos com doses crescentes de fósforo. **Ciências Agrotécnicas,** Lavras, v.26, n.3, p.618-625, 2002.

CARNEIRO, M.A.C.; SIQUEIRA J.O.; DAVIDE, A.C. Fósforo e inoculação com fungos micorrízicos arbusculares no estabelecimento de mudas de embaúba (*Cecropia pachystachya* Trec). **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Lavras, v.34, n.3, p.119-125, 2004.

CHU, E.Y.; YARED, J.A.G.; MAKI-ONUKI, H.J. Efeitos da inoculação micorrízica e da adubação fosfatada em mudas de *Vochysia maxima* Ducke. **Revista Árvore**, Viçosa, v.28, n.2, p.157-165, 2004.

COSTA, C.M.C. et al. Fungos micorrízicos arbusculares e adubação fosfatada em mudas de mangabeira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.40, n.3, p.225-232, 2005.

COSTA, C.M.C. et al. Influência de fungos micorrízicos arbusculares sobre o crescimento de dois genótipos de aceroleira (*Malpighia emarginata* D.C.). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36, n.6, 2001.

EMBRAPA. Rio de Janeiro. **Sistema brasileiro de classificação de solos**: Brasília, 1999. 420p.

FERRARI, S. et al. Absorção de fósforo, na fase inicial de desenvolvimento de cultivares de algodão (*Gossypium hirsutum* L.). In: Congresso Brasileiro de Algodão, 5., Embrapa Algodão, Salvador, BA. Anais. 1. CD-Rom.

FERNANDES, L.A. et al. Crescimento inicial, níveis críticos de fósforo e frações fosfatadas em espécies florestais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira,** Brasília, v.35, n.6, p.1191-1198, 2000.

FLORES-AYLAS, W.W.; SAGGIN-JÚNIOR, O.J.O.; DAVIDE, A.C. Efeito de *Glomus etunicatum* e fósforo no crescimento inicial de espécies arbóreas em semeadura direta. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.38, n.2, p.257-266, 2003.

GLIESMANN, S.R. **Agroecologia:** processos ecológicos em agricultura sustentável. 2. ed. Porto Alegre: UFRGS, 2001. 653p.

ILLENSEER, R.; PAULILO, M.T.S. Crescimento e eficiência na utilização de nutrientes em plantas jovens de *Euterpe edulis* Mart. sob dois níveis de irradiância, nitrogênio e fósforo. **Acta Botânica Brasílica**, São Paulo, v.16. n.4, p.385-394, 2002.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima, 2006. 531p.

LIMA, J.L.; PEIXOTO, C.P.; LEDO, C.A.S. Índices fisiológicos e crescimento inicial de mamoeiro (C*arica papaya* L.) em casa de vegetação. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v.31, n.5, p.1358-1363, 2007.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras:** manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil. v.2. Nova Odessa: Plantarum, 1998. 381p.

MINHONI, M.T.A.; AULER, P.A.M. Efeito do fósforo, fumigação do substrato e fungo micorrízico arbuscular sobre o crescimento de plantas de mamoeiro. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, n.5, p.841-847, 2003.

MORATELLI, E.M. et al. Efeito da disponibilidade da água e de luz na colonização micorrízica e no crescimento de Tabebuia avellanadae Lorentz Ex Griseb. (Bignoniaceae). **Revista Árvore**, Viçosa, v.31, n.3, p.555-566, 2007.

ODUM, E.P. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan S. A. 1988. 426p.

PRIMAVESI, A. **Manejo ecológico do solo.** São Paulo: Nobel, 2002. 548p.

PORTES, T.A.; CASTRO JUNIOR, L.G.; Análise de crescimento de plantas: um programa computacional auxiliar. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Brasília, v.3 n.1, p.53-56. 1991.

RAVEN, P.H.; EVERTE, R.F.; EICHHORN, S.E. **Biologia vegetal**. Guanabara Koogan S. A., 6.ed. 2001. 906p.

RESENDE, Á.V. et al. Crescimento inicial de espécies florestais de diferentes grupos sucessionais a doses de fósforo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira,** Brasília, v.34, n.11, p.2071-2081, 1999.

RICKLEFS, R. E. **A economia da natureza.** Rio de Janeiro: Guanabara Koogan S. A., 5.ed. 2001. 503p.

ROCHA, F.S. et al. Dependência e resposta de mudas de cedro a fungos micorrízicos arbusculares. **Pesquisa Agropecuária Brasileira,** Brasília, v.41, n.1, p.77-84, 2006.

SENA, J.O.A.; LABATE, C.A.; CARDOSO, E.J.B.N. Caracterização fisiológica da redução de crescimento de mudas de citrus micorrizadas em altas doses de fósforo. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v.28, n.5, p.827-832, 2004.

SILVA, E.M.R. et al. **Ocorrência e efetividade de fungos micorrízicos em plantas cultivadas**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia: 1998. 25p.

SIQUEIRA, J.O. Micorrizas arbusculares microrganismos de importância agrícola. **Embrapa**. Brasília, doc.44, p.151-194, 1994.

URCHEI, M.A.; RODRIGUES, J.D.; STONE, L.V. Análise de crescimento de duas cultivares de feijoeiro sob irrigação, em plantio direto e preparo convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.3, p.497-506, 2000.

7. APÊNDICE

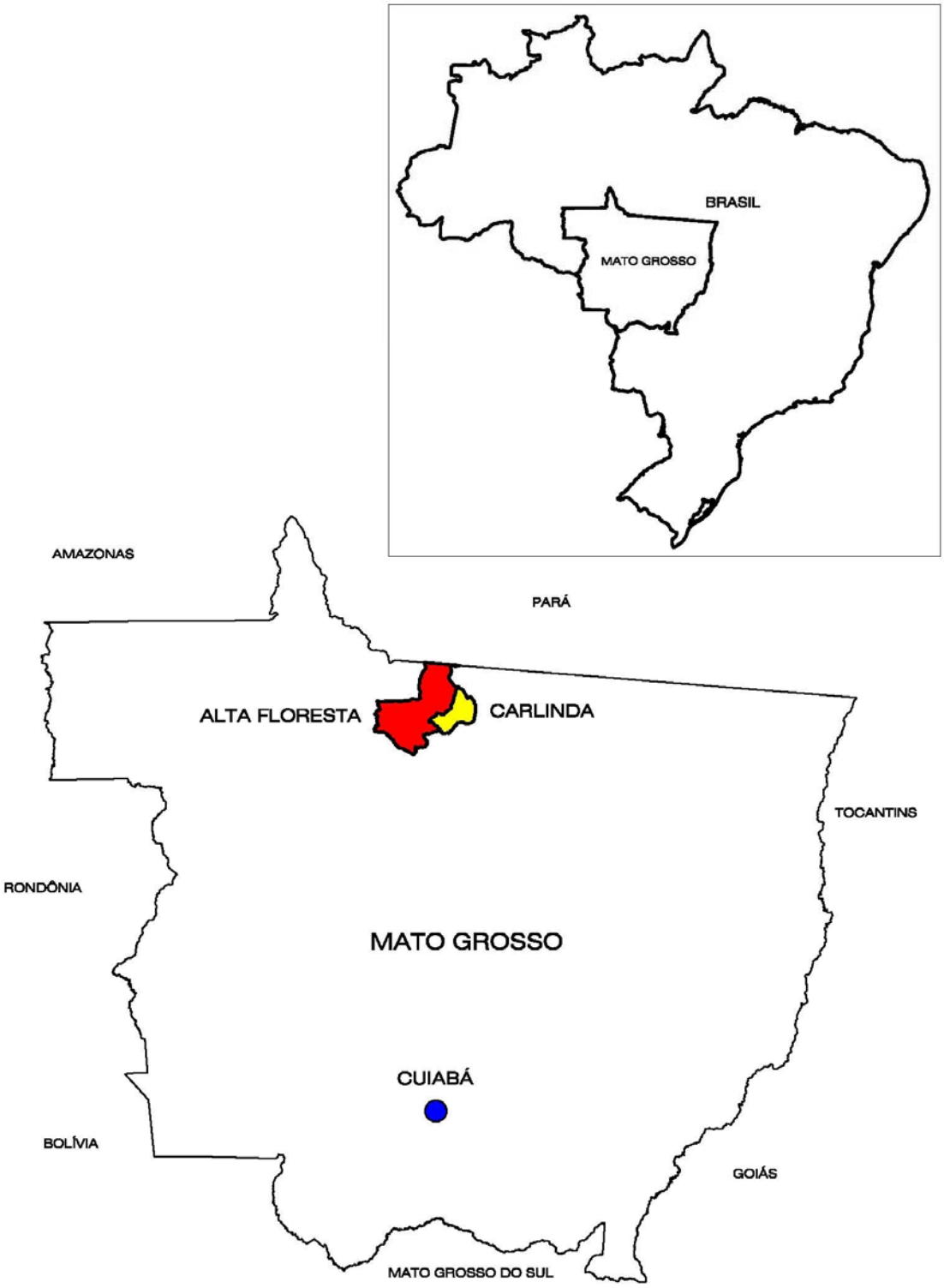

FIGURA 1. Mapa de localização de Carlinda - MT