

Diversidade e potencial de infectividade de fungos micorrízicos arbusculares em área de caatinga, na Região de Xingó, Estado de Alagoas, Brasil¹

RENATA G. SOUZA², LEONOR C. MAIA^{2,5}, MARGARETH F. SALES³ e SANDRA F.B. TRUFEM⁴

(recebido: 17 de abril de 2002; aceito: 25 de outubro de 2002)

ABSTRACT – (Diversity and infectivity potential of arbuscular mycorrhizal fungi in an area of “caatinga” in the Xingó Region, State of Alagoas, Brazil). The region occupies 2800 km², in the States of Pernambuco, Alagoas, Sergipe and Bahia, and constitutes a preserved part of the Northeastern semi-arid ecosystem. Evaluation of the diversity and density of propagules of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) in the soil, as well as of the mycorrhizal colonization in plants of the area was carried out by sampling of soil and roots during the dry (August/2000) and rainy (March/2001) seasons, in two subareas (Piranhas and Olho d’Água do Casado) in Alagoas. More than 95% of the plants, among the 71 examined, formed arbuscular mycorrhiza (5-80% colonization). Among these 30 phanerogamic species, belonging to 14 families, only *Pilosocereus* sp. was not colonized. The average percentages of colonization (\cong 16-20%) were similar in both sampling periods. There was an inverse relationship between number of spores and the most probable number (MPN) of infective propagules in the area of Olho d’Água, with lower density of spores (< 2 spores.g⁻¹ of soil) and higher MPN of propagules (4.7 and 11.6 spores.g⁻¹ of soil), in the rainy and dry periods. Number of spores and MPN of propagules were similar in the Piranhas area during the rainy season; in the dry season the number of spores was 1.5 times higher than the MPN. Twenty-four taxa of AMF, mostly of Acaulosporaceae and Glomaceae, were identified. The AMF are well represented, forming mycorrhizal association with most “caatinga” plants, despite the severe climatic limitations of the region.

Key words - Arbuscular mycorrhiza, caatinga, diversity, infectivity potential, trap culture

RESUMO – (Diversidade e potencial de infectividade de fungos micorrízicos arbusculares em área de Caatinga na Região de Xingó, Estado de Alagoas, Brasil). A região de Xingó ocupa 2.800 km², em Pernambuco, Alagoas, Sergipe e Bahia, constituindo parte ainda conservada do semi-árido nordestino. Para avaliação da diversidade e da densidade de propágulos de FMA no solo e da colonização micorrízica em plantas da área, foram realizadas coletas de solo e raízes nas estações seca (agosto/2000) e chuvosa (março/2001), em duas subáreas de Piranhas e Olho d’Água do Casado, em Alagoas. Mais de 95% das plantas, dentre as 71 examinadas, apresentaram micorriza arbuscular (5% a 80%). Das 30 espécies de fanerógamas, correspondentes a 14 famílias, apenas *Pilosocereus* sp. não estava associado com FMA. Os percentuais médios de colonização (\cong 16 a 20%) foram semelhantes nos dois períodos. Houve relação inversa entre o número de esporos e o número mais provável (NMP) de propágulos infectivos em Olho d’Água do Casado, com menor densidade de esporos (< 2 esporos.g⁻¹ de solo) e maior NMP de propágulos (4,7 e 11,6 esporos.g⁻¹ de solo), nos períodos chuvoso e seco, respectivamente. Em Piranhas o número de esporos e o NMP de propágulos foram similares no período chuvoso, enquanto no período seco houve 1,5 vezes mais esporos do que propágulos infectivos. Foram identificados 24 táxons de FMA, com maior representatividade de Acaulosporaceae e Glomaceae. Os FMA estão bem representados, formando associação com a maioria das espécies de caatinga, apesar das limitações climáticas da região.

Palavras-chave - Caatinga, cultura armadilha, diversidade, micorriza arbuscular, potencial de infectividade

Introdução

Como simbioses obrigatórios os fungos micorrízicos arbusculares (FMA) trazem benefícios à comunidade

vegetal e ao ambiente, fornecendo nutrientes e água às plantas, assim como favorecendo a retenção de umidade, a agregação e a estabilidade dos solos (Sylvia 1992, Augé *et al.* 2001).

As micorrizas arbusculares são importantes não só por promover a interface entre a planta e o ambiente físico, mas também com o ambiente biológico, conferindo às plantas maior resistência e tolerância a estresses bióticos e abióticos, além de influenciar a diversidade vegetal (Miller & Kling 2000). Entre os diversos tipos de micorrizas, as arbusculares, formadas por fungos Glomales (Zygomycetes), são de particular importância nos trópicos, onde estão melhor

1. Parte da dissertação de mestrado de R.G.Souza, vinculada ao Programa de Pós-Graduação em Biologia de Fungos da Universidade Federal de Pernambuco.
2. Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Ciências Biológicas, Depto. de Micologia, Cidade Universitária, 50670-420 Recife, PE, Brasil
3. Universidade Federal Rural de Pernambuco, Depto. de Biologia/Área Botânica, Dois Irmãos, 52171-900 Recife, PE
4. Instituto de Botânica, Caixa Postal 4005, 01061-970 São Paulo, SP, Brasil.
5. Autor para correspondência: leonorcmaia@hotmail.com

distribuídas e ocorrem com maior frequência (Smith & Read 1997).

A região semi-árida do Brasil ocupa cerca de 800.000 km², totalizando 11% do território nacional (Drumond *et al.* 2000). Nesta região prevalece o clima semi-árido, caracterizado pelo elevado potencial de evapotranspiração (2.000 mm.ano⁻¹), precipitação média anual de 700 mm (mínima de 300 e máxima de 1.000 mm) concentradas em três a cinco meses do ano e temperatura média anual de 23 a 27 °C (Sampaio 1995). A vegetação típica é a caatinga, bioma único no mundo, caracterizado pela formação de floresta seca composta de vegetação xerófila de porte arbóreo, arbustivo e herbáceo, com ampla variação de fisionomia e flora e elevada diversidade de espécies, predominando representantes de Caesalpinaceae, Mimosaceae, Euphorbiaceae, Fabaceae e Cactaceae (Drumond *et al.* 2000).

A caatinga encontra-se hoje em acentuado processo de desertificação, ocasionado, principalmente, pelo desmatamento e uso inadequado dos recursos naturais (Drumond *et al.* 2000). A desertificação resulta na redução de produção vegetal, acarretando mudanças nas interações que ocorrem no solo, com a conseqüente e muitas vezes irreversível perda da biodiversidade (Skujins & Allen 1986). Nas regiões áridas e semi-áridas a baixa fertilidade dos solos gera elevada dependência das plantas pelos FMA, que minimizam os estresses hídricos e a deficiência de nutrientes (Tarafdar & Praveen-Kumar 1996), sendo importante, portanto, conhecer a diversidade de FMA nessas áreas.

A diversidade, a densidade e o potencial de infectividade dos propágulos de FMA no solo estão relacionados indiretamente com as condições ecológicas de cada ecossistema (Maia & Trufem 1990) e diretamente com a fisiologia do fungo (Morton 1993), estando a colonização micorrízica ligada ao genótipo da planta e do fungo, assim como ao ambiente.

Considerando o relevante papel desempenhado pelos fungos micorrízicos arbusculares, procurou-se neste estudo conhecer a diversidade, similaridade de espécies e densidade de propágulos de FMA, bem como a colonização micorrízica de plantas em área de caatinga.

Material e métodos

Áreas de estudo - Após a construção da hidroelétrica de Xingó, em 1994, a área circunvizinha passou a ser objeto de estudo, entre os quais se inclui o da biodiversidade animal, vegetal e de fungos. Neste contexto, foram selecionadas

quatro subáreas, em duas fazendas: Baixa da Légua (Latitude 9°62'44" S e Longitude 37°75'69" W) e Capelinha (Latitude 9°50'83" S e Longitude 37°83'22" W), situadas respectivamente nos municípios de Piranhas e Olho d'Água do Casado, Estado de Alagoas.

O clima local é característico do semi-árido, com precipitação e temperaturas médias anuais de 500 mm e 24 a 26 °C, respectivamente. De acordo com os dados de precipitação média mensal dos dois municípios, a média de precipitação no período de março/2000 a março/2001 foi 427,2 mm no município de Piranhas e 596,3 mm em Olho d'Água do Casado. As áreas experimentais do município de Piranhas estão situadas em área de domínio de Planossolo, caracterizado por solos de textura franco-arenosa, pouco profundos, de textura média no horizonte A e argilosa no horizonte B, apresentando drenagem imperfeita. As do município de Olho d'Água do Casado estão situadas em área de domínio de Regossolo, caracterizado por solos de textura franco-arenosa, de profundidade média, excessivamente drenados, apresentando minerais primários de fácil intemperização (Jacomine *et al.* 1975).

A área é coberta por vegetação caducifólia espinhosa (caatinga), arbustivo-arbórea em geral aberta, entremeada por poucos indivíduos arbóreos, emergentes na paisagem geral. O estrato herbáceo é quase ausente no período seco. Na flora destacam-se espécies de *Caesalpinia*, *Mimosa*, *Anadenanthera*, *Bauhinia* e *Pithecellobium*, entre outros. Composto o estrato arbustivo dominam Euphorbiaceae (*Croton*, *Cnidocolus* e *Jatropha*); também são freqüentes indivíduos arbóreos de *Zizyphus joazeiro* Mart. e *Spondias tuberosa* Arr. Cam., e sobre os afloramentos rochosos são comuns espécies de Cactaceae e Bromeliaceae. De acordo com Sampaio (1995), as plantas de maior densidade na caatinga são, de porte arbóreo, *Caesalpinia pyramidalis* Tul. e *Aspidosperma pyriforme* Mart.; de porte arbustivo, espécies de *Croton* e *Mimosa* e, do baixo estrato, *Bromelia laciniosa* Mart. ex Schultes f.

Coletas - Foram realizadas no período seco (agosto/2000) e chuvoso (março/2001), sendo escolhidas duas subáreas em Piranhas (PA e PB) e duas em Olho d'Água do Casado (OA e OB), com vegetação típica de caatinga. Para cada subárea, com dimensão de 1.000 m², foram definidos nove pontos aleatórios, traçados em zig-zag. Em cada ponto foi selecionada uma planta e efetuada coleta de aproximadamente 1 kg de solo da rizosfera até a profundidade de 20 cm. As amostras foram acondicionadas em sacos plásticos para posterior determinação da densidade de esporos, número de propágulos infectivos e identificação das espécies de FMA. Das plantas foram coletados: fragmentos de raízes, inflorescências e parte vegetativa para identificação das espécies. Exsiccatas foram depositadas no Herbário Professor Vasconcelos Sobrinho, da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE).

Análises físicas e químicas do solo - De cada amostra composta, constituída por solo dos nove pontos de coleta em

cada subárea, foram retiradas amostras e encaminhadas para análise química (Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária – IPA) e física (Laboratório de Física do Solo – UFRPE) (tabela 1). Os solos apresentam as seguintes características, segundo Tomé Júnior (1997): acidez da solução aquosa de média (5,2; 5,6 e 5,8) a fraca (6,2); teores de fósforo baixos para as subáreas de Piranhas (< 7 mg.dm⁻³) e altos para as de Olho d'Água do Casado (> 40 mg.dm⁻³); cálcio e potássio variando de médio a alto; magnésio com alto teor, variando de 1,3 a 2,75 cmol_c. dm⁻³.

Avaliação da colonização micorrizica - As raízes foram lavadas, diafanizadas com KOH (10%) e H₂O₂, acidificadas com HCl (1%) e coradas com azul de Tripiano em lactoglicerol (0,05%) (Phillips & Hayman 1970). A colonização foi avaliada pelo método de interseção dos quadrantes (Giovannetti & Mosse 1980), sendo realizadas três observações por sistema radicular e o percentual de colonização de cada amostra obtido pela média aritmética.

Determinação da densidade de esporos - As amostras de solo foram peneiradas (malha de 5 mm) e homogeneizadas, sendo retiradas duas subamostras de 50 g para extração dos esporos de FMA pelo método de peneiramento em via úmida (Gerdemann & Nicolson 1963), seguido de centrifugações em água e sacarose (Jenkins 1964, modificado pelo uso de sacarose 40% e centrifugação a 2.500 rpm) e contagem direta em placas canaletadas. A densidade de esporos em cada área foi obtida pela média do número de esporos de cada ponto de coleta.

Determinação do Número Mais Provável (NMP) de propágulos infectivos - Para avaliação do NMP de propágulos de FMA foi utilizada a técnica descrita em Sieverding (1991). Para cada período (seco e chuvoso) foram montados quatro bioensaios. As amostras teste (350 g de solo) foram obtidas a partir da homogeneização de subamostras dos nove pontos de coleta de cada subárea. Além da coleta de solo das amostras teste, foi realizada coleta de solo em cada uma das áreas, para ser usado como diluente e na composição dos potes do bioensaio. Este solo foi peneirado (malha de 5 mm) e autoclavado por 1 h a 120 °C (1 atm) por dois dias consecutivos e seco em estufa a 105 °C. Foi utilizado o fator

quatro como base de diluição 3:1 (diluente : amostra), com cinco repetições para cada nível, totalizando nove níveis, de 4⁰ a 4⁻⁸. Para cada subárea foram preparados 45 potes. No total, os bioensaios incluíram 360 potes, considerando: 2 momentos de coleta x 4 subáreas x 9 níveis de diluição e 5 repetições. Cada pote foi preenchido com 150 g do substrato B (solo autoclavado) + 50 g do substrato A (solo autoclavado + solo teste) + 50 g do substrato B + 20 g de areia lavada e autoclavada. Vinte sementes de *Panicum miliaceum* L., desinfestadas com NaOCl a 10% foram colocadas em cada pote. Após 15 dias da germinação, foi realizado o desbaste mantendo-se 10 plantas por pote, que permaneceram em telado durante dois meses. A temperatura e a umidade relativa do ar foram medidas diariamente, variando de 23 °C a 32 °C e de 50% a 81% respectivamente (termohigrômetro TFA, Alemanha). No final do período as plantas foram colhidas e as raízes separadas, lavadas e mantidas em álcool a 50%, para serem depois diafanizadas e coradas como mencionado. O solo retirado dos potes (níveis 0, 1, 2, 3, e 4) foi homogeneizado e acondicionado em sacos plásticos, para obtenção do segundo ciclo de multiplicação dos esporos, com o objetivo de identificar posteriormente as espécies de FMA.

Para avaliação do potencial de infectividade de FMA no solo, foram atribuídos os sinais (+) para presença e (-) para ausência de estruturas típicas de FMA, quando da observação das raízes, em estereomicroscópio. Para cálculo do NMP de propágulos infectivos foi utilizada a fórmula: $\log \Omega = x \log a - K$ onde:

Ω = número de propágulos infectivos;

x = número total de potes infectados / número de repetições por diluição;

a = fator de diluição;

K = constante encontrada na tabela VIII de Fisher & Yates (1970), determinada pelos valores de x e y, onde y = s - x, sendo s o número do nível de diluição.

Identificação das espécies de FMA - Para identificação das espécies foram retiradas amostras do solo nativo, do solo usado nos bioensaios do NMP e ainda do solo proveniente de culturas armadilhas, as quais foram preparadas com os solos de cada subárea, usando como hospedeiro *P. miliaceum*,

Tabela 1. Características químicas e físicas de solos das áreas experimentais, nos municípios de Piranhas e Olho d'Água do Casado, Alagoas. (PA e PB = áreas de Piranhas, OA e OB = áreas de Olho d'Água do Casado).

Table 1. Chemical and physical characteristics of soils of the experimental sites, at the municipalities of Piranhas and Olho d'Água do Casado, state of Alagoas. (PA and PB = Piranhas' areas, OA and OB = Olho d'Água do Casado's areas).

SUBÁREA	pH	P	K	Al	Ca	Mg	AREIA	ARGILA	SILTE
	H ₂ O	mg dm ⁻³		cmol _c dm ⁻³			%		
PA	5,80	5	0,25	0,00	4,70	2,75	62,5	15,5	22,0
PB	5,60	6	0,21	0,05	2,85	1,30	74,5	10,5	15,0
OA	5,20	> 40	0,24	0,10	4,00	1,35	77,5	10,5	12,0
OB	6,20	> 40	0,34	0,00	6,40	2,40	72,5	12,5	15,0

e mantidas em telado por três meses. Os esporos foram extraídos conforme descrito, montados em lâminas com PVLG (álcool-polivinílico em lactoglicerol) ou com reagente de Melzer + PVLG (1:1) e observados ao microscópio. Para identificação foram consultados o Manual para Identificação de FMA (Schenck & Pérez 1990), a home page <http://invam.caf.wvu.edu> e publicações com a descrição de novas espécies.

Análise estatística - Para análise, os números de esporos foram transformados em $\log(x+1)$ e os dados do NMP em $\log(x)$, para comparação das médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, usando o programa Statistica (1995). A similaridade de espécies de FMA entre as áreas foi avaliada pelo Índice de Sørensen (Brower & Zar 1984).

Resultados

Foram identificados 24 táxons de FMA; maior diversidade ocorreu no período seco, com as subáreas

do município de Piranhas apresentando maior riqueza de espécies (tabela 2). O índice de similaridade das espécies de FMA entre os dois municípios foi de 54,5%.

A densidade de esporos de FMA na rizosfera das plantas variou de 0,34 a 8,6 esporos.g⁻¹ de solo (tabela 3). Em Olho d'Água do Casado, apenas uma amostra apresentou densidade igual ou superior a 5 esporos.g⁻¹ de solo, no período seco; no chuvoso a densidade foi sempre menor que 4,1 esporos.g⁻¹ de solo. Em Piranhas, a maior densidade de esporos foi encontrada na rizosfera de imbirá (8,5 esporos.g⁻¹ de solo), no período seco. Não foi observada relação entre as espécies de plantas, percentuais de colonização e a densidade de esporos na rizosfera.

No município de Piranhas, a densidade de esporos de FMA em cada área foi significativamente maior no período seco do que no chuvoso; por outro lado, não houve diferença entre as subáreas (tabela 4). Em Olho

Tabela 2. Espécies de FMA isoladas do solo das áreas experimentais nos municípios de Piranhas e Olho d'Água do Casado, Alagoas, no período seco (PS) e chuvoso (PC).

Table 2. FMA species isolated from soil of the experimental sites at the municipalities of Piranhas and Olho d'Água do Casado, state of Alagoas, in the dry (PS) and wet (PC) seasons

FMA	Piranhas		Olho d'Água	
	PS	PC	PS	PC
<i>Acaulospora denticulata</i> Sieverding & Toro	x	x		x
<i>Acaulospora excavata</i> Ingleby, Walker & Mason	x	x	x	x
<i>Acaulospora lacunosa</i> Morton		x		
<i>Acaulospora longula</i> Spain & Schenck		x		
<i>Acaulospora rehmsii</i> Sieverding & Toro	x			
<i>Acaulospora scrobiculata</i> Trappe	x	x	x	x
<i>Acaulospora</i> sp. 1				x
<i>Archaeospora leptoticha</i> (Schenck & Smith) Morton & Redecker	x	x	x	
<i>Entrophospora kentinensis</i> Wu & Liu	x			
<i>Gigaspora albida</i> Schenck & Smith			x	x
<i>Gigaspora margarita</i> Becker & Hall		x	x	x
<i>Glomus etunicatum</i> Becker & Gerd.	x	x	x	x
<i>Glomus geosporum</i> (Nicol. & Gerd.) Walker	x			
<i>Glomus macrocarpum</i> Tulasne & Tulasne	x	x	x	x
<i>Glomus mosseae</i> (Nicol. & Gerd.) Gerd. & Trappe	x	x	x	x
<i>Glomus spurcum</i> Pfeiffer, Walker & Bloss	x			
<i>Glomus sinuosum</i> (Gerd. & Bakshi) Almeida & Schenck	x			
<i>Glomus</i> sp. 1			x	
<i>Glomus</i> sp. 2		x		
<i>Paraglomus occultum</i> (Walker) Morton & Redecker	x	x		
<i>Scutellospora heterogama</i> (Nicol. & Gerd.) Walker & Sanders	x	x	x	x
<i>Scutellospora pellucida</i> (Nicol. & Schenck) Walker & Sanders			x	x
<i>Scutellospora weresubiae</i> Koske & Walker	x			
<i>Scutellospora</i> sp. 1				x
Total	15	13	11	12

Tabela 3. Plantas coletadas nos municípios de Piranhas e Olho d'Água do Casado nos períodos seco (PS) e chuvoso (PC), com respectivos percentuais de colonização e número de esporos de FMA na rizosfera.

Table 3. Plants collected at the municipalities of Piranhas and Olho d'Água do Casado, state of Alagoas in the dry (PS) and wet (PC) seasons, with their colonization percentage and number of FMA spores in the rhizosphere.

Famílias/Espécies	Nome vulgar	Colonização %				Esporos/g de solo			
		Piranhas		Olho d'Água		Piranhas		Olho d'Água	
		PS	PC	PS	PC	PS	PC	PS	PC
ANACARDIACEAE									
<i>Spondias tuberosa</i> Arruda	Umbuzeiro	-	-	30,6	18,0	-	-	1,28	0,82
APOCYNACEAE									
<i>Aspidosperma pyriforme</i> Mart.	Pereiro	9,2	18,6	-	-	2,22	0,84	-	-
<i>A. pyriforme</i>	Pereiro	-	16,6	-	-	-	0,84	-	-
<i>A. pyriforme</i>	Pereiro	7,2	13,1	-	-	3,06	1,52	-	-
BOMBACACEAE									
<i>Ceiba glaziovii</i> (O. Kuntze) K. Schum.	Imbira	10,4	7,6	-	-	8,58	4,38	-	-
BORAGINACEAE									
<i>Heliotropium angiospermum</i> Murr.	Crista de galo	-	-	-	21,0	-	-	-	0,50
<i>H. angiospermum</i>	Crista de galo	31,0	-	-	-	2,32	-	-	-
<i>H. angiospermum</i>	Crista de galo	13,0	-	-	-	0,80	-	-	-
BROMELIACEAE									
<i>Bromelia laciniosa</i> Mart. ex Schultes f.	Macambira	-	-	13,7	20,0	-	-	2,24	1,82
<i>B. laciniosa</i>	Macambira	-	-	19,3	-	-	-	0,90	-
<i>B. laciniosa</i>	Macambira	-	-	38,0	23,9	-	-	5,54	4,04
<i>B. laciniosa</i>	Macambira	51,3	45,6	-	-	6,38	1,46	-	-
<i>Encholirium spectabile</i> Mart. ex Schultes f.	Macambira de flecha	44,3	46,3	-	-	0,80	0,88	-	-
CACTACEAE									
<i>Opuntia inamoena</i> K. Schum.	Quipá	20,0	5,3	-	-	2,66	1,02	-	-
<i>Pilosocereus gounellei</i> Weber	Xique-xique	5,6	9,8	-	-	5,54	3,10	-	-
<i>Pilosocereus</i> sp.	Faxeiro	-	-	0,0	0,0	-	-	0,34	0,42
<i>Pilosocereus</i> sp.	Faxeiro	-	0,0	-	-	-	0,84	-	-
<i>Pilosocereus</i> sp.	Faxeiro	0,0	-	-	-	2,56	-	-	-
COMPOSTAE									
<i>Bidens pilosa</i> L.	Carrapicho	-	-	5,6	-	-	-	1,98	-
EUPHORBIACEAE									
<i>Cnidoscolus obtusifolius</i> Pohl	Favela	-	-	10,3	0,0	-	-	3,32	4,00
<i>Croton rhamnifolius</i> (Baill.) Müll. Arg.	Velame	20,6	12,6	-	-	2,40	1,60	-	-
<i>Croton</i> sp.	Marmeleiro	-	-	8,1	14,7	-	-	1,16	0,96
<i>Ditaxis desertorum</i> (Müll. Arg.) Pax & Hoff.	Vara branca	-	-	9,0	7,0	-	-	2,06	2,48
<i>Jatropha mollissima</i> (Pohl) Baill.	Pinhão bravo	0,0	37,6	-	-	6,48	1,66	-	-
<i>J. ribifolia</i> (Pohl) Baill.	Pinhão branco	-	-	16,1	48,3	-	-	1,04	0,84
<i>J. ribifolia</i>	Pinhão branco	25,6	-	-	-	4,06	-	-	-
<i>Sapium glandulosum</i> (L.) Morong	Burra leiteira	-	-	-	47,0	-	-	-	1,94
<i>S. glandulosum</i>	Burra leiteira	80,4	-	-	-	2,34	-	-	-
LAMIACEAE									
<i>Ocimum campechianum</i> Mill.	Pissarra	-	-	5,5	20,6	-	-	2,04	0,98
LEGUMINOSAE CAESALPINOIDEAE									
<i>Bauhinia cheilantha</i> (Bong.) Steud.	Mororó	-	-	14,9	-	-	-	0,40	-

(cont.)

Famílias/Espécies	Nome vulgar	Colonização %				Esporos/g de solo			
		Piranhas		Olho d'Água		Piranhas		Olho d'Água	
		PS	PC	PS	PC	PS	PC	PS	PC
LEGUMINOSAE/CAESALPINOIDEAE									
<i>Caesalpinia pyramidalis</i> Tul.	Catingueira	-	-	25,8	-	-	-	0,52	-
<i>C. pyramidalis</i>	Catingueira	-	-	-	24,0	-	-	-	0,44
<i>C. pyramidalis</i>	Catingueira	-	-	9,7	10,6	-	-	0,92	1,26
<i>C. pyramidalis</i>	Catingueira	9,5	40,6	-	-	3,54	3,58	-	-
<i>C. pyramidalis</i>	Catingueira	-	19,6	-	-	-	1,56	-	-
<i>Chamaecrista</i> sp.	Relógio	-	12,0	-	-	-	1,8	-	-
LEGUMINOSAE/MIMOSOIDEAE									
<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan	Angico	-	-	10,7	19,1	-	-	0,36	2,64
<i>Mimosa</i> sp.	Jurema	-	-	18,6	31,6	-	-	1,34	1,1
<i>Piptadenia</i> sp.	Espinheiro	18,6	17,7	-	-	3,28	1,3	-	-
LEGUMINOSAE/PAPILIONOIDEAE									
<i>Aeschynomene</i> sp.	Anil do brejo	25,5	-	-	-	3,16	-	-	-
MALVACEAE									
<i>Herissantia eriopse</i> (L.) Brizcky	Rabo de besta	-	27,6	-	-	-	0,64	-	-
<i>H. tiubae</i> (K. Schum.) Brizcky	Mela bode	-	-	5,3	20,0	-	-	1,20	0,66
MYRTACEAE									
<i>Eugenia uvalha</i> Camb.	Ubaia	-	-	31,3	18,5	-	-	1,46	0,86
NYCTAGINACEAE									
<i>Guapira laxa</i> (Netto) Furlan	Pau piranha	11,6	10,0	-	-	3,14	0,88	-	-
OXALIDACEAE									
<i>Oxalis insipida</i> A. St.-Hil.	Umbuzeirinho	-	-	-	27,0	-	-	-	1,12

d'Água do Casado a densidade de esporos foi menor do que em Piranhas, enquanto o NMP de propágulos foi maior e se observou relação inversa entre densidade de esporos e número de propágulos infectivos (tabelas 4, 5). A média do NMP de propágulos foi significativamente diferente entre as duas áreas estudadas, sendo que esse número também diferiu em Olho d'Água do Casado, sendo maior no período seco.

A coleta permitiu avaliação da rizosfera de representantes de 14 famílias, com maior ocorrência de Leguminosae (sete gêneros e sete espécies) e Euphorbiaceae (cinco gêneros e sete espécies) (tabela 3). Das 30 espécies registradas, apenas cinco (*Caesalpinia pyramidalis*, *Bromelia laciniosa*, *Jatropha ribifolia*, *Sapium glandulosum* e *Heliotropium angiospermum*) foram comuns às duas áreas. O percentual de colonização micorrízica das plantas variou de 5% a 80% e, dos 71 espécimes examinados, apenas oito apresentaram colonização superior a 40%. Não se observou formação de micorriza em *Pilosocereus* sp., nos dois períodos de coleta. De modo geral, os percentuais médios de

colonização foram semelhantes nos dois períodos ($\cong 20\%$), exceção apenas em plantas de Olho d'Água do Casado, que apresentaram menor colonização ($\cong 16\%$), no período seco.

Poucos esporos de *Acaulospora* sp.1 foram isolados do solo e apenas no 3º ciclo de multiplicação. Estes eram de coloração castanho-amarelada e subglobosos (84-118 × 64-90 µm). O gênero foi determinado pela presença de cicatriz e sáculo esporífero hialino. Esporos de *Scutellospora* sp. 1. (307 e 326 µm) foram isolados apenas no 2º ciclo de multiplicação; o gênero foi determinado pela presença de dois grupos de parede: o externo de coloração amarelo-esverdeada e o interno hialino, com 13 µm e 3,7 µm de espessura, respectivamente. A célula suspensoróide era de coloração castanha, não sendo observada placa germinativa. *Glomus* sp. 1 apresentou esporos amarelos, globosos a subglobosos (58-94 × 73-101 µm), com hifa de sustentação hialina. *Glomus* sp. 2 foi caracterizado por esporos branco-leitosos, globosos a subglobosos (116-186 × 109-160 µm), hifa de sustentação hialina, semelhante em alguns aspectos

Tabela 4. Densidade de esporos de FMA por g de solo nas áreas experimentais dos municípios de Piranhas (PA e PB) e Olho d'Água do Casado (AO e OB), Alagoas, nos períodos seco e chuvoso. Médias seguidas da mesma letra, maiúscula nas linhas, e minúsculas nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. Dados originais de número de esporos transformados em $\log(x + 1)$.

Table 4. FMA spores density in the experimental sites at the municipalities of Piranhas (PA and PB) and Olho d'Água do Casado (AO and OB), state of Alagoas, in the dry (PS) and wet (PC) seasons. Means followed by the same letter (capitals in lines, small in columns) do not differ from each other using Tukey test at 5%.

Períodos	PA	PB	Média	OA	OB	Média
Seco	3,76Aa	3,27Aa	3,51	1,41Bb	1,70Bb	1,55
Chuvoso	1,58Bb	1,82Bb	1,70	1,58Bb	1,40Bb	1,49
Média geral			2,61			1,52

a *Glomus albidum* Walker & Rhodes. Essas espécies não puderam ser identificadas pela escassez de esporos; a presença está sendo registrada para melhor caracterizar a diversidade de FMA nas áreas estudadas.

Discussão

Das 24 espécies de FMA identificadas, apenas seis (*Glomus mosseae*, *G. etunicatum*, *G. occultum*, *G. spurcum*, *G. macrocarpum* e *Gigaspora albida*) têm ocorrência registrada em regiões áridas da África (Diem *et al.* 1981; Diallo *et al.* 1999; Stutz *et al.* 2000) e da América do Norte (Stutz *et al.* 2000). Em relação à ocorrência no semi-árido brasileiro, foram citados anteriormente: *Glomus mosseae*, *G. etunicatum*, *G. occultum*, *G. macrocarpum*, *Gigaspora margarita*, *Acaulospora scrobiculata* e *A. leptoticha* em área de caatinga, na Bahia (Silva 2000), *Acaulospora excavata*, *A. scrobiculata*, *A. leptoticha*, *A. longula*, *A. rehmi*, *Glomus etunicatum*, *G. macrocarpum*, *G. mosseae*, *G. occultum*, *G. sinuosum*, *Gigaspora albida*, *G. margarita*, *Scutellospora heterogama* e *S. pellucida* em perímetro irrigado no vale do submédio São Francisco, em Pernambuco (Yano-Melo 2002) e *Glomus mosseae*, *Acaulospora scrobiculata* e *A. leptoticha* em agrossistemas no sertão de Pernambuco (Maia & Trufem 1990). Não se encontrou registro de *Acaulospora denticulata* e *Glomus spurcum* em levantamentos da diversidade de FMA no Brasil.

A dificuldade para se estabelecer um padrão de distribuição dos FMA pode estar associada aos diversos fatores bióticos e abióticos relacionados aos ambientes, como também às diferentes estratégias de sobrevivência destes fungos. A distribuição das espécies de Acaulosporaceae e Glomaceae mostrou que a maioria ocorreu em solos com baixo pH e/ou baixo teor de

fósforo. De acordo com Stürmer (1999), espécies de *Acaulospora* são mais freqüentemente encontradas em solos ácidos (pH < 6,2). Trufem (1990, 1995) encontrou 12 e 13 espécies deste gênero em solos com pH entre 3,5 a 5,8 e sugeriu que essas espécies são mais adaptadas a tais condições, o que indica que os níveis de pH no solo das áreas estudadas favorecem a ocorrência de *Acaulospora*. Reforçando este fato, Gomes & Trufem (1998) encontraram 10 espécies de *Acaulospora* e seis de *Glomus*, num total de 21 espécies de FMA, associadas a solos ácidos (pH 3,2 e 3,4), na Ilha dos Eucaliptos (São Paulo), confirmando a presença de *Acaulospora* e *Glomus* em solos com baixo pH. Siqueira (1994) menciona que as espécies de Gigasporaceae são mais comuns em solos ácidos. No entanto, *Gigaspora* foi registrada em solos alcalinos (Melo *et al.* 1997). Em dunas, Trufem *et al.* (1989) encontraram maior número de espécies de *Acaulospora*, *Gigaspora* e *Scutellospora*, enquanto Stürmer & Bellei (1993) referiram a predominância de *A. scrobiculata*, *G. albida* e *G. etunicatum*. Koske (1987) mencionou a ocorrência de *S. weresubiae*, em dunas da Costa Atlântica dos Estados Unidos, sugerindo que a temperatura pode atuar como regulador de distribuição desta espécie.

Allen *et al.* (1998) e Wilson *et al.* (1992) registraram maior ocorrência de espécies de *Glomus* e *Acaulospora*, respectivamente em floresta tropical decídua, no México, e em plantações de *Terminalia* spp., numa floresta tropical, na Costa do Marfim. As temperaturas médias anuais (26 a 27 °C) nestes locais são semelhantes às da região semi-árida do Nordeste, sugerindo que um gradiente latitudinal de temperatura, associado a fatores edáficos, como baixo pH, podem ter influenciado a maior ocorrência de espécies de *Glomus* e *Acaulospora*.

O registro de maior diversidade de FMA

(19 espécies) nas áreas de Piranhas pode estar relacionado a dois fatores: o baixo nível de fósforo, e a maior esporulação, que favoreceu a identificação dessas espécies. No município de Olho d'Água do Casado houve menos esporulação e diversidade de FMA (14 espécies) o que pode estar relacionado, sobretudo com a maior concentração de fósforo no solo ($> 40 \text{ mg.dm}^{-3}$).

A diversidade de FMA em regiões áridas pode ser limitada, mesmo quando se utiliza cultura armadilha para melhor detectar a riqueza de espécies (Stutz *et al.* 2000). No entanto, em relação a outros trabalhos em ambientes áridos (Rose 1980, Diem *et al.* 1981, Bethlenfalvay *et al.* 1983, Diallo *et al.* 1999), a riqueza de espécies de FMA foi relativamente alta, sendo semelhante ao referido por Silva *et al.* (2001a), Yano-Melo (2002) e Maia & Gibertoni (2002) também em área de caatinga. É possível que a riqueza de FMA seja maior que a encontrada, considerando-se que a multiplicação de esporos em potes de cultura, embora ajude a recuperar alguns fungos, não possibilita a identificação de todas as espécies, pois a taxa de esporulação depende, além de outros fatores, da planta hospedeira (Bever *et al.* 1996). Além do mais, a produção apenas eventual de esporos por alguns FMA e a presença de esporos inviáveis, dificultam a identificação e melhor descrição das espécies encontradas.

A densidade de FMA na rizosfera está relacionada com a forma agregada como os esporos são encontrados no solo e em função da distribuição, morfologia e idade fisiológica das raízes (Anderson *et al.* 1983), assim como depende de outros fatores que influenciam a esporulação: pluviometria, temperatura, período de insolação e espécies de FMA (Maia & Trufem 1990, Brundrett *et al.* 1996). Para os diferentes sistemas, a densidade é tida como alta ou baixa em função das necessidades dos hospedeiros. Sieverding (1991) considerou como nível crítico de deficiência de propágulos de FMA no solo, aquele abaixo do qual não há resposta do hospedeiro; assim, esse nível varia de acordo com a espécie de fungo e o grau de dependência da planta à micorrização. O autor encontrou que o nível desejável para inoculação de plantas de mandioca com *Glomus manihotis* Howeler, Sieverding & Schenck era de 12 a 36 esporos.100 g⁻¹ de solo, enquanto para utilizar *Acaulospora appendicula* Spain, Sieverding & Schenck eram necessários entre 50 e 80 esporos.100 g⁻¹ de solo para obtenção da mesma resposta. É difícil separar os fatores mais importantes nessa interação, embora esteja definido que, em campo, as concentrações de

propágulos de FMA são correlacionadas principalmente com a cobertura vegetal e as condições do solo (Sieverding 1991).

Em área de caatinga, Silva *et al.* (2001a) encontraram densidade média < 2 esporos.g⁻¹ de solo, sem variação entre período seco e chuvoso. A baixa densidade de esporos pode ser comum em algumas regiões áridas, devido à presença de espécies de FMA não esporulantes (Bashan *et al.* 2000); talvez seja esta a razão da baixa densidade encontrada também nos solos amostrados.

As hifas de algumas espécies de FMA podem permanecer infectivas em solos secos se a esporulação não for iniciada, sugerindo uma interação entre a infectividade da hifa e o momento da esporulação (Jasper *et al.* 1993). Sieverding (1991) menciona que os menores números de propágulos de FMA são encontrados em áreas com vegetação degradada, e que em áreas de savana a densidade de propágulos está relacionada com a textura do solo, com os mais arenosos apresentando menores densidades, em virtude das plantas, nestes solos, sofrerem mais os efeitos da seca prolongada. Os solos das duas áreas estudadas foram predominantemente arenosos, tendo o de Olho d'Água do Casado percentagem média de 75% de areia e apenas 11% de argila.

O número de propágulos pode ser maior ou menor que o de esporos, dependendo das espécies de FMA (An *et al.* 1990). Menor densidade de esporos e maior número de propágulos infectivos observados nas subáreas de Olho d'Água do Casado, podem estar relacionados com a existência de diferentes mecanismos de sobrevivência dos FMA. Esta hipótese procura explicar porque algumas espécies de FMA não esporulam da mesma forma em condições ambientais semelhantes (McGee 1989). Avaliando a dinâmica sucessional, Hart *et al.* (2001) sugeriram que os FMA utilizam duas estratégias (colonização e persistência) para sobreviver num ambiente. No primeiro caso se enquadram as espécies mais hábeis em colonizar novos hospedeiros e no segundo, as que conseguem permanecer no sistema (solo / raiz) mesmo sob condições adversas.

De acordo com Smith & Read (1997), maior produção de esporos pode ocorrer na fase de crescimento final do hospedeiro e no período de floração. É possível que algumas espécies de FMA que não produzam esporos com longo período de dormência germinem e, não encontrando hospedeiro disponível, acabem morrendo. Desse modo, o potencial de infectividade dos seus propágulos fica reduzido.

A habilidade dos FMA em persistir no solo e colonizar as raízes depende, em parte, do tipo de propágulos formados (Powell & Bagyaraj 1984) e, sendo o número de esporos baixo, como constatado em Olho d'Água do Casado (< 2 esporos.g⁻¹ de solo), as hifas e/ou fragmentos de raízes colonizadas podem responder por maior potencial de infectividade (Brundrett & Abbott 1994). É possível sugerir, portanto, que esses tipos de inóculo tenham contribuído para maior obtenção de propágulos infectivos nessa área (tabela 5).

A variação encontrada no número mais provável de propágulos de FMA também pode estar relacionada com as características físico-químicas dos solos. Rathore & Singh (1995) observaram correlação positiva entre o número de propágulos infectivos e o nível de fósforo em diferentes tipos de solos. Tanto em Piranhas, com baixo nível de P, quanto em Olho d'Água do Casado, com teor de P quase dez vezes maior (tabela 1), houve correlação significativa ($r^2 = 0,60$, $P = 0,02$) entre o nível de fósforo no solo e o número de propágulos infectivos. O mesmo não ocorreu em relação ao pH. Em área de caatinga nativa, Silva *et al.* (2001a) não obtiveram mais do que dois propágulos de FMA.g⁻¹ de solo, com pH 6,2 e elevado nível de fósforo (141 mg.dm⁻³), confirmando que este elemento, quando em níveis elevados, pode inibir a interação planta × fungo. Johnson *et al.* (1991) observaram correlação negativa entre o fósforo e a infectividade de propágulos, mencionando que esta correlação se torna insignificante com pH constante e sugerindo que a interação pH e fósforo do solo pode favorecer a infectividade dos propágulos.

Abbott & Robson (1991) sugerem que o aumento do nível de fósforo no solo pode influenciar espécies de FMA hábeis a colonizar as raízes das plantas e que a técnica do NMP pode ativar alguns propágulos que nas condições de campo não seriam infectivos. Estas

hipóteses também podem justificar os diferentes números de propágulos encontrados nas áreas.

A ocorrência de plantas não micorrizadas em ecossistemas naturais de regiões semi-áridas constitui exceção, sendo a formação da simbiose parte da estratégia de tolerância das plantas aos estresses ambientais (Miller 1979). Confirmando essa observação, mais de 95% dos espécimes examinados, que constituem representantes significativos da flora local, apresentavam associação com FMA. Por outro lado, não se constatou relação entre o número de esporos na rizosfera e o percentual de colonização das plantas. Em áreas semi-áridas naturais, Reeves *et al.* (1979) encontraram mais de 90% das plantas micorrizadas. Em áreas de caatinga no Estado de Pernambuco, entre nove espécies de monocotiledôneas coletadas, seis apresentaram percentuais de colonização variando de 22% a 50% (Silva *et al.* 2001b). Por outro lado, em outras oito espécies de monocotiledôneas coletadas também em área de caatinga, no mesmo Estado, Santos *et al.* (2000) encontram apenas dois espécimes associados a FMA.

O grau de dependência micorrízica de plantas de caatinga pode estar relacionado ao micotrofismo facultativo das plantas de regiões áridas e semi-áridas (Allen *et al.* 1995). Além desse, outros fatores tais como fisiologia da raiz, susceptibilidade e competitividade nutricional das plantas hospedeiras e diferentes mecanismos de sobrevivência dos FMA interferem na colonização micorrízica. Entre as plantas examinadas, apenas *Pilosocereus* sp. não apresentou colonização micorrízica. Segundo Bashan *et al.* (2000), plântulas de cactos desenvolvem muito lentamente suas raízes até que essas possam ser colonizadas por FMA. No entanto, espécies de Cactaceae altamente colonizadas por FMA foram encontradas em região desértica da Califórnia (Bethlenfalvay *et al.* 1983). Foi observado que os nove indivíduos de Bromeliaceae examinados

Tabela 5. Número Mais Provável de propágulos infectivos de FMA por g de solo, nas subáreas experimentais dos municípios de Piranhas (PA e PB) e Olho d'Água do Casado (OA e OB), Alagoas, nos períodos seco e chuvoso. Dados originais do NMP. Para estatística, dados transformados em log (x).

Table 5. Most probable number of FMA infective propagules per g of soil, in the experimental sub-areas at the municipalities of Piranhas (PA and PB) and Olho d'Água do Casado (AO and OB), state of Alagoas, in the dry and wet seasons. NMP original data. Data transformed for log (x).

Períodos	PA	PB	Média	OA	OB	Média
Seco	0,82	1,88	1,35a	10,0	13,18	11,60b
Chuvoso	1,40	2,39	1,90a	3,44	5,97	4,70a
Média geral			1,62a			8,15b

apresentavam colonização (de 13% a 51%). Formação de associação micorrízica em plantas desta família, em ambientes naturais, havia sido referida apenas por Santos *et al.* (2000), em espécimen coletado no estado de Pernambuco. Confirma-se a importância dos FMA no estabelecimento das plantas e na manutenção de ecossistemas semi-áridos.

Agradecimentos – À equipe do Programa de Biodiversidade - Projeto Xingó/UFPE/UFRPE/CHESF pelo apoio na escolha das áreas e nas coletas. Aos colegas Joana Angélica C. Brandão, Nicácio de Oliveira Freitas e Bruno Tomio Goto, (bolsistas Pibic/UFPE) e à equipe do Laboratório de Micorrizas/UFPE, pela colaboração durante o desenvolvimento deste trabalho. Ao Dr. Everardo Valadares de S. B. Sampaio (UFPE), pelo auxílio na análise estatística e discussão dos resultados. L.C. Maia e R.G. Souza agradecem as bolsas concedidas, respectivamente pelo CNPq (Pesquisa) e Capes (Mestrado). Os dados do município de Piranhas foram fornecidos pela Divisão de Gestão de Recursos Hídricos DORH-CHESF-PE e do município de Olho d'Água do Casado, referentes aos do município de Delmiro Gouveia, fornecidos pela Secretaria de Estado de Recursos Hídricos e Irrigação de Alagoas (SERHI).

Referências bibliográficas

- ABBOTT, L.K. & ROBSON, A.D. 1991. Factors influencing the occurrence of vesicular-arbuscular mycorrhizae. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 35:121-150.
- ALLEN, E.B., ALLEN, M.F., HELM D.J., TRAPPE, J.M., MOLINA, R. & RINCON, E. 1995. Patterns and regulation of mycorrhizal plant and fungal diversity. *Plant and Soil* 170:47-62.
- ALLEN, E.B., RINCON, E., ALLEN, M.F., JIMENEZ, A.P. & HUANTE, P. 1998. Disturbance and seasonal dynamics of mycorrhizae in a tropical deciduous forest in México. *Biotropica* 30:61-274.
- AN, Z.Q., HENDRIX, J.W., HERSHMAN, D.E. & HENSON, G.T. 1990. Evaluation of the "most probable number" (MPN) and wet-sieving methods for determining soil-borne populations of endogonaceous mycorrhizal fungi. *Mycologia* 85:576-581.
- ANDERSON, R.C., LIBERTA, A.E., DICKMAN, L.A. & KATZ, A.J. 1983. Spatial variation in vesicular-arbuscular mycorrhiza spore density. *Bulletin of the Torrey Botanical Club* 110:519-525.
- AUGÉ, R.M., STODOLA, A.J.W., TIMS, J.E. & SAXTON, A.M. 2001. Moisture retention properties of a mycorrhizal soil. *Plant and Soil* 230:87-97.
- BASHAN, Y., DAVIS, E.A., CARRILLO-GARCIA, A. & LINDERMAN, R.G. 2000. Assessment of mycorrhizal inoculum potential in relation to the establishment of cactus seedlings under mesquite nurse-trees in the Sonoran Desert. *Applied Soil Ecology* 14:165-175.
- BETHLENFALVAY, G.J., DAKESSIAN, S. & PACOVSKY, R.S. 1983. Mycorrhizae in a southern California desert: ecological implications. *Canadian Journal of Botany* 62:519-524.
- BEVER, J.D., MORTON, J.B., ANTONOVICS, J. & SCHULTZ, P.A. 1996. Host-dependent sporulation and species diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in a mown grassland. *Journal of Ecology* 84:71-82.
- BROWER, J.E. & ZAR, J.H. 1984. Community similarity. *In* Field & Laboratory for General Ecology. (J.E. Brower & J.H. Zar, eds.). Win C. Brown Publishers, Dubuque, p.161-164.
- BRUNDRETT, M.C. & ABBOTT, L.K. 1994. Mycorrhizal fungus propagules in the Jarrah forest. I. Seasonal study of inoculum levels. *New Phytologist* 127:539-546.
- BRUNDRETT, M.C., ASHWATH, N. & JASPER, D.A. 1996. Mycorrhizas in the Kakadu region of tropical Australia. *Plant and Soil* 184:173-184.
- DIALLO, A.T., SAMB, P.I. & DUCOUSSO M. 1999. Arbuscular mycorrhizal fungi in the semi-árida areas of Senegal. *European Journal of Soil Biology* 35:65-75.
- DIEM, H.G., GUEYE, I., GIANINAZZI-PEARSON, V., FORTIN, J.A. & DOMMERGUES, Y.R. 1981. Ecology of VA mycorrhizae in the tropics: the semi-arid zone of Senegal. *Acta Ecologica/Ecology Plantarum* 2:53-62.
- DRUMOND, M.A., KIILL, L.H.P., LIMA, P.C.F., OLIVEIRA, M.C., OLIVEIRA, V.R., ALBUQUERQUE, S.G., NASCIMENTO, C.E.S. & CAVALCANTE, J. 2000. Estratégias para o uso sustentável da biodiversidade da caatinga. *In* Seminário para avaliação e identificação de ações prioritárias para a conservação, utilização sustentável e repartição de benefícios da biodiversidade do bioma Caatinga. Embrapa/Cpatsa, UFPE e Conservation International do Brasil, Petrolina.
- FISHER, R.A. & YATES, F. 1970. Statistical tables for biological, agricultural and medical research. Hafner Publ. Comp., Davien.
- GERDEMANN, J.W. & NICOLSON, T.H. 1963. Spores of mycorrhizal *Endogone* species extracted from soil by wet sieving and decanting. *Transactions of the British Mycological Society* 46:235-244.
- GIOVANNETTI, M. & MOSSE, B. 1980. An evaluation of techniques for measuring vesicular arbuscular mycorrhizal infection in roots. *New Phytologist* 84:489-500.
- GOMES, S.P. & TRUFEM, S.F.B. 1998. Fungos micorrízicos arbusculares (Glomales, Zygomycota) na Ilha dos Eucalptos, Represa do Guarapiranga, São Paulo, SP. *Acta Botanica Brasilica* 12:395-401.
- HART, M.M., READER, R.J. & KLIRONOMOS, J.N. 2001. Life-history strategies of arbuscular mycorrhizal fungi in relation to their successional dynamics. *Mycologia* 93:1186-1194.

- JACOMINE, P.K.T., CAVALCANTI, A.C., PESSOA, S.C.P. & SILVEIRA, C.O. 1975. Levantamento exploratório - Reconhecimento de solos do Estado de Alagoas. Centro de Pesquisa Pedológica - Embrapa e Divisão de Recursos Renováveis - Sudene, Boletim Técnico 35, Maceió.
- JASPER, D.A., ABBOTT, L.K. & ROBSON, A.D. 1993. The survival of infective hyphae of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi in dry soil: an interaction with sporulation. *New Phytologist* 124:473-479.
- JENKINS, W.R. 1964. A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. *Plant Disease Report* 48:692.
- JOHNSON, N.C., ZAK, D.R., TILMAN, D. & PFLEGER, F.L. 1991. Dynamics of vesicular-arbuscular mycorrhizae during old field succession. *Oecologia* 80:349-358.
- KOSKE, R.E. 1987. Distribution of VA mycorrhizal fungi along a latitudinal temperature gradient. *Mycologia* 79:55-68.
- MAIA, L.C. & GIBERTONI, T.B. 2002. Fungos registrados no semi-árido nordestino. *In* Vegetação e Flora da Caatinga. (E.V.S.B. Sampaio, A.M. Giuletta, J. Virgínio & C.F.L. Gamarra-Rojas, eds.). Associação Plantas do Nordeste e Centro Nordeste de Informações sobre Plantas, Recife, p.163-176.
- MAIA, L.C. & TRUFEM, S.F.B. 1990. Fungos micorrízicos vesículo-arbusculares em solos cultivados no Estado de Pernambuco, Brasil. *Revista Brasileira de Botânica* 13:89-95.
- MCGEE, P.A. 1989. Variation in propagule numbers of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi in a semi-arid soil. *Mycological Research* 92:28-33.
- MELO, A.M.Y., MAIA, L.C. & MORGADO, L.B. 1997. Fungos micorrízicos arbusculares em bananeiras cultivadas no vale do submédio São Francisco. *Acta Botanica Brasilica* 11:115-121.
- MILLER, R.M. 1979. Some occurrences of vesicular-arbuscular mycorrhiza in natural and disturbed ecosystems of the Red Desert. *Canadian Journal of Botany* 57:619-623.
- MILLER, R.M. & KLING, M. 2000. The importance of integration and scale in the arbuscular mycorrhizal symbiosis. *Plant and Soil* 226:295-309.
- MORTON, J.B. 1993. Problems and solutions for the integration of glomalean taxonomy, systematic biology, and the study of endomycorrhizal phenomena. *Mycorrhiza* 2:97-109.
- PHILLIPS, J.M. & HAYMAN, D.S. 1970. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Transactions of the British Mycological Society* 55:158-161.
- POWELL, C.L. & BAGYARAJ, J.D. 1984. Fungal Species. *In* VA Mycorrhiza. (C.L. Powell & J.D. Bagyaraj, eds.). CRC Press, Boca Raton, p.43-50.
- RATHORE, V.P. & SINGH, H.P. 1995. Quantification and correlation of vesicular-arbuscular mycorrhizal propagules with soil properties of some mollisols of Northern India. *Mycorrhiza* 5:201-203.
- REEVES, F.B., WAGNER, D., MOORMAN, T. & KIEL, J. 1979. The role of endomycorrhizae in revegetation practices in the semi-arid West. I. A comparison of incidence of mycorrhizae in severely disturbed vs. natural environments. *American Journal of Botany* 66:6-13.
- ROSE, S.L. 1980. Vesicular-arbuscular endomycorrhizal associations of some desert plants of Baja California. *Canadian Journal of Botany* 59:1056-1060.
- SANTOS, B.A., SILVA, G.A., MAIA, L.C. & ALVES, M.V. 2000. Mycorrhizae in Monocotyledonae of Northeast Brazil: subclasses Alismatidae, Arecidae and Zingiberidae. *Mycorrhiza* 10:151-153.
- SAMPAIO, E.V.S.B. 1995. Overview of the Brazilian caatinga. *In* Seasonally dry tropical forests. (S.H. Bullock, A.M. Harold & E. Medina, eds.). Cambridge University Press, Cambridge, p.35-63.
- SCHENCK, N.C. & PÉREZ, Y. 1990. Manual for the identification of VA mycorrhizal fungi. 3rd ed. Synergistic Publ., Gainesville.
- SIEVERDING, E. 1991. Vesicular-arbuscular mycorrhiza management in tropical agrosystems. Deutsche Gesellschaft Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH, Eschborn.
- SILVA, G.A. 2000. Potencial de infectividade de fungos micorrízicos arbusculares oriundos de área de caatinga nativa e degradada por mineração. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Pernambuco, Recife.
- SILVA, G.A., MAIA, L.C., SILVA, F.S.B. & LIMA, P.C.F. 2001a. Potencial de infectividade de fungos micorrízicos arbusculares oriundos de área de caatinga nativa e degradada por mineração, no Estado da Bahia, Brasil. *Revista Brasileira de Botânica* 24:135-143.
- SILVA, G.A., SANTOS, B.A., ALVES, M.V. & MAIA, L.C. 2001b. Arbuscular mycorrhiza in species of Commelinidae (Liliopsida) in the State of Pernambuco (Brazil). *Acta Botanica Brasilica* 15:155-165.
- SIQUEIRA, J.O. 1994. Micorrizas arbusculares. *In* Microrganismos de importância agrícola. (R.S. Araújo & M. Hungria, eds.). Embrapa-SPI, Brasília, p.235-249.
- SKUJINS, J. & ALLEN, M.F. 1986. Use of mycorrhizae for land rehabilitation. *Mircen Journal* 2:161-176.
- SMITH, S.E. & READ, D.J. 1997. The symbiontes forming VA mycorrhizas. *In* Mycorrhizal Symbiosis. (S.E. Smith & D.J. Read, eds.). Academic Press, San Diego, p.33-80.
- STATISTIC FOR WINDOWS. 1995. StatSoft, Tulsa.
- STÜRMER, S.L. & BELLEI, M.M. 1993. Composition and seasonal variation of spore populations of arbuscular mycorrhizal fungi in dune soils on the Island of Santa Catarina, Brazil. *Canadian Journal of Botany* 72:359-363.

- STÜRMER, S.L. 1999. Evolução, classificação e filogenia dos fungos micorrízicos arbusculares. *In* Inter-relação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas. (J.O. Siqueira, F.M.S. Moreira, A.S. Lopes, L.R.G. Guilherme, V. Faquin, A.E. Furtini Neto & J.G. Carvalho, eds.). Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Lavras, p.797-817.
- STUTZ, J.C., COPEMAN, R., MARTIN, C.A. & MORTON, J.B. 2000. Patterns of species composition and distribution of arbuscular mycorrhizal fungi in arid regions of Southwestern North America and Namibia, África. *Canadian Journal of Botany* 78:237-245.
- SYLVIA, D.M. 1992. Quantification of external hyphae of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. *In* *Methods in Mycobiology: Techniques for the Study of Mycorrhiza* (J.R. Norris, D.J. Read & A.K. Varma, eds.). Academic Press, New York, p.53-66.
- TARAFDAR, J.C. & PRAVEEN-KUMAR. 1996. The role of vesicular arbuscular fungi on crop, tree and grasses grown in an arid environment. *Journal of Arid Environment* 34:197-203.
- TOMÉ JÚNIOR, J.B. 1997. Interpretação dos resultados. *In* *Manual para interpretação de análise do solo*. (J.B. Tomé Júnior, ed.). Agropecuária, Guaíba, p.89-107.
- TRUFEM, S.B. 1990. Aspectos ecológicos de fungos micorrízicos vesículo-arbusculares da mata tropical úmida da Ilha do Cardoso, SP, Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 4:31-45.
- TRUFEM, S.B. 1995. Aspectos ecológicos de fungos micorrízicos arbusculares na rizosfera de plantas de restinga da Ilha do Cardoso, SP, Brasil. *Revista Brasileira de Botânica* 18:51-60.
- TRUFEM, S.B., OTOMO, H.S. & MALATINSZKY, S.M.M. 1989. Fungos micorrízicos vesículo-arbusculares em rizosfera de plantas em dunas do Parque Estadual da Ilha do Cardoso, São Paulo, Brasil. (1) Taxonomia. *Acta Botanica Brasilica* 3:141-152.
- WILSON, J., INGLEBY, K., MASON, P.A., IBRAHIM, K. & LAWSON, G.J. 1992. Long-term changes in vesicular-arbuscular mycorrhizal spore populations in *Terminalia* plantations in Côte d'Ivoire. *In* *Mycorrhizas in Ecosystems*. (D.J. Read, D.H. Lewis, A.H. Fitter & I.J. Alexander, eds.). CAB Internacional, Cambridge, p.268-275.
- YANO-MELO, A.M. 2002. Biologia de fungos micorrízicos arbusculares em solos salinizados. Tese de doutorado, Universidade Federal de Pernambuco, Recife.