

Micorriza arbuscular em plantações de *Eucalyptus cloeziana* F. Muell no litoral norte da Bahia, Brasil

Cristiano V.M. Araújo^{1,3}, Lander de J. Alves¹, Osvaldo M. Santos¹ e Jacyr M. Alves²

Recebido em 14/05/2003. Aceito em 07/01/2004

RESUMO – (Micorriza arbuscular em plantações de *Eucalyptus cloeziana* F. Muell no litoral norte da Bahia, Brasil). As micorrizas arbusculares são de longa data conhecidas e exploradas devido à importância ecológica e aos efeitos no crescimento e na nutrição das plantas. *Eucalyptus cloeziana* F. Muell, particularmente nas áreas em estudo, apresenta comportamento diferenciado quando comparado com outras espécies de eucaliptos, instalando-se em sítios de solos pobres e textura arenosa, com crescimento reduzido, dificuldades para a formação das mudas e problemas nutricionais. Objetivando avaliar a percentagem de colonização radicular e a densidade de esporos de fungos micorrízicos arbusculares em plantações de *E. cloeziana*, foram realizadas coletas de solo rizosférico e de raízes em 20 áreas, distribuídas em seis municípios do Estado da Bahia, Brasil. Os resultados médios da percentagem de colonização variaram de 10% a 96,66% e a densidade de esporos variou de 3 a 110 esporos/50cm³ de solo, demonstrando a grande suscetibilidade do *E. cloeziana* à micorrização.

Palavras-chave: *Eucalyptus cloeziana*, Glomales, colonização radicular, densidade de esporos

ABSTRACT – (Arbuscular mycorrhiza in *Eucalyptus cloeziana* F. Muell plantations in the north littoral of Bahia, Brazil). The arbuscular mycorrhizal are known and explored long ago due to the ecological significance and the effects in the growth and nutrition of the plants. *Eucalyptus cloeziana* F. Muell, particularly in the studied sites, exhibit differenced behaviour when compared with other eucalyptus species, establishing in sites of the poor soils and sandy texture, with reduced growth, difficulty to formation of the seedling and nutritional problems. Aiming to evaluate the percentage of mycorrhizal colonization, as well as the density of arbuscular mycorrhizal fungi spores in *E. cloeziana* plantations, rhizospheric soil and roots samples were collected in twenty sites, distributed in six municipalities of Bahia state, Brazil. The mean results of percentage root colonization ranged from 10 to 96.66% and spore number ranged from 3 to 110 spores/50cm³ soil, demonstrating high susceptibility of the *E. cloeziana* to mycorrhization.

Key words: *Eucalyptus cloeziana*, Glomales, root colonization, spores density

Introdução

Micorrizas arbusculares (MA) são associações mutualísticas entre fungos Glomales e raízes das plantas terrestres, nas quais as hifas dos fungos conferem superfície extra de absorção, funcionando como extensões do sistema de absorção das plantas (Went & Stark 1968; Lopes *et al.* 1983). Deste modo, o fungo transfere nutrientes à planta, em especial o fósforo, e esta lhe fornece fotossintatos (Smith & Gianinazzi-Pearson 1988). Fungos micorrízicos arbusculares (FMA) estão bem envolvidos com o estado vegetativo das plantas micotróficas (Carrenho *et al.* 2001a), definem seus nichos ecológicos, influenciam na composição das comunidades vegetais, na manutenção e fertilidade do solo, no estado nutricional das plantas

e na ciclagem de nutrientes (Went & Stark 1968; Harley 1989; Jeffries *et al.* 2003). A ocorrência dos FMA é tão ampla que mais de 80% das plantas podem formar MA (Jeffries *et al.* 2003), sendo considerada uma associação cosmopolita, reconhecida como parte importante e integral dos ecossistemas naturais de todo o mundo (Gadkar *et al.* 2001).

Algumas espécies de plantas, como o eucalipto, têm a capacidade de formar dois tipos de micorrizas, a arbuscular e a ectomicorriza (Zambolim & Barros 1982). O estabelecimento da associação MA em eucalipto é conhecida há mais de 20 anos, e os benefícios da simbiose têm sido explorados comercialmente (St. John 1980; Zambolim & Barros 1982; Coelho *et al.* 1997; Gomes & Trufem 1998; Graziotti *et al.* 1998; Santos 2001; Santos *et al.* 2001).

¹ Universidade Federal da Bahia, Instituto de Biologia, Departamento de Botânica. Rua Barão de Geremoabo, s/n, Campus Universitário de Ondina, CEP 40170-290, Salvador, BA, Brasil (lander@ufba.br)

² Copener Florestal Ltda, Rua CNS Junqueira, 485, CEP 48090-900, Alagoinhas, BA, Brasil

³ Autor para correspondência: cvmaraujo@hotmail.com

Santos *et al.* (2001), em estudo realizado com cinco espécies de eucalipto, incluindo *E. cloeziana*, observaram uma sucessão no tipo de colonização micorrízica, sendo inicialmente dominado por FMA e posteriormente por fungos ectomicorrízicos.

O eucalipto, originário da Austrália, onde se encontram mais de 600 espécies nativas, vem sendo utilizado em programas de reflorestamento homotípico. Em diversos países essas plantações visam sua utilização em indústrias de celulose, farmacêutica e de produtos de higiene. As espécies de eucalipto apresentam características adequadas para o uso em escala comercial, tais como rápido crescimento, alta produção de celulose e resistência às adversidades das condições ambientais e às doenças (Santos *et al.* 2001). Por essas características, seu uso nos trópicos tem sido altamente favorável. No Brasil, a maior parcela das áreas reflorestadas com eucalipto é formada por solos de baixa fertilidade, que aliados a problemas de déficit hídrico, dificultam a produção de madeira viável economicamente (Andrade 1991 *apud* Marques Júnior *et al.* 1996).

Nas áreas estudadas, *E. cloeziana* vem sendo plantado desde 1992 em escala comercial e em teste de introdução de espécies, progênies e procedências, nos mais diversos tipos de solo do litoral norte da Bahia. O comportamento diferenciado de *E. cloeziana*, nesta região, há muito sugere a existência de associações mutualísticas. Logo após a germinação, ainda na fase de viveiro, aparecem enormes dificuldades para a formação das mudas, que apresentam recorrentes problemas nutricionais. O fornecimento pronto e repetido de nutrientes tem curto efeito, pois logo retornam os sinais de deficiência, só desaparecendo ao se ministrar no substrato das mudas doses de solo coletado de povoamentos maduros de *E. cloeziana*.

A dificuldade dos solos arenosos na retenção de água e de nutrientes é fator que dificulta a manutenção e o desenvolvimento da vegetação nessas áreas, sendo importante a presença de fatores, a exemplo da MA, que aumentem a capacidade de absorção de água e nutrientes pelas plantas, proporcionando sucesso no estabelecimento da vegetação (Santos *et al.* 1995). As MA apresentam grande importância ecológica e agrônômica, porém a sua presença ou ausência pode ser influenciada por diversos fatores ambientais, tais como: condições climáticas, propriedades físicas, químicas e físico-químicas do solo, e espécie hospedeira (assim como pela idade e variedade das mesmas) (Silva *et al.* 2001). O conhecimento da condição micorrízica

das espécies é de grande importância, pois serve de suporte para pesquisas sobre a produção de mudas e tecnologias para garantir o sucesso no reflorestamento com a espécie (Carneiro *et al.* 1998).

A importância estratégica de *E. cloeziana* para a região, pela capacidade de ocupar sítios marginais e pelas qualidades tecnológicas de sua madeira, levou à avaliação do seu *status* micorrízico, objetivando enriquecer as opções de manejo florestal na região.

Material e métodos

Áreas de estudo - as áreas estudadas são formadas exclusivamente por plantações de *E. cloeziana* utilizados comercialmente pela Copener Florestal Ltda., sendo que cada área representa um projeto, que é dividido em talhões. Estes talhões estão distribuídos pelos municípios de Alagoinhas (12°08'00"S e 38°26'00"W), Inhambupe (11°47'00"S e 38°21'00"W), Sátiro Dias (11°35'00"S e 38°35'00"W), Entre Rios (11°57'00"S e 38°05'00"W), Crisópolis (11°31'00"S e 38°09'00"W) e Itapicuru (11°19'00"S e 38°13'00"W), todos no Estado da Bahia, ao norte de Salvador. O relevo das regiões varia de plano a levemente ondulado. Devido à ampla disseminação do eucalipto, foi possível delimitar uma zona ótima de produção com precipitações pluviométricas médias anuais de 900 a 1.300mm e sobre solos de textura leve, ainda que o horizonte arenoso se mostre bastante profundo (areias quartzosas e podzólicos de textura arenosa, arenosa-média ou média). Na Tabela 1 estão discriminadas as 20 áreas de estudo, destacando-se as práticas culturais e de manejo desenvolvidas durante a execução deste estudo, e suas principais características climáticas.

Manejo adotado nas plantações de *E. cloeziana* - para a implantação dos projetos com *E. cloeziana* foi realizado manejo semelhante nas áreas. Antes do plantio retirou-se a vegetação existente, seguida de duas dragagens, sendo uma leve e uma pesada. Na seqüência, aplicou-se fosfato de Araxá (300-500kg/ha), e posteriormente foram feitos sulcos para adubação de base (6:30:6) de N-P-K. Após esse preparo realizou-se o plantio. Em seguida, fez-se capina manual e 90 dias depois aplicou-se uma última adubação, diferente em cada projeto/talhão (Tab. 1) e combateu-se as formigas com o uso de formicida. Nos anos subseqüentes foram feitos apenas controle das formigas e roçagens nas linhas (manual) e nas entrelinhas (mecanizada).

Coleta e quantificação da percentagem de colonização radicular e do número de esporos de FMA - durante o

Tabela 1. Discriminação e caracterização das áreas de estudo utilizadas comercialmente pela Coper Florestal Ltda. (Litoral Norte da Bahia, Brasil) e dos respectivos tratos culturais e fatores climáticos.

Área	Projeto	Talhão	Município	Solo*	Data do plantio	Último corte	Adubação NPK	Temp. do ar (°C)			Umidade do ar (%)	Pluviosidade (mm/ano)
								Máx	Méd	Min		
1	Araticum 3	04	Alagoinhas	PVd	05/05/86	30/10/95	24:00:18	32,5	25,6	19,0	64,4	1.200
2	B & F 1	05-A	Inhambupe	PCd	12/09/84	12/09/94	24:00:18	32,4	25,3	17,7	64,1	900
3	Ouriçanguinhas 1	09	Inhambupe	PAd	24/02/83	20/04/94	24:00:18	32,4	25,1	18,1	64,7	900
4	Ouriçanguinhas 1	15	Inhambupe	PAd	28/04/83	27/05/94	24:00:18	32,4	25,1	18,1	64,7	900
5	Ouriçanguinhas 1	24	Inhambupe	PAd	20/04/83	08/10/94	24:00:18	32,4	25,1	18,1	64,7	900
6	Ouriçanguinhas 1	38-A	Inhambupe	LAd	29/06/83	-	24:00:18	32,4	25,1	18,1	64,7	900
7	Salgado 3	05	Inhambupe	PALd	05/07/85	30/01/99	24:00:18	32,4	25,3	17,7	64,1	900
8	Salgado 3	10	Inhambupe	PCd	28/06/85	18/11/95	24:00:18	32,4	25,3	17,7	64,1	900
9	Beija Flor 1	09	Sátiro Dias	LVd	15/06/83	15/05/99	25:00:25	32,0	25,1	18,6	61,1	700
10	Beija Flor 1	11	Sátiro Dias	LVd	15/06/83	20/05/99	25:00:25	32,0	25,1	18,6	61,1	700
11	Vitória 1	24-A	Sátiro Dias	AQ	15/07/82	15/05/87	-	32,0	25,1	18,6	61,1	700
12	Vitória 1	24-P	Sátiro Dias	PALd	15/07/82	15/05/87	-	32,0	25,1	18,6	61,1	700
13	Nambis 1	08-A	Crisópolis	AQ	15/05/83	17/06/99	10:30:10	32,0	25,1	18,6	61,1	800
14	Nambis 1	08-P	Crisópolis	PVLd	15/05/83	17/06/99	10:30:10	32,0	25,1	18,6	61,1	800
15	Rio Real 3	06	Itapicuru	PALd	30/07/83	Cortado	10:30:06	32,0	25,1	18,6	61,1	800
16	Copener 1	19-A	Entre Rios	PVd	30/11/83	20/10/01	15:20:15	32,5	25,6	19,0	64,4	1.200
17	Copener 1	19-B	Entre Rios	PVd	30/11/83	20/10/01	15:20:15	32,5	25,6	19,0	64,4	1.200
18	Quatis	12-B	Entre Rios	PAd	19/07/96	-	-	32,5	25,6	19,0	64,4	1.200
19	Copener 6	07	Entre Rios	Hga	09/07/96	-	24:00:18	32,5	25,6	19,0	64,4	1.200
20	Copener 6	07	Entre Rios	PCd	09/07/96	-	24:00:18	32,5	25,6	19,0	64,4	1.200

* (PVd - Argissolo Vermelho Distrófico; PCd - Podzólico Câmbico Distrófico; PAd - Argissolo Amarelo Distrófico; LAd - Latossolo Amarelo distrófico; PALd - Argissolo Amarelo Distrófico latossólico; LVd - Latossolo Vermelho distrófico; AQ - Areia Quartzosa; PVLd - Argissolo Vermelho Distrófico latossólico; Hga - Gleissolo Melânico Alumínico).

mês de outubro/2001 (período seco), coletaram-se três amostras simples de solo rizosférico de três espécimes de *E. cloeziana*, a profundidade de 5 a 20cm, em cada uma das áreas avaliadas. As amostras foram processadas para avaliação do pH de acordo com Silva *et al.* (1999). O teor de matéria orgânica foi determinado de acordo com Kiehl (1985).

Ainda em campo, selecionaram-se raízes finas com diâmetro igual ou menor que 2mm, que foram preservadas em álcool a 70% para posterior avaliação da percentagem de colonização micorrízica. Essas raízes foram inicialmente clareadas com KOH 10%, mas como apresentavam taninos em excesso, o que dificultava a diafanização das mesmas, foram posteriormente tratadas com solução de H₂O₂ a 10% (Schmidt & Scow 1986) e lavadas com água destilada. Em seguida, as raízes foram acidificadas com HCl a 1% e coradas com azul de algodão e lactoglicerol, de acordo com Kormanik *et al.* (1980). O percentual de colonização foi determinado segundo Krishna & Bagyaraj 1984.

As amostras de solo usadas para o isolamento dos esporos de FMA foram acondicionadas conforme Trufem & Bononi (1985) e processadas segundo Gerdemann & Nicolson (1963), seguida de

centrifugação em solução de sacarose a 50% (Jenkins 1964). De cada área foram processadas três amostras de solo com 50cm³ cada. Os esporos foram transferidos para placas de Petri e quantificados sob estereomicroscópio.

Análise estatística - os valores encontrados em cada réplica foram submetidos ao teste de comparação de médias (Tukey) com probabilidade de 95% e para as análises de correlação foi utilizado o teste de correlação de Spearman (Zar 1999), através do Programa GraphPad InStat versão 3.0 for Windows. Para análise de agrupamento (Valentin 2000) foi utilizando o Programa MVSP versão 3.1 for Windows, sendo utilizado o coeficiente Distância Euclidiana Simples associado ao método pela Associação Média (UPGMA). O coeficiente cofenético foi calculado utilizando o Programa FITOPAC for DOS.

Resultados e discussão

Nas áreas estudadas os valores de matéria orgânica variaram de 1,08% (área 16) a 10,19% (área 7) (Tab. 2). As áreas de 1 a 5 e de 8 a 20 não apresentaram diferenças significativas quanto ao

Tabela 2. Teor de matéria orgânica e pH do solo, colonização radicular e densidade de esporos de FMA (esporos/50cm³ de solo) em *E. cloeziana* F. Muell, cultivadas em 20 áreas diferentes utilizadas comercialmente pela Coper Florestal Ltda. (Litoral Norte da Bahia, Brasil).

Área	Município	Projeto	Talhão	Matéria orgânica	pH	Colonização radicular (%)	Densidade de esporos
1	Alagoinhas	Araticum 3	04	2,60 BC	4,20 F	16,66 D	56,00 CD
2	Inhambupe	B & F 1	05-A	2,47 BC	4,62 CDEF	70,83 ABC	81,00 BC
3		Ouriçanguinhas 1	09	2,05 C	4,65 CDEF	10,00 D	12,00 EF
4		Ouriçanguinhas 1	15	2,46 BC	4,91 ABCDEF	83,33 AB	12,00 EF
5		Ouriçanguinhas 1	24	1,80 C	4,70 CDEF	16,66 D	11,00 EF
6		Ouriçanguinhas 1	38-A	9,52 AB	5,23 ABCD	43,33 BCD	16,00 EF
7		Salgado 3	05	10,19 A	5,41 ABC	80,00 ABC	19,00 EF
8		Salgado 3	10	1,94 C	4,36 DEF	33,33 CD	13,00 EF
9	Sátiro Dias	Beija Flor 1	09	3,08 ABC	4,68 CDEF	76,66 ABC	29,00 E
10		Beija Flor 1	11	2,30 BC	5,00 ABCDEF	42,20 BCD	27,00 EF
11		Vitória 1	24-A	3,30 ABC	4,31 DEF	73,33 ABC	17,00 EF
12		Vitória 1	24-P	2,67 BC	4,52 CDEF	83,33 AB	18,00 EF
13	Crisópolis	Nambis 1	08-A	2,96 BC	5,43 ABC	83,33 AB	14,00 EF
14		Nambis 1	08-P	1,91 C	5,74 A	76,66 ABC	27,00 EF
15	Itapicuru	Rio Real 3	06	3,64 ABC	4,29 EF	73,93 ABC	25,00 EF
16	Entre Rios	Copener 1	19-A	1,08 C	4,80 BCDEF	33,33 CD	74,00 BC
17		Copener 1	19-B	2,24 C	4,53 CDEF	16,66 D	35,00 DE
18		Quatis	12-B	5,30 ABC	4,27 EF	46,66 BCD	3,00 F
19		Copener 6	07-H	4,26 ABC	5,65 AB	96,66 A	110,00 A
20		Copener 6	07-P	4,65 ABC	5,16 ABCDE	86,66 AB	90,00 AB

As médias seguidas das mesmas letras, na mesma coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

percentual de matéria orgânica no solo. A matéria orgânica exerce influência sobre a estrutura e a capacidade de retenção de água do solo e sobre o perfil de nutrientes (Bagyaraj 1992). FMA podem associar-se às partículas de matéria orgânica do solo utilizando-as como fonte de energia (St. John *et al.* 1983), podendo ainda, indiretamente, melhorar a estrutura do solo por fornecer carbono para outros microrganismos (Kabir & Koide 2000). De acordo com Jøner & Jakobsen (1995), o desenvolvimento das hifas dos FMA pode aumentar em resposta à alta concentração da matéria orgânica, o que faz da matéria orgânica importante parâmetro nos estudos dos FMA. No entanto, são escassos os estudos sobre os efeitos da matéria orgânica na colonização radicular por FMA (Carrenho *et al.* 2001b).

Pela interferência da matéria orgânica na ecologia dos FMA, como já relatado, realizou-se análise de correlação com a colonização radicular, a qual demonstrou fraca correlação ($r = 0,32$; $p = 0,01$). Em estudo realizado em mata de Eucaliptos, Santos (2001) observou correlação negativa ($r = -0,63$) entre as mesmas variáveis, no período úmido, porém, no período seco, não observou correlação. As divergências quanto à relação da matéria orgânica com o desenvolvimento

intra-radical dos FMA e com a densidade de esporos são grandes, podendo-se encontrar trabalhos com correlação direta (Mohammad *et al.* 2003) ou inversa (Carrenho *et al.* 2001b).

Os valores de pH do solo variaram de 4,20 na área 1 a 5,74 na área 14 (Tab. 2). A ocorrência e distribuição dos FMA, bem como a formação e o funcionamento da simbiose tem no pH um dos fatores que afetam essa associação, podendo inibir a germinação dos esporos e o crescimento de suas hifas (Siqueira *et al.* 1986). A ação do pH sobre os FMA pode ocorrer pela alteração nas propriedades químicas do substrato (atuando na solubilidade dos íons) e pela ação direta na permeabilidade das membranas do fungo (Lopes *et al.* 1983; Siqueira *et al.* 1986). Esses valores de pH aqui determinados, provavelmente, não influenciaram negativamente o estabelecimento da associação micorrízica, pois a literatura relata a ocorrência de FMA desde solos muito ácidos até solos com pH mais elevado (Entry *et al.* 2002).

Na análise de correlação do pH com a colonização radicular foi encontrada correlação positiva ($r = 0,28$; $p = 0,03$), ainda menor que a encontrada com a matéria orgânica. Os resultados aqui obtidos são divergentes dos obtidos por Santos (2001), os quais apresentaram

correlação do pH com a colonização radicular de $r = -0,56$ no período úmido, não obtendo correlação na época seca.

O estabelecimento de uma espécie vegetal numa comunidade depende do grau de dependência micorrízica que ela apresenta e de sua resposta fisiológica à associação micorrízica (Solís & Ferrera-Cerrato 1992). Zambolim *et al.* (1982) demonstraram que *E. grandis* e *E. tereticornis* inoculadas com FMA apresentaram maior crescimento que as mudas não micorrizadas, atingindo incrementos maiores que 100% em sua biomassa.

Os resultados de colonização radicular mostram percentagens variando de 10% a 96,66% (áreas 3 e 19, respectivamente) (Tab. 2). As médias de colonização nas áreas 2, 4, 7, 9, 11, 12, 13, 14, 15, 19 e 20 não diferiram significativamente, ocorrendo o mesmo com as áreas 1, 3, 5, 6, 8, 10, 16, 17 e 18. Em geral, quanto à colonização, não houve diferença estatística significativa entre as áreas pertencentes a um mesmo projeto, com exceção da área 4 que apresentou valor mais alto que o encontrado nas áreas 3 e 5, que fazem parte do mesmo projeto. Das 20 áreas estudadas, 11 apresentaram percentagens de colonização radicular acima de 70%, demonstrando a grande capacidade de *E. cloeziana* em aceitar o estabelecimento da associação micorrízica. Outras cinco áreas, 6, 8, 10, 16 e 18, apresentaram um grau de colonização médio (33,33 a 46,66%), segundo escala proposta por Carneiro *et al.* (1998), enquanto apenas quatro áreas, 1, 3, 5 e 17, apresentaram valores considerados baixos (10 a 16,66%).

Em matas de eucaliptos em renovação (sete meses após o corte), no município de Entre Rios, litoral norte da Bahia, Santos (2001) encontrou valores médios de colonização de 27,77% e 58,33% nas épocas úmida e seca, respectivamente. Nas matas com indivíduos adultos (oito anos) as médias encontradas pela mesma autora foram 61,9% no período mais chuvoso e 55,55% na época seca. Zambolim & Barros (1982) encontraram colonização em *Eucalyptus* spp. variando de 25 a 50%, porém valores bem menores (6,2 a 21,7%) já foram observados em *E. grandis* e *E. urophylla* (Guimarães 1993), indicando que as percentagens de colonização radicular por FMA no gênero *Eucalyptus* são bastante variadas.

Durante as coletas, apenas a área 15 apresentava-se com os eucaliptos cortados, o que poderia causar uma redução na colonização radicular, em virtude do estresse sofrido e, por conseqüência, desequilíbrio na simbiose, ocasionando diminuição da

percentagem de colonização. No entanto, apesar da colonização desta área ter sido alta (73,93%), isso não significa necessariamente que não houve estresse seguido de perda de inóculo, pois a quantidade de micélio intra-radicular não determina isoladamente a eficiência da simbiose, de modo que as melhores respostas de crescimento independem da percentagem de colonização do fungo (Zambolim *et al.* 1982).

Em geral, quantidade de arbúsculo - estrutura relacionada com a troca de nutrientes entre o fungo e a planta (Entry *et al.* 2002) - encontrada nas raízes foi bastante reduzida, o que pode ser indicativo de que as relações simbióticas nos talhões encontravam-se em estádios diferentes de colonização, já que estas estruturas, em alguns casos, são formadas quando novas raízes são colonizadas e, dessa forma, promovem o intercâmbio de nutrientes (Solís & Ferrera-Cerrato 1992). Os arbúsculos têm curto período de vida, degenerando-se com 7 a 12 dias (Gadkar *et al.* 2001), sendo bastante sensíveis às alterações ambientais e sua presença está ligada a efeitos sazonais (St. John & Uhl 1983). Esses fatores podem explicar a inexpressiva quantidade de arbúsculos. Por outro lado, a ausência de arbúsculos em algumas raízes pode indicar associação não-funcional ou colonização não-simbiótica (Hirrel *et al.* 1978). Os resultados de Santos (2001), mesmo tendo trabalhado em duas épocas distintas, corroboram os do presente estudo, nos quais raramente os arbúsculos foram observados nas raízes de eucaliptos.

As vesículas foram observadas em muitas raízes, porém, em algumas, sua visualização foi prejudicada pela dificuldade em diafanizá-las, pois estavam bastante escurecidas devido à presença excessiva de taninos. Isto pode também ter diminuído a visualização dos arbúsculos, que são estruturas mais finas e delicadas.

Em relação à densidade de esporos de FMA foram encontrados valores médios de 3 a 110 esporos/50cm³ de solo, nas áreas 18 e 19, respectivamente. As áreas de 3 a 15 e a 17 não apresentaram diferenças significativas entre si. A segunda maior densidade de esporos de FMA foi observada na área 20, com 90 esporos/50cm³ de solo, seguida das áreas 2 e 16. As áreas de um mesmo projeto, em geral, tiveram valores de densidade de esporos sem diferenças significativas, tendo como exceção as áreas 16 e 17, do projeto Copener, que apresentaram 74 e 35 esporos/50cm³ de solo, respectivamente (Tab. 2).

Os valores de densidade de esporos, quando relacionados com a colonização radicular apresentaram coeficiente de correlação $r = 0,14$ ($p > 0,05$). Para a

matéria orgânica e o pH, os coeficientes de correlação com a densidade de esporos foram, respectivamente, $r = -0,08$ ($p > 0,05$) e $r = 0,16$ ($p > 0,05$).

A área 18, apesar de baixa densidade de esporos (3 esporos/50cm³ de solo), apresentou percentagem de colonização alta (46,66%). De acordo com Trufem & Malatinszky (1995), o estabelecimento da associação e a colonização radicular podem ocorrer, mesmo na ausência de esporos, uma vez que outros propágulos podem estar presentes no ambiente (fragmentos de raízes colonizadas e hifas extra-radulares que estão colonizando raízes de plantas vizinhas, por exemplo).

Adotando-se as variáveis colonização radicular e densidade de esporos de FMA, a análise de agrupamento apresentou coeficiente de correlação cofenético igual a 0,85 - valor considerado aceitável, segundo Valentin (2000). Considerando o nível de corte a Distância Euclidiana Simples igual a 64, observa-se a formação de dois grupos, sendo um grupo composto por áreas que apresentaram percentagens de colonização e densidade de esporos elevadas (Copener 6/07-H, Copener 6/07-P e B & F 1/05-A) e outro, representado pelas áreas restantes, com percentuais variados (Fig. 1).

Apesar de se ter trabalhado com a mesma espécie (*E. cloeziana*), os valores de colonização radicular e densidade de esporos foram bastante diferentes, podendo indicar que não apenas um fator está sendo responsável por tais diferenças, mas um conjunto, como por exemplo propriedades físico-químicas e biológicas do solo, disponibilidade de nutrientes no solo, fatores macro e microclimáticos, estágio de desenvolvimento e genótipo das plantas, biomassa radical, proximidade com outras espécies micotróficas, espécies de FMA

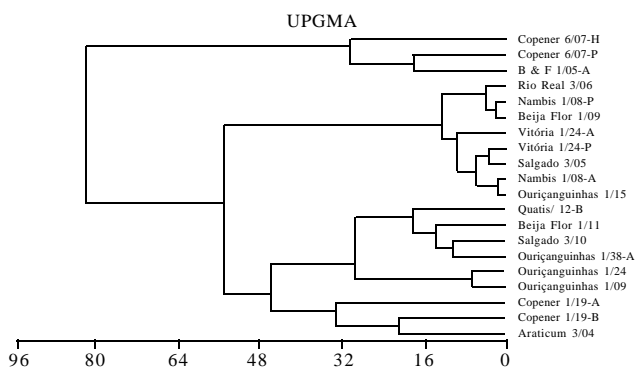


Figura 1. Dendrograma de associação das áreas utilizadas comercialmente pela Coper Florestal Ltda. (Litoral Norte da Bahia, Brasil) em relação à percentagem de colonização radicular e densidade de esporos de FMA.

presentes, expansão micelial no solo, práticas culturais próprias do manejo, entre outros, que podem estar interferindo no *status* micorrízico do *E. cloeziana*.

Os resultados obtidos no presente estudo permitem-nos concluir que: *E. cloeziana* apresenta grande suscetibilidade à formação de micorriza arbuscular; colonização radicular, densidade de esporos, pH e matéria orgânica do solo não estão correlacionados; as práticas diferenciadas de manejo interferem na colonização radicular, porém não se pode determinar qual o fator desencadeador (ou fatores) e não se pode afirmar, utilizando apenas os dados de colonização radicular por FMA e densidade de esporos, que a dinâmica da simbiose está sendo afetada.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Biólogo Fabio F. Barbosa, da Universidade Federal da Bahia (UFBA) e à Dra. Rosilaine Carrenho, da Universidade Estadual de Maringá (UEM), pelas inestimáveis contribuições na construção deste trabalho.

Referências

- Bagyaraj, D.J. 1992. Ecology of vesicular-arbuscular mycorrhizae. Pp. 3-34. In: D.K. Arora; B. Rai; K.G. Mukerji & G.R. Knudsen (eds.). **Handbook of Applied Mycology - Soil and Plants**. Banaras Hindu University, Varanasi.
- Carneiro, M.A.C.; Siqueira, J.O.; Moreira, F.M.S.; Carvalho, D.; Botelho, S.A. & Saggin-Junior, O.J. 1998. Micorriza arbuscular em espécies arbóreas e arbustivas nativas de ocorrência no sudeste do Brasil. **Cerne** 4(1): 129-145.
- Carrenho, R.; Trufem, S.F.B. & Bononi, V.L.R. 2001a. Fungos micorrízicos arbusculares em rizosferas de três espécies de fitobiontes instaladas em área de mata ciliar revegetada. **Acta Botanica Brasilica** 15(1): 115-124.
- Carrenho, R.; Silva, E.S.; Trufem, S.F.B. & Bononi, V.L.R. 2001b. Successive cultivation of maize and agricultural practices on root colonization, number of spores and species of arbuscular mycorrhizal fungi. **Brazilian Journal of Microbiology** 32: 262-270.
- Coelho, F.B.; Borges, A.C.; Neves, J.C.L.; Barros, N.F. & Muchovej, R.M. 1997. Caracterização e incidência de fungos micorrízicos em povoamentos de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna*, nos municípios de Botucatu, São José dos Campos e São Miguel Arcanjo, São Paulo. **Revista Árvore** 21(4): 563-573.
- Entry, J.A.; Rygielwicz, P.T.; Watrud, L.S. & Donnelly, P.K. 2002. Influence of adverse soil conditions on the formation and function of arbuscular mycorrhizas. **Advances in Environmental Research** 7: 123-138.

- Gadkar, V.; David-Schwartz, R.; Kunik, T. & Kapulnik, Y. 2001. Arbuscular mycorrhizal fungal colonization. Factors involved in host recognition. **Plant Physiology** **127**: 149-1499.
- Gerdemann, J.W. & Nicolson, T.H. 1963. Spore of mycorrhizal *Endogone* species extracted from soil by wet sieving and decanting. **Transactions of the British Mycological Society** **46**(2): 235-244.
- Gomes, S.P. & Trufem, S.F.B. 1998. Fungos micorrízicos arbusculares (Glomales, Zygomycota) na Ilha dos Eucaliptos, Represa do Guarapiranga, São Paulo, SP. **Acta Botanica Brasileira** **12**(3) (Suplemento): 393-401.
- Grazziotti, P.H.; Barros, N.F.; Borges, A.C.; Neves, J.C. & Fonseca, S. 1998. Variação sazonal da colonização de raízes de clones de híbridos de eucalipto por fungos micorrízicos no estado do Espírito Santo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo** **22**: 613-619.
- Guimarães, L.G. 1983. **Caracterização de fungos micorrízicos em povoamentos de *Eucalyptus* spp. em Aracruz e São Mateus, Espírito Santo e Dionísio, Minas Gerais**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- Harley, J.L. 1989. The significance of mycorrhiza. **Mycological Research** **92**: 129-139.
- Hirrel, M.C.; Mehravaran, H. & Gerdemann, J.W. 1978. Vesicular-arbuscular mycorrhizae in Chenopodiaceae and Cruciferae: do they occur? **Canadian Journal of Botany** **56**: 2813-2817.
- Jeffries, P.; Gianinazzi, S.; Perotto, S.; Turnau, K. & Barea, J.M. 2003. The contribution of arbuscular mycorrhizal fungi in sustainable maintenance of plant health and soil fertility. **Biology and Fertility of Soils** **37**: 1-16.
- Jenkins, W.R. 1964. A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. **Plant Disease Reporter** **48**: 692.
- Joner, E.J. & Jakobsen, I. 1995. Growth and extracellular phosphatase activity of arbuscular mycorrhizal hyphae as influence by soil organic matter. **Soil Biology Biochemistry** **27**(9): 1153-1159.
- Kabir, Z. & Koide, R.T. 2000. The effect of dandelion or a cover crop on mycorrhizal inoculum potential, soil aggregation and yield of maize. **Agriculture, Ecosystems and Environment** **78**: 167-174.
- Kiehl, J. 1985. **Fertilizantes orgânicos**. Editora Agronômica Ceres, São Paulo.
- Kormanik, P.P.; Bryan, W.C. & Schultz, R.C. 1980. Procedures and equipment for staining large number of plant roots for endomycorrhizal assay. **Canadian Journal of Microbiology** **26**: 536-538.
- Krishna, K.R. & Bagyaraj, D.J. 1984. Growth and nutrient uptake of peanut inoculated with the mycorrhizal fungus *Glomus fasciculatum* compared with non-inoculated ones. **Plant and Soil** **77**: 405-408.
- Lopes, E.S.; Siqueira, J.O. & Zambolim, L. 1983. Caracterização das micorrizas vesicular-arbusculares (MVA) e seus efeitos no crescimento das plantas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo** **7**: 1-19.
- Marques Júnior, O.G.; Andrade, H.B. & Ramalho, M.A.P. 1996. Avaliação de procedências de *Eucalyptus cloeziana* F. Muell e estimação de parâmetros genéticos e fenótipos na região noroeste do estado de Minas Gerais. **Cerne** **2**(1): 12-19.
- Mohammad, M.J.; Hamad, S.R. & Malkawi, H.I. 2003. Population of arbuscular mycorrhizal fungi in semi-arid environment of Jordan as influence by biotic and abiotic factors. **Journal of Arid Environments** **53**: 409-417.
- Santos, I.S. 2001. **Fungos micorrízicos arbusculares em ambiente de mata atlântica e de Eucaliptos na região de Entre Rios, Bahia**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal da Bahia, Salvador.
- Santos, O.M.; Oliveira, N.C. & Novais, R.F. 1995. Observações preliminares sobre fungos micorrízicos vesículo-arbusculares em plantas crescendo em dunas na Bahia. **Revista Ceres** **42**(240): 191-202.
- Santos, V.L.; Muchovej, R.M.; Borges, A.C.; Neves, J.C.L. & Kasuya, M.C.M. 2002. Vesicular-arbuscular-ectomycorrhiza succession in seedlings of *Eucalyptus* spp.. **Brazilian Journal of Microbiology** **32**: 81-86.
- Schmidt, S.K. & Scow, K.M. 1986. Mycorrhizal fungi on the Galápagos Islands. **Biotropica** **18**(3): 236-240.
- Silva, F.C.; Eira, P.A.; van Raij, B.; Silva, C.A.; Abreu, C.A.; Gianello, C.; Pérez, D.V.; Quaggio, J.A.; Tedesco, M.J.; Abreu, M.F. & Barreto, W.O. 1999. Análises químicas para avaliação da fertilidade do solo. Pp. 75-169. In: F.C. Silva (org.). **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Embrapa, Brasília.
- Silva, G.A.; Santos, B.A.; Alves, M.V. & Maia, L.C. 2001. Arbuscular mycorrhiza in species of Commelinidae (Liliopsida) in the State of Pernambuco (Brazil). **Acta Botanica Brasileira** **15**(2): 155-165.
- Siqueira, J.O.; Mahmud, A.W. & Hubbell, D.H. 1986. Comportamento diferenciado de fungos formadores de micorrizas vesicular-arbusculares em relação à acidez do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo** **10**: 11-16.
- Smith, S.E. & Gianinazzi-Pearson, V. 1988. Physiological interactions between symbionts in vesicular-arbuscular mycorrhizal plants. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology** **39**: 221-244.
- Solís, M.G.R. & Ferrera-Cerrato, R. 1992. Relación simbiótica de la micorriza vesículo-arbuscular con el estrato arbustivo e herbáceo del bosque de Zoquiapan, México. I. Época de Sequía. **Revista Latino-Americana Microbiologia** **34**: 305-312.
- St. John, T.V. 1980. Uma lista de espécies de plantas tropicais brasileiras naturalmente infectadas com micorriza vesicular-arbuscular. **Acta Amazonica** **10**(1): 229-234.
- St. John, T.V.; Coleman, D.C. & Reid, C.P.P. 1983. Association of vesicular-arbuscular mycorrhizal hyphae with soil organic particles. **Ecology** **64**(4): 957-958.
- St. John, T.V. & Uhl, C. 1983. Mycorrhizae in the rain forest at San Carlo de Rio Negro, Venezuela. **Acta Científica Venezuelana** **34**: 233-237.
- Trufem, S.F.B. & Bononi, V.L. 1985. Micorrizas vesículo-arbusculares de culturas introduzidas em áreas de cerrado. **Rickia** **12**: 165-187.

- Trufem, S.F.B. & Malatinszky, S.M.M. 1995. Fungos micorrízicos arbusculares de Melastomataceae e outras plantas nativas resistentes e sensíveis à poluição na Reserva Biológica do Alto da Serra de Paranapiacaba, SP, Brasil. **Hoehnea** 22(1/2): 77-89.
- Valentin, J.L. 2000. **Ecologia numérica – uma introdução à análise multivariada de dados ecológicos**. Interciência, Rio de Janeiro.
- Went, F.W. & Stark, N. 1968. Mycorrhiza. **Bioscience** 18: 1035-1039.
- Zambolim, L. & Barros, N.F. 1982. Constatação de micorriza vesicular-arbuscular em *Eucalyptus* spp. na região de Viçosa, MG. **Revista Árvore** 6(1): 95-97.
- Zambolim, L.; Barros, N.F. & Costa, L.M. 1982. Influência de micorriza do tipo vesicular-arbuscular no crescimento e absorção de nutrientes por mudas de *Eucalyptus* spp. **Revista Árvore** 6(1): 64-73.
- Zar, J.H. 1999. **Bioestatistical analysis**. Prentice Hall, New Jersey.