

LÚCIA DE FATIMA DE CARVALHO CHAVES

Absorção de Fósforo por Mudanças de
Jacarandá-da-Bahia (*Dalbergia nigra* (Vell.) Fr.
Allem.) e de Vinhático (*Plathymenia foliolosa* Benth.)
na Presença de *Gigaspora margarita* Gerd. e Taxt.

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
JULHO - 1996

.847
2a
6
2

CONTEÚDO

	Página
LISTA DE ABREVIATURAS	viii
EXTRATO	x
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1. O Jacarandá-da-Bahia (<i>Dalbergia Nigra</i> (Vell.) Fr. Allem.) e o Vinhático (<i>Plathymenia foliolosa</i> Benth.)	3
2.2. O Fósforo no Solo e na Planta	7
2.3. A Rizosfera e o Fornecimento de Fósforo para as Plantas - O Papel das Micorrizas	11
2.4. O Processo de Absorção de Fósforo pelas Plantas	14
3. MATERIAL E MÉTODOS	26
3.1. Fases do Experimento	26
3.2. Produção do Inóculo	26
3.3. Produção das Mudanças e Inoculação	27
3.4. Repicagem e Reforço da Inoculação	29
3.5. Omissão de Fósforo	31
3.6. O Ensaio de Cinética	32

	Página
3.7. Eficiência de Utilização de Fósforo e Dependência Mi- corrizica	35
3.8. Delineamento Experimental	36
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
4.1. Colonização e Características de Crescimento	37
4.2. Características Nutricionais	41
4.3. Parâmetros Cinéticos de Absorção de Fósforo	50
4.4. Eficiência de Utilização de Fósforo e Dependência Mi- corrizica	54
4.5. Correlação entre Características de Crescimento, Caracte- rísticas Nutricionais e Parâmetros Cinéticos de Absorção de Fósforo	55
5. CONCLUSÕES	57
BIBLIOGRAFIA	58
APÊNDICES	68
APÊNDICE A	69
APÊNDICE B	78

LISTA DE ABREVIATURAS

- H - altura das mudas
- $V_{m\acute{a}x}$ - velocidade máxima de absorção de P
- Km - concentração de P necessária para ocorrer metade da velocidade máxima de absorção
- $C_{m\acute{i}n}$ - concentração mínima de P necessária para que ocorra absorção - concentração na qual o influxo = efluxo
- PFA - peso de mteria fresca da parte aérea
- PFR - peso de mteria fresca do sistema radicular
- PSA - peso de mteria seca da parte aérea
- PSR - peso de mteria seca do sistema radicular
- %C - percentagem de colonização
- SRC - peso de mteria seca do sistema radicular colonizado
- QPA - quantidade de P absorvida no ensaio de cinética
- TPA - concentração de P na parte aérea
- TPR - concentração de P no sistema radicular
- TKA - concentração de K na parte aérea
- TKR - concentração de K no sistema radicular

- TCA - concentração de Ca na parte aérea
- TCR - concentração de Ca no sistema radicular
- TMA - concentração de Mg na parte aérea
- TMR - concentração de Mg no sistema radicular
- CPA - conteúdo de P na parte aérea
- CPR - conteúdo de P no sistema radicular
- CPT - conteúdo de P na planta como um todo
- CKA - conteúdo de K na parte aérea
- CKR - conteúdo de K no sistema radicular
- CKT - conteúdo de K na planta como um todo
- CCA - conteúdo de Ca na parte aérea
- CCR - conteúdo de Ca no sistema radicular
- CCT - conteúdo de Ca na planta como um todo
- CMA - conteúdo de Mg na parte aérea
- CMR - conteúdo de Mg no sistema radicular
- CMT - conteúdo de Mg na planta como um todo

EXTRATO

CHAVES, Lúcia de Fatima de Carvalho, D.S., Universidade Federal de Viçosa, julho de 1996. *Absorção de Fósforo por Mudanças de Jacarandá-da-Bahia (*Dalbergia nigra* (Vell.) Fr. Allem.) e de Vinhático (*Plathymenia foliolosa* Benth.) na Presença de *Gigaspora margarita* Gerd. e Taxt.* Professora Orientadora: Rita de Cássia Gonçalves Borges. Professores Conselheiros: Hermínia Emília Prieto Martinez e Laércio Zambolim.

Estudou-se, em casa de vegetação e em câmara de crescimento, o crescimento e a cinética de absorção de fósforo em mudas de jacarandá-da-bahia [*Dalbergia nigra* (Vell.) Fr. Allem.] e de vinhático (*Plathymenia foliolosa* Benth.), influenciados pela inoculação com *Gigaspora margarita* Gerd. e Taxt. As plantas foram cultivadas em substrato, constituído pela mistura de solo, areia e vermiculita, na proporção volumétrica de 1:1:1, na ausência e na presença do fungo micorrízico vesículo-arbuscular (MVA) *G. margarita*, tendo-se avaliado a altura, os pesos de matéria fresca e seca dos componentes das mudas, a absorção de nutrientes e a colonização das raízes, aos 98 dias de cultivo em vasos. Também foi estudada a cinética de

absorção de fósforo (P) pelas plantas, transferidas do substrato de crescimento para solução nutritiva, utilizando-se diferentes tempos de omissão de P (12, 10, 8 e 6 dias) da solução. As mudas de jacarandá-da-bahia e de vinhático, inoculadas com *G. margarita*, apresentaram maiores crescimento em altura e pesos de matéria fresca e seca da parte aérea e do sistema radicular, maiores conteúdos de P, K, Ca e Mg, na parte aérea e no sistema radicular, menores valores de $V_{máx.}$, K_m e $C_{mín.}$, e maior absorção de P durante o ensaio de cinética, do que as não-inoculadas. Não houve efeito significativo ($P > 0,05$) dos tempos de omissão de P, sobre os parâmetros cinéticos de absorção, nem sobre as características de crescimento ou nutricionais das plantas. *Gigaspora margarita* foi mais eficiente na produção de mudas de jacarandá-da-bahia do que na produção de mudas de vinhático. Conclui-se que a inoculação com *G. margarita* permite o crescimento mais rápido de mudas de jacarandá-da-bahia e de vinhático, em razão da maior absorção de nutrientes e da maior eficiência na absorção de P.

1. INTRODUÇÃO

Desde a época de seu descobrimento, que o Brasil vem sendo explorado em suas riquezas naturais, principalmente no que se refere aos recursos florestais.

Em virtude dessas explorações intensivas, em sua grande maioria, as espécies florestais de interesse econômico vêm sendo exauridas de seu habitat natural, como é o caso do jacarandá-da-bahia e do vinhático, duas leguminosas arbóreas, produtoras de madeira de grande valor comercial.

Há algumas décadas, em razão da grande demanda por produtos florestais, principalmente madeira, e da escassez destes recursos, começaram-se a realizar plantios de espécies florestais exóticas de rápido crescimento e, mais recentemente, tem-se incentivado o plantio de espécies nativas, principalmente em se tratando de recuperação de terras degradadas.

Portanto, de modo geral, as terras destinadas à silvicultura apresentam limitações em água e fertilidade natural, de forma que o sucesso

de um plantio florestal depende do manejo adequado dos nutrientes do solo (KHANNA e ULRICH, 1984 e CARMO et al., 1990).

De acordo com SILVA et al. (1994), dentre várias espécies florestais nativas já estudadas, as leguminosas são as mais exigentes em fósforo (P), o principal nutriente a limitar o crescimento de plantas e, naturalmente, escasso nos solos tropicais.

Sob estas condições, plantas com raízes micorrizadas absorvem mais eficientemente o P que as não-micorrizadas, apresentando altos valores de $V_{m\acute{a}x.}$ e baixos valores de K_m (SILVEIRA, 1992). Talvez, por este motivo, as espécies florestais de regiões tropicais apresentem elevado grau de micotrofia.

Neste sentido, CHAVES (1992) demonstrou a importância da micorrização para a absorção de P pelo jacarandá-da-bahia. Contudo, nada se conhece sobre a cinética de absorção de P desta espécie, assim como também para o vinhático.

Diante destes fatos, este trabalho teve por objetivo estudar a influência do fungo micorrízico *Gigaspora margarita* sobre as características de crescimento e nutricionais e sobre os parâmetros cinéticos de absorção de P, em mudas de jacarandá-da-bahia e de vinhático.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. *O Jacarandá-da-Bahia (Dalbergia Nigra (Vell.) Fr. Allem.) e o Vinhático (Plathymenia Foliolosa Benth.)*

Também conhecido como jacarandá, caviúna, jacarandá-caviúna, dentre outros nomes populares, o jacarandá-da-bahia é uma árvore da família Leguminosae, subfamília Papilionoideae, cuja altura varia entre 15 e 25 m, com tronco de 40 a 80 cm de diâmetro (LORENZI, 1992). De acordo com este autor, produz madeira moderadamente pesada, com densidade em torno de $0,87 \text{ g/cm}^3$, muito resistente, de longa durabilidade natural, bastante decorativa, sendo, por estes motivos, conhecida no mundo inteiro e empregada para diversos fins, tais como mobiliário de luxo, acabamentos internos em construção civil, peças torneadas, instrumentos musicais, principalmente confecção de pianos, dentre outros. Segundo RIZZINI (1978), é a mais valiosa das madeiras nacionais e, embora o rendimento das árvores em madeira desdobrada seja pequeno, é compensado pelo seu elevado preço.

O jacarandá-da-bahia é uma árvore decídua, heliófita, que ocorre principalmente nas encostas bem drenadas, sendo encontrada tanto no interior da mata primária densa quanto nas formações secundárias (LORENZI, 1992).

Esta informação vai de encontro àquelas declaradas, por RIZZINI (1978), de que o jacarandá-da-bahia prefere locais de terra pobre, onde a mata é menos exuberante. De acordo com esse autor, nos sítios que apresentam solos de melhor qualidade, com florestas viçosas, há poucos e finos jacarandás.

Certamente este fato deve-se a seu caráter pioneiro, segundo LORENZI (1992). Este autor afirma que esta espécie ocorre inclusive em cortes de barrancos, pois, uma vez que produz, anualmente, grande quantidade de sementes viáveis e, sendo capaz de regenerar-se a partir de raízes, é considerada como planta rústica e adaptada a terrenos secos, indicada como ótima para plantios mistos em terrenos degradados.

LEÃO e VINHA (1975) declararam que o jacarandá-da-bahia não é uma espécie exigente em fósforo, porém, prefere solos com baixo teor de alumínio, embora seja encontrada naqueles que apresentam até 3,4 meq Al^{3+} /100 g de solo. Em contradição, GOLFARI (1975) afirmou que o jacarandá-da-bahia manifesta crescimento rápido em solos de boa fertilidade.

Desenvolvendo estudo, CHAVES (1992) concluiu que o jacarandá-da-bahia responde positivamente à micorrização, inferindo que sua baixa exigência com relação ao fósforo, que é um nutriente limitante ao bom crescimento e ao desenvolvimento das plantas, e sua tolerância aos altos teores de alumínio no solo, em seu habitat natural, podem ser consequência deste tipo de associação.

Embora sua ocorrência natural esteja ligada à floresta pluvial atlântica dos Estados da Bahia, do Espírito Santo, de Minas Gerais, do Rio de Janeiro e de São Paulo, pesquisas com resultados positivos quanto ao crescimento vêm sendo realizadas no Nordeste e na Amazônia (GALVÃO et al., 1979).

Entretanto, apesar de se enfatizar, mais recentemente, os estudos sobre o comportamento do jacarandá-da-bahia, os resultados obtidos limitam-se a parcelas experimentais, lançadas em várias regiões do País. Mesmo assim, uma análise de dados, obtidos em talhões experimentais de indivíduos com 57 meses de idade, na região de Manaus-AM (Galvão et al., 1981, citados por FONSECA et al., 1990), mostrou a potencialidade para plantios da espécie.

Da mesma forma, outros autores (GOLFARI, 1975 e GOLFARI e CASER, 1977) citaram seu bom crescimento também no Espírito Santo, sendo, naquele Estado, equivalente ao da *Gmelina arborea* e superior aos observados para a *Carapa guianensis* (andioba) e *Vochysia maxima* (quaruba) na Amazônia.

Assim como o jacarandá-da-bahia, o vinhático é uma árvore da família Leguminosae, porém da subfamília Mimosoideae, também conhecida pelos nomes populares de vinhático-da-mata, vinhático-rajado, vinhático-amarelo, amarelo, pau-de-candeia, dentre outros, com altura, variando de 15 a 30 m, e diâmetro de 40 a 70 cm (RIZZINI, 1978 e LORENZI, 1992).

A madeira do vinhático é leve, com densidade em torno de $0,50 \text{ g/cm}^3$ e dura. Apresenta textura média, longa durabilidade natural, com alburno diferenciado, fácil de trabalhar, sendo, por estes motivos, apropriada para mobiliário de luxo, acabamentos internos na construção civil, construção naval, lâminas decorativas, tacos e tábuas para assoalhos.

portas, confecção de tonéis de vinho, dentre outros (RIZZINI, 1978 e LORENZI, 1992).

O vinhático é uma árvore decídua, heliófita, característica da mata pluvial atlântica, porém com dispersão irregular e descontínua, de Pernambuco ao Rio de Janeiro e, com maior frequência, no Espírito Santo, em Minas Gerais e no Rio de Janeiro (LORENZI, 1992). Este mesmo autor declara que a árvore ocorre em terrenos elevados de matas mais ou menos secas, principalmente no interior da mata primária densa; produzindo, anualmente, moderada quantidade de sementes viáveis, cuja taxa de germinação geralmente é inferior a 20%.

Embora a viabilidade das sementes para armazenamento seja superior ao período de quatro meses, LORENZI (1992) sugere colocá-las para germinar, logo que colhidas, informando que a emergência ocorre em 8 a 20 dias. Este autor aconselha, ainda, o sombreamento dos canteiros, salientando que o desenvolvimento das mudas é lento, ficando prontas para plantio no local definitivo, dentro de oito a nove meses, e que, no campo, seu desenvolvimento é apenas moderado, atingindo de 2,5 a 3,0 m em dois anos.

A produção de mudas em viveiros florestais parece ser a fase mais importante para se obter sucesso em um florestamento ou reflorestamento. Segundo LAMPRECHT (1990), a principal regra do silvicultor consiste em somente utilizar no plantio material saudável e viçoso, devendo a seleção das mudas, destinadas ao plantio definitivo, realizar-se já nos viveiros.

No entanto, o equilíbrio delicado do ciclo nutritivo do povoamento não existe nos viveiros florestais (HAWLEY e SMITH, 1972). Por outro lado, as mudas de árvores podem esgotar o solo mais depressa que a maioria dos cultivos agrícolas (Wilde, 1946, citado por HAWLEY e

SMITH, 1972). De acordo com estes autores, só é possível conservar-se a boa produtividade nos solos dos viveiros e, portanto, produzir mudas com desenvolvimento satisfatório para plantio definitivo no campo, por meio da aplicação adequada de fertilizantes.

Estudos, realizados com várias espécies do gênero *Eucalyptus*, têm demonstrado, por exemplo, que o nível crítico de fósforo decresce com a idade da planta, exigindo, portanto, fontes mais solúveis deste nutriente por ocasião da produção de mudas (NEVES et al., 1990).

Além disso, muitas espécies florestais só podem ser cultivadas com perspectiva de êxito, quando há possibilidade de formação de micorrizas (LAMPRECHT, 1990). Este fato foi notado primeiramente, quando se tentaram introduzir espécies do gênero *Pinus*, sem sucesso, fora de sua região de ocorrência (IVORY, 1980 e ZAMBOLIM, 1990).

Deste modo, muitas espécies silviculturais nativas de florestas tropicais, tais como o jacarandá-da-bahia e o vinhático, que formam endomicorrizas, podem ser dependentes desta condição, para apresentarem bom crescimento.

Embora a inoculação possa ser realizada, por ocasião do plantio definitivo no campo, na maioria dos casos, ela é feita nos viveiros (LAMPRECHT, 1990), proporcionando mudas mais desenvolvidas, resistentes e, portanto, mais facilmente adaptáveis às condições de campo, num espaço de tempo mais curto.

2.2. O Fósforo no Solo e na Planta

No mundo inteiro, os plantios florestais são realizados em quase todos os tipos de solos, de maneira que diferentes unidades de solo podem apresentar desiguais características, exigindo, portanto, práticas de manejo

variadas (KHANNA e ULRICH, 1984). A natureza do material de origem é, freqüentemente, o fator mais importante na determinação das características físicas, químicas e biológicas do solo (Nakos, 1979, citado por KHANNA e ULRICH, 1984) e deveria ser, portanto, a principal característica usada na seleção de locais para plantios florestais, visto que o material de origem reflete os sistemas de tamponamento nos solos (KHANNA e ULRICH, 1984).

Entretanto, no Brasil, os grandes maciços de reflorestamento encontram-se na região Sudeste, predominando os plantios de espécies de eucalipto, com a demanda de extensas áreas, implicando, muitas vezes, na aquisição de terras mais baratas e, conseqüentemente, com maiores limitações, principalmente em água e fertilidade natural (CARMO et al., 1990).

Contudo, a grande demanda de produtos florestais, principalmente madeira, levou os silvicultores a trabalharem com espécies de rápido crescimento, ocasionando o dreno de nutrientes de sítios já empobrecidos, uma vez que o aumento de produtividade resulta em maiores demandas da capacidade de suprimento de nutrientes dos solos (KHANNA e ULRICH, 1984). Portanto, o sucesso do uso intensivo de terras florestais depende, de certa forma, do manejo adequado dos nutrientes do solo.

Sendo assim, a manutenção da produtividade de uma floresta exige que o manejador florestal possua conhecimentos sobre ciclagem dos nutrientes, de modo que os fertilizantes usados apresentem maior efeito e os nutrientes do solo sejam explorados com maior eficiência (MILLER, 1984). Este fato deve ser observado quanto ao fósforo nos trópicos, onde as deficiências com relação a este nutriente são freqüentes e o uso de fertilizantes fosfatados é limitado pelo alto custo (DIEDERICHS, 1982).

O fósforo (P) é, em geral, o nutriente mais limitante ao crescimento de plantas nos trópicos. Ele é prontamente absorvido como o íon fosfato monovalente (H_2PO_4^-) e, menos rapidamente, como o íon fosfato divalente (HPO_4^{2-}) (SALISBURY e ROSS, 1992).

A predominância de uma ou de outra forma no solo está, em função do pH (LINDSAY, 1979). Na faixa de pH de quatro a seis, a maioria do fosfato na solução está na forma de H_2PO_4^- . Esta é a faixa de pH da maioria dos solos, sendo, provavelmente por este motivo, a forma de fósforo absorvida prontamente pelas plantas (BINKLEY e VITOUSEK, 1989).

A baixa disponibilidade de fósforo, na maioria dos solos de regiões tropicais e subtropicais (RUIZ, 1986), bem como seu caráter limitante ao crescimento e ao desenvolvimento das plantas (HAYMAN, 1983) fazem com que este elemento seja objeto de estudos constantes, os quais visam analisar os diversos mecanismos que regulam seu suprimento aos vegetais.

A disponibilidade de fósforo para as plantas depende da quantidade, adsorvida à superfície das partículas, da atividade na solução do solo, de a capacidade do fósforo adsorvido passar à solução, assim como do transporte na solução do solo até atingir a superfície absorvente das raízes (RUIZ, 1986). Segundo o mesmo autor, esse transporte é regulado por diversos fatores, destacando-se o teor de água do solo, a interação do fósforo com os colóides do solo e a distância que percorre até atingir as raízes.

A difusão, movimento espontâneo de íons ou moléculas, causado por agitação térmica, é o processo de transporte predominante para o suprimento de fósforo para as plantas (JUNGK, 1991). Porém, segundo

esse autor, para ocorrer este movimento, são necessários gradientes de concentração.

Considerando que o solo é um sistema poroso, não-homogêneo, o fósforo difunde apenas nos espaços porosos, que estão cheios de água (JUNGK, 1991). Existe, portanto, uma relação direta entre o conteúdo de água do solo e a difusão de fósforo (RUIZ, 1986).

Além disso, o íon fosfato, presente na solução do solo, interage com a fase sólida do solo e com seus outros constituintes, fazendo com que sua difusão varie com as condições do solo (JUNGK, 1991). Porém, segundo RUIZ (1986), com o aumento do teor de umidade, o filme de água das partículas sólidas do solo fica mais espesso, diminuindo a interação íon-colóide, incrementando-se, dessa forma, a quantidade do nutriente na solução.

A absorção de um determinado nutriente pela planta depende (1) da morfologia e da taxa de crescimento do sistema radicular, (2) da absorção característica do sistema radicular pelo nutriente e (3) do suprimento característico do solo, em relação àquele nutriente (CLAASSEN e BARBER, 1976).

Segundo SIQUEIRA (1993), quando a difusão do nutriente no solo torna-se limitante para sua absorção, as hifas dos fungos micorrízicos aumentam a superfície das raízes em até 10% e a absorção de nutrientes em mais de 60%.

Pode-se inferir, portanto, que em solos deficientes em água, quanto mais desenvolvido for o sistema radicular, maior é a possibilidade das plantas em adquirir os nutrientes do solo, principalmente os que são transportados por difusão, como é o caso do fósforo. Possivelmente, por este motivo, as plantas micorrizadas sejam mais resistentes à escassez de água que as não-micorrizadas e, conseqüentemente, mais bem nutridas em

fósforo, como observado em trabalho, desenvolvido por BOLGIANO et al. (1983).

Uma vez absorvido, grande parte do fosfato é convertida em formas orgânicas (SALISBURY e ROSS, 1992). De acordo com estes autores, o fosfato é redistribuído, na maioria das plantas, de um órgão para outro, saindo de folhas mais velhas para acumular em folhas mais jovens e em flores e sementes em desenvolvimento. Como resultado, os sintomas de deficiência deste elemento ocorrem primeiramente em folhas mais maduras.

2.3. A Rizosfera e o Fornecimento de Fósforo para as Plantas - O Papel das Micorrizas

A rizosfera é o ambiente do solo em volta das raízes e influenciado por elas (TORREY, 1992). De acordo com este autor, a rizosfera é um ambiente complexo, habitado por uma grande quantidade de organismos macro e microscópicos, os quais interagem, de forma dinâmica, de modo que as dimensões das interações dependem da função de cada organismo, visto que eles invadem as raízes das plantas, ocupam e retiram a água e os nutrientes do ambiente edáfico.

Portanto, segundo SIQUEIRA (1993), a rizosfera é o “paraíso dos microrganismos do solo” e, deste modo, tanto a quantidade quanto a qualidade dos materiais, liberados pelas raízes, são fatores determinantes do efeito rizosférico.

O favorecimento de associações simbióticas, entre adequados microrganismos dos solos e seus hospedeiros compatíveis, pode ser alcançado dentro das capacidades de manejo de agricultores e silvicultores (TORREY, 1992). O objetivo destes profissionais é otimizar as interações

solo-raiz-microrganismo, a um custo reduzido, com a finalidade de chegar a obter um produto de máxima qualidade, necessitando, portanto, da preparação do solo e do sítio, da propagação de árvores hospedeiras selecionadas e da inoculação no estágio de mudas com microrganismos, objetivando mediar e dar continuidade ao sucesso simbiótico, de curto a longo prazo (TORREY, 1992).

As raízes de plantas terrestres promovem habitats especializados, proporcionando, sob condições naturais, uma combinação harmoniosa da microflora fúngica com as raízes por eles ocupadas (WILCOX, 1991). No mundo inteiro, as associações micorrízicas, simbiose entre fungos e raízes de plantas, são tidas mais como uma regra do que como uma exceção na natureza (ZAMBOLIM, 1990).

[O espaço ocupado pela rizosfera, é função da morfologia da raiz, a qual influencia a associação com os microrganismos (CARDOSO e FREITAS, 1992). De acordo com estes autores, geralmente, plantas que possuem raízes com maiores diâmetros, pouco ramificadas e com pêlos absorventes escassos, são mais dependentes da condição micorrízica do que as que apresentam sistemas radiculares mais extensos, mais ramificados e, ou, fasciculados, com grande quantidade de pêlos absorventes.

[Os fungos micorrízicos promovem um aumento no acesso das plantas aos nutrientes inorgânicos no solo, principalmente o fosfato, tanto quanto aos componentes orgânicos, inclusive o nitrogênio, por meio do micélio de hifas que se estendem, a partir do tecido radicular das plantas hospedeiras (TORREY, 1992).

O sistema radicular, por mais desenvolvido que seja, explora apenas uma pequena parte do solo, de modo que qualquer coisa, que possa favorecer sua expansão em todas as direções, trará benefícios para a

alimentação mineral das plantas (BARTOLINI, 1989). Este mesmo autor informa que a zona de depleção do fósforo ao redor da raiz é de 2,5 mm, sendo esta, portanto, a distância na qual o fósforo difunde no solo. Como o íon fosfato é relativamente imóvel no solo e difunde, apenas lentamente, para a raiz da planta, nos solos, onde há baixa disponibilidade desse elemento, as zonas de depleção em torno das raízes desenvolvem-se rapidamente (Bielecki, 1976; Nye e Tinker, 1977, citados por COOPER, 1984).

Por este motivo, as raízes micorrizadas podem absorver várias vezes mais fósforo por unidade de comprimento, do que as não-micorrizadas, como resultado do crescimento das hifas, as quais podem alcançar distâncias superiores a nove centímetros, a partir da superfície da raiz, permitindo a absorção de fósforo além da zona de depleção, que é de 1-2 mm (HATTINGH et al., 1973; RHODES e GERDEMANN, 1975; ALEXANDER et al., 1984 e MARSCHNER, 1986). Sendo assim, "a micorrização representa um importante mecanismo para a maximização do uso de fertilizantes fosfatados, aplicados aos solos deficientes e com elevada capacidade de fixação de fosfatos, como os predominantes nos trópicos" (SIQUEIRA, 1993).

CHAVES (1992), trabalhando com mudas de jacarandá-da-bahia micorrizadas, constatou que elas exigiam doses de fósforo de 50 a 75% menores que as não-micorrizadas para alcançarem 90% da produção máxima; e que, aos 135 dias de cultivo em casa de vegetação, era cerca de 200 a 300% maior que a produção das não-micorrizadas, sem diferença significativa para os níveis críticos daquele elemento nas plantas. Este fato veio demonstrar que as mudas de jacarandá-da-bahia, inoculadas com fungos micorrízicos vesículo-arbusculares, são mais eficientes na absorção

e na utilização do fósforo do solo, quando comparadas àquelas não-micorrizadas.

O “transporte à longa distância”, do fósforo na hifa, e o maior suprimento de energia do hospedeiro diretamente para o fungo são as principais razões para a contribuição das micorrizas para a nutrição de fósforo das plantas (MARSCHNER, 1986).

2.4. O Processo de Absorção de Fósforo pelas Plantas

O entendimento do controle da absorção de nutrientes por plantas, utilizadas na agricultura ou na silvicultura, é essencial para qualquer estudo sobre o nível nutricional daquela planta e sua relação com o ambiente do solo (CHAPIN III e VAN CLEVE, 1989).

Absorção é o processo de entrada de um determinado elemento, na forma iônica ou molecular, numa região qualquer, seja ela uma célula ou um tecido vegetal, havendo, portanto, necessidade do estabelecimento de contato entre a solução do solo e o sistema radicular, para que haja absorção dos íons nutrientes do solo (MALAVOLTA, 1985).

As raízes capilares, ou pêlos absorventes, constituintes da rizoderme ou epiderme radicular, são os principais responsáveis pelo contato da planta com o meio edáfico e, portanto, pelos processos de absorção de água e nutrientes da solução do solo, bem como pela excreção de fotoassimilados, embora estes processos também sejam observados fora da superfície dessas raízes (HOFER, 1991).

Este contato ocorre, à medida que as raízes crescem, alcançando as partículas coloidais do solo e os nutrientes, nelas adsorvidos, e é conhecido como intercepção radicular, sendo, entretanto, sua contribuição muito pequena, quando comparada com os transportes do íon no solo,

pelos processos de fluxo de massa e difusão, os quais colocam o íon em contato com a raiz (MALAVOLTA, 1985).

Estabelecido o contato, dá-se início ao processo de absorção propriamente dito. Primeiramente, o íon passa através de uma interconexão de paredes celulares, espaços intercelulares, chamados de espaço livre aparente, até chegar à superfície externa da plasmalema, onde o processo é passivo. O movimento dá-se a favor de um gradiente de concentração, é rápido e reversível (MALAVOLTA, 1985; MARSCHNER, 1986 e RESH, 1987).

A segunda fase da absorção dá-se por um processo ativo, contra um gradiente de concentração, necessitando, portanto, da introdução de energia metabólica. É lento, irreversível e termina com a entrada do elemento no citoplasma ou no vacúolo (MALAVOLTA, 1985).

O alemão Münch, em 1932, introduziu os conceitos de apoplasto e simplasto para descrever o processo de absorção de água e nutrientes minerais pelas plantas (RESH, 1987 e SALISBURY e ROSS, 1992). De acordo com estes autores, quando as raízes estão em contato com a solução do solo, os íons entram na raiz através do apoplasto, parte morta da planta, que faz interconexão entre as paredes das células e os espaços intercelulares, incluindo os elementos do xilema, onde se movem com relativa liberdade, cruzando a epiderme por meio do córtex, até alcançar a camada endodérmica. Neste local, alguns íons passarão por um sistema de interconexão de protoplasmas celulares, denominado simplasto, ou parte viva da planta, sendo necessário um processo de respiração ativa (RESH, 1987 e SALISBURY e ROSS, 1992), alcançando, assim, o citoplasma e chegando ao vacúolo, onde será armazenado.

Embora a parede celular apresente alguma seletividade, é a plasmalema, protegida pelas estrias de Caspary, que constitui a barreira

efetiva contra a difusão livre de solutos para dentro do citoplasma, ou influxo e contra a saída dos íons para a solução externa, ou efluxo (EPSTEIN, 1975; MARSCHNER, 1986 e RESH, 1987). O tonoplasto também funciona como uma barreira contra a difusão de solutos entre o vacúolo e o citoplasma celular (MARSCHNER, 1986).

No apoplasto, os grupos carboxílicos ($R.COO^-$), presentes nas paredes das células, acumulam cátions e repelem ânions, atuando como sítios de troca. Por este motivo, o apoplasto foi chamado de espaço livre aparente (AFS = *apparent free space*), o qual é composto pelo espaço livre de água (WFS = *water free space*), que é livremente acessível aos íons e pelo espaço livre de Donnan (DFS = *Donnan free space*), onde ocorre a troca de cátions e a repulsão dos ânions (MARSCHNER, 1986). Portanto, a absorção de íons, presentes no solo em concentrações muito baixas, podem ser influenciadas pelas propriedades de troca catiônica das raízes (EPSTEIN, 1975).

Sendo assim, os elementos do meio externo são (1) transportados por difusão ou fluxo de massa até à superfície das raízes; (2) por meio da difusão e de troca iônica, eles passam do meio externo para o espaço livre na parede celular; e (3) quando atingem a plasmalema, não muito permeável aos solutos, exigem atividade metabólica para atingirem o interior das células (EPSTEIN, 1975).

A plasmalema é, portanto, o limite entre o meio vivo e o não-vivo, entre a solução do solo e o citoplasma, entre a geosfera do solo e rochas e a biosfera de plantas e animais (NISSEN, 1991). É a partir deste ponto, que se iniciam os processos ativos de absorção de íons pelas plantas, uma vez que os processos passivos não depositam os nutrientes no citoplasma ou vacúolos, colocando-os apenas nos espaços intercelulares, na parede celular ou na superfície externa da plasmalema (MALAVOLTA, 1985).

Com o intuito de explicar os mecanismos de transporte dos íons para o interior das células, muitos fisiologistas desenvolveram uma série de teorias, sendo a mais aceita a dos carregadores ou transportadores.

As membranas celulares, ou das organelas presentes nas células, consistem, além do Ca^{++} que é essencial, em proteínas e lipídios, admitindo a possibilidade de haver sítios hidrófilos e hidrófobos, de modo que os elementos não seriam absorvidos isoladamente, mas combinados com um composto, que os transportaria, por meio do obstáculo da insolubilidade da membrana, o transportador ou carregador (MALAVOLTA, 1985).

De acordo com EPSTEIN (1975), são as proteínas, relegadas às superfícies externas das membranas e que se associam aos íons por ligações fracas, as principais implicadas na função dinâmica do transporte destes íons para o interior das células.

Nas membranas, as proteínas são de três tipos principais: as catalíticas, as produtoras de canais de solutos e os carregadores proteínáceos (SALISBURY e ROSS, 1992). Segundo estes autores, as proteínas catalíticas, ou enzimas, usam energia para a *bomba de prótons* (H^+) atravessar as membranas, sendo as mais abundantes as *ATPases*, cuja principal função é liberar energia na forma de ATP para transportar íons e outros solutos, através da membrana, contra um gradiente livre de energia.

Várias espécies de proteínas produzem *canais de solutos*, que são orifícios entre as moléculas de proteínas, por onde os solutos difundem através da membrana, como é o caso dos íons K^+ , os quais, dependendo das condições celulares, possuem um controle de abertura à passagem dos solutos (SALISBURY e ROSS, 1992).

Os *carregadores proteínáceos*, indiretamente evidentes em membranas de tecidos vegetais, provavelmente funcionam, combinando-se

com um soluto específico de um lado da membrana e, então, por meio de um movimento de rotação, liberando-o do outro lado daquela membrana (SALISBURY e ROSS, 1992). Portanto, considerando-se o influxo ou o processo de absorção, o carregador combinar-se-ia com o íon no lado externo da plasmalema ou do tonoplasto, trazendo-o e liberando-o no citoplasma celular ou no vacúolo, respectivamente.

A aderência do íon ao carregador exige o gasto de energia metabólica e pode ocorrer somente de um lado da membrana, enquanto a liberação somente pode acontecer do lado oposto (EPSTEIN, 1975 e RESH, 1987). Uma vez que a absorção de um íon pode inibir competitivamente a absorção de outro, pode-se dizer que esses íons utilizam o mesmo carregador ou o mesmo sítio de absorção (RESH, 1987).

Freqüentemente, a concentração de íons no citoplasma é muito maior do que na solução do solo, de modo que para o íon chegar no citoplasma, contra um gradiente de concentração ou contra um gradiente eletroquímico, há o gasto de energia metabólica (BEEVER e BURNS, 1980 e NISSEN, 1991).

Sendo assim, NISSEN (1991) sugere que, quando há uma alta concentração externa de um determinado íon, o processo de absorção dá-se por simples difusão, por meio dos canais. Entretanto, quando a concentração é baixa, é que o transporte passa a ser mediado por carregadores.

Segundo os fisiologistas, os estudos de cinética para reações enzimáticas mostram que um determinado substrato (S) combina com uma enzima (E) específica, formando um complexo instável (ES), que quebra, produzindo uma enzima livre (E) mais o produto (P), ou produtos, de acordo com a reação:



De acordo com EPSTEIN e HAGEN (1952), o mecanismo de absorção de íons é idêntico ao da atividade enzimática, em que o carregador (C) corresponde à enzima (E) e o íon (N), ao substrato (S), diferindo apenas no fato de que a combinação entre a enzima e o substrato promove uma alteração química no substrato, enquanto a combinação do carregador com o íon resulta no transporte do íon do exterior para o interior das células, sem afetar, entretanto, a análise da cinética.

O transporte do íon, por intermédio de um carregador, assim como da atividade enzimática, depende de dois fatores: (1) o fator capacidade, representado pela velocidade máxima ($V_{m\acute{a}x.}$), alcançada quando todos os sítios transportadores estão carregados; e (2) o fator intensidade (K_m), que reflete a fração do carregador, que está realmente ocupada numa determinada concentração do íon (EPSTEIN, 1975).

O K_m , "constante de Michaelis-Menten", é a concentração do íon em solução, que proporciona a metade da velocidade máxima de absorção, refletindo a afinidade do sítio carregador para com o íon, de modo que, quanto menor for seu valor, maior é a afinidade do carregador pelo dado íon (EPSTEIN, 1975; MALAVOLTA, 1985 e MARSCHNER, 1986).

Quando a concentração externa de um determinado íon é muito baixa, sua absorção cessa, antes mesmo de ser completamente exaurido da solução, estabelecendo um equilíbrio entre influxo e efluxo, como resultado da limitada afinidade entre os sítios carregadores e esses íons (MARSCHNER, 1986). Este mesmo autor informa que esta concentração é denominada $C_{m\acute{i}n.}$, e difere entre íons e entre espécies vegetais, tornando-se um importante fator na determinação da absorção de um nutriente, visto que é a mais baixa concentração, na qual as raízes podem extraí-lo da

solução do solo, determinando, portanto, os gradientes de difusão na rizosfera.

NISSEN (1991) listou os diferentes modelos, mais usados para explicar a absorção de solutos: (1) modelo *único+difusão*, (2) modelo *duplo*, (3) modelo *duplo+difusão*, (4) modelo *cooperativo* e (5) modelo *multifásico*.

O modelo (1) *único+difusão* (KOCHIAN e LUCAS, 1982), também conhecido por *saturável+linear*, que foi proposto para explicar a absorção de K^+ , é inadequado para explicar a absorção de outros íons, pois apresenta uma série de deficiências (NISSEN, 1991).

O modelo (2) *duplo*, de acordo com EPSTEIN et al.(1963), consiste em dois mecanismos saturáveis, havendo, entretanto, uma discordância entre autores, no que se refere ao local de ocorrência de cada mecanismo: para alguns, ambos os mecanismos ocorrem paralelamente na plasmalema; para outros, o modelo é em série, de modo que o mecanismo 1 ocorre na plasmalema e o mecanismo 2, no tonoplasto. Porém, NISSEN (1991) declara que qualquer duplicidade pode ser explicada pelo uso de diferentes escalas de concentração.

No modelo (3) *duplo+difusão*, Borstlap (1983), citado por NISSEN (1991), sugeriu que a descontinuidade das isotermas de absorção não se deve aos dados experimentais, e que muitas isotermas podem ser descritas pela soma de dois termos saturáveis, adicionados a um outro linear. Entretanto, vários autores discordam destas afirmativas, reforçados por NISSEN (1991), que declara que o modelo não explica claramente os dados quantificados pela cinética. De acordo com este autor, os modelos 1, 2 e 3 predizem a existência de mecanismos múltiplos de absorção.

O modelo (4) *cooperativo*, proposto por HODGES (1973), sugere que a absorção do íon e a atividade da ATPase dão-se, por meio da

interação cooperativa de subunidades de enzimas. Porém, segundo NISSEN (1991), este modelo seria importante para explicar a cinética em termos de mecanismos conhecidos, mas o ajuste destes modelos resultou mais em ângulos graduais do que em mudanças de transições.

O modelo (5) *multifásico* (Nissen, 1971; Linask e Laties, 1973, citados por NISSEN, 1991) suporta a hipótese de que a absorção de íons é mediada por uma estrutura única, tolerante a certas transições nas concentrações externas dos solutos.

Segundo NISSEN (1991), os modelos 4 e 5 predizem um mecanismo único para a absorção de um determinado soluto; os modelos 1, 2, 3 e 4 revelam uma relação contínua, entre a taxa de absorção e a concentração externa de solutos; e o modelo 5 prediz uma relação descontínua, explicando os mecanismos de absorção, que ocorrem na maioria das plantas, parecendo ser regra para a cinética de absorção de fosfato (NISSEN, 1991 e SALISBURY e ROSS, 1992).

Os principais efeitos das micorrizas na nutrição com fósforo fazem-se sentir na aceleração da taxa de absorção desse elemento, principalmente, quando se utilizam fontes pouco solúveis (MARSCHNER, 1986).

Em solos com baixa concentração de fósforo disponível, valores altos de $V_{m\acute{a}x}$ e baixos de K_m são característicos de raízes micorrizadas, as quais possuem um sistema de absorção mais eficiente que as não-micorrizadas (SILVEIRA, 1992).

POWELL (1975) declarou que as atividades específicas do P absorvido são quase idênticas em plantas com e sem micorriza. Em adição, para COOPER (1984) e SILVEIRA (1992), a habilidade das plantas micorrizadas de absorverem mais fósforo, ou absorvê-lo mais rapidamente,

está intimamente relacionada com o desenvolvimento do micélio externo do fungo, além da zona de depleção deste nutriente.

Porém, CLARKSON (1991) afirma que, ao mesmo tempo que as hifas fúngicas evitam as barreiras estruturais e eletrostáticas do apoplasto, promovem um aumento do número de células radiculares, envolvidas no processo de absorção, de modo que, em muitos vegetais superiores, os pontos de entrada da maioria do fósforo são por meio da interface, entre a hifa micorrízica e a plasmalema das células do córtex do hospedeiro.

O processo de absorção do P pelo fungo MVA pode ser causado por mudanças morfológicas na planta, habilidade das raízes infectadas em absorver fósforo mais rapidamente, ou absorver fósforo de formas normalmente não-disponíveis, ou ainda, maior e melhor distribuição da superfície de absorção, promovida pelo micélio externo (SANDERS e TINKER, 1973 e SANDERS e SHEIKH, 1983). Estes motivos é que fazem com que as plantas com MVA freqüentemente cresçam melhor que plantas não-micorrizadas, em solos deficientes em fósforo (MOSSE, 1973 e THOMAZINI, 1974).

As hifas externas do fungo MVA absorvem o fósforo da solução do solo, por um processo ativo, e o acumulam até ser translocado para o micélio interno. O fósforo é, então, convertido em grânulos de polifosfato nos vacúolos e transportado pelas correntes citoplasmáticas até às vesículas, onde pode ser armazenado ou ir diretamente para os arbúsculos, onde é hidrolisado pelas fosfatases, em fósforo inorgânico (Pi), e transferido para a célula vegetal (GIANINAZZI-PEARSON e GIANINAZZI, 1983 e SIQUEIRA e FRANCO, 1988).

Sendo assim, SILVEIRA (1992) resume o processo de absorção de fósforo por raízes micorrízicas em três fases. Na primeira delas, o micélio externo capta o fósforo da solução do solo, com a micorriza atuando por

um mecanismo físico, por meio do aumento do número de sítios de absorção de fósforo e maior volume de solo explorado. Na segunda, ocorre a translocação do fosfato, por meio das estruturas intra-radulares do fungo, impulsionado principalmente por correntes citoplasmáticas, nas hifas até os arbúsculos. A terceira compreende a transferência do fosfato às células do córtex do hospedeiro, através dos arbúsculos do fungo.

Nas plantas micorrizadas, embora a absorção de P, tanto pelas raízes quanto pelas hifas, seja na forma de iônica, este é imediatamente transformado em grânulos de polifosfato, ainda nas estruturas fúngicas e nas raízes, ou é translocado para as folhas, onde é convertido em $P_{\text{orgânico}}$, proporcionando um aumento na absorção de mais P_i pelas raízes (GIANINAZZI-PEARSON e GIANINAZZI, 1983 e COOPER, 1984). Isto ocorre porque, naquelas plantas, a conversão de P_i para $P_{\text{orgânico}}$ nas folhas promove um aumento no gradiente de P_i das raízes para as folhas, aumentando, possivelmente, o depósito de fosfato e, daí, a absorção de P.

O P_i , transferido para a planta pelo fungo MVA, é transportado até o xilema e translocado para outras regiões de crescimento, principalmente para as folhas, onde desempenha função de grande importância no controle de colonização radicular e no benefício da associação, pois, ao mesmo tempo, em sentido contrário, ocorre a transferência de carboidratos, provenientes da fotossíntese, que atingem as raízes via floema, na forma de sacarose, a qual é hidrolisada em glicose e frutose, ou seus derivados, e transferidos para os fungos via arbúsculos, onde são metabolizados para fornecer energia ao sistema e sustentar o crescimento e esporulação do fungo (COOPER, 1984 e SIQUEIRA e FRANCO, 1988).

Como a absorção de íons da solução do solo pelas plantas depende (1) da sua transferência em direção à superfície radicular, como

função da mobilidade dos íons e da densidade de raízes e (2) do poder de absorção radicular, influenciado pela superfície total de absorção, e a taxa de absorção do íon a uma determinada concentração na solução, os fungos micorrízicos podem promover alteração nos parâmetros cinéticos de absorção de fosfato, uma vez que promovem o aumento da superfície de absorção, por meio das hifas e das alterações fisiológicas no processo de absorção iônica das plantas micorrizadas (CRESS et al., 1979 e ZAMBOLIM e SIQUEIRA, 1985). Conseqüentemente, as plantas micorrizadas são mais bem nutridas, quando comparadas com as não-micorrizadas. Segundo FAQUIN et al. (1990) e MARTINEZ et al. (1993), o nível nutricional das plantas parece alterar os parâmetros cinéticos de absorção.

Segundo WILCOX (1991), a fisiologia do movimento de fósforo no sistema de hifas de plantas micorrízicas tem sido estudada, mas poucos estudos têm examinado a cinética de absorção deste nutriente naquelas estruturas. Contudo, CRESS et al. (1979) salientaram a necessidade de determinar se o aumento na absorção de P nas plantas é devido apenas à contribuição do fungo ao aumento no número de sítios de absorção ($V_{\text{máx}}$), ou à maior afinidade do íon pelos sítios de absorção do fungo (K_m), ou a uma combinação de ambos os fatores.

Entretanto, sabe-se que a primeira fase constitui um processo ativo de absorção, por meio da plasmalema da hifa externa e, a última fase, também um mecanismo ativo, porém, por meio da plasmalema do hospedeiro, verificado pela atividade da ATPase em células com arbusculos (WILCOX, 1991 e SILVEIRA, 1992).

FAQUIN (1988), estudando a cinética de absorção de fosfato pela soja, sob a influência dos fungos MVA, concluiu que a micorrização e os

níveis de nutrição afetaram os parâmetros cinéticos de absorção deste nutriente.

Neste trabalho, procurou-se, portanto, estudar a dinâmica do fósforo em mudas de duas espécies florestais nativas, o jacarandá-da-bahia e o vinhático, comparando o comportamento das plantas colonizadas, com o fungo micorrízico vesículo-arbuscular, *G. margarita*, com as não-colonizadas, no que se refere às características de crescimento, nutricionais e aos parâmetros cinéticos ($V_{m\acute{a}x.}$, K_m e $C_{m\acute{i}n.}$) de absorção daquele nutriente.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Fases do Experimento

O experimento foi conduzido em três fases: a primeira, em laboratório, para a germinação das sementes; a segunda, em casa de vegetação, onde foram feitas a repicagem, a inoculação com o fungo MVA e o cultivo das mudas; e a terceira, em câmara de crescimento, onde foram obtidos os dados necessários à estimativa dos parâmetros cinéticos (K_m , $V_{máx}$ e $C_{mín.}$) de absorção de P.

3.2. Produção do Inóculo

O isolado de *Gigaspora margarita* Gerd. e Taxt. empregado foi obtido no Laboratório de Micologia do Solo, do Departamento de Fitopatologia. O inóculo foi produzido no Laboratório de Micorriza, situado no Setor de Silvicultura do Departamento de Engenharia Florestal, na Universidade Federal de Viçosa (UFV).

O painço, planta utilizada como hospedeira para multiplicação de *G. margarita*, foi cultivado durante um período de 60 dias, utilizando-se como substrato uma mistura de turfa+vermiculita, autoclavada, na proporção volumétrica de 1:1. Ao final desse período, foram feitas uma extração e contagem de esporos, que ficaram em torno de 1.800 por 100 g de solo.

Também foi realizado o cultivo do painço, na mesma mistura de turfa+vermiculita, porém sem inoculação de fungos MVA, para ser utilizada nos tubetes e nos vasos dos tratamentos-controle, sem micorriza.

3.3. Produção das Mudas e Inoculação

Sementes de jacarandá-da-bahia (*Dalbergia nigra* (Vell.) Fr. Allem.) e vinhático (*Plathymentia foliolosa* Benth.) foram coletadas em remanescentes florestais da região de Viçosa-MG, selecionadas por uniformidade de tamanho, tratadas com hipoclorito de sódio 1%, durante dois minutos, e lavadas com água destilada. Foram, em seguida, acondicionadas em gerbox sobre papel germiteste e colocadas em germinador com temperatura, luminosidade e umidade constantes, com o intuito de uniformizar a germinação e obter, posteriormente, mudas mais homogêneas.

A semeadura foi realizada, utilizando-se o delineamento em blocos casualizados. Cada bloco foi semeado numa data, mantendo-se um intervalo de quatro dias entre eles, de modo que o efeito de blocos foi confundido com o efeito de época de semeadura.

A germinação do jacarandá-da-bahia teve início, cerca de quatro dias após a semeadura, enquanto a do vinhático iniciou-se seis dias após a semeadura. No entanto, esta última espécie apresentou uniformidade de

germinação e tamanho da radícula mais rapidamente que o jacarandá-da-bahia.

Onze dias após a semeadura, foi realizada a transferência dessas sementes pré-germinadas para tubetes, visto que já havia condições de selecionar ambas as espécies por uniformidade de tamanho da radícula.

Os tubetes, com cerca de 3,0 cm de diâmetro na cavidade superior, 12,5 cm de comprimento e com capacidade para cerca de 50 cm³ receberam substrato constituído de uma mistura de Latossolo Vermelho Amarelo, areia lavada e vermiculita, na proporção volumétrica de 1:1:1. Antes de se fazer a mistura, todos foram passados numa mesma peneira, de malha de 1,0 mm, com finalidade de uniformizar a textura.

A mistura foi submetida à análise química, no Laboratório de Rotina, no Departamento de Solos da UFV, cujos resultados encontram-se no Quadro 1. As baixas concentrações de nutrientes, bem como pH, considerado dentro da faixa ideal para micorrização e crescimento das mudas permitiram seu uso (DANIELS e TRAPPE, 1980 e MENGE, 1984).

QUADRO 1 - Resultado da Análise de Rotina para a Mistura Solo+Areia+Vermiculita, 1:1:1 v.v

P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	pH(H ₂ O)
mg.dm ⁻³		cmol _c .dm ⁻³				
1,84	69	1,446	1,146	0,230	2,280	5,6

O mesmo tipo de mistura foi utilizado por BORGES e CHANEY (1988), para colonização de raízes de *Acacia scleroxyla*; por BORGES e CHANEY (1989) para mudas de *Fraxinus pennsylvanica*; e por CHAVES (1992), num trabalho anterior com mudas de jacarandá-da-bahia.

Antes de ser utilizada para enchimento dos recipientes, a mistura foi fumigada com 120 cc de Brometo de Metila, por metro cúbico de substrato, com cobertura impermeável durante 48 horas, deixando-se mais 48 horas sem cobertura para eliminação do gás.

Cerca de três quartos do volume do tubete receberam o substrato, adicionando-se, a seguir, 10 g de inóculo de *G. margarita* em cada tubete do tratamento micorrízico. No tratamento-controle, adicionou-se 10 g do substrato do painço sem inóculo. Cada unidade experimental foi composta por 25 tubetes, adotando-se quatro repetições (blocos).

Foi colocada, então, uma semente pré-germinada por tubete, de modo que a radícula ficasse em contato direto com o inóculo, adicionando-se, a seguir, uma camada da mistura, que compunha o substrato, para completar o volume do tubete.

Durante o tempo, em que permaneceram nos tubetes, em casa de vegetação, as mudas receberam apenas água desmineralizada, de modo a manter a umidade do substrato próxima à capacidade de campo. Nesta fase, procurou-se evitar o uso de solução nutritiva, com a finalidade de garantir o sucesso na colonização.

Deste modo, foram produzidas 25 plantas inoculadas com *G. margarita* e 25 plantas sem micorriza, de cada espécie florestal, por bloco. Assim como na sementeira, todas as operações, realizadas na produção das mudas, foram defasadas quatro dias entre blocos.

3.4. Repicagem e Reforço da Inoculação

Trinta dias após a transferência para casa de vegetação, os tubetes foram retirados e as mudas, escolhidas por uniformidade de tamanho, foram transferidas para vasos de polietileno preto, contendo dois litros do

mesmo substrato, utilizado nos tubetes, cada vaso recebendo duas mudas, as quais foram transplantadas junto com o substrato do tubete, previamente inoculado.

Nesta ocasião, cada muda recebeu mais 10 g de inóculo *G. margarita*, usado como reforço, colocado dentro do orifício, aberto para acondicioná-las, de modo a ficar próximo ao sistema radicular. A repicagem foi realizada em casa de vegetação, onde as plantas permaneceram durante o cultivo.

Nesta fase, cada tratamento micorrízico era, então, composto por quatro vasos, cada um deles com duas mudas, totalizando oito vasos em cada bloco para cada espécie florestal, sendo quatro vasos inoculados com *G. margarita* e quatro sem micorriza, utilizados como controle.

As mudas não-selecionadas permaneceram nos tubetes e foram utilizadas para avaliação da colonização do sistema radicular, pelo método de coloração de PHILLIPS e HAYMAN (1970) e de contagem lâmina-raiz de Nicolson (1955), citado por READ et al. (1976).

Na ocasião da repicagem, os vasos receberam uma quantidade de água suficiente para deixar a umidade do substrato próxima à capacidade de campo. Quatro dias após a transferência das mudas para os vasos, começou-se a aplicar 100 ml da solução nutritiva de Clark (CLARK, 1975), a pH 6,0, com intervalo de quatro dias entre as aplicações, entremeadas por uma aplicação de 100 ml de água desmineralizada, durante um período de um mês. A aplicação mínima de fertilização foi importante na obtenção da colonização, tendo em vista que esta poderia ser prejudicada pelo aumento do nível nutricional do substrato (MOSSE, 1973; HAYMAN, 1983 e SIEVERDING e HOWELER, 1985).

Após o período de 30 dias, os vasos passaram a receber 100 ml da solução de Hoagland e Arnon (1938), citado por RESH (1987), a pH 6,0,

na forma de três aplicações seguidas, em dias alternados. A quarta aplicação era realizada com 100 ml de água desmineralizada, com a finalidade de lavar o excesso de sais do meio. Esta fertilização foi mantida até o final do experimento, quando se começou a omitir o P da solução, com as plantas ainda no recipiente com substrato sólido, conforme descrito no item 3.5.

O substrato, utilizado neste experimento, apresentava uma textura mediana, de modo que tinha uma boa retenção de água, fazendo com que as quantidades de solução nutritiva e água aplicadas mantivessem sua umidade próxima à capacidade de campo.

Durante o período de cultivo das mudas nos vasos com o substrato sólido, o nível de todos os nutrientes foi mantido constante, inclusive o do fósforo, com a finalidade de garantir a uniformidade na colonização das mudas inoculadas e permitir a detecção das diferenças nas características de crescimento entre as colonizadas e as não-colonizadas.

3.5. Omissão de Fósforo

Aos 86 dias, após a transferência das mudas para os vasos, começaram-se a tratar as plantas com omissão de fósforo. Sendo assim, 12 dias antes do ensaio de cinética, um vaso de cada tratamento, com e sem fungo MVA, passou a receber solução nutritiva de Hoagland e Arnon (RESH, 1987) completa, a pH 6,0, com exceção do fósforo. Dez dias antes daquele ensaio, passou-se a fazer o mesmo com mais dois vasos, um de cada tratamento micorrízico, oito dias antes, mais dois e seis dias antes, os dois últimos vasos de cada bloco.

Oito dias após a omissão de fósforo, nos dois primeiros vasos, o substrato sólido foi eliminado e todas as plantas de cada bloco foram

transferidas para vasos, contendo 4,5 L de solução nutritiva de Hoagland e Arnon (RESH, 1987), com meia força e omissão de fósforo, procurando-se manter o pH em $5,8 \pm 0,1$, com aeração constante, onde permaneceram durante quatro dias, até à realização do ensaio de cinética. Deste modo, em cada bloco, cada dois vasos, um com e outro sem micorriza, ficaram durante 12, 10, oito e seis dias sem receber P, sendo estes os quatro tratamentos de omissão de P (OP).

Nesta ocasião, foi realizada uma segunda avaliação da colonização do sistema radicular, de acordo com a metodologia descrita no item 3.4.

Desde a transferência das sementes para os tubetes, ocasião em que foi realizada a primeira inoculação, até esta etapa, as plantas permaneceram em casa de vegetação. Dois dias, após permanência em solução nutritiva neste local, as plantas foram transferidas, nos mesmos vasos e com a mesma solução de omissão, para a câmara de crescimento, onde permaneceram durante mais 48 horas, para adaptação até o início do estudo de cinética.

3.6. O Ensaio de Cinética

O estudo de cinética foi conduzido sob condições de câmara de crescimento, com $3,5 \cdot 10^5$ ergs.cm⁻².seg⁻¹ de luz, em nível das folhas superiores, umidade relativa de 50 a 60% e temperatura de $25 \pm 1^\circ\text{C}$, no período iluminado, e de $21 \pm 2^\circ\text{C}$ no período escuro, com fotoperíodo de 13 horas. As plantas tinham nesta época 98 dias de idade, contados a partir da transferência das plantas para os vasos.

A metodologia, utilizada para a obtenção dos parâmetros cinéticos neste trabalho, foi baseada em um experimento preliminar, onde se

testaram diferentes tempos de omissão de P, diferentes volumes da solução de omissão, desiguais concentrações iniciais de P na solução de exaustão e diferentes tempos de ensaio.

As plantas foram transferidas para a câmara de crescimento, 48 horas antes do ensaio de exaustão, em recipiente com 4,5 l da solução de Hoagland e Arnon (RESH, 1987), com omissão de fósforo, ainda com a finalidade de aumentar a capacidade de absorção desse elemento (Jungk, 1975, citado por VALE, 1982).

Após este período, conservando-se duas horas antes do início da exaustão e duas horas após o início do período claro, as plantas foram transferidas para "beckers", contendo 500 ml da solução de exaustão, de modo a alcaçarem, segundo (EPSTEIN e HAGEN, 1952), o estado estacionário de absorção, necessário para utilização do modelo cinético.

Passado este tempo, quatro horas após o início do período claro, as plantas foram novamente transferidas para recipientes de igual dimensão, contendo o mesmo volume da solução de exaustão, iniciando-se o ensaio de cinética.

A concentração inicial dos nutrientes, utilizados na solução de exaustão, era de 10 $\mu\text{M/l}$ de P, 17,5 $\mu\text{M/l}$ de Ca e 25 $\mu\text{M/l}$ de Cl, num volume inicial de 500 ml. Uma vez que o P foi fornecido na forma de fosfato monocálcico, a concentração de Ca foi completada com a adição de CaCl_2 , com finalidade de manter a integridade da membrana (Epstein, 1961; Marinos, 1962; Foote e Manson, 1964, citados por HODGES, 1973).

De cada vaso, foi tomada uma alíquota de 5 ml da solução, a cada 30 minutos, durante as primeiras seis horas, e depois, a cada uma hora, nas seis horas seguintes. Passado este período de 12 horas, as plantas voltaram a ficar no escuro durante oito horas, sem tomada de alíquotas. Quatro horas depois do início do período claro e 24 horas após o início da

exaustão, tomaram-se mais quatro alíquotas, em intervalos de uma hora, totalizando 27 horas de ensaio. Cada volume de 5 ml, que era retirado da solução, era repostado com o mesmo volume de água desmineralizada.

O P das amostras obtidas foi analisado pelo método de redução do fosfomolibdato pela vitamina C, usando-se cubeta de quartzo de 50 mm de percurso ótico. Os dados obtidos serviram de base para o cálculo dos parâmetros cinéticos (K_m , $V_{máx.}$ e $C_{mín.}$) de absorção de fosfato, mediante seu esgotamento da solução em função do tempo, segundo o método, proposto por CLAASSEN e BARBER (1974) para ensaios com plantas inteiras e baixa concentração de nutrientes na solução.

Terminada a exaustão, foi tomada a medida do volume final da solução que restou no recipiente, cuja diferença, em relação ao volume inicial, quantifica o volume transpirado, utilizado no cálculo dos parâmetros cinéticos.

De acordo com o método, proposto por RUIZ (1985) e utilizando o Programa de Cinética, desenvolvido por Fernandes Filho e Ruiz (s.d.), no Departamento de Solos da UFV, foi estabelecida uma curva de decréscimo da quantidade (Q) de P na solução, em função do tempo (t) de absorção, pelo ajuste de duas funções matemáticas, uma linear ($Q = a_1 + b_1 \cdot t$) e uma potencial ($Q = a_2 \cdot t^{b_2}$), aos dados experimentais.

Os valores de $V_{máx.}$ e o K_m foram estimados, segundo RUIZ (1985), e o $C_{mín.}$ foi estimado, utilizando a equação, ajustada pelo programa, no último tempo do intervalo experimental. Calculou-se, também, a quantidade de P absorvida, por ocasião da exaustão, pela diferença entre o valor inicial e o valor obtido, 27 horas após o início do ensaio.

Ao final do tempo de ensaio de cinética, as plantas foram, então, separadas em raiz e parte aérea, tomando-se os pesos de matéria fresca de

ambas as partes. Depois, foram colocadas para secar a uma temperatura de 80°C, durante 48 horas, em estufa de circulação forçada, tomando-se, a seguir, os pesos de matéria seca de ambas as partes.

Após a pesagem, este material vegetal foi moído e submetido à análise química, para determinação das concentrações de fósforo, potássio, cálcio e magnésio, com a finalidade de se determinar o nível nutricional das plantas, por ocasião da exaustão.

3.7. Eficiência de Utilização de Fósforo e Dependência Micorrízica

A eficiência de utilização de fósforo (EUP) foi calculada pela relação, proposta por SIDDIQI e GLASS (1981):

$$EUP = \frac{(PS)^2}{CP}$$

em que

PS = peso de matéria seca total; e

CP = conteúdo total de fósforo.

A dependência micorrízica (DM) foi calculada, segundo BAGYARAJ (1991), pela relação:

$$DM = \frac{(PS \text{ de mudas colonizadas} - PS \text{ de mudas não-colonizadas})}{(PS \text{ de mudas não-colonizadas})} \times 100$$

em que PS = peso de matéria seca total.

3.8. Delineamento Experimental

Utilizou-se um modelo de blocos casualizados, com oito tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos consistiram em um fatorial 4×2 , sendo quatro tempos de omissão de fósforo (12, 10, oito e seis dias), uma espécie de fungo micorrízico mais um controle. Cada vaso com duas plantas constituía uma parcela. Com exceção da altura, que foi considerada como a média das duas plantas de cada vaso, todas as demais análises foram efetuadas, considerando os dados por vaso.

As análises estatísticas foram realizadas, por meio do Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas (SAEG), desenvolvido na UFV.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Colonização e Características de Crescimento

A percentagem de colonização das raízes das plantas, que receberam os propágulos de *G. margarita*, foi de 91,88% para as mudas de jacarandá-da-bahia (Quadro 2) e, de 70,63% para as mudas de vinhático (Quadro 3). Nas mudas que serviam como testemunha, não se detectou colonização do sistema radicular.

Para o jacarandá-da-bahia, todas as características de crescimento apresentaram diferenças significativas ($P \leq 0,01$), entre os tratamentos micorrízicos (M), detectadas pelo teste F nas Análises de Variâncias.

Para todas as características de crescimento avaliadas, as médias dos valores, obtidos para as mudas de jacarandá-da-bahia, colonizadas com *G. margarita*, foram significativamente superiores àqueles das mudas não-colonizadas, aos 98 dias de cultivo.

Constata-se, no Quadro 2, que as mudas de jacarandá-da-bahia, inoculadas com *G. margarita*, cujas raízes colonizaram 92%, em média, apresentaram valores de altura em torno de 71%, peso de matéria fresca da

QUADRO 2 - Valores Médios Obtidos para Altura (H), Peso de Matéria Fresca da Parte Aérea (PFPA), Peso de Matéria Seca da Parte Aérea (PSPA), Peso de Matéria Fresca do Sistema Radicular (PFSR), Peso de Matéria Seca do Sistema Radicular (PSSR), Percentagem de Colonização do Sistema Radicular (COL) e Peso do Sistema Radicular Seco Colonizado (SRSC) de Mudanças de Jacarandá-da-Bahia, aos 98 Dias de Cultivo

Variável	Controle	<i>G. margarita</i>
H (cm)	39,00	66,57
PFPA (g)	2,55	10,98
PSPA (g)	0,84	3,90
PFSR (g)	1,49	4,94
PSSR (g)	0,36	1,17
COL(%)	-	91,88
SRSC (g)	-	1,09

QUADRO 3 - Valores Médios Obtidos para Altura (H), Peso de Matéria Fresca da Parte Aérea (PFPA), Peso de Matéria Seca da Parte Aérea (PSPA), Peso de Matéria Fresca do Sistema Radicular (PFSR), Peso de Matéria Seca do Sistema Radicular (PSSR), Percentagem de Colonização do Sistema Radicular (COL) e Peso do Sistema Radicular Seco Colonizado (SRSC) de Mudanças de Vinhático, aos 98 Dias de Cultivo

Variável	Controle	<i>G. margarita</i>
H (cm)	27,16	44,47
PFPA (g)	5,07	16,43
PSPA (g)	1,87	6,19
PFSR (g)	2,32	5,61
PSSR (g)	0,50	1,26
COL(%)	-	70,63
SRSC (g)	-	0,96

... em torno de 330%, peso de matéria seca da parte aérea em ... peso de matéria fresca do sistema radicular em torno de ... peso de matéria seca do sistema radicular em torno de 222%, ... das mudas não-colonizadas. Porém, não houve diferença ... ($P > 0,05$) entre os tratamentos de omissão de P (OP), nem da ... $M \times OP$, para quaisquer das características de crescimento ...

Da mesma forma, que ocorreu para o jacarandá-da-bahia, as ... de Variâncias, realizadas para as características de crescimento ... detectaram, pelo teste F, diferenças significativas ($P \leq 0,01$) ... os tratamentos micorrízicos (M). Porém, não ocorreram efeitos ... ($P > 0,05$) dos tratamentos de omissão de fósforo (OP), nem ... $M \times OP$.

Para todas as características de crescimento avaliadas, os valores ... obtidos para o tratamento micorrízico, foram significativamente ... aos valores no tratamento não-micorrízico.

De acordo com o Quadro 3, as mudas de vinhático, cujas raízes ... apresentaram, em média, 70% de colonização com *G. margarita*, ... apresentaram valores de altura cerca de 64%, peso de matéria fresca da ... parte aérea em torno de 224%, peso de matéria seca da parte aérea cerca ... de 231%, peso de matéria fresca do sistema radicular em torno de 141% e ... peso de matéria seca do sistema radicular cerca de 150%, superiores aos ... valores das mudas não-colonizadas.

Constata-se, portanto, que a permanência das plantas de ... jacarandá-da-bahia e de vinhático, sem suprimento de P, durante pelo ... menos 12 dias, não leva à perda de crescimento. Pode-se inferir que as ... reservas de P existentes nas mudas, teriam sido suficientes para manter o ... crescimento das mesmas.

Os resultados, obtidos para as características de crescimento, comprovaram, uma vez mais, a importância da micorrização para o desenvolvimento de plantas arbóreas.

Embora os fungos MVA sejam encontrados naturalmente, formando associações simbióticas com raízes da grande maioria das espécies vegetais, em sua maioria, os trabalhos, com eles realizados, testaram, inicialmente, o comportamento de plantas de ciclo curto.

Entretanto, tem-se conhecimento de estudos, que mostram maiores respostas de crescimento de espécies florestais colonizadas com fungos MVA, em relação às não-colonizadas (DIEDERICHS, 1982; POPE et al., 1983; DOUDS JR. e CHANEY, 1986 e BORGES e CHANEY, 1988), para trabalhos realizados no exterior.

No Brasil, o efeito benéfico da inoculação de fungos MVA para espécies florestais foi observado, primeiramente, em mudas de eucalipto, as quais podem apresentar até 100% de aumento de crescimento em altura e produção de matéria seca, em relação às não-colonizadas, dependendo da espécie de fungo e de eucalipto (ZAMBOLIM, 1990).

Alguns trabalhos têm sido realizados com espécies nativas de interesse florestal. CARNEIRO et al. (1994), estudando 30 espécies arbóreas nativas, constataram que 25 delas apresentaram respostas positivas à colonização com fungos MVA e, conseqüentemente, maior crescimento, quando comparadas àquelas não-colonizadas. Os autores salientaram o elevado grau de micotrofia destas espécies florestais.

Quanto ao jacarandá-da-bahia, estudo anterior (CHAVES, 1992) já indicava a dependência dessa associação para o bom crescimento da espécie, principalmente em condições de reduzidas concentrações de fósforo no substrato de cultivo.

Os elevados valores, alcançados para as características de crescimento, pelas plantas micorrizadas com *G. margarita*, são decorrentes do aumento da absorção de nutrientes, pelas plantas, promovida pela presença das estruturas fúngicas no córtex das raízes micorrizadas (SMITH, 1980 e ABBOTT e ROBSON, 1984).

Por este motivo, a matéria seca das mudas de jacarandá-da-bahia e vinhático foram analisadas quimicamente, com a finalidade de se avaliar o estado nutricional das plantas colonizadas, quando comparadas às não-colonizadas.

4.2. Características Nutricionais

Embora a micorrização não tenha alterado, de modo considerável, as concentrações de P, K, Ca e Mg nas plantas de jacarandá-da-bahia e de vinhático, ela levou a um aumento significativo na absorção destes nutrientes. O não-efeito na concentração pode ser interpretado, como decorrente da diluição dos nutrientes, como conseqüência do acelerado crescimento das plantas micorrizadas.

As análises de variâncias, realizadas para os dados de concentrações de nutrientes em mudas de jacarandá-da-bahia, acusaram um efeito não-significativo ($P > 0,05$) dos tratamentos micorrízicos para o Ca no sistema radicular; dos tratamentos de omissão de fósforo (OP), para as concentrações de P, K e Mg na parte aérea e P, K, Ca e Mg no sistema radicular, bem como da interação M x OP, para as concentrações de P, K, Ca e Mg, tanto na parte aérea quanto no sistema radicular das plantas.

Constataram-se efeitos significativos ($P \leq 0,05$) dos tratamentos micorrízicos, para a concentração de Mg na parte aérea e dos tratamentos de OP para a concentração de Ca na parte aérea das mudas de jacarandá-

efeitos significativos ($P \leq 0,01$) dos tratamentos micorrízicos, para o P, K e Ca, na parte aérea, e para o P, K e Mg no sistema radicular dessas mudas, cujas médias encontram-se no Quadro 4.

QUADRO 4 - Valores Médios Obtidos para Concentrações (%) de Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca) e Magnésio (Mg), na Parte Aérea e no Sistema Radicular de Mudanças de Jacarandá-da-Bahia, aos 98 Dias de Cultivo

	Controle	<i>G. margarita</i>
-----Parte Aérea-----		
P	0,099	0,128
K	1,491	0,939
Ca	0,719	0,640
Mg	4,879	5,608
-----Sistema Radicular-----		
P	0,059	0,104
K	0,939	1,128
Ca	0,252	0,266
Mg	2,266	3,203

A parte aérea de mudas de jacarandá-da-bahia, colonizadas com *G. margarita*, apresentou concentrações de P e Mg em torno de 28% e 15%, respectivamente, superiores; e concentrações de K e Ca, cerca de 37% e 11%, respectivamente, menores aos das plantas não-colonizadas.

Considerando-se o sistema radicular, as mudas de jacarandá-da-bahia, colonizadas com *G. margarita*, apresentaram médias de teores de P, K e Mg, respectivamente, 74%, 20% e 41% superiores aos das plantas não-colonizadas.

Os valores de concentrações não mostraram uma mesma tendência para todos os nutrientes, avaliados neste trabalho com o jacarandá-da-

bahia. Provavelmente, em virtude de um efeito de diluição, em alguns casos, as plantas não-micorrizadas apresentaram concentrações de nutrientes superiores às micorrizadas. No entanto, como estas últimas atingiram valores de massa de matéria seca significativamente superiores, alcançaram valores elevados para os conteúdos destes nutrientes.

Sendo assim, detectaram-se diferenças significativas ($P \leq 0,01$), entre os tratamentos micorrízicos (M), para os valores de conteúdos de P, K, Ca e Mg na parte aérea, no sistema radicular e na planta inteira. Porém, não foram detectados efeitos significativos ($P > 0,05$), dos tratamentos de omissão de fósforo (OP), nem da interação M x OP, para estas mesmas variáveis.

Portanto, as plantas de jacarandá-da-bahia, colonizadas com *G. margarita*, aos 98 dias de cultivo, apresentaram valores de conteúdos de nutrientes, superiores ao das plantas não-colonizadas (Quadro 5).

Os conteúdos de nutrientes na parte aérea de plantas micorrizadas, em relação às não-micorrizadas, foram, em média, cerca de 476% superiores para P; aproximadamente 307% superiores para K; em torno de 312% superiores para o Ca; e 447% superiores para Mg.

Para o sistema radicular, as vantagens quanto ao conteúdo destes nutrientes para as plantas colonizadas ficaram, em média, em torno de 490% para o P, 288% para o K, 253% para o Ca e 371% para o Mg, quando comparadas às não-colonizadas.

Considerando a planta como um todo, as mudas de jacarandá-da-bahia, colonizadas com *G. margarita*, apresentaram valores de conteúdos de nutrientes superiores àqueles, alcançados pelas plantas não-colonizadas, ficando em torno de 478% mais P, 303% mais K, 304% mais Ca e 397% mais Mg.

TABELO 5 - Valores Médios Obtidos para Conteúdos (mg) de Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca) e Magnésio (Mg), na Parte Aérea, no Sistema Radicular e na Planta Inteira de Mudanças de Jacarandá-da-Bahia, com 98 Dias de Cultivo

	Controle	<i>G. margarita</i>
----- Parte Aérea -----		
P	0,871	5,015
K	12,439	50,689
Ca	6,079	25,042
Mg	40,474	221,482
----- Sistema Radicular -----		
P	0,219	1,294
K	3,419	13,272
Ca	0,916	3,231
Mg	8,303	39,116
----- Planta Inteira -----		
P	1,090	6,298
K	15,858	63,961
Ca	6,995	28,276
Mg	52,386	260,593

As Análises de Variâncias, realizadas para as concentrações de nutrientes em mudas de vinhático, aos 98 dias de cultivo, detectaram um efeito significativo ($P \leq 0,01$) dos tratamentos micorrízicos (M), com relação ao P e ao K, tanto na parte aérea quanto no sistema radicular. Entretanto, os efeitos dos tratamentos micorrízicos foram não-significativos ($P > 0,05$) para as concentrações de Ca e Mg, em ambas as partes.

Também foram não-significativos ($P > 0,05$) os efeitos de omissão de fósforo (OP) e da interação M x OP, para as concentrações de todos os nutrientes avaliados.

As concentrações de P foram, em média, 30% superiores na parte aérea e 70% superiores no sistema radicular das mudas micorrizadas, em comparação àquelas não-micorrizadas (Quadro 6).

QUADRO 6 - Valores Médios Obtidos para Concentrações (%) de Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca) e Magnésio (Mg) na Parte Aérea e no Sistema Radicular de Mudanças de Vinhático, aos 98 Dias de Cultivo

	Controle	<i>G. margarita</i>
	----- Parte Aérea -----	
P	0,058	0,075
K	0,651	0,804
Ca	0,580	0,566
Mg	2,345	2,286
	----- Sistema Radicular -----	
P	0,045	0,076
K	0,757	1,094
Ca	0,295	0,317
Mg	2,690	2,818

O comportamento das mudas de vinhático, com relação à concentração de K na parte aérea, foi contrário aos resultados, obtidos para o jacarandá-da-bahia. Enquanto para este último, as concentrações de K foram 14% superiores nas plantas não-micorrizadas, para o vinhático, as mudas micorrizadas apresentavam, em sua parte aérea, concentrações de K em média, 24% superiores aos valores das não-micorrizadas.

No sistema radicular das mudas de vinhático, as concentrações de K apresentaram comportamento semelhante àquele na parte aérea, com as mudas micorrizadas apresentando, em média, valores 45% superiores aos valores das não-micorrizadas.

Quanto às concentrações de Ca e Mg (Quadro 6), não se constataram diferenças significativas ($P > 0,05$), entre plantas não-micorrizadas e micorrizadas, tanto na parte aérea quanto no sistema radicular.

Os resultados das Análises de Variâncias para os conteúdos de P, K, Ca e Mg na parte aérea, no sistema radicular, e na planta inteira apresentaram diferenças significativas ($P \leq 0,01$), entre os tratamentos micorrízicos (M). Os efeitos dos tratamentos de omissão de fósforo (OP) e da interação M x OP foram não-significativos ($P > 0,05$) para todos os dados de conteúdos.

Constata-se (Quadro 7) que as plantas micorrizadas apresentaram, em média, cerca de 322% mais P, 310% mais K, 239% mais Ca e, 229% mais Mg, em sua parte aérea, quando comparadas às plantas não-micorrizadas.

Para o sistema radicular, estas proporções ficaram, em média, na faixa de 347% mais P, 256% mais K, 184% mais Ca e 177% mais Mg, nas plantas micorrizadas, quando comparadas àquelas do tratamento sem micorriza.

Considerando-se a planta inteira, os conteúdos dos nutrientes ficaram em torno de 327% mais P, 297% mais K, 232% mais Ca e 216% mais Mg, nas plantas micorrizadas, quando comparadas às não-micorrizadas (Quadro 7).

Embora, em alguns casos, as diferenças nas concentrações dos nutrientes P, K, Ca e Mg, entre plantas com e sem micorriza, não tenham sido detectadas nas Análises de Variância, tanto nas mudas de jacarandá-da-bahia quanto nas de vinhático, de modo geral, as plantas, colonizadas com o fungo MVA *G. margarita*, apresentaram estes valores superiores aos daquelas plantas não-colonizadas, com exceção do K e Ca na parte aérea do jacarandá-da-bahia, e do Ca e Mg na parte aérea do vinhático.

FIGURA 7 - Valores Médios Obtidos para Conteúdos (mg) de Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca) e Magnésio (Mg), na Parte Aérea, no Sistema Radicular, e na Planta Inteira de Mudanças de Vinhático, aos 98 Dias de Cultivo

	Controle	G. margarita
----- Parte Aérea -----		
P	1,103	4,659
K	12,257	50,206
Ca	10,757	36,468
Mg	43,804	143,899
----- Sistema Radicular -----		
P	0,228	1,020
K	3,807	13,561
Ca	1,492	4,228
Mg	13,448	37,254
----- Planta Inteira -----		
P	1,331	5,679
K	16,064	63,768
Ca	12,249	40,696
Mg	57,255	181,153

Provavelmente, as maiores concentrações de P, acusadas no sistema radicular das plantas micorrizadas, devem-se a seu armazenamento nas estruturas do fungo, encontradas nas células do córtex daquelas raízes.

Além disso, como as plantas colonizadas apresentaram pesos de matéria seca significativamente superiores aos das plantas não-colonizadas, mesmo que estas tenham apresentado maiores valores de concentração, os valores para o conteúdo em nutrientes foram inferiores aos das plantas colonizadas.

Este fato vem mostrar os ganhos na absorção de nutrientes, alcançados pelas plantas colonizadas, quando comparadas àquelas não-colonizadas. Embora GIANINAZZI-PEARSON e GIANINAZZI (1983) e MENGE (1983) tenham declarado que a eficácia direta da associação

micorrízica seja limitada aos íons de pouca mobilidade e baixas concentrações na solução do solo, como é o caso do P, Zn e Cu, MOSSE (1973) e HAYMAN (1983) informaram que a absorção de outros nutrientes, tais como K, Ca e Mg, pode ser promovida pela micorrização.

Diversos trabalhos têm sido realizados com a finalidade de comparar o nível nutricional, entre plantas com e sem micorriza. Porém, a maioria deles concentra-se em espécies de interesse agrônômico, feijoeiro ou algumas frutíferas. É o caso da constatação de maiores teores de K, Ca e Mg em feijoeiro (SILVEIRA e CARDOSO, 1991) e em angostão (CHU e SILVA, 1991); de K em urucuzeiro (SANTOS et al., 1991); e Ca e Mg em cafeeiro (SAGGIN-JÚNIOR et al., 1991).

Em relação às espécies florestais, resultados de trabalhos realizados no Brasil, têm sido mostrados principalmente para o eucalipto. Trabalho realizado por ZAMBOLIM et al. (1982), indica maiores teores de P, K, Ca e Mg na parte aérea de *Eucalyptus grandis*, em mudas inoculadas com seis espécies de *Glomus*, com raras exceções a favor do tratamento-controle, parecendo haver uma diferença de comportamento entre os fungos para os processos de absorção destes nutrientes.

Mais recentemente, estudo, realizado com *E. grandis* e *E. ualdulensis* (DIAS JÚNIOR et al., 1994), porém com fungos micorrízicos, mostrou menor teor de K na parte aérea de mudas inoculadas, resultado semelhante ao obtido para o jacarandá-da-bahia neste trabalho. Os autores acrescentam que os teores de Ca e Mg foram aumentados nas mudas inoculadas, o que também foi obtido, tanto para o jacarandá-da-bahia quanto para o vinhático.

A lenta difusão do P no solo, principalmente em condições de baixa umidade, reduz a capacidade das plantas em absorvê-lo

(BOLGIANO et al., 1983). Por este motivo, em sua maioria, os trabalhos com fungos micorrízicos concentram-se na nutrição das plantas, em relação a este elemento, tendo em vista que ele é altamente limitante ao crescimento das plantas e sua escassez pode impedir a assimilação de outros nutrientes (HAYMAN, 1983 e BRADY, 1989). Provavelmente, o aumento na absorção de P tenha fornecido energia ao sistema metabólico das plantas micorrizadas, aumentando a absorção dos outros nutrientes.

São inúmeros os trabalhos, que relacionam os fungos micorrízicos e absorção de P pelas plantas. Com relação aos fungos MVA, observaram-se maiores taxas de absorção e teores foliares em *Platanus occidentalis* (POPE, 1980), *Fraxinus pennsylvanica* (DOUDS JR. e CHANEY, 1986), *Acer pseudoplatanus* (FRANKLAND e HARRISON, 1985), *Plantago major ssp. pleiosperma* (BAAS e LAMBERS, 1988), dentre muitos outros. Resultado semelhante também já foi obtido para o jacarandá-da-bahia, em trabalho anterior (CHAVES, 1992).

No presente estudo, embora tenham ocorrido maiores conteúdos de P, K, Ca e Mg nas plantas micorrizadas, as maiores taxas foram encontradas para a absorção de P, cujo conteúdo na parte aérea das mudas de jacarandá-da-bahia foi quase 500% superior ao das não-micorrizadas.

A percentagem de colonização das mudas de jacarandá-da-bahia foi superior à do vinhático. Provavelmente, isto explique o fato de as proporções entre os conteúdos de P das plantas micorrizadas, em relação às não-micorrizadas, tanto na parte aérea quanto no sistema radicular do jacarandá-da-bahia, terem sido superiores às aquelas, encontradas para o vinhático.

Isto pode ser um indicativo de que as mudas de jacarandá-da-bahia são mais dependentes da condição micorrízica do que as mudas do

para absorver o P em solução com mesmo nível de disponibilidade.

Parâmetros Cinéticos de Absorção de Fósforo

As Análises de Variâncias, realizadas para os dados, obtidos para os parâmetros cinéticos de absorção de P por mudas de jacarandá-bahia, detectaram diferenças significativas ($P \leq 0,01$) entre os tratamentos micorrízicos (M). Porém, os efeitos dos tratamentos de adição de fósforo (OP) e da interação M x OP foram não-significativos ($P > 0,05$) para estes parâmetros.

Constatou-se que a média dos valores de $V_{m\acute{a}x.}$ para as plantas não-micorrizadas foi cerca de 203% superior aos das plantas micorrizadas (Quadro 8).

QUADRO 8 - Valores Médios Obtidos para os Parâmetros Cinéticos, $V_{m\acute{a}x.}$, K_m e $C_{m\acute{i}n.}$, e para a Quantidade de P Absorvida (QP_a), no Ensaio de Exaustão, por Mudanças de Jacarandá-da-Bahia, aos 98 Dias de Cultivo

	Controle	<i>G. margarita</i>
$V_{m\acute{a}x.}$ ($\mu\text{mol/g.h}$)	0,102	0,034
K_m ($\mu\text{mol/L}$)	7,623	6,745
$C_{m\acute{i}n.}$ ($\mu\text{mol/L}$)	6,241	5,423
QP_a (μg)	53,151	70,771

Os valores de ambos, K_m e $C_{m\acute{i}n.}$, das plantas micorrizadas foram, em média, 12% e 13% menores, respectivamente, quando comparadas àquelas não-micorrizadas (Quadro 8).

A quantidade de P, absorvida por ocasião do ensaio de exaustão (QP_a) pelas plantas micorrizadas foi, em média, 33% superior aos valores, alcançados pelas não-micorrizadas.

Os resultados das Análises de Variâncias dos dados, obtidos para os parâmetros cinéticos de absorção de P por mudas de vinhático, bem como para a quantidade de P, absorvida por ocasião do ensaio de exaustão (QP_a), constatarem diferenças significativas ($P \leq 0,01$) entre os tratamentos micorrízicos.

Para o $V_{m\acute{a}x.}$, as plantas não-micorrizadas apresentaram, em média, valores próximos a 96% superiores aos daquelas micorrizadas (Quadro 9).

QUADRO 9 - Valores Médios Obtidos para os Parâmetros Cinéticos, $V_{m\acute{a}x.}$, K_m e $C_{m\acute{i}n.}$, e para a Quantidade de P Absorvida (QP_a), no Ensaio de Exaustão, por Mudanças de Vinhático, aos 98 Dias de Cultivo

	Controle	<i>G. margarita</i>
$V_{m\acute{a}x.}$ ($\mu\text{mol/g.h}$)	0,068	0,035
K_m ($\mu\text{mol/L}$)	7,355	6,450
$C_{m\acute{i}n.}$ ($\mu\text{mol/L}$)	5,884	4,889
QP_a (μg)	59,032	77,474

Para os parâmetros K_m e $C_{m\acute{i}n.}$, as plantas micorrizadas apresentaram valores, em média, 14% e 20%, respectivamente, menores que as plantas não-micorrizadas (Quadro 9).

As quantidades de P, absorvidas durante o ensaio de exaustão (QP_a), ficaram em torno de 31% maiores para as plantas micorrizadas, quando comparadas às não-micorrizadas (Quadro 9).

Embora a maioria dos trabalhos, citados na literatura, concentrem-se em efeitos positivos das associações micorrízicas sobre a absorção de P, são escassas as informações de seus efeitos sobre os parâmetros cinéticos de absorção deste elemento.

Constatou-se, neste estudo, que tanto as plantas de jacarandá-da-bahia quanto as de vinhático, micorrizadas, absorveram uma quantidade maior de P do que as plantas não-micorrizadas, para um mesmo tempo de cultivo. Entretanto, os valores de velocidade máxima de absorção dessas plantas foram inferiores aos daquelas não-micorrizadas.

Os menores valores de $V_{máx.}$ indicam que não houve aumento no número de sítios de absorção (TABER e McFEE, 1974 e CRESS et al., 1979) naquelas plantas micorrizadas. Não parece, portanto, que seja este o principal motivo do aumento de absorção de P por estas plantas.

De acordo com COX e TINKER (1976), a transferência de P, através das membranas fúngica e do hospedeiro, parece ser o mecanismo provável do aumento de absorção deste nutriente por plantas micorrizadas. Entretanto, os valores de K_m mais baixos, obtidos nas plantas micorrizadas, indicam um aumento da afinidade do íon fosfato aos sítios de absorção naquelas plantas (CRESS et al., 1979).

Segundo MARSCHNER (1986), o sistema de transporte na membrana fúngica parece ter uma afinidade maior com o íon fosfato do que as raízes do hospedeiro. Portanto, este parece ser o principal motivo pelo qual as plantas micorrizadas apresentarem menores valores para o K_m e $C_{mín.}$

No estudo dos parâmetros cinéticos de absorção de P para mudas de jacarandá-da-bahia e vinhático, aos 110 dias de cultivo, os resultados mostram mais um aumento de afinidade dos sítios de absorção pelo íon fosfato ($C < C_{mín.}$), do que um aumento do número de sítios de absorção

($< V_{m\acute{a}x.}$). Este fato também foi sugerido por CRESS et al. (1979), trabalhando com tomate, em baixa concentra o de P na soluço.

Segundo NISSEN (1991), os sítios de absor o, os sítios de liga o e os sítios de transferência parecem ser os mesmos, porém com mudanças conformacionais, de acordo com o número de fases no processo de absor o.

Sugere-se que o número de fases varia com a mudança na concentra o do íon na soluço. Deste modo, com uma concentra o mais alta, no início do ensaio, a velocidade de absor o   maior, com uma declividade mais acentuada na curva. Por este motivo, o valor de $V_{m\acute{a}x.}$   obtido nesta fase.

  medida que a concentra o do íon na soluço diminui, o processo de absor o torna-se mais lento, passando a ocorrer mudanças conformacionais nos sítios de absor o, aumentando, deste modo, a afinidade destes sítios para com o íon, proporcionando um menor K_m .

Parece que estas mudanças são mais acentuadas nas estruturas dos fungos micorrízicos do que na própria raiz da planta hospedeira, fazendo com que as plantas micorrizadas consigam absorver o P de solu es com concentra es mais baixas do que as não-micorrizadas e, por este motivo, apresentem menores valores de K_m e $C_{mín.}$

Ao contrário dos resultados, obtidos neste estudo, trabalhos anteriores, realizados com tomate (CRESS et al., 1979) e com soja (KARUNARATNE et al., 1986 e FAQUIN et al., 1990), indicaram que a micorriza o promoveu um aumento nos valores de $V_{m\acute{a}x.}$. Porém, os resultados obtidos para os valores de K_m e de $C_{mín.}$ naqueles trabalhos, são concordantes com os obtidos neste estudo, para o jacarandá-da-bahia e para o vinhático.

Semelhante aos resultados, obtidos para plantas não-micorrizadas, neste experimento, MARTINEZ et al.(1993) e diversos autores, citados por FAQUIN et al. (1990), encontraram valores maiores para o $V_{m\acute{a}x.}$ de absorção de P em plantas com menor nível nutricional. Lee (1982), citado por FAQUIN et al. (1990), sugeriu que estas plantas são ricas em carboidratos, de modo que os carboidratos acumulados funcionam como fonte adicional de energia para a absorção de nutrientes.

Os resultados diferenciados, obtidos em diversos trabalhos, para valores de $V_{m\acute{a}x.}$, K_m e $C_{m\acute{i}n.}$, parecem ser devidos tanto à espécie vegetal, quanto à espécie de fungo micorrízico, à colonização das raízes e às condições experimentais.

Eficiência de Utilização de Fósforo e Dependência Micorrízica

Para as mudas de jacarandá-da-bahia não-micorrizadas, a eficiência de utilização de P (EUP) foi, em média, de 1,34 g² de matéria seca por 1 mg de P, enquanto as micorrizadas chegaram a uma EUP de 4,27 g² de matéria seca por 1 mg de P, constatando-se, portanto, um aumento de 209% na eficiência na utilização de P a favor das plantas micorrizadas.

Já no caso do vinhático, as mudas não-micorrizadas apresentaram, em média, uma EUP de 4,27 g² de matéria seca por 1 mg de P e as mudas micorrizadas, uma EUP de 9,81 g² de matéria seca por 1 mg de P, de modo que a presença do fungo micorrízico promoveu um aumento de 130% na utilização de P por estas plantas.

As mudas de vinhático não-micorrizadas apresentaram EUP inferior àquela das mudas de jacarandá-da-bahia micorrizadas, constatando-se, deste modo, que as mudas de vinhático são mais eficientes

a utilização de P que as mudas de jacarandá-da-bahia e, portanto, menos dependentes da condição micorrízica para produção.

Este fato foi confirmado pelos valores, obtidos para a dependência micorrízica (DM), que ficou em torno de 213,8% para o vinhático, contra 331,4% para o jacarandá-da-bahia. Resultados semelhantes foram obtidos em trabalho, realizado por POPE et al. (1983), onde a DM variou entre as quatro espécies florestais estudadas.

Pode-se concluir, portanto, que a eficiência micorrízica em mudas de jacarandá-da-bahia é maior que a eficiência micorrízica em mudas de vinhático, quando cultivadas sob as mesmas condições.

4.5. *Correlação entre Características de Crescimento, Características Nutricionais e Parâmetros Cinéticos de Absorção de Fósforo*

O coeficiente de correlação, ou grau de associação, calculado entre as características, avaliadas para o jacarandá-da-bahia neste trabalho, veio confirmar a existência, com algumas exceções, de uma certa interdependência entre estas características.

Ocorreram correlações negativas, porém significativas, entre os parâmetros cinéticos de absorção de P e todas as demais características, sendo, contudo, mais acentuadas com relação àquelas de crescimento e de conteúdos de nutrientes e menos acentuadas, com relação aos teores de nutrientes.

Estas mesmas observações foram feitas para o vinhático, embora apresentando valores um pouco inferiores aos do jacarandá-da-bahia.

A colonização das raízes do jacarandá-da-bahia e do vinhático, com o fungo MVA, *G. margarita*, promoveu correlações positivas e

significativas, com todas as características de crescimento e conteúdos de nutrientes, e negativas com os parâmetros cinéticos de absorção de P.

De modo geral, para as duas espécies florestais, as maiores interdependências estão situadas, entre a colonização do sistema radicular das plantas com o fungo MVA e as características de crescimento, os conteúdos de nutrientes, os parâmetros cinéticos, sendo pouco significativas com relação à concentração de nutrientes.

5. CONCLUSÕES

A presença do fungo MVA, *G. margarita*, nas raízes de mudas de jacarandá-da-bahia e vinhático, promove aumento de crescimento e do "status" nutricional das plantas e favorece a absorção de P de soluções com baixa concentração de nutrientes.

Para as condições, em que foi realizado este experimento, a eficiência micorrízica foi maior na produção de mudas de jacarandá-da-bahia do que na produção de mudas de vinhático, as quais são menos dependentes da condição micorrízica do que o jacarandá-da-bahia.

Porém, ambas as espécies jacarandá-da-bahia e vinhático podem ser consideradas como micotróficas, se cultivadas em condições de baixa disponibilidade de nutrientes, sendo o grau de micotrofia mais acentuado para as mudas de jacarandá-da-bahia.

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA

- ABBOTT, L.K. & ROBSON, A.D. The effect of V.A. mycorrhizae on plant growth. In: POWELL, C.L. & BAGYARAJ, D.J. (eds.) *VA Mycorrhiza*. CRC Press, Inc., 1984. p.113-130.
- ALEXANDER, C.; ALEXANDER, I.J.; HADLEY, G. Phosphate uptake by *Goodyera repens* in relation to mycorrhizal infection. *New Phytol.*, **97**(3):401-411, 1984.
- BAAS, R. & LAMBERS, H. Effects of vesicular-arbuscular mycorrhizal infection and phosphate on *Plantago major* spp. *pleiosperma* in relation to the internal phosphate concentration. *Physiol. Plant.*, **74**:701-707, 1988.
- BAGYARAJ, D.J. The use of VA mycorrhizal fungi in practical agriculture. In: REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 4, Rio de Janeiro, 1991. Resumos... Rio de Janeiro, EMBRAPA/CNPBS, UFRRJ, 1991. p.81-92.
- BARTOLINI, C. *La fertilidad de los suelos*. Madrid, Ediciones Mundi-Prensa, 1989. 140p.
- BEEVER, R.E. & BURNS, D.J.W. Phosphorus uptake, storage and utilization by fungi. *Advances in Botany Research*, **8**: 127-219, 1980.

- BINKLEY, D. & VITOUSEK, P. Soil nutrient availability. In: PEARCY, R.W.; EHLERINGER, J.R.; MOONEY, H.A.; RUNDEL, P.W. (eds.) **Plant physiological ecology: field methods and instrumentation**. London, Chapman and Hall, 1989. p.75-96.
- BOLGIANO, N.C.; SAFIR, G.R.; WARNCKE, D.D. Mycorrhizal infection and growth of onion in the field in relation to phosphorus and water availability. **J. Amer. Soc. Hort. Sci.**, 108(5):819-825, 1983.
- BORGES, R.C.G. & CHANEY, W.R. Root temperature affects mycorrhizal efficacy in *Fraxinus pennsylvanica* Marsh. **New Phytol.**, 112:411-417, 1989.
- BORGES, R.C.G. & CHANEY, W.R. The response of *Acacia scleroxyla* Tuss. to mycorrhizal inoculation. **The International Tree Crops Journal**, 5:191-201, 1988.
- BRADY, N.C. **Natureza e propriedades dos solos**. 7.ed., Rio de Janeiro, Freitas Bastos, 1989. 898p.
- CARDOSO, E.J.B.N. & FREITAS, S.S. A rizosfera. In: CARDOSO, E.J.B.N.; TSAI, S.M.; NEVES, M.C.P. (eds.) **Microbiologia do solo**. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1992. p.41-57.
- CARMO, D.N.; RESENDE, M.; SILVA, T.C.A. Avaliação da aptidão das terras para eucalipto. In: BARROS, N.F. & NOVAIS, R.F. (eds.) **Relação solo-eucalipto**. Viçosa, Editora Folha de Viçosa, 1990. p.187-35.
- CARNEIRO, M.A.C.; SIQUEIRA, J.O.; DAVIDE, A.C.; JANE, L.; CURI, N.; VALE, F.R. Colonização micorrízica e crescimento de trinta e uma espécies arbóreas de interesse para reflorestamento. In: REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 5, Florianópolis, 1994. **Resumos...: micorrizas e manejo agroflorestal sustentável**. Florianópolis, FINEP/CNPq/FAPEU, UFSC, 1994. p.14.
- CHAPIN III, F.S. & VAN CLEVE, K. Approaches to studying nutrient uptake, use and loss in plants. In: PEARCY, R.W.; EHLERINGER, J.R.; MOONEY, H.A.; RUNDEL, P.W. (eds.) **Plant physiological ecology: field methods and instrumentation**. London, Chapman and Hall, 1989. p.185-207.
- CHAVES, L.F.C. **Crescimento de mudas de jacarandá-da-bahia (*Dalbergia nigra* (Vell.) Fr. Allem.) em resposta à inoculação com fungos micorrízicos vesículo-arbusculares em diferentes níveis de fósforo**. Viçosa, UFV, 1992. 92 p. (Tese de M.S.).

- CHU, E.Y. & SILVA, O.F. Crescimento e nutrição mineral das mudas de mangostão (*Garcinia mangostana*) micorrizadas ou não em dois tipos de substratos. In: REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 4, 1991. Resumos... Rio de Janeiro, EMBRAPA/CNPBS, UFRRJ, 1991. 174p.
- CLAASSEN, N. & BARBER, S.A. A method of characterizing the relation between nutrient concentration and flux into root of intact plants. *Plant Physiol.*, 54:564-568, 1974.
- CLAASSEN, N. & BARBER, S.A. Simulation model for nutrient uptake from soil by a growing plant root system. *Agronomy Journal*, 68:961-964, 1976.
- CLARK, R.B. Characterization of phosphatase of intact maize roots. *J. Agric. Food Chem.*, 23(3):458-460, 1975.
- CLARKSON, D.T. Root structure and sites of ion uptake. In: WAISEL, Y.; ESHEL, A.; KAFKAFI, U. (eds.) *Plant roots: the hidden half*. New York, Marcel Dekker, Inc., 1991. p.417-453.
- COOPER, K.M. Physiology of VA mycorrhizal associations. In: POWELL, C.L. & BAGYARAJ, D.J. (eds.) *VA Mycorrhiza*. Flórida, CRC Press, Inc., 1984. p. 155-186.
- COX, G. & TINKER, P.B. Translocation and transfer of nutrients in vesicular-arbuscular mycorrhizas. 1. The arbuscle and phosphorus transfer: a quantitative ultrastructural study. *New Phytol.*, 77(2):371-378, 1976.
- CRESS, W.A.; THRONEBERRY, G.O.; LINDSAY, D.L. Kinetics of phosphorus absorption by mycorrhizal and nonmycorrhizal tomato roots. *Plant Physiol.*, 64:484-487, 1979.
- DANIELS, B.A. & TRAPPE, J.M. Factors affecting spore germination of the vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus, *Glomus epigaeus*. *Mycologia*, 72:457-471, 1980.
- DIAS JÚNIOR, H.E.; TRINDADE, A.V.; PEREIRA, J.M.; MUCHOVEJ, R.M.C. Efeito da inoculação de fungo ectomicorrízico na resposta de *Eucalyptus* spp. à Ca+Mg no solo. In: REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 5, Florianópolis, 1994. Resumos...: micorrizas e manejo agroflorestal sustentável. Florianópolis, FINEP/CNPq/FAPEU, UFSC, 1994. 83p.

- DIEDERICHS, C. Influence of light on the efficacy of vesicular-arbuscular mycorrhiza in tropical and subtropical plants. I. Effects of light intensity under greenhouse conditions. *Angew Botanik*, **56**:325-333, 1982.
- DOUDS JR., D.D. & CHANEY, W.R. The effect of high nutrient condition upon seasonal patterns of mycorrhizal development, host growth, and root phosphorus and carbohydrate content in *Fraxinus pennsylvanica* Marsh. *New Phytol.*, **103**:91-106, 1986.
- EPSTEIN, E. & HAGEN, C.E. A kinetic study of the absorption of alkali cations by barley roots. *Plant Physiol.*, **27**:457-474, 1952.
- EPSTEIN, E.; RAINS, D.W.; ELZAM, O.E. Resolution of dual mechanisms of potassium absorption by barley roots. *Proc. Natl. Acad. Sci.*, **49**:684-692, 1963.
- EPSTEIN, E. **Nutrição mineral das plantas: princípios e perspectivas.** Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos, São Paulo, Ed. da Universidade de São Paulo, 1975. 344p.
- FAQUIN, V. **Cinetica da absorção de fosfato, nutrição mineral, crescimento e produção da soja sob influência de micorriza vesículo-arbuscular (MVA).** Piracicaba, ESAL, 1988. 136p. (Tese de D.S.)
- FAQUIN, V.; MALAVOLTA, E.; MURAOKA, T. Cinética da absorção de fosfato em soja, sob influência de micorriza vesículo-arbuscular. *R. bras. Ci. Solo*, **14**:41-48, 1990.
- FONSECA, C.E.L.; BUENO, D.M.; SPERÂNDIO, J.P. Comportamento do jacarandá-da-bahia aos cinco anos de idade, em quatro diferentes espaçamentos em Manaus-AM. *Revista Árvore*, **14**(2):78-84, 1990.
- FRANKLAND, J.C. & HARRISON, A.F. Mycorrhizal infection of *Betula pendula* and *Acer pseudoplatanus*: relationships with seedling growth and soil factors. *New Phytol.*, **101**:133-151, 1985.
- GALVÃO, A.P.M.; FERREIRA, C.A.; TEIXEIRA, L.B. Observações sobre o comportamento do jacarandá-da-bahia (*Dalbergia nigra* Fr. Allem.) em povoamento puro na Amazônia. *IPEF*, **19**:47-59, 1979.
- GIANINAZZI-PEARSON, V. & GIANINAZZI, S. The physiology of vesicular-arbuscular mycorrhizal roots. *Plant and Soil*, **71**:197-209, 1983.

- GOLFARI, L. & CASER, R.L. Zoneamento ecológico da Região Nordeste para experimentação florestal. **PRODEPEF**, 10:1-116, 1977. (Série Técnica).
- GOLFARI, L. Zoneamento ecológico do Estado de Minas Gerais para reflorestamento. **PNUD/FAO/IBDF/BRA**, 45(3):1-65, 1975. (Série Técnica).
- HATTINGH, M.J.; GRAY, L.E.; GERDEMANN, J.W. Uptake and translocation of ³²P-labeled phosphate to onion roots by endomycorrhizal fungi. **Soil Science**, 116(5):383-387, 1973.
- HAWLEY, R.C. & SMITH, D.M. **Silvicultura práctica**. Barcelona, Ediciones Omega S.A., 1972. 544 p.
- HAYMAN, D.S. The physiology of vesicular-arbuscular endomycorrhizal symbiosis. **Can. J. Bot.**, 61:944-963, 1983.
- HODGES, T.K. Ion absorption by plant roots. **Adv. Agron.**, 25:163-207, 1973.
- HOFER, R-M. Root hairs. In: WEISEL, Y.; ESHEL, A.; KAFKAFI, U. **Plant roots: the hidden half**. New York, Marcel Dekker, Inc., 1991. p.129-148.
- IVORY, M.H. Ectomycorrhizal fungi of lowland tropical pines in natural forest and exotic plantations. In: MIKOLA, P. (ed.) **Tropical mycorrhiza research**. Oxford, Clarendon Press, 1980. p.110-117.
- JUNGK, A.O. Dynamics of nutrient movement at the soil-root interface. In: WEISEL, Y.; ESHEL, A.; KAFKAFI, U. **Plant roots: the hidden half**. New York, Marcel Dekker, Inc., 1991. p.445-481.
- KARUNARATNE, R.S.; BAKER, J.H.; BARKER, A.V. Phosphorus uptake by mycorrhizal and nonmycorrhizal roots of soybean. **Journal of Plant Nutrition**, 9(10):1303-1313, 1986.
- KHANNA, P.H. & ULRICH, B. Soil characteristics influencing nutrient supply in forest soils. In: BOWEN, G.D. & NAMBIAR, E.K.S. (eds.) **Nutrition of plantation forests**. London, Academic Press Inc., 1984. p.79-117.
- KOCHIAN, L.V. & LUCAS, W.J. Potassium transport in corn roots. I. Resolution of kinetics into a saturable and linear component. **Plant Physiol.**, 70:1723-1731, 1982.

IPRECHT, H. **Silvicultura nos trópicos: ecossistemas florestais e perspectivas espécies arbóreas - possibilidades e métodos de aproveitamento sustentado.** Rossdorf, TZ-Verl.-Ges. 1990. 34p.

O, A.C. & VINHA, S.G. Ocorrência do jacarandá no sul da Bahia. **Recado Atualidades**, 12(4): 22-29, 1975.

OSAY, W.L. **Chemical equilibria in soils.** New York, John Wiley & Sons, Inc., 1979. 449p.

ENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil.** Nova Odessa-SP, Editora Plantarum, 1992. 352p.

AVOLTA, E. Absorção e transporte de íons. In: FERRI, M.G. (coord.) **Fisiologia vegetal**, vol. 1, 2.ed. São Paulo, Editora Pedagógica Universitária Ltda., 1985. p.77-96.

RSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants.** London: Academic Press Inc., 1986. 674p.

RTINEZ, H.E.P.; NOVAIS, R.F.; RODRIGUES, L.A.; SACRAMENTO, L.V.S. Comportamento de variedades de soja cultivadas em diferentes doses de fósforo. I. Cinética de absorção de fósforo e ajustes morfológicos da planta. **Rev. bras. Ci. Solo** 17: 231-238, 1993.

GE, J.A. Utilization of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi in agriculture. **Can. J. Bot.** 61: 1015-1024, 1983.

GE, J.A. Inoculation production. In: POWELL, C.L. & BAGYARAJ, J. (eds.) **VA Mycorrhiza.** Florida, CRC Press Inc., 1984. p.197-203.

ER, H.G. Dynamics of nutrient cycling in plantation ecosystems. In: WEN, G.D. & NAMBIAR, E.K.S. (eds.) **Nutrition of plantation ecosystems.** London, Academic Press Inc., 1984. p.53-78.

IE, B. Advances in the study of the vesicular-arbuscular mycorrhiza. **Qu. Rev. Phytopatol.**, 11: 171-196, 1973.

S, J.C.L.; GOMES, J.M.; NOVAIS, R.F. Fertilização mineral de plantas de eucalipto. In: BARROS, N.F. & NOVAIS, R.F. (eds.) **Relação solo-planta-eucalipto.** Viçosa, Editora Folha de Viçosa, 1990. p.99-126.

- NISSEN, P. Uptake mechanisms. In: WAISEL, Y.; ESHEL, A.; KAFKAFI, U. (eds.) *Plant roots: the hidden half*. New York, Marcel Dekker Inc., 1991. p.483-502.
- PHILLIPS, J.M. & HAYMAN, D.S. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic infection. *Trans. Myc.*, **55**:158-160, 1970.
- POPE, P.E. Influence of *Glomus fasciculatus* mycorrhizae on some physical and chemical characteristics of *Platanus occidentalis* seedlings. *Can. J. Bot.*, **58**:1601-1606, 1980.
- POPE, P.E.; CHANEY, W.R.; RHODES, J.D.; WOODHEAD, S.H. The mycorrhizal dependency of four hardwood tree species. *Can. J. Bot.*, **61**(2):412-417, 1983.
- POWELL, C.L. Plant growth responses to vesicular-arbuscular mycorrhiza. VIII. Uptake of P by onion and clover infected with different *Endogone* spore types in ^{32}P labelled soils. *New Phytol.*, **75**(3):563-566, 1975.
- READ, D.J.; KOUCHEKI, H.K.; HODGSON, J. Vesicular-arbuscular mycorrhiza in natural vegetation systems. I. The occurrence of infection. *New Phytol.*, **77**:641-653, 1976.
- RESH, H.M. *Cultivos hidroponicos: nuevas técnicas de producción*. Madrid, Ediciones Mundi-Prensa, 1987. 318p.
- RHODES, L.H. & GERDEMANN, J.W. Phosphate uptake zones of mycorrhizal and non-mycorrhizal onions. *New Phytol.*, **75**(3):555-561, 1975.
- RIZZINI, C.T. *Árvores e madeiras úteis do Brasil: manual de dendrologia brasileira*. São Paulo, Edgard Blücher Ltda., 1978. 354p.
- RUIZ, H.A. Estimativa dos parâmetros cinéticos K_m e $V_{máx}$. por uma aproximação gráfico-matemática. *Revista Ceres*, **32**:79-84, 1985.
- RUIZ, H.A. O transporte de fósforo na solução do solo. *Rev. Cult. UFES*, **36**:65-72, 1986.
- SAGGIN-JÚNIOR, O.J.; SIQUEIRA, J.O.; GUIMARÃES, P.T.G.; OLIVEIRA, E. Resposta do cafeeiro à pré-colonização com isolados de *Glomus etunicatum* em solos com diferentes doses de P em condições de campo. In: REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 4, Rio de Janeiro, 1991. Resumos... Rio de Janeiro: EMBRAPA/CNPBS, UFRRJ, 1991. p.195.

- SALISBURY, F.B. & ROSS, C.W. **Plant Physiology**. 4.ed., California, Wadsworth Inc., 1992. 682p.
- SANDERS, F.E. & SHEIKH, N.A. The development of vesicular-arbuscular mycorrhizal infection in plant root systems. **Plant and Soil**, **71**:223-246, 1983.
- SANDERS, F.E. & TINKER, P.B. Phosphate flow into mycorrhizal roots. **Pestic. Sci.**, **4**:385-395, 1973.
- SANTOS, M.P.; CARVALHO, J.G.; OLIVEIRA, E. Efeitos de micorrizas vesicular-arbusculares e de superfosfato simples no crescimento de mudas de urucuzeiro (*Bixa orellana* L.). In: REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 4, Rio de Janeiro, 1991. **Resumos...** Rio de Janeiro: EMBRAPA/CNPBS, UFRRJ, 1991. p.179.
- SIDDIQI, M.Y. & GLASS, A.D.M. Utilization index: a modified approach to the estimation and comparison of nutrients utilization efficiency in plants. **Journal of Plant Nutrition**, **4**(3):286-302, 1981.
- SIEVERDING, E. & HOWELER, R.H. Influence of species of V.A. mycorrhizal fungi on cassava yield response to phosphorus fertilization. **Plant and Soil**, **88**:213-221, 1985.
- SILVA, E.M.R.; FRANCO, A.A.; DIAS, L.E.; CAMPELLO, E.F.C. Fungos micorrízicos em leguminosas arbóreas revegetando solos degradados. In: REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 5, Florianópolis, 1994. **Resumos...: micorrizas e manejo agroflorestal sustentável**. Florianópolis: FINEP/CNPq/FAPEU, UFSC, 1994. p.25.
- SILVEIRA, A.P.D. & CARDOSO, E.J.B.N. Influência da micorriza VA nos parâmetros cinéticos de absorção de P, no crescimento e nutrição do feijoeiro em dois estádios do ciclo da planta. In: REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 4, Rio de Janeiro, 1991. **Resumos...** Rio de Janeiro, EMBRAPA/CNPBS, UFRRJ, 1991. p.139.
- SILVEIRA, A.P.D. Micorrizas. In: CARDOSO, E.J.B.N.; TSAI, S.M.; NEVES, M.C.P. (coords.) **Microbiologia do solo**. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1992. p.257-282.
- SIQUEIRA, J.O. **Biologia do solo**. Lavras, ESAL/FAEPE, 1993. 230p.
- SIQUEIRA, J.O. & FRANCO, A.A. **Biotechnology do solo - fundamentos e perspectivas**. Brasília, MEC/ESAL/FAEP/ ABEAS, 1988. 235p.

- SMITH, S.E. Mycorrhizas of autotrophic higher plants. *Biol. Rev.*, 55: 475-510, 1980.
- TABER, H.G. & McFEE, W.W. Kinetic analysis of nitrogen influence on phosphate absorption of excised roots of Monterey Pine seedlings. *Forest Science*, 20(3):279-282, 1974.
- THOMAZINI, L.I. Mycorrhiza in plants of the 'Cerrado'. *Plant and Soil*, 41:707-711, 1974.
- TORREY, J.G. Can plant productivity be increased by inoculation of tree roots with soil microorganisms? *Can. J. For. Res.*, 22(12):1815-1823, 1992.
- VALE, R.F. Efeito do alumínio sobre a cinética de absorção de nitrato, amônio e fosfato em milho (*Zea mays* L.) e em clones de eucalipto (*Eucalyptus alba*). Viçosa, UFV, 1982. 71p. (Tese M.S.).
- WILCOX, H.E. Mycorrhizae. In: WAISEL, Y.; ESHEL, A.; KAFKAFI, U. *Plant roots: the hidden half*. New York, Marcel Dekker Inc., 1991. 765p.
- ZAMBOLIM, L.; BARROS, N.F.; COSTA, L.M. Influência de micorrizas do tipo vesicular-arbuscular no crescimento e absorção de nutrientes por mudas de *Eucalyptus* spp. *Revista Árvore*, 6:64-73, 1982.
- ZAMBOLIM, L. & SIQUEIRA, J.O. *Importância e potencial das associações micorrízicas para a agricultura*. Belo Horizonte, EPAMIG, 1985. 36p. (Série Documentos, 26).
- ZAMBOLIM, L. Fungos micorrízicos de eucalipto. In: BARROS, N.F. & NOVAIS, R.F. (eds.) *Relação solo-eucalipto*. Viçosa, Editora Folha de Viçosa, 1990. 322p.

APÊNDICES

QUADRO 1A - Resumo das Análises de Variâncias das Características de Crescimento, Colônias e Efeitos da Parte Aérea (PFPA) em os Quadrados N, os Dados de Altura (H), Peso de Matéria P, Seca da Parte Aérea (PSPA), Peso de Matéria P, Seca da Parte Aérea (PSP), Peso de Matéria P, Seca da Parte Aérea (PSSR), Percentagem de Colonização (COL) e Peso A, Peso de Matéria P, Seca da Parte Aérea (SRSC) de Mudras de Jacarandá-Colonizado (SRSC) Cultivadas Durante 98 Dias

FV	GL	H	PFPA	Quadrados Médios				
				PFSR	PSPA	PSSR	COL(1)	SRSC
Blocos	3	165,82 ^{NS}	13,81 ^{NS}	2,58 ^{NS}	1,96 ^{NS}	0,00		0,1113 ^{NS}
Micorriza (M)	1	6.080,29 ^{**}	568,58 ^{**}	15,21 ^{**}	75,32 ^{**}	5,20 ^{NS}	161,71 ^{NS}	9,550 ^{**}
Omis. P (OP)	3	25,21 ^{NS}	0,62 ^{NS}	0,49 ^{NS}	0,16 ^{NS}	0,10 ^{**}	48.288,23 ^{**}	0,133 ^{NS}
M x OP	3	12,07 ^{NS}	3,62 ^{NS}	0,62 ^{NS}	0,56 ^{NS}	0,13 ^{NS}	56,57 ^{NS}	0,133 ^{NS}
Resíduos	21	69,25	5,87	1,67	0,89	0,18 ^{NS}	56,57 ^{NS}	0,150
CV (%)		15,77	35,81	10,19	39,75	48,49	62,11	70,88
							20,29	

(1) Dados transformados para $\arcsen \sqrt{col/100}$.
 ** Significativo ($P \leq 0,01$) pelo teste F.
 NS Não-Significativo ($P > 0,05$), pelo teste F.

QUADRO 2A - Resumo das Análises de Variâncias de Variâncias para as Concentrações de Nutrientes, na Parte Aérea e no Sistema Radicular, com os Quadrados Médios dos Dados de Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca) e Magnésio (Mg) de Mudanças de Jacarandá-da-Bahia, Cultivadas Durante 98 Dias

FV	GL	Quadrados Médios											
		Parte Aérea					Sistema Radicular						
		P	K	Ca	Mg	P	K	Ca	Mg				
Blocos	3	0,0010NS	0,1121NS	0,1179**	0,857NS	0,00110NS	0,075*	0,01010**	0,093NS				
Micor (M)	1	0,00638**	0,2665**	0,0504**	4,249*	0,01560NS	0,285**	0,00170NS	7,013**				
Omis.P (OP)	3	0,00073NS	0,0335NS	0,0153*	1,063NS	0,00007NS	0,004NS	0,00140NS	0,127NS				
M x OP	3	0,00017NS	0,0304NS	0,0074NS	0,982NS	0,00002NS	0,036NS	0,00014NS	0,056NS				
Resíduo	21	0,0130	0,0210	0,0037	0,765	0,00043	0,019	0,0310	0,269				
CV (%)		21,90	10,43	8,92	16,68	25,28	13,26	14,91	18,99				

* Significativo ($P \leq 0,05$) pelo teste F.

** Significativo ($P \leq 0,01$) pelo teste F.

NS Não-Significativo ($P > 0,05$) pelo teste F.

QUADRO 3A - Resumo das Análises de Variâncias para os Conteúdos de Nutrientes na Parte Aérea, no Sistema Radicular e na Planta Inteira, com os Quadros Médios dos Dados de Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca) e Magnésio (mg), de Mudanças de Jacarandá-da-Bahia, Cultivadas Durante 98 Dias

FV	GL	Quadros Médios											
		Parte Aérea				Sistema Radicular				Planta Inteira			
		P	K	Ca	Mg	P	K	Ca	Mg	P	K	Ca	
Blocos	3	6,51 ^{NS}	299 ^{NS}	184,8 ^{NS}	10,010 ^{NS}	0,53 ^{NS}	30,05 ^{NS}	2,03 ^{NS}	144 ^{NS}	10,4 ^{NS}	363 ^{NS}	193 [*]	
Micor. (M)	1	137,43 ^{**}	11.705 ^{**}	2.876,8 ^{**}	262.112 ^{**}	9,24 ^{**}	776,67 ^{**}	42,85 ^{**}	7.595 ^{**}	217,0 ^{**}	18.511 ^{**}	3.623 ^{**}	
Omis.P (OP)	3	1,38 ^{NS}	7 ^{NS}	32,9 ^{NS}	3,461 ^{NS}	0,31 ^{NS}	13,38 ^{NS}	1,41 ^{NS}	256 ^{NS}	2,6 ^{NS}	35 ^{NS}	45 ^{NS}	
M x OP	3	1,78 ^{NS}	65 ^{NS}	50,9 ^{NS}	4,825 ^{NS}	0,33 ^{NS}	14,07 ^{NS}	1,61 ^{NS}	292 ^{NS}	3,5 ^{NS}	135 ^{NS}	70 ^{NS}	
Resíduo	21	3,02	167	44,5	5,012	0,46	22,8	1,85	258	5,7	266	60	
CV (%)		59,03	41,05	42,87	54,05	89,94	57,23	65,65	67,79	64,54	40,87	44,02	

* Significativo ($P \leq 0,05$) pelo teste F.

** Significativo ($P \leq 0,01$) pelo teste F.

NS Não-Significativo ($P > 0,05$) pelo teste F.

QUADRO 4A - Resumo das Análises de Variâncias dos Parâmetros Cinéticos de Absorção de Fósforo, com os Quadros Médios para os Dados de Velocidade Máxima ($V_{máx.}$), Concentração de Fósforo na Metade da Velocidade Máxima (K_m), Concentração Mínima de Fósforo para que Ocorra Absorção ($C_{mín.}$) e Quantidade de Fósforo, Absorvida por Ocasão da Exaustão (Q_p) de Mudras de Jacarandá-da-Bahia, Cultivadas Durante 98 Dias

FV	GL	Quadros Médios			
		$V_{máx.}$ (1)	K_m	$C_{mín.}$	Q_p
Blocos	3	0,001025*	2,130**	2,9654**	246,79*
Micorriza (M)	1	0,016283**	6,169**	5,3546**	2.483,54**
Omissão P (OP)	3	0,000152NS	0,046NS	0,1351NS	34,57NS
M x OP	3	0,000277NS	0,075NS	0,2274NS	44,08NS
Resíduo	21	0,000215	0,120	0,2114	63,62
CV (%)		1,95	4,73	7,88	12,87

* Significativo ($P \leq 0,05$) pelo teste F.

** Significativo ($P \leq 0,01$) pelo teste F.

(1) Dados transformados para $\sqrt{V_{máx.} + 0,5}$.

QUADRO 6A - Equações de Regressão para Quantidade de Fósforo Absorvida (Q), em Função do Tempo (t), e seus Respec-tivos Coeficientes de Determinação (R²), Referentes ao Bloco I, da Cinética de Absorção de Fósforo para Mudras de Jacarandá-da-Bahia, Cultivadas Durante 98 Dias

Trat.	Modelo	Equação Seleccionada	R ²
SM		^	
OP=12	Linear	Q = 4,755 - 0,153.t	(0-12h) 0,916
SM		^	
OP=12	Potencial	Q = 5,063 . t ^{-0,210}	(12-27h) 0,969
SM		^	
OP=10	Linear	Q = 5,052 - 0,159.t	(0-12h) 0,935
SM		^	
OP=10	Potencial	Q = 5,920 . t ^{-0,269}	(12-27h) 0,992
SM		^	
OP=8	Linear	Q = 4,971 - 0,175.t	(0-12h) 0,955
SM		^	
OP=8	Potencial	Q = 4,420 . t ^{-0,178}	(12-27h) 0,958
SM		^	
OP=6	Linear	Q = 4,953 - 0,167.t	(0-11h) 0,941
SM		^	
OP=6	Potencial	Q = 4,975 . t ^{-0,202}	(11-27h) 0,990
CM		^	
OP=12	Linear	Q = 4,814 - 0,100.t	(0-8h) 0,937
CM		^	
OP=12	Potencial	Q = 6,882 . t ^{-0,299}	(8-27h) 0,936
CM		^	
OP=10	Linear	Q = 4,851 - 0,218.t	(0-12h) 0,954
CM		^	
OP=10	Potencial	Q = 4,989 . t ^{-0,303}	(12-27h) 0,917
CM		^	
OP=8	Linear	Q = 4,991 - 0,162.t	(0-8h) 0,961
CM		^	
OP=8	Potencial	Q = 7,192 . t ^{-0,380}	(8-27h) 0,927
CM		^	
OP=6	Linear	Q = 4,899 - 0,064.t	(0-2,5h) 0,999
CM		^	
OP=6	Potencial	Q = 6,303 . t ^{-0,302}	(2,5-27h) 0,940

SM = sem micorriza;

CM = com micorriza; e

OP = número de dias com omissão de fósforo.

QUADRO 7A - Equações de Regressão para Quantidade de Fósforo Absorvida (Q), em Função do Tempo (t), e seus Respective Coeficientes de Determinação (R²), Referentes ao Bloco II, da Cinética de Absorção de Fósforo para Mudas de Jacarandá-da-Bahia, Cultivadas Durante 98 Dias

Trat.	Modelo	Equação Seleccionada	R ²
SM		^	
OP=12	Linear	$Q = 4,999 - 0,145.t$	(0-5,5h) 0,910
SM		^	
OP=12	Potencial	$Q = 5,686 . t^{0,188}$	(5,5-27h) 0,912
SM		^	
OP=10	Linear	$Q = 4,957 - 0,139.t$	(0-5h) 0,912
SM		^	
OP=10	Potencial	$Q = 5,641 . t^{0,185}$	(5-27h) 0,913
SM		^	
OP=8	Linear	$Q = 4,958 - 0,163.t$	(0-5h) 0,943
SM		^	
OP=8	Potencial	$Q = 5,582 . t^{0,186}$	(5-27h) 0,923
SM		^	
OP=6	Linear	$Q = 4,922 - 0,138.t$	(0-7h) 0,954
SM		^	
OP=6	Potencial	$Q = 6,046 . t^{0,224}$	(7-27h) 0,957
CM		^	
OP=12	Linear	$Q = 4,925 - 0,189.t$	(0-8h) 0,978
CM		^	
OP=12	Potencial	$Q = 6,601 . t^{0,306}$	(8-27h) 0,935
CM		^	
OP=10	Linear	$Q = 4,861 - 0,156.t$	(0-2,5h) 0,942
CM		^	
OP=10	Potencial	$Q = 5,775 . t^{-0,243}$	(2,5-27h) 0,970
CM		^	
OP=8	Linear	$Q = 5,020 - 0,208.t$	(0-5h) 0,939
CM		^	
OP=8	Potencial	$Q = 6,429 . t^{-0,305}$	(5-27h) 0,933
CM		^	
OP=6	Linear	$Q = 4,948 - 0,194.t$	(0-5h) 0,942
CM		^	
OP=6	Potencial	$Q = 5,424 . t^{-0,215}$	(5-27h) 0,909

QUADRO 8A - Equações de Regressão para Quantidade de Fósforo Absorvida (Q), em Função do Tempo (t), e seus Respective Coeficientes de Determinação (R²), Referentes ao Bloco III, da Cinética de Absorção de Fósforo para Mudas de Jacarandá-da-Bahia, Cultivadas Durante 98 Dias

Trat.	Modelo	Equação Seleccionada	R ²
OP=12	Linear	$Q = 4,771 - 0,104.t$	(0-10h) 0,900
OP=12	Potencial	$Q = 4,849 . t^{-0,107}$	(10-27h) 0,841
OP=10	Linear	$Q = 4,829 - 0,137.t$	(0-2,5h) 0,837
OP=10	Potencial	$Q = 5,231 . t^{-0,131}$	(2,5-27h) 0,945
OP=6	Linear	$Q = 4,841 - 0,109.t$	(0-9h) 0,919
OP=6	Potencial	$Q = 5,462 . t^{-0,148}$	(9-27h) 0,892
OP=6	Linear	$Q = 4,894 - 0,126.t$	(0-7h) 0,906
OP=6	Potencial	$Q = 5,381 . t^{-0,152}$	(7-27h) 0,907
OP=12	Linear	$Q = 4,785 - 0,108.t$	(0-9h) 0,939
OP=12	Potencial	$Q = 5,655 . t^{-0,179}$	(9-27h) 0,929
OP=10	Linear	$Q = 4,843 - 0,111.t$	(0-5,5h) 0,946
OP=10	Potencial	$Q = 6,182 . t^{-0,229}$	(5,5-27h) 0,977
OP=6	Linear	$Q = 4,825 - 0,161.t$	(0-8h) 0,986
OP=6	Potencial	$Q = 6,581 . t^{-0,291}$	(8-27h) 0,955
OP=6	Linear	$Q = 4,737 - 0,203.t$	(0-8h) 0,898
OP=6	Potencial	$Q = 7,419 . t^{-0,385}$	(8-27h) 0,963

QUADRO 9A - Equações de Regressão para Quantidade de Fósforo Absorvida (Q), em Função do Tempo (t), e seus Respective Coeficientes de Determinação (R²), Referentes ao Bloco IV, da Cinética de Absorção de Fósforo para Mudas de Jacarandá-da-Bahia, Cultivadas Durante 98 Dias

Trat.	Modelo	Equação Seleccionada	R ²
SM		^	
OP=12	Linear	Q = 4,786 - 0,163.t	(0-4,5h) 0,961
SM		^	
OP=12	Potencial	Q = 5,845 . t ^{0,216}	(4,5-27h) 0,951
SM		^	
OP=10	Linear	Q = 4,796 - 0,162.t	(0-4h) 0,974
SM		^	
OP=10	Potencial	Q = 5,674 . t ^{0,186}	(4-27h) 0,939
SM		^	
OP=8	Linear	Q = 4,812 - 0,147.t	(0-4h) 0,939
SM		^	
OP=8	Potencial	Q = 5,760 . t ^{0,186}	(4-27h) 0,947
SM		^	
OP=6	Linear	Q = 4,777 - 0,119.t	(0-5,5h) 0,941
SM		^	
OP=6	Potencial	Q = 4,934 . t ^{0,195}	(5,5-27h) 0,944
CM		^	
OP=12	Linear	Q = 4,779 - 0,120.t	(0-5,5h) 0,913
CM		^	
OP=12	Potencial	Q = 7,463 . t ^{0,337}	(5,5-27h) 0,970
CM		^	
OP=10	Linear	Q = 4,819 - 0,127.t	(0-9h) 0,958
CM		^	
OP=10	Potencial	Q = 6,506 . t ^{0,261}	(9-27h) 0,901
CM		^	
OP=8	Linear	Q = 4,818 - 0,145.t	(0-5h) 0,908
CM		^	
OP=8	Potencial	Q = 7,226 . t ^{0,327}	(5-27h) 0,962
CM		^	
OP=6	Linear	Q = 4,794 - 0,140.t	(0-8h) 0,956
CM		^	
OP=6	Potencial	Q = 6,583 . t ^{0,275}	(8-27h) 0,920

APÊNDICE B

QUADRO 1B - Resumo das Análises de Variâncias das Características de Crescimento, com os Quadrados Médios para os Dados de Altura (H), Peso de Matéria Fresca da Parte Aérea (PFPA), Peso de Matéria Fresca do Sistema Radicular (PFSR), Peso de Matéria Seca da Parte Aérea (PSPA), Peso de Matéria Seca do Sistema Radicular (PSSR), Percentagem de Colonização (COL) e Peso do Sistema Radicular Seco Colonizado (SRSC) de Mudras de Vinhático, Cultivadas Durante 98 Dias

FV	GL	H	Quadrados Médios						SRSC
			PFPA	PFSR	PSPA	PSSR	COL ⁽¹⁾		
Blocos	3	69,45 ^{NS}	23,05 ^{NS}	3,38 ^{NS}	3,14 ^{NS}	0,044 ^{NS}	124,4 ^{NS}	0,069 ^{NS}	
Micor. (M)	1	2.397,78 ^{**}	1.031,89 ^{**}	86,21 ^{**}	148,93 ^{**}	4,588 ^{**}	28.429,2 ^{**}	7,389 ^{**}	
Omis. P (OP)	3	61,81 ^{NS}	2,21 ^{NS}	0,11 ^{NS}	0,25 ^{NS}	0,025 ^{NS}	44,6 ^{NS}	0,314 ^{NS}	
M x OP	3	24,33 ^{NS}	1,20 ^{NS}	0,33 ^{NS}	0,10 ^{NS}	0,009 ^{NS}	44,6 ^{NS}	0,314 ^{NS}	
Resíduos	21	53,20	27,32	4,08	4,08	0,171	141,6	0,222	
CV (%)		20,37	48,62	50,16	37,34	46,76	39,93	98,12	

** Significativo ($P \leq 0,01$) pelo teste F.

NS Não-Significativo ($P > 0,05$) pelo teste F.

(1) Análise realizada com dados transformados para $\arcsen \sqrt{\text{col}/100}$.

QUADRO 2B - Resumo das Análises de Variâncias para as Concentrações de Nutrientes, na Parte Aérea e no Sistema Radicular, com os Quadrados Médios dos Dados de Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca) e Magnésio (Mg) de Mudanças de Vinhático, Cultivadas Durante 98 Dias

FV	GL	Quadrados Médios									
		Parte Aérea					Sistema Radicular				
		P	K	Ca	Mg	P	K	Ca	Mg		
Blocos	3	0,000410**	0,0170NS	0,08200**	0,011NS	0,00038NS	0,1913**	0,0065NS	0,2751NS		
Micor. (M)	1	0,002261**	0,1876**	0,00158NS	0,028NS	0,00740**	0,9079**	0,0038NS	0,1300NS		
Ormis.P (OP)	3	0,000094NS	0,0124NS	0,00898NS	0,019NS	0,00012NS	0,0223NS	0,0014NS	0,4860NS		
M x OP	3	0,000037NS	0,0143NS	0,00476NS	0,037NS	0,00007NS	0,0084NS	0,0011NS	0,4040NS		
Resíduo	21	0,000067	0,0056	0,00430	0,061	0,00025	0,0260	0,0035	0,2672		
CV (%)		12,36	10,29	11,40	10,63	25,95	17,58	19,41	18,77		

** Significativo ($P \leq 0,01$) pelo teste F.

NS Não-Significativo ($P > 0,05$) pelo teste F.

Radicular e na Planta Inteira, com os Quadros Médios dos Dados de Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca) e Magnésio (mg) de Mudanças de Vinhático, Cultivadas Durante 98 Dias

Quadros Médios

FV	GL	Parte Aérea						Sistema Radicular						Planta Inteira					
		P	K	Ca	Mg	P	K	Ca	Mg	P	K	Ca	Mg	P	K	Ca	Mg		
Blocos	3	4,81 ^{NS}	265 ^{NS}	216,8 ^{NS}	2.623 ^{NS}	0,2320 ^{NS}	18,94 ^{NS}	2,340 ^{NS}	185,4 ^{NS}	6,90 ^{NS}	299 ^{NS}	244,2 ^{NS}	4.108 ^{NS}						
Micor. (M)	1	101,18 ^{**}	11.521 ^{**}	5.288,3 ^{**}	80.153 ^{**}	5,0170 ^{**}	761,20 ^{**}	59.900 ^{**}	4.533,7 ^{**}	151,25 ^{**}	18.205 ^{**}	6.473,8 ^{**}	122.800 ^{**}						
Omis.P (OP)	3	0,52 ^{NS}	53 ^{NS}	31,6 ^{NS}	181 ^{NS}	0,0024 ^{NS}	3,80 ^{NS}	0,021 ^{NS}	31,2 ^{NS}	0,59 ^{NS}	50 ^{NS}	31,0 ^{NS}	290 ^{NS}						
M x OP	3	0,43 ^{NS}	22 ^{NS}	12,9 ^{NS}	200 ^{NS}	0,0045 ^{NS}	3,00 ^{NS}	0,084 ^{NS}	43,5 ^{NS}	0,51 ^{NS}	12 ^{NS}	11,5 ^{NS}	290 ^{NS}						
Resíduo	21	2,56	279	184,3	2.908	0,2630	14,13	3,79	310,1	4,40	405	238,9	4.975						
CV (%)		55,49	53,50	57,49	57,46	82,12	43,29	68,04	69,47	59,82	50,44	58,39	59,17						

* Significativo ($P \leq 0,05$) pelo teste F.

** Significativo ($P \leq 0,01$) pelo teste F.

NS Não-Significativo ($P > 0,05$) pelo teste F.

QUADRO 4B - Resumo das Análises de Variâncias dos Parâmetros Cinéticos de Absorção de Fósforo, com os Quadros dos Médios para os Dados de Velocidade Máxima ($V_{máx.}$), Concentração de Fósforo na Metade da Velocidade Máxima (K_m), Concentração Mínima de Fósforo para que Ocorra Absorção ($C_{mín.}$) e Quantidade de Fósforo Absorvida por Ocasão da Exaustão (Q_p) de Mudas de Vinhático, Cultivadas por 98 Dias

FV	GL	QUADRADOS MÉDIOS			
		$V_{máx.}$ (1)	K_m	$C_{mín.}$	Q_p
Blocos	3	0,001350**	4,196**	7,488**	1.366,5**
Micor. (M)	1	0,003960**	6,561**	7,910**	2.721,0**
Omis. P (OP)	3	0,000095NS	0,175NS	0,075NS	7,1NS
M x OP	3	0,000048NS	0,049NS	0,134NS	7,0NS
Resíduo	21	0,000082	0,173	0,305	88,5
C.V. (%)		1,22	6,03	10,26	13,79

** Significativo ($P \leq 0,01$) pelo teste F.

NS Não-Significativo ($P > 0,05$) pelo teste F.

(1) Dados transformados para $\sqrt{V_{máx.} + 0,5}$.

QUADRO 5B - Coeficientes de Correlação entre as Características de Crescimento, Características Nutricionais, Colonização com Fungo MVA e Parâmetros Cinéticos de Absorção de P, para Mudanças de Vinhático, Cultivadas Durante 98 Dias

H	V _{max}	K _s	FFA	FFR	PSA	PSR	%C	SRC	QPA	TPA	TPR	TKA	TKR	TCA	TCR	TMA	TMR	CPA	CPR	CPA	CPR	CCA	CCR	CKA	CKR	CKT	CCA	CCR	CCT	CMA	CMR	CMT
1,00	-0,66	-0,38	0,95	0,93	0,95	0,89	0,86	0,88	0,46	0,69	0,88	0,76	0,45	0,39	0,50	0,69	0,40	0,94	0,90	0,94	0,97	0,94	0,88	0,87	0,96	0,94	0,94	0,94	0,94	0,87	0,94	
1,00	-0,62	-0,69	-0,61	-0,46	-0,38	-0,55	-0,55	-0,97	-0,56	-0,69	-0,61	-0,64	-0,48	-0,19	-0,38	0,51	-0,38	-0,64	-0,54	-0,63	-0,63	-0,63	-0,58	-0,60	-0,64	-0,64	-0,59	-0,59	-0,50	-0,58		
1,00	-0,96	-0,39	-0,46	1,00	0,99	0,96	0,90	0,96	0,55	0,63	0,92	0,62	0,45	0,19	0,38	0,51	0,38	-0,38	-0,45	-0,40	-0,44	-0,42	-0,40	-0,53	-0,46	-0,42	-0,42	-0,40	-0,42	-0,42		
1,00	0,95	0,95	0,95	1,00	0,93	0,88	0,92	0,48	0,66	0,89	0,66	0,43	0,33	0,19	0,38	0,51	0,38	0,96	0,94	0,96	0,96	0,98	0,95	0,93	0,99	0,98	0,98	0,94	0,94	0,98		
1,00	0,97	0,89	0,96	1,00	0,87	0,89	0,96	0,55	0,61	0,62	0,41	0,38	0,35	0,19	0,38	0,51	0,38	0,96	0,94	0,96	0,96	0,98	0,95	0,93	0,99	0,98	0,98	0,94	0,94	0,99		
1,00	0,92	0,87	0,98	1,00	0,92	0,92	0,83	0,69	0,61	0,67	0,83	0,69	0,61	0,19	0,38	0,51	0,38	0,96	0,94	0,96	0,96	0,98	0,95	0,93	0,99	0,98	0,98	0,94	0,94	0,99		
1,00	0,63	0,50	0,85	1,00	0,63	0,50	0,85	0,56	1,00	0,63	0,50	0,85	0,56	0,19	0,38	0,51	0,38	0,96	0,94	0,96	0,96	0,98	0,95	0,93	0,99	0,98	0,98	0,94	0,94	0,99		
1,00	0,73	0,76	0,61	1,00	0,73	0,76	0,61	0,61	1,00	0,73	0,76	0,61	0,61	0,19	0,38	0,51	0,38	0,96	0,94	0,96	0,96	0,98	0,95	0,93	0,99	0,98	0,98	0,94	0,94	0,99		
1,00	0,61	0,55	0,31	1,00	0,61	0,55	0,31	0,31	1,00	0,61	0,55	0,31	0,31	0,19	0,38	0,51	0,38	0,96	0,94	0,96	0,96	0,98	0,95	0,93	0,99	0,98	0,98	0,94	0,94	0,99		
1,00	0,42	0,39	0,24	1,00	0,42	0,39	0,24	0,24	1,00	0,42	0,39	0,24	0,24	0,19	0,38	0,51	0,38	0,96	0,94	0,96	0,96	0,98	0,95	0,93	0,99	0,98	0,98	0,94	0,94	0,99		
1,00	0,33	0,33	0,33	1,00	0,33	0,33	0,33	0,33	1,00	0,33	0,33	0,33	0,33	0,19	0,38	0,51	0,38	0,96	0,94	0,96	0,96	0,98	0,95	0,93	0,99	0,98	0,98	0,94	0,94	0,99		
1,00	0,56	0,53	0,53	1,00	0,56	0,53	0,53	0,53	1,00	0,56	0,53	0,53	0,53	0,19	0,38	0,51	0,38	0,96	0,94	0,96	0,96	0,98	0,95	0,93	0,99	0,98	0,98	0,94	0,94	0,99		
1,00	0,40	0,40	0,40	1,00	0,40	0,40	0,40	0,40	1,00	0,40	0,40	0,40	0,40	0,19	0,38	0,51	0,38	0,96	0,94	0,96	0,96	0,98	0,95	0,93	0,99	0,98	0,98	0,94	0,94	0,99		
1,00	0,40	0,40	0,40	1,00	0,40	0,40	0,40	0,40	1,00	0,40	0,40	0,40	0,40	0,19	0,38	0,51	0,38	0,96	0,94	0,96	0,96	0,98	0,95	0,93	0,99	0,98	0,98	0,94	0,94	0,99		
1,00	0,40	0,40	0,40	1,00	0,40	0,40	0,40	0,40	1,00	0,40	0,40	0,40	0,40	0,19	0,38	0,51	0,38	0,96	0,94	0,96	0,96	0,98	0,95	0,93	0,99	0,98	0,98	0,94	0,94	0,99		
1,00	0,40	0,40	0,40	1,00	0,40	0,40	0,40	0,40	1,00	0,40	0,40	0,40	0,40	0,19	0,38	0,51	0,38	0,96	0,94	0,96	0,96	0,98	0,95	0,93	0,99	0,98	0,98	0,94	0,94	0,99		
1,00	0,40	0,40	0,40	1,00	0,40	0,40	0,40	0,40	1,00	0,40	0,40	0,40	0,40	0,19	0,38	0,51	0,38	0,96	0,94	0,96	0,96	0,98	0,95	0,93	0,99	0,98	0,98	0,94	0,94	0,99		
1,00	0,40	0,40	0,40	1,00	0,40	0,40	0,40	0,40	1,00	0,40	0,40	0,40	0,40	0,19	0,38	0,51	0,38	0,96	0,94	0,96	0,96	0,98	0,95	0,93	0,99	0,98	0,98	0,94	0,94	0,99		
1,00	0,40	0,40	0,40	1,00	0,40	0,40	0,40	0,40	1,00	0,40	0,40	0,40	0,40	0,19	0,38	0,51	0,38	0,96	0,94	0,96	0,96	0,98	0,95	0,93	0,99	0,98	0,98	0,94	0,94	0,99		
1,00	0,40	0,40	0,40	1,00	0,40	0,40	0,40	0,40	1,00	0,40	0,40	0,40	0,40	0,19	0,38	0,51	0,38	0,96	0,94	0,96	0,96	0,98	0,95	0,93	0,99	0,98	0,98	0,94	0,94	0,99		
1,00	0,40	0,40	0,40	1,00	0,40	0,40	0,40	0,40	1,00	0,40	0,40	0,40	0,40	0,19	0,38	0,51	0,38	0,96	0,94	0,96	0,96	0,98	0,95	0,93	0,99	0,98	0,98	0,94	0,94	0,99		
1,00	0,40	0,40	0,40	1,00	0,40	0,40	0,40	0,40	1,00	0,40	0,40	0,40	0,40	0,19	0,38	0,51	0,38	0,96	0,94	0,96	0,96	0,98	0,95	0,93	0,99	0,98	0,98	0,94	0,94	0,99		
1,00	0,40	0,40	0,40	1,00	0,40	0,40	0,40	0,40	1,00	0,40	0,40	0,40	0,40	0,19	0,38	0,51	0,38	0,96	0,94	0,96	0,96	0,98	0,95	0,93	0,99	0,98	0,98	0,94	0,94	0,99		
1,00	0,40	0,40	0,40	1,00	0,40	0,40	0,40	0,40	1,00	0,40	0,40	0,40	0,40	0,19	0,38	0,51	0,38	0,96	0,94	0,96	0,96	0,98	0,95	0,93	0,99	0,98	0,98	0,94	0,94	0,99		
1,00	0,40	0,40	0,40	1,00	0,40	0,40	0,40	0,40	1,00	0,40	0,40	0,40	0,40	0,19	0,38	0,51	0,38	0,96	0,94	0,96	0,96	0,98	0,95	0,93	0,99	0,98	0,98	0,94	0,94	0,99		
1,00	0,40	0,40	0,40	1,00	0,40	0,40	0,40	0,40	1,00	0,40	0,40	0,40	0,40	0,19	0,38	0,51	0,38	0,96	0,94	0,96	0,96	0,98	0,95	0,93	0,99	0,98	0,98	0,94	0,94	0,99		
1,00	0,40	0,40	0,40	1,00	0,40	0,40	0,40	0,40	1,00	0,40	0,40	0,40	0,40	0,19	0,38	0,51	0,38	0,96	0,94	0,96	0,96	0,98	0,95	0,93	0,99	0,98	0,98	0,94	0,94	0,99		
1,00	0,40	0,40	0,40	1,00	0,40	0,40	0,40	0,40	1,00	0,40	0,40	0,40	0,40	0,19	0,38	0,51	0,38	0,96	0,94	0,96	0,96	0,98	0,95	0,93	0,99	0,98	0,98	0,94	0,94	0,99		
1,00	0,40	0,40	0,40	1,00	0,40	0,40	0,40	0,40	1,00	0,40	0,40	0,40	0,40	0,19	0,38	0,51	0,38	0,96	0,94	0,96	0,96	0,98	0,95	0,93	0,99	0,98	0,98	0,94	0,94	0,99		
1,00	0,40	0,40	0,40	1,00	0,40	0,40	0,40	0,40	1,00	0,40	0,40	0,40	0,40	0,19	0,38	0,51	0,38	0,96	0,94	0,96	0,96	0,98	0,95	0,93	0,99	0,98	0,98	0,94	0,94	0,99		
1,00	0,40	0,40	0,40	1,00	0,40	0,40	0,40	0,40	1,00	0,40	0,40	0,40	0,40	0,19	0,38	0,51	0,38	0,96	0,94	0,96	0,96	0,98	0,95	0,93	0,99	0,98	0,98	0,94	0,94	0,99		
1,00	0,40	0,40	0,40	1,00	0,40	0,40	0,40	0,40	1,00	0,40	0,40	0,40	0,40	0,19	0,38	0,51	0,38	0,96	0,94	0,96	0,96	0,98	0,95	0,93	0,99	0,98	0,98	0,94	0,94	0,99		
1,00	0,40	0,40	0,40	1,00	0,40	0,40	0,40	0,40	1,00	0,40	0,40	0,40	0,40	0,19	0,38	0,51	0,38	0,96	0,94	0,96	0,96	0,98	0,95	0,93	0,99	0,98	0,98	0,94	0,94	0,99		
1,00	0,40	0,40	0,40	1,00	0,40	0,40	0,40	0,40	1,00	0,40	0,40	0,40	0,40	0,19	0,38	0,51	0,38	0,96	0,94	0,96	0,96	0,98	0,95	0,93	0,99	0,98	0,98	0,94	0,94	0,99		
1,00	0,40	0,40	0,40	1,00	0,40	0,40	0,40	0,40	1,00	0,40	0,40	0,40	0,40	0,19	0,38	0,51	0,38	0,96	0,94	0,96	0,96	0,98	0,95	0,93	0,99	0,98	0,98	0,94	0,94	0,99		
1,00	0,40	0,40	0,40	1,00	0,40	0,40	0,40	0,40	1,00	0,40	0,40	0,40	0,40	0,19	0,38	0,51	0,38	0,96	0,94	0,96	0,96	0,98	0,95	0,93	0,99	0,98	0,98	0,94	0,94	0,99		
1,00	0,40	0,40	0,40	1,00	0,40	0,40	0,40	0,40	1,00	0,40	0,40	0,40	0,40	0,19	0,38	0,51	0,38	0,96	0,94	0,96	0,96	0,98	0,95	0,93	0,99	0,98	0,98	0,94	0,94	0,99		
1,00	0,40	0,40	0,40	1,00	0,40	0,40	0,40	0,40	1,00	0,40	0,40	0,40	0,40	0,19	0,38	0,51	0,38	0,96														

QUADRO 6B - Equações de Regressão para Quantidade de Fósforo Absorvida (Q), em Função do Tempo (t), e seus Respetivos Coeficientes de Determinação (R²), Referentes ao Bloco I, da Cinética de Absorção de Fósforo para Mudas de Vinhático, Cultivadas Durante 98 Dias

Trat.	Modelo	Equação Seleccionada	R ²
SM		^	
OP=12	Linear	Q = 5,009 - 0,252.t	(0-4h) 0,915
SM		^	
OP=12	Potencial	Q = 7,515 . t ^{-0,383}	(4-27h) 0,911
SM		^	
OP=10	Linear	Q = 4,967 - 0,220.t	(0-4h) 0,885
SM		^	
OP=10	Potencial	Q = 7,644 . t ^{-0,384}	(4-27h) 0,938
SM		^	
OP=8	Linear	Q = 5,024 - 0,167.t	(0-10h) 0,906
SM		^	
OP=8	Potencial	Q = 10,869 . t ^{-0,514}	(10-27h) 0,997
SM		^	
OP=6	Linear	Q = 4,964 - 0,162.t	(0-11h) 0,923
SM		^	
OP=6	Potencial	Q = 7,990 . t ^{-0,391}	(11-27h) 0,998
CM		^	
OP=12	Linear	Q = 5,081 - 0,204.t	(0-12h) 0,955
CM		^	
OP=12	Potencial	Q = 6,567 . t ^{-0,369}	(12-27h) 0,894
CM		^	
OP=10	Linear	Q = 5,138 - 0,253.t	(0-12h) 0,966
CM		^	
OP=10	Potencial	Q = 4,494 . t ^{-0,297}	(12-27h) 0,970
CM		^	
OP=8	Linear	Q = 5,000 - 0,200.t	(0-10h) 0,930
CM		^	
OP=8	Potencial	Q = 10,998 . t ^{-0,583}	(10-27h) 0,919
CM		^	
OP=6	Linear	Q = 4,925 - 0,233.t	(0-12h) 0,966
CM		^	
OP=6	Potencial	Q = 10,044 . t ^{-0,611}	(12-27h) 0,997

SM = sem micorriza;

CM = com micorriza; e

OP = número de dias com omissão de fósforo.

QUADRO 7B - Equações de Regressão para Quantidade de Fósforo Absorvida (Q), em Função do Tempo (t), e seus Respective Coeficientes de Determinação (R²), Referentes ao Bloco II, da Cinética de Absorção de Fósforo para Mudanças de Vinhático, Cultivadas Durante 98 Dias

Trat.	Modelo	Equação Seleccionada	R ²
SM		^	
OP=12	Linear	Q = 4,978 - 0,150.t	(0-8h) 0,914
SM		^	
OP=12	Potencial	Q = 5,963 . t ^{-0,212}	(8-27h) 0,887
SM		^	
OP=10	Linear	Q = 4,876 - 0,121.t	(0-4h) 0,865
SM		^	
OP=10	Potencial	Q = 5,506 . t ^{-0,192}	(4-27h) 0,944
SM		^	
OP=8	Linear	Q = 4,904 - 0,139.t	(0-7h) 0,953
SM		^	
OP=8	Potencial	Q = 5,798 . t ^{-0,195}	(7-27h) 0,922
SM		^	
OP=6	Linear	Q = 4,977 - 0,163.t	(0-5,5h) 0,951
SM		^	
OP=6	Potencial	Q = 5,670 . t ^{-0,200}	(5,5-27h) 0,935
CM		^	
OP=12	Linear	Q = 4,945 - 0,193.t	(0-8h) 0,976
CM		^	
		Q = 5,818 . t ^{-0,212}	(8-27h) 0,917
CM		^	
OP=10	Linear	Q = 4,901 - 0,161.t	(0-7h) 0,964
CM		^	
OP=10	Potencial	Q = 5,586 . t ^{-0,221}	(7-27h) 0,920
CM		^	
OP=8	Linear	Q = 4,868 - 0,158.t	(0-7h) 0,929
CM		^	
OP=8	Potencial	Q = 6,947 . t ^{-0,322}	(7-27h) 0,961
CM		^	
OP=6	Linear	Q = 4,869 - 0,133.t	(0-11h) 0,971
CM		^	
OP=6	Potencial	Q = 5,198 . t ^{-0,177}	(11-27h) 0,834

QUADRO 8B - Equações de Regressão para Quantidade de Fósforo Absorvida (Q), em Função do Tempo (t), e seus Respective Coeficientes de Determinação (R²), Referentes ao Bloco III, da Cinética de Absorção de Fósforo para Mudas de Vinhático, Cultivadas Durante 98 Dias

Trat.	Modelo	Equação Seleccionada	R ²
SM		^	
OP=12	Linear	$Q = 4,843 - 0,152.t$	(0-2,5h) 0,995
SM		^	
OP=12	Potencial	$Q = 5,541 . t^{-0,168}$	(2,5-27h) 0,957
SM		^	
OP=10	Linear	$Q = 4,916 - 0,096.t$	(0-8h) 0,901
SM		^	
OP=10	Potencial	$Q = 5,792 . t^{-0,158}$	(8-27h) 0,946
SM		^	
OP=8	Linear	$Q = 4,860 - 0,110.t$	(0-7h) 0,957
SM		^	
OP=8	Potencial	$Q = 5,419 . t^{-0,158}$	(7-27h) 0,940
SM		^	
OP=6	Linear	$Q = 4,873 - 0,118.t$	(0-2,5h) 0,934
SM		^	
OP=6	Potencial	$Q = 5,518 . t^{-0,149}$	(2,5-27h) 0,940
CM		^	
OP=12	Linear	$Q = 4,813 - 0,108.t$	(0-12h) 0,969
CM		^	
OP=12	Potencial	$Q = 6,203 . t^{-0,226}$	(12-27h) 0,916
CM		^	
OP=10	Linear	$Q = 4,844 - 0,193.t$	(0-5h) 0,976
CM		^	
OP=10	Potencial	$Q = 6,966 . t^{-0,344}$	(5-27h) 0,985
CM		^	
OP=8	Linear	$Q = 4,848 - 0,196.t$	(0-6h) 0,961
CM		^	
OP=8	Potencial	$Q = 8,861 . t^{-0,463}$	(6-27h) 0,986
CM		^	
OP=6	Linear	$Q = 4,861 - 0,118.t$	(0-5,5h) 0,914
CM		^	
OP=6	Potencial	$Q = 6,464 . t^{-0,255}$	(5,5-27h) 0,982

QUADRO 9B - Equações de Regressão para Quantidade de Fósforo Absorvida (Q), em Função do Tempo (t), e seus Respective Coeficientes de Determinação (R²), Referentes ao Bloco IV, da Cinética de Absorção de Fósforo para Mudas de Vinhático, Cultivadas Durante 98 Dias

Trat.	Modelo	Equação Seleccionada	R ²
SM		^	
OP=12	Linear	Q = 4,798 - 0,151.t	(0-4h) 0,977
SM		^	
OP=12	Potencial	Q = 5,967 . t ^{-0,217}	(4-27h) 0,968
SM		^	
OP=10	Linear	Q = 4,784 - 0,136.t	(0-4,5h) 0,990
SM		^	
OP=10	Potencial	Q = 6,672 . t ^{-0,280}	(4,5-27h) 0,970
SM		^	
OP=8	Linear	Q = 4,853 - 0,126.t	(0-4,5h) 0,908
SM		^	
OP=8	Potencial	Q = 6,191 . t ^{-0,218}	(4,5-27h) 0,942
SM		^	
OP=6	Linear	Q = 4,738 - 0,130.t	(0-5h) 0,959
SM		^	
OP=6	Potencial	Q = 6,306 . t ^{-0,250}	(5-27h) 0,948
CM		^	
OP=12	Linear	Q = 4,745 - 0,197.t	(0-5h) 0,944
CM		^	
OP=12	Potencial	Q = 7,653 . t ^{-0,406}	(5-27h) 0,971
CM		^	
OP=10	Linear	Q = 4,787 - 0,175.t	(0-5,5h) 0,964
CM		^	
OP=10	Potencial	Q = 6,690 . t ^{-0,306}	(5,5-27h) 0,964
CM		^	
OP=8	Linear	Q = 4,749 - 0,127.t	(0-5,5h) 0,945
CM		^	
OP=8	Potencial	Q = 6,988 . t ^{-0,296}	(7-27h) 0,945
CM		^	
OP=6	Linear	Q = 4,837 - 0,227.t	(0-5h) 0,949
CM		^	
OP=6	Potencial	Q = 9,143 . t ^{-0,512}	(5-27h) 0,980