

UFRRJ
INSTITUTO DE AGRONOMIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
CIÊNCIA DO SOLO

TESE

**Fungos Micorrízicos Arbusculares em Amendoim
Forrageiro (*Arachis pintoi* Krap. e Greg.)**

Elias Melo de Miranda

2008



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE AGRONOMIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
CIÊNCIA DO SOLO**

**FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES EM AMENDOIM
FORRAGEIRO (*ARACHIS PINTOI* KRAP. E GREG.)**

ELIAS MELO DE MIRANDA

Sob a Orientação da Professora
Eliane Maria Ribeiro da Silva

e Co-orientação do Pesquisador
Orivaldo José Saggin Júnior

Tese submetida como requisito parcial
para obtenção do grau de **Doutor em**
Ciências, no Curso de Pós-Graduação
em Agronomia, Área de Concentração
em Ciência do Solo.

Seropédica, RJ.

Fevereiro de 2008

633.368

M672f

T

Miranda, Elias Melo de, 1963-

Fungos micorrízicos arbusculares em amendoim forrageiro (*Arachis pintoi* Krap. E greg.) / Elias Melo de Miranda. - 2008. 95 f. : il.

Orientador: Eliane Maria Ribeiro da Silva.

Tese (Doutorado) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Instituto de Agronomia.

Bibliografia: f. 81-95.

1. Amendoim - Cultivo - Teses. 2. Fungos micorrízicos - Teses. 3. Cultivo consorciado - Teses. I. Silva, Eliane Maria Ribeiro da, 1956-. II. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Instituto de Agronomia. III. Título.

É permitida a cópia parcial ou total desta tese, desde que seja citada a fonte.

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE AGRONOMIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA - CIÊNCIA DO SOLO**

ELIAS MELO DE MIRANDA

Tese submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Doutor em Ciências**, no Curso de Pós-Graduação em Agronomia, área de Concentração em Ciência do Solo.

TESE APROVADA EM 21/02/2008

Eliane Maria Ribeiro da Silva. Dra. EMBRAPA CNPAB
(Orientadora)

Orivaldo José Saggin Júnior. Dr. EMBRAPA CNPAB

Marcos Gervásio Pereira. Dr. UFRRJ

Ana Lucy Caproni. Dra. UNIR

João Paulo Guimarães Soares. Dr. EMBRAPA CNPAB

DEDICATÓRIA

Aos meus filhos

ELUAN

ILEANA

e à pequena CAMILA

Razão maior de todos os meus esforços...

AGRADECIMENTOS

- À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA, que me deu a oportunidade de realizar este treinamento;
- À Embrapa Acre e Embrapa Agrobiologia, pela liberação e o apoio logístico imprescindível para a realização deste trabalho;
- À Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – UFRRJ e ao Curso de Pós-graduação em Agronomia - Ciência do Solo pela oportunidade da formação concedida;
- Aos meus orientadores Eliane Maria Ribeiro da Silva e Orivaldo José Saggin Júnior, pelos ensinamentos, incentivo, apoio e amizade durante o período do curso;
- Aos membros da banca pela contribuição valiosa a este estudo;
- Aos funcionários e estagiários da Embrapa Agrobiologia, que de alguma forma contribuíram com este trabalho, especialmente ao pessoal do setor de casas-de-vegetação e da biblioteca pelo apoio oferecido;
- Um agradecimento especial ao técnico do Laboratório de Micorriza Itamar Garcia Ignácio, pelos ensinamentos, presteza e colaboração incondicional;
- À Marinete, pelo companheirismo e dedicação em todos os momentos;
- A todos os colegas de curso, especialmente aos do alojamento de pós-graduação da Embrapa, pelos inesquecíveis momentos de convivência;

A todos, meus sinceros agradecimentos!

BIOGRAFIA

ELIAS MELO DE MIRANDA, filho de Edgar Ferreira Miranda e Iracema Melo Miranda, nasceu em Boca do Acre, AM, em 19 de janeiro de 1963. Graduiu-se em Engenharia Agrônômica pela Universidade Federal do Acre – UFAC, em janeiro de 1988. Trabalhou como Extensionista Rural na antiga Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado do Acre (EMATER – ACRE) no período de maio de 1988 a dezembro de 1989. Em dezembro de 1989 ingressou na Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) no cargo de pesquisador, lotado no Centro de Pesquisa Agroflorestal do Acre, onde permanece até os dias atuais. No período de outubro de 1991 a outubro de 1993 realizou o curso de mestrado em Silvicultura y Agroforesteria no Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza – CATIE, em Turrialba, Costa Rica. Em março de 2004 iniciou o curso de Doutorado em Agronomia - Ciência do Solo, pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – UFRRJ, concluindo em fevereiro de 2008.

RESUMO GERAL

MIRANDA, Elias Melo de. **Fungos Micorrízicos Arbusculares em Amendoim Forrageiro (*Arachis pintoii* Krap. e Greg.)**. 2008. 95f. Tese (Doutorado em Agronomia, Ciência do Solo). Instituto de Agronomia, Departamento de Solos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2008.

Este trabalho foi realizado na área experimental da Embrapa Agrobiologia em Seropédica - RJ, com o objetivo de avaliar a associação de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) com o amendoim forrageiro (*Arachis pintoii*) em quatro situações de cultivo. O primeiro estudo avaliou a associação do *A. pintoii* com FMAs autóctones, a partir de amostras de solo coletado em Rio Branco, AC, em áreas de monocultivo e de consórcio desta leguminosa com gramíneas e cafeeiro, assim como em áreas de capoeira e mata. As espécies de FMAs foram identificadas, determinada a densidade de esporos e as taxas de colonização radicular e, então, calculados índices de diversidade. Os demais ensaios foram realizados em condições de casa-de-vegetação, avaliando-se a resposta das mudas de amendoim à inoculação com espécies de FMAs. O segundo estudo teve o objetivo de selecionar os FMAs mais eficientes em promover o crescimento de mudas originadas de sementes e do enraizamento de estolões em bandejas de isopor, em substrato de baixa fertilidade natural, sem adubação suplementar. No terceiro, foi investigada a resposta de mudas propagadas por enraizamento de estolões a doses crescentes de fósforo. No quarto estudo, o objetivo foi selecionar espécies de FMAs que melhorassem o desempenho do amendoim forrageiro na condição de consórcio com *Brachiaria decumbens*. As espécies de FMAs estudadas foram: *Glomus etunicatum*, *Glomus clarum*, *Gigaspora margarita*, *Scutellospora heterogama*, *Acaulospora morrowiae* e *Entrophospora colombiana*, sendo avaliada, entre outras variáveis, a produção de matéria seca da parte aérea e de raízes. A análise da comunidade de FMAs autóctones nos agrossistemas com *A. pintoii*, notadamente em seu monocultivo, mostrou que esta leguminosa foi uma boa hospedeira de espécies de FMAs, contribuindo para aumentar a densidade de esporos e a diversidade destes organismos nos agrossistemas. As espécies de FMA de maior eficiência em promover o crescimento e nutrição de mudas de *A. pintoii* originadas de sementes foram *E. colombiana*, *G. margarita*, *G. clarum* e *A. morrowiae*. Porém, nas mudas originadas do enraizamento de estolões, nas bandejas de isopor e sem fertilização suplementar, não foi possível detectar benefício da micorrização. Entretanto, estas mudas responderam à fertilização fosfatada, sendo esta resposta mais acentuada quando foram micorrizadas com FMAs eficientes. No cultivo consorciado, os tratamentos de inoculação foram benéficos para ambas as plantas do sistema e as plantas de *A. pintoii* colonizadas por *G. clarum* foram mais eficientes em competir com a braquiária.

Palavras-chave: Leguminosa forrageira. Mudas micorrizadas. Pastagem consorciada.

GENERAL ABSTRACT

MIRANDA, Elias Melo de. **Arbuscular mycorrhizal fungi in foraging peanut (*Arachis pintoï* Krap. and Greg.)**. 2008. 95p. Thesis (Doctor Science in Agronomy, Soil Science). Instituto de Agronomia, Departamento de Solos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2008.

This study was conducted at Embrapa Agrobiologia experimental area, in Seropédica municipality, Rio de Janeiro State, with the objective of evaluating the association of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) with the foraging peanut (*Arachis pintoï*) in four situations of cultivation. The first study examined the association of peanuts with autochthonous AMF, from soil samples collected in Rio Branco municipality – state of Acre, in areas of this legume as a single crop, and intercropped with pasture and coffee, as well as in secondary and primary forest. The AMF species were identified, determined the spore density and the root colonization rates, and then calculated the indexes of diversity. The other experiments were performed under greenhouse conditions, assessing the peanut seedlings response to inoculation with AMF species. The second study aimed to select the AMF effective in promoting growth of seedlings originating from seeds, and rooting of stolons in polystyrene trays, in substrate of low fertility, without additional fertilizer. In the third, it was investigated the response of seedlings propagated by rooting of stolons in condition of increasing doses of phosphorus. In the fourth study, the goal was to select AMF species that could improve the peanut forage performance cultivated in consortium with *Brachiaria decumbens*. The AMF species used were: *Glomus etunicatum*, *Glomus clarum*, *Gigaspora margarita*, *Scutellospora heterogama*, *Acaulospora morrowiae* and *Entrophospora colombiana*. It was assessed, among other variables, the dry matter production of shoots and roots. The analysis of the autochthonous community of AMF in agrosystems with *A. Pintoï*, notably in the monocrop system, indicated that this legume was a good host of AMF species, being useful to increase the density of spores and diversity of these organisms in the agrosystems. The analysis of the AMF community in the pastures intercropped with *A. pintoï* showed that this legume helped to increase the density of spores and diversity of species of AMF in the agrosystems. AMF species of greatest efficiency in promoting growth and nutrition of seedlings of *A. Pintoï* originated from seeds were *E. colombiana*, *G. margarita*, *G. clarum*, and *A. morrowiae*. However, for the seedlings originated of the rooting of stolons in polystyrene trays and without additional fertilization, it was not possible to detect a benefit of the mycorrhization. Though, these seedlings responded to the phosphate fertilization, and the response was most pronounced when inoculated with efficient AMF. In the intercropped cultivation, the treatments of inoculation were beneficial for both plant components of the system, and the *A. Pintoï* plants colonized by *G. Clarum* were most efficient to compete with the brachiaria grass.

Key words: Leguminous forage. Mycorrhized seedlings. Mixed pastures.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL.....	1
REVISÃO DE LITERATURA.....	3
1 AMENDOIM FORRAGEIRO (<i>Arachis pintoi</i> Krap. e Greg.).....	3
1.1 Centros de Origem e Dispersão.....	3
1.2 Características Morfológicas.....	4
1.3 Cultivares.....	6
1.4 Clima e Solo.....	7
1.5 Principais Usos.....	8
1.5.1 Alimentação animal.....	8
1.5.2 Adubação verde e plantio direto.....	9
1.5.3 Cobertura do solo em sistemas agroflorestais e silvipastoris.....	10
1.5.4 Recuperação de áreas degradadas.....	11
1.6 Vantagens do Uso do Amendoim Forrageiro.....	12
1.6.1 Incorporação de nitrogênio ao sistema.....	12
1.6.2 Forragem de alto valor nutritivo.....	13
1.6.3 Diversificação das pastagens e resistência ao período seco.....	14
1.7 Formas de Propagação.....	14
1.8 Possíveis Restrições ao Uso.....	15
2 FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES.....	15
2.1 Fatores que Afetam a Associação Micorrízica.....	16
2.2 Diversidade de Fungos Micorrízicos Arbusculares em Agrossistemas.....	17
2.3 Associação Micorrízica no Amendoim Forrageiro.....	18
CAPÍTULO I - COMUNIDADES DE FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES ASSOCIADOS AO AMENDOIM FORRAGEIRO EM PASTAGENS CONSORCIADAS NO ESTADO DO ACRE.....	20
RESUMO.....	21
ABSTRACT.....	22
1 INTRODUÇÃO.....	23
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	25
2.1 Localização da Área de Estudo.....	25
2.2 Desenho Amostral.....	26
2.3 Caracterização dos Agrossistemas.....	26
2.4 Estabelecimento de Culturas Armadilhas.....	26
2.5 Densidade de Esporos.....	27
2.6 Identificação das Espécies e Avaliação da Taxa de Colonização Radicular.....	27
2.7 Índices de Diversidade e Análises Estatísticas.....	27
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	29
3.1 Ocorrência de Fungos Micorrízicos Arbusculares.....	29
3.2 Densidade de Esporos e taxa de Colonização Radicular.....	31
3.3 Índices de Diversidade.....	32
3.4 Frequência e Abundância Relativa.....	33
3.5 Agrupamento dos Agrossistemas.....	36
3.6 Espécies Recuperadas na Cultura Armadilha.....	38
4 CONCLUSÕES.....	39

CAPÍTULO II - SELEÇÃO DE FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES PARA A PRODUÇÃO DE MUDAS DE AMENDOIM FORRAGEIRO A PARTIR DE SEMENTES E ESTOLÕES40

RESUMO	41
ABSTRACT	42
1 INTRODUÇÃO	43
2 MATERIAL E MÉTODOS	45
2.1 Material de Solo	45
2.2 Tratamentos e Delineamento Experimental	45
2.2.1 Experimento 1: Seleção de FMAs para produção de mudas em bandejas de isopor	45
2.2.2 Experimento 2: Seleção de FMAs sob diferentes condições de fertilização fosfatada	46
2.3 Material Vegetal e de Cultivo	46
2.4 Avaliações	47
2.5 Análises Estatísticas	48
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	49
3.1 Experimento 1: Seleção de FMAs para produção de mudas em bandejas de isopor	49
3.1.1 Análise da sobrevivência das mudas	49
3.1.2 Densidade de esporos	50
3.1.3 Taxa de colonização das raízes	51
3.1.4 Produção de matéria seca da parte aérea	52
3.1.5 Produção de matéria seca de raízes	53
3.1.6 Teores de macronutrientes nos tecidos da parte aérea	54
3.1.7 Correlações entre as variáveis	55
3.1.8 Considerações gerais	56
3.2 Experimento 2: Seleção de FMAs sob diferentes condições de fertilização fosfatada	58
3.2.1 Produção de matéria seca da parte aérea	58
3.2.2 Produção de matéria seca de raízes	59
4 CONCLUSÕES	61

CAPÍTULO III - SELEÇÃO DE FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES PARA O AMENDOIM FORRAGEIRO CONSORCIADO COM BRAQUIÁRIA62

RESUMO	63
ABSTRACT	64
1 INTRODUÇÃO	65
2 MATERIAL E MÉTODO	67
2.1 Material de Solo	67
2.2 Delineamento Experimental e Tratamentos	67
2.3 Material Vegetal e de Cultivo	67
2.4 Avaliações	68
2.5 Análises Estatísticas	68
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	69
3.1 Produção de Matéria Seca da Parte Aérea no 1º Corte	69
3.2 Produção de Matéria Seca da Parte Aérea no 2º Corte	70
3.3 Produção de Matéria Seca da Parte Aérea no 3º Corte	72
3.4 Produção de Matéria Seca da Parte Aérea no 4º Corte	74
3.5 Participação das Espécies na Matéria Seca Total Produzida no Consórcio e em Monocultivo	76
4 CONCLUSÕES	79
CONCLUSÕES GERAIS	80
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	81

INTRODUÇÃO GERAL

Solos tropicais, de uma maneira geral, são caracterizados por apresentarem elevada acidez, baixa disponibilidade de fósforo e, quando são cultivados com pastagens de gramíneas puras, deficiência de nitrogênio geralmente é o principal problema. A introdução de leguminosas nas pastagens tem sido recomendada para amenizar este problema, pois incorporam N ao sistema e aumentam a matéria orgânica do solo. Todavia, a adoção de determinadas espécies de leguminosas é dificultada por alguns fatores, entre os quais a dificuldade de estabelecimento e de permanência no campo, devido à agressividade das gramíneas.

A ação dos microrganismos, especialmente os fungos micorrízicos arbusculares (FMAs), em solos de baixa a média fertilidade possibilita maior eficiência no transporte e absorção do fósforo, aumentando a disponibilidade deste nutriente às plantas. Desta forma, a inoculação de leguminosas com FMAs selecionados pode contribuir para acelerar o seu estabelecimento no campo, pois aumentam sua capacidade de absorção de nutrientes e água do solo, melhorando o seu estado nutricional e tornando-as mais resistentes ao período seco. Como consequência, as taxas de crescimento são aumentadas e as plantas podem ser mais competitivas no campo.

Entre as leguminosas forrageiras tropicais, o amendoim forrageiro (*Arachis pintoi* Krap. e Greg.) tem se destacado, pois vem apresentando bom desempenho em diversas avaliações, além de possuir características favoráveis a diversos usos. Entretanto, um dos problemas para sua adoção é a dificuldade de sua propagação, pois a maioria dos acessos produz poucas sementes e o processo de produção é muito trabalhoso, encarecendo o preço das sementes no mercado. Como a propagação vegetativa desta leguminosa é relativamente fácil, o enraizamento de estolões diretamente no campo vem sendo usado como a forma mais prática e econômica para o seu estabelecimento. Porém, falhas no plantio por este método ocorrem com frequência, causadas principalmente por adversidades climáticas ou pelo manejo inadequado das plantas doadoras dos estolões.

Informações sobre os FMAs em ecossistemas naturais e em plantas cultivadas na Amazônia ainda são escassas, sendo encontrados poucos trabalhos e a maioria limitada a levantamentos preliminares. Estudos sobre os FMAs autóctones associados ao amendoim forrageiro não foram encontrados na revisão de literatura científica realizada.

Diante disto, e da crescente importância do amendoim forrageiro, especialmente para aumentar a sustentabilidade da atividade pecuária, já existente, na região Amazônica, foi definido o escopo deste trabalho, buscando aumentar o conhecimento sobre esta leguminosa, no que se refere à sua relação com os FMAs autóctones em áreas de cultivo, bem como sobre sua resposta à inoculação de espécies de FMAs em condições de casa-de-vegetação.

Para isto, no Capítulo I é apresentado um estudo sobre a diversidade e dinâmica das comunidades de FMAs autóctones associadas ao amendoim forrageiro em pastagens consorciadas no Estado do Acre, em amostras de solo coletadas na rizosfera desta leguminosa, nas estações seca e chuvosa. Este estudo, além da identificação das espécies, tentou definir a contribuição do amendoim forrageiro à diversidade de FMAs desde o monocultivo até consorciações de maior complexidade com gramíneas e outras leguminosas. No Capítulo II são apresentados os resultados de dois experimentos de produção de mudas de amendoim forrageiro a partir do enraizamento de estolões e de sementes, em bandejas de isopor e em

vasos de 1,8 kg, com o objetivo de selecionar os FMAs mais eficientes em promover o crescimento das mudas em condições de baixa e ótima fertilidade, além de avaliar a resposta a doses crescentes de fósforo no solo. No Capítulo III é apresentado um estudo de seleção de FMAs para o amendoim forrageiro na condição de plantio consorciado com braquiária, avaliando entre cinco espécies de FMAs inoculadas, a mais eficiente em aumentar a produção de matéria seca do amendoim e a tolerância à competição com braquiária, na presença e ausência de espécies de FMAs autóctones.

REVISÃO DE LITERATURA

1 AMENDOIM FORRAGEIRO (*Arachis pintoi* Krap. e Greg.)

1.1 Centros de Origem e Dispersão

As leguminosas do gênero *Arachis* pertencem à família Fabaceae (antiga Leguminosae), subfamília Papilionoideae, tribo Aeschynomeneae e subtribo Stylosanthinae. Ocorrem naturalmente na América do Sul, estendendo-se ao leste dos Andes, sul da Amazônia, norte da Planície Platina e noroeste da Argentina (Krapovickas e Gregory, 1994). Existem aproximadamente 80 espécies neste gênero, 64 destas ocorrem no Brasil, sendo 48 restritas ao território brasileiro, estando as demais espécies distribuídas na Bolívia, Paraguai, Argentina e Uruguai (Valls e Simpson, 1994).

A serra do Amambáí, no limite entre Mato Grosso do Sul e Paraguai (Figura 1), é considerada o local de origem do gênero *Arachis*, por ali ocorrer espontaneamente *A. guaranitica*, possivelmente a espécie mais antiga do gênero (Gregory et al., 1980; Fergusson et al., 2005). A distribuição geográfica desta secção compreende as bacias dos rios Jequitinhonha, São Francisco e Paraná, região que cobre parte dos estados de Goiás, Bahia e Minas Gerais, chegando até o litoral atlântico, onde foi coletado o acesso original de *A. pintoi*, GKP 12787 (Valls e Pizarro, 1994). Há indícios de que a maior variabilidade genética de acessos desta secção concentra-se na bacia do rio São Francisco, tanto com base em descritores morfológicos (Monçato, 1995), como moleculares (Gimenes et al., 2000).

O gênero é composto por nove secções, Erectoides, Triectoides, Extranervosae, Triseminatae, Heteranthae, Caulorrhizae, Procumbentes, Rhizomatosae e *Arachis* (Krapovickas e Gregory, 1994). Na Secção Caulorrhizae encontram-se duas espécies, *A. pintoi* e *A. repens*. É uma secção composta por plantas perenes, com raízes axonomorfias sem engrossamentos, ramos estendidos, procumbentes, ocos e radicantes nos nós, formando estolões (Krapovickas e Gregory, 1994).

O nome *A. pintoi* é atribuído a Krapovickas e Gregory (Gregory et al., 1973) e o primeiro acesso desta espécie foi obtido na coleta realizada por Geraldo Pinto, em 1954, junto à foz do Rio Jequitinhonha, em Belmonte, no Estado da Bahia. O material coletado foi levado ao então Instituto de Pesquisas e Experimentação Agronômica do Leste – IPEAL, em Cruz das Almas - BA, onde foi mantido em observação em canteiro experimental por muitos anos (Valls, 1992; Barcellos et al., 2000).

Segundo a maioria das publicações sobre esta espécie, o gênero *Arachis* é composto por plantas autógamas, com fluxo gênico limitado a pequenas populações. Com base nas suas características morfológicas, as espécies de *Arachis* não podem dispersar suas sementes em um raio acima de um ou dois metros ao ano, a partir do local de germinação. Estando este gênero em uma área com raio de aproximadamente 4000 km de extensão, considera-se que outros mecanismos estão envolvidos na sua disseminação. A dispersão fluvial é bastante significativa, pois muitas espécies mostram-se associadas às bacias de grandes rios. A dispersão zoófila e a ação do homem, fixando as espécies nos novos locais de colonização, também não podem ser descartadas (Krapovickas e Gregory, 1994).

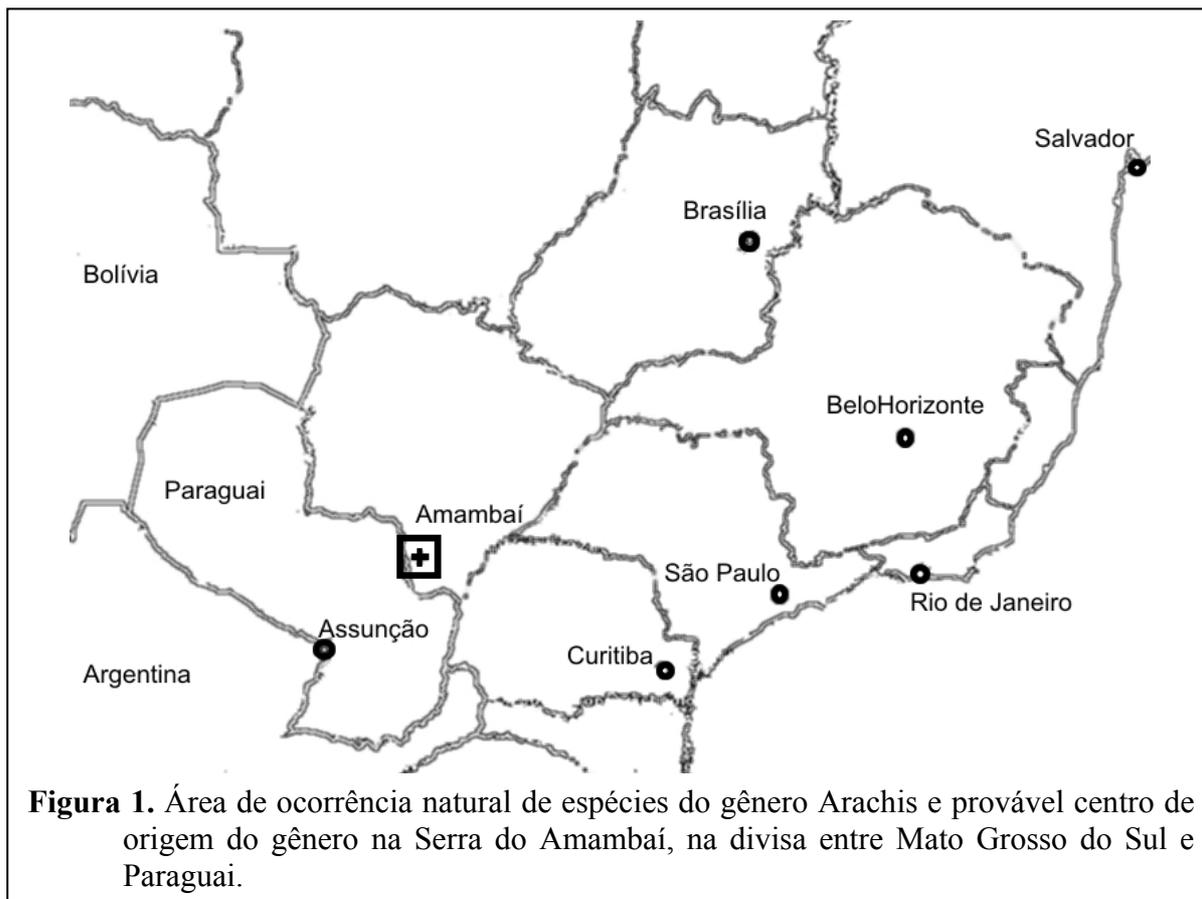


Figura 1. Área de ocorrência natural de espécies do gênero *Arachis* e provável centro de origem do gênero na Serra do Amambá, na divisa entre Mato Grosso do Sul e Paraguai.

1.2 Características Morfológicas

O amendoim forrageiro é uma leguminosa herbácea perene, de porte baixo (altura entre 20 e 60 cm), hábito estolonífero prostrado (crescimento rasteiro) e lança estolões horizontalmente em todas as direções em quantidade significativa, que se fixam ao solo por meio de raízes abundantes que ocorrem nos nós (Figura 2). Aos 18 meses após o plantio, a massa de raízes até 30 cm de profundidade é superior a 10 t/ha. Estudos preliminares desenvolvidos em Brasília mostraram que o amendoim forrageiro apresentou produção total de 17 t de matéria seca de raízes/ha, com 60% nos primeiros 30 cm, porém, com raízes até 1,95 m de profundidade do solo (Valentim et al., 2001).

Uma das razões para a persistência desta leguminosa nas pastagens é que os pontos de crescimento nos estolões ficam bem protegidos do pastejo realizado pelos animais e em pastagens consorciadas, a planta eleva suas folhas em longos pecíolos, permitindo a competição com as gramíneas, principalmente as dos gêneros *Brachiaria* e *Cynodon* (Argel e Pizarro, 1992; Barcellos et al., 2000).

As hastes do *A. pintoi* são ramificadas, cilíndricas, ligeiramente achatadas, com entrenós curtos e estolões que podem chegar a 1,5 m de comprimento. Em condições de sombreamento, as plantas apresentam crescimento mais vertical, com maior alongamento do caule, maior tamanho e menor densidade de folhas (Argel e Pizarro, 1992; Barcellos et al., 2000). As folhas são alternadas, com dois pares de folíolos ovalados, glabros, mas com pêlos sedosos nas margens. As características morfológicas tamanho e forma dos folíolos, e presença ou ausência de cerdas nos pecíolos e nas costas do folíolo são as que mais diferenciam as espécies da secção *Caulorrhizae* (Krapovickas e Gregory, 1994).

As flores se originam de inflorescências axilares em forma de espigas, apresentam cálice bilabiado pubescente, com lábio inferior simples e um lábio superior amplo, com quatro dentes pequenos no ápice, resultante da fusão de quatro sépalas. A corola é formada por um estandarte de cor amarela, com asas também amarelas e finas. A quilha é pontiaguda, curvada e aberta ventralmente na base, muito delgada e de cor amarela-clara (Cook et al., 1990; Argel e Pizarro, 1992).



Figura 2. Muda de *Arachis pintoi* produzida por enraizamento de estolão.

O *A. pintoi* apresenta floração indeterminada (sem resposta ao fotoperíodo), permitindo que as plantas floresçam várias vezes durante o ano. A floração começa três a quatro semanas após a emergência das plantas, mas inicialmente poucos *pegs* (ginóforos ou esporões) férteis se desenvolvem. Floração mais intensa ocorre durante o período chuvoso, em resposta ao corte ou à elevação da umidade do solo após o período seco (Cook et al., 1990; Argel e Pizarro, 1992; Argel e Villarreal, 1998).

Após a fecundação, as flores murcham e inicia-se a formação do carpóforo que se desenvolve a partir da base do ovário. O carpóforo, com o ovário na ponta, cresce até o solo, em resposta a estímulos geotrópicos, e termina por enterrar o fruto a profundidades variáveis, dependendo da textura do solo, sendo a maior proporção de sementes seja encontrada nos primeiros 10 cm de profundidade (Argel e Villarreal, 1998). O fruto do amendoim forrageiro é uma cápsula indeiscente contendo, normalmente, uma vagem com uma semente. As vagens têm um pericarpo fino e duro e as sementes variam em tamanho e peso (Cook et al., 1990; Argel e Pizarro, 1992).

Um amplo estudo sobre caracterização do germoplasma de *A. pintoi* foi realizado por Carvalho (2004), com acessos presentes no banco de germoplasma da Universidade da Flórida, sendo confirmadas várias características favoráveis ao uso dessa leguminosa. O material de germoplasma apresentou grande variabilidade quanto à adaptação, rendimento de matéria seca, valor nutritivo, produção de semente e reação a nematóides. Os teores de proteína crua e a digestibilidade *in vitro* foram elevados e corroboraram que *A. pintoi* tem valor nutritivo superior às gramíneas e à maioria das espécies leguminosas usadas como forrageiras.

1.3 Cultivares

Com o material de germoplasma original de *A. pintoii*, coletado pela primeira vez em 1954 e identificado como CIAT 17434 ou BRA-013251, foram desenvolvidos vários estudos agronômicos pelo Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) que demonstraram seu grande potencial forrageiro. Isto justificou, em 1987, a distribuição desse material a produtores da Austrália, denominando-o de cultivar Amarillo. Este mesmo acesso foi liberado comercialmente na Colômbia, em 1992, com o nome de cv. Maní Forrajero Perene; em Honduras e México, em 1994, como cv. Pico Bonito; na Costa Rica, em 1994, como cv. Maní Mejorador e vem sendo comercializado informalmente no Brasil com o nome de cv. MG 100 (Matsuda Genética 100) (Cook et al., 1990; Valls, 1992; Barcellos et al., 2000).

Os outros dois cultivares lançados na América Central são a cv. Maní Forrajero, liberada no Panamá em 1997 e a cultivar Porvenir (CIAT 18744), lançada na Costa Rica em 1998 (Argel e Villarreal, 1998). No Brasil, foram lançados mais dois cultivares, sendo cv. Alqueire-1, em 1998, e cv. Belmonte (BRA 0311828), em 1999. Os cultivares comerciais de *A. pintoii* lançadas no trópico americano e no mundo são apresentadas de forma sintética na Tabela 1.

Tabela 1. Lista dos cultivares comerciais de *A. pintoii* liberadas para a comercialização e amplamente distribuídas nas regiões tropicais.

Cultivar	País e ano da liberação	Material de origem (acesso)
Amarillo	Austrália, 1987	BRA 013251
Maní Forrajero	Colômbia, 1992	BRA 013251
Pico Bonito	Honduras, 1993	BRA 013251
Maní Mejorador	Costa Rica, 1994	BRA 013251
MG 100	Brasil, 1994	BRA 013251
Maní Forrajero	Panamá, 1997	BRA 013251
Golden Glory	Hawaii, 1997	Não Identificado
Alqueire	Brasil, 1998	BRA 037036
Porvenir	Costa Rica, 1998	BRA 012122
Belmonte	Brasil, 1999	BRA 031828
Itacambira	Sudeste Asiático, 2002	BRA 031143

Fonte: Perez e Pizarro (2005), Adaptado.

O acesso BRA-031828 tem, provavelmente, a mesma origem da cultivar Amarillo e foi introduzido na sede da Superintendência da Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira (Ceplac), Centro de Pesquisa do Cacau (Cepec), em Ilhéus, Bahia, no início da década de 80, para fins de jardinagem. A partir de 1992, o Cepec incluiu nos seus estudos de avaliação de forrageiras alguns acessos do gênero *Arachis*, inclusive a cultivar Amarillo. O acesso BRA-031828 se destacou, sendo lançado com o nome de cultivar Belmonte (Pereira et al., s.d.).

Duas cultivares de *Arachis glabrata* foram liberadas comercialmente nos Estados Unidos, a “Florigraze” e a “Arbrook” (French et al., 1994), e uma na Austrália, a cultivar “Prine”. Porém, devido à propagação dessa espécie ser exclusivamente por rizomas, o que dificulta a mecanização de seu cultivo e sua conseqüente expansão em grandes áreas, considera-se que a maior promessa para uso forrageiro encontra-se entre as espécies da secção Caulorrhizae, sendo essas exclusivas da flora brasileira (Valls e Simpson, 1994).

A possibilidade de ampliação da variabilidade genética através de cruzamentos inter e intra-específicos também tem sido demonstrada com bastante sucesso (Valls et al., 1994; Oliveira e Valls, 2002 e 2003). Entretanto, nos últimos 13 anos foram lançados mais de 10 cultivares da secção Caulorrhizae em diversos países (Paganella e Valls, 2002), todas pela exploração direta de ecotipos que ocorrem na natureza. A realização de cruzamentos artificiais, originando novas combinações híbridas envolvendo acessos divergentes dessa secção, é de grande interesse para o melhoramento genético do amendoim forrageiro, não só

pela potencialidade de explorar o vigor híbrido na geração F1, através de propagação por estolões, como também por promover a formação de populações com grande variabilidade, resultante dos eventos de recombinação genética.

1.4 Clima e Solo

O amendoim forrageiro apresenta uma ampla faixa de adaptação (Valls et al., 1994), desde o nível do mar até cerca de 1.800 m de altitude. Desenvolve-se bem em áreas com precipitação pluviométrica superior a 1.200 mm, apresentando excelente desempenho em áreas com precipitação entre 2.000 e 3.500 mm bem distribuídos durante o ano (Argel e Pizarro, 1992). A cultivar Belmonte apresentou excelente adaptação nas condições pluviométricas do sul da Bahia (média de 1.350 mm/ano) e do Acre (média de 1.950 mm/ano) (Carneiro et al., 2000; Valentim et al., 2001; Pereira et al., s.d.).

Embora se desenvolva melhor em climas com boa distribuição de chuvas, esta espécie pode sobreviver a períodos de seca superiores a quatro meses e a geadas em regiões subtropicais. Segundo Pizarro e Rincón (1994), *A. pintoi* apresenta características como fechamento e aumento da espessura das folhas, longos períodos de frutificação e sistemas radiculares profundos que contribuem para aumentar a sua resistência a períodos de seca. Entretanto, o estresse decorrente da seca causa perda de folhas e reduz a relação folha/talo. A seca prolongada ocasiona a morte das folhas e de parte dos estolões, mas as plantas geralmente se recuperam com rapidez com o início do período chuvoso (Dwyer et al., 1989; Argel e Pizarro, 1992; Pizarro e Rincón, 1994).

O *A. pintoi* também é utilizado como cobertura de solo nos cultivos perenes, pois se desenvolve bem em condições de sombreamento e em alguns casos tem uma melhor performance sob luz moderada do que a pleno sol. Experimentos mostraram que esta leguminosa, quando em monocultivo, atingia índice de área foliar (IAF) acima de três, antes de duas semanas de crescimento, mas quando consorciada com *Digitaria decumbens*, teve o IAF bastante reduzido em função da menor densidade de pontos de crescimento (Fisher e Cruz, 1994). No entanto, estes autores verificaram que no *A. pintoi*, a Eficiência na Interceptação da Radiação Fotossinteticamente Ativa (EIRFA), foi pouco influenciada pela consorciação, confirmando sua adaptação à sombra e mostrando que os efeitos da competição com a gramínea são mais de natureza morfológica e menos trófica, havendo redução no IAF, mas sem alterar significativamente a EIRFA. Outros autores também consideraram *A. pintoi* como tolerante ao sombreamento (Humphreys, 1980; Cook, 1992; Mendra et al., 1995; Reynolds 1995), e sua persistência sob condições sombreadas com desfolhação, também foi relatada, sendo considerada uma boa característica, mas isto, freqüentemente, leva a uma menor produção (Kaligis e Sumolang, 1990; Ng, 1990; Rika et al., 1990; Stur, 1990; Kaligis et al., 1994).

O amendoim forrageiro se desenvolve bem em áreas sujeitas ao encharcamento temporário (Jornada et al., 2001). Ciotti et al. (2006), estudando o efeito do encharcamento temporário sobre o rendimento do amendoim forrageiro na Argentina, constataram que o estresse provocado pelo excesso de umidade não afetou o desenvolvimento da planta nem o rendimento de matéria seca de *A. pintoi* CIAT 17434 e 18748.

Além disso, *A. pintoi* adapta-se a diversos tipos de solos, com texturas variando de argilosa a arenosa, cresce bem em solos ácidos, de baixa a média fertilidade, tem exigência moderada a fósforo, sendo, no entanto, eficiente na sua absorção, mesmo quando o solo apresenta níveis baixos deste nutriente. Existem informações de elevada quantidade de fungos micorrízicos associados ao seu sistema radicular formando micorrizas bastante funcionais com presença abundante de arbúsculos (Argel e Pizarro, 1992; Gravina, 1998; Alfarovillatoro, 2004; Miranda et al., 2006).

1.5 Principais Usos

1.5.1 Alimentação animal

O principal uso de *A. pintoi* é como espécie forrageira, fornecendo alimento abundante e de excelente qualidade aos animais, seja em plantios puros ou consorciados com as principais gramíneas tropicais. Caracteriza-se por apresentar uma alta produção de matéria seca, oscilando entre 7 e 14 t/ha/ano, com valor nutritivo superior ao de outras leguminosas tropicais atualmente comercializadas (Pizarro e Rincón, 1994). A digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) atinge valores entre 60 e 67%, o teor de proteína bruta varia de 13 a 20 % (Lascano, 1995). Resultados semelhantes foram obtidos por Pizarro et al. (1993), os quais reportaram que a DIVMS média nas folhas e talos de *A. pintoi* com 168 dias de idade foi de 61 e 63%, respectivamente.

Perez e Pizarro (2005) informam que o ganho de peso anual obtido em bovinos castrados, em pastagens consorciadas com *A. pintoi*, varia entre 130 a 200 kg/animal e de 250 a 630 kg/ha por ano, dependendo tipo de gramínea associada e do período do ano (seco ou chuvoso). Desta forma, essas pastagens são uma opção para explorações de engorda, para a produção de leite ou de duplo propósito. O efeito na produção de leite foi estimado na Costa Rica em uma pastagem associada de *A. pintoi* com *Cynodon nlemfuensis*, sendo obtido um incremento de 17% na produtividade láctea (van Heurck citado por Perez e Pizarro, 2005).

Avellaneda-Cevallos et al. (2006), avaliaram o efeito de um concentrado protéico comercial em mistura com bagaço de cana-de-açúcar e da substituição de 25, 50 e 75% do concentrado por *A. pintoi*, sobre o ganho de peso de novilhas Sahiwal x Holstein. A inclusão do *A. pintoi* na dieta alimentar não afetou o ganho de peso das novilhas, o qual foi similar aos valores obtidos quando foi usado 100% do concentrado comercial na mistura. Os autores deste trabalho realizaram uma análise econômica do experimento e concluíram que o uso de *A. pintoi* na ração dos animais, alcançou o melhor benefício financeiro e a maior rentabilidade econômica.

Villarreal et al. (2005), baseados no teor relativamente alto de matéria seca, no rendimento tanto durante a época chuvosa como na seca, na elevada concentração de proteína bruta e na degradabilidade da proteína, consideram que o *A. pintoi* tem um significativo potencial para uso como forrageira no trópico úmido, principalmente nas áreas de baixa altitude. Quanto à presença de fatores antinutricionais, *A. pintoi* apresenta valores muito baixos de taninos condensados (Lascano, 1995), podendo ser este o fator que contribui para a ausência de timpanismo neste gênero.

Em experimentos de engorda de leitões (25-100 kg), foi verificada uma diminuição do consumo voluntário de ração da ordem de 38%, quando os animais tinham acesso a uma pastagem de *A. pintoi* (Both, 2003). Estes resultados abrem uma nova opção de uso desta leguminosa com monogástricos, permitindo assim reduzir os custos e melhorar o bem-estar dos animais (Perez e Pizarro, 2005). Estes mesmos autores ressaltam que resultados experimentais nos Estados Unidos destacam o uso potencial de *Arachis glabrata* cv. Florigraze como substituto da ração tradicional para cavalos, porcas gestantes, cabras de aptidão para carne, leite ou mista e mesmo para aves.

Existem poucos relatos na literatura sobre o uso de *A. pintoi* na alimentação de animais não-ruminantes. Nieves et al. (2004), ofereceram quatro dietas a coelhos Califórnia x Nova Zelândia, contendo 30 e 40% de folhagem de leucena e amendoim forrageiro. Após 11 dias de observação verificaram que a média de consumo diário da alimentação era mais elevada na dieta com a leucena (73,6 g de matéria seca/dia) em comparação ao amendoim (60,7 g/dia) e concluíram que as dietas que contêm 30 ou 40% da folha do leucena eram mais palatáveis do que as dietas que continham os mesmos níveis do amendoim forrageiro. Entretanto, como o consumo de *A. pintoi* correspondeu a 82,5% do consumo da leucena, seu

uso na alimentação desses animais pode ser vantajoso. Isto foi confirmado em outro estudo de Nieves et al. (1997), quando concluíram que o *A. pintoi* constitui um ingrediente dietético aceitável para coelhos de engorda. Eles verificaram que a dieta com inclusão de 30 % de *A. pintoi* produziu ganho de peso similar à ração comercial; com a vantagem de reduzir os custos de produção.

1.5.2 Adubação verde e plantio direto

O amendoim forrageiro também pode ser utilizado na rotação de culturas, que consiste em plantar esta leguminosa por um ano ou mais, em uma área destinada ao plantio do milho, por exemplo, ou uma outra cultura, retornando à cultura original em seguida. Isso faz com que a fertilidade do solo melhore e reduza o aparecimento de pragas e ervas daninhas nos cultivos posteriores. Pode ser necessária a eliminação das sementes do amendoim forrageiro, que ficam enterradas no solo, para evitar a competição com a cultura sucessora. Isto pode ser realizado por meio da aplicação de herbicidas ou por meio de duas gradagens com intervalos de 20 a 30 dias durante o período seco, permitindo a eliminação da rebrota (Valentim et al., 2001).

A viabilidade agrônômica do plantio direto de alface cv. Vera sobre coberturas vivas perenes, em sistema de manejo orgânico, foi avaliada por Oliveira et al. (2006a) em Seropédica, RJ. Os resultados mostraram que o plantio sobre cobertura de grama batatais e amendoim forrageiro promoveu um crescimento semelhante ao obtido quando esta hortaliça foi plantada em sistema de preparo convencional do solo. Estes autores avaliaram também o plantio de feijão vagem, nas mesmas condições da alface com resultados similares, concluindo que esta prática é viável, pois mostra resultados preliminares positivos (Oliveira et al., 2006b).

Seguy et al. (1999), avaliando o impacto de doenças fúngicas sobre o arroz de sequeiro cv. Best 3, cultivado no sistema de plantio direto sobre cobertura viva de *Arachis pintoi*, constataram uma melhora bastante significativa da resistência do arroz a essas doenças, resultando num aumento de produtividade de 40% em relação ao plantio convencional (aração profunda) e uma melhor qualidade de grãos, totalmente sadios, sem manchas. Os mesmos autores obtiveram resultados semelhantes com a cultura do algodão nas mesmas condições de plantio.

Espíndola et al. (2006a), avaliando a decomposição e a liberação de nutrientes pela parte aérea de leguminosas herbáceas perenes, recomendam o uso do amendoim forrageiro para situações onde haja necessidade de uma liberação mais rápida de N, devido a sua maior velocidade de decomposição, enquanto cudzu tropical e siratro mostraram-se mais adequados em cultivos onde se espera uma liberação mais lenta desse nutriente.

Na Tabela 2 são mostrados dados de produção de matéria seca e de acumulação de nutrientes na parte aérea das leguminosas avaliadas, observando-se de forma geral, que as leguminosas avaliadas apresentaram maior acumulação de N, Ca e Mg, enquanto a vegetação espontânea (dominada por capim colônia) mostrou maior quantidade acumulada de K.

Tabela 2. Produção de fitomassa e acumulação de nutrientes na parte aérea de leguminosas herbáceas perenes e vegetação espontânea por ocasião dos cortes realizados durante as estações seca e chuvosa.

Espécie	Matéria seca (Mg.ha ⁻¹)	N	P	K	Ca	Mg
		-----kg.ha ⁻¹ -----				
Estação seca						
Amendoim forrageiro	3,4 b	96,9 b	6,8 ab	29,9 b	44,8 a	21,2 a
Cudzu tropical	5,0 a	125,8 a	10,3 a	47,1 b	38,3ab	14,8 b
Siratro	3,1 b	65,2 c	5,7 b	35,9 b	31,0 b	12,7 b
Vegetação espontânea	3,4 b	36,2 d	9,8 a	71,7 a	13,0 c	8,4 c
Estação Chuvosa						
Amendoim forrageiro	4,2 b	99,3 ab	7,1 b	30,8 b	76,0 a	32,1 a
Cudzu tropical	5,4ab	126,1 a	9,8 b	44,3 b	63,4 a	24,9 a
Siratro	3,7 b	90,3 b	6,1 b	40,3 b	54,4ab	21,7 a
Vegetação espontânea	7,7 a	47,2 c	17,2 a	93,4 a	37,0 b	26,6 a

Fonte: Espíndola et al. (2006a). Valores seguidos de letras iguais na coluna, para cada estação, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 %.

O impacto da cobertura do solo com leguminosas sobre o compartimento microbiano foi avaliado por Duda et al. (2003), em Seropédica, RJ. Os resultados mostraram que o *A. pintoii* promoveu elevação nos teores de carbono microbiano e carbono disponível, comparativamente às demais espécies estudadas, puerária (*Pueraria phaseoloides*) e siratro (*Macroptilium atropurpurem*). A manutenção dos resíduos das leguminosas após cada corte promoveu aumentos nos teores de C e N microbianos, C orgânico e N total e frações de C orgânico do solo enfatizando a importância de utilização desta prática para melhorar a fertilidade do solo.

1.5.3 Cobertura do solo em sistemas agroflorestais e silvipastoris

Segundo Prine et al. (1981, 1986) e Cruz et al. (1994), o amendoim forrageiro, com ciclo de vida perene e hábito de crescimento estolonífero ou rizomatoso, tem mostrado grande potencial como cobertura de solo em vários sistemas agrícolas. Por causa da sua tolerância ao sombreamento, esta leguminosa tem potencial para uso em sistemas agroflorestais e silvipastoris (Argel, 1994; Zelada e Ibrahim, 1997; Andrade e Valentim, 1999).

Como cobertura do solo em café, um estudo na Nicarágua mostrou *A. pintoii* como bom controlador de espécies indesejáveis e como protetor do solo contra erosão (Staver, 1996). Na Guatemala, estudando diversos sistemas agroflorestais com cafeeiros, Alfaro-villatoro (2004) verificou que a utilização da cobertura viva de amendoim forrageiro em um dos sistemas e o manejo orgânico de outro sistema, promoviam as propriedades que determinam a qualidade do solo, entre elas o número de minhocas/m². Ambos os sistemas (com amendoim e o orgânico) apresentavam indicadores de elevada atividade microbiana, decomposição e estabilização da matéria orgânica e fertilidade do solo, resultando em sistemas que apresentavam elevada qualidade do solo, produtividade dos cafeeiros e sustentabilidade da agrofloresta.

Em cultivo com banana na Costa Rica, *A. pintoii* apresentou características favoráveis para utilização como cobertura do solo, não afetando a produção, o crescimento e o desenvolvimento das bananeiras (Pérez, 1997). Ainda na Costa Rica, Oelbermann et al. (2005), relatam a importância do *A. pintoii* como cobertura de solo em sistemas eficientes em promover o sequestro de carbono da atmosfera.

No Brasil, Espíndola et al. (2006b), avaliando a produção de bananeiras consorciadas com leguminosas herbáceas perenes, em Seropédica, RJ, concluíram que o uso das leguminosas avaliadas, entre as quais o *A. pintoii*, resultou em aumento da porcentagem de cachos colhidos e redução do tempo de colheita, além de proporcionar maior produtividade, quando comparado ao uso de vegetação espontânea como cobertura do solo.

Entretanto, Johns (1994) observou que em condições edafoclimáticas desfavoráveis pode haver reduções no peso dos cachos e no número de frutos por cacho em bananeiras consorciadas com amendoim forrageiro e outras leguminosas herbáceas perenes. Esse autor aponta a competição por água entre a leguminosa e a frutífera como uma das possíveis causas para estes resultados. Perin (2001) demonstrou que menores teores de umidade são encontrados em solo coberto com amendoim forrageiro quando comparado à cobertura de cudzu tropical e siratro.

A maioria dos estudos mostra que o *A. pintoii* é uma espécie bem adaptada para o uso como cobertura verde em plantações nos trópicos úmidos, mostrando o crescimento excelente e ocupando os espaços de maneira uniforme. O hábito de crescimento rasteiro da planta é uma vantagem adicional, pois quando usado conjuntamente com as árvores não tem a inconveniência de outras leguminosas herbáceas de sufocar ou mesmo suprimir as árvores novas (Congdon e Addison, 2003).

Entretanto, Neves et al. (2005), em uma avaliação preliminar do uso do *A. pintoii* como cobertura do solo em plantações de Pupunha (*Bactris gasipaes*) para produção de palmito no litoral paranaense, observou que após o seu estabelecimento, *A. pintoii* apresentou crescimento rápido, podendo contribuir para a menor revitalização dos perfilho e surgimentos de outros, devido à competição entre as plantas. Estes autores recomendam maiores estudos, uma vez que utilizaram sementes comerciais de material genético não identificado, devendo ser pesquisados outros materiais que se adaptem melhor ao cultivo da pupunheira. Resultados similares foram relatados por Dominguez e Cruz (1990) na Costa Rica.

O amendoim forrageiro pode ser cultivado como cobertura do solo em áreas a pleno sol ou levemente sombreadas, que não estejam sujeitas ao trânsito freqüente de pessoas, animais ou veículos. As flores amarelas desta leguminosa proporcionam um contraste forte com as folhas verdes e, em monocultivo, tem um grande efeito ornamental.

1.5.4 Recuperação de áreas degradadas

O amendoim forrageiro, devido a sua ótima cobertura de solo, com densa camada de estolões e capacidade de crescer sob sombreamento, além de prover a fixação biológica de nitrogênio, também pode ser utilizado para controlar a erosão e auxiliar na recuperação de áreas degradadas.

A decomposição de *A. pintoii* consorciado com a gramínea *Cynodon nlemfuensis*, foi avaliada por Oliveira et al. (2002), em solo de Cerrado na estação seca e chuvosa em Sete Lagoas, MG. Foram determinadas as taxas de decomposição e colonização por microrganismos usando a técnica do “litter bags”. Os resultados mostraram que a presença da leguminosa aumentou a população microbiana e beneficiou as taxas de decomposição e de liberação de nutrientes da gramínea, e que houve um aumento do teor de fósforo no solo das parcelas, provavelmente porque a liteira de *A. pintoii* foi o substrato mais favorável para a colonização de microrganismos solubilizadores de fosfato. Resultados similares foram obtidos por Oliveira et al. (2003) avaliando a dinâmica de decomposição de *Arachis pintoii*, *Hyparrhenia rufa* (capim Jaraguá) e da mistura destas duas espécies em bolsas de decomposição. A leguminosa influencia diretamente na decomposição, pois favorece a redução da relação lignina/N e C/N no resto de cultura da gramínea. Quando o *Arachis* foi incubado em parcelas de monocultivo da gramínea, 50% do total de N e P foi liberado em 135 dias na estação seca e em 20 dias na estação chuvosa. Estes resultados indicam que *A. pintoii* tem um grande potencial para incrementar a ciclagem de nutrientes e pode ser uma estratégia na recuperação de áreas degradadas, onde a ciclagem precisa ser rapidamente restabelecida.

Segundo Perin et al. (2000a), devido à morfologia e ao elevado volume de solo ocupado pelo seu sistema radicular, o amendoim forrageiro apresenta maior competitividade em absorver água e, possivelmente, nutrientes do solo. Então, quando a preocupação está

voltada para a recuperação de solos com propriedades físicas degradadas, notadamente com camada subsuperficial compactada e desagregada, o uso do amendoim forrageiro pode ser mais eficiente que as demais leguminosas no rompimento destas camadas. Há evidências de que solos sob cobertura de amendoim forrageiro apresentam maior proporção de agregados grandes, quando comparado com solos cobertos com siratro e pueraria (Perin et al., 2000b). Isto pode ser atribuído à maior quantidade de raízes produzidas pelo *A. pintoii* e à colonização por fungos micorrízicos.

Canellas et al. (2004a) estudaram a qualidade da matéria orgânica de um solo cultivado com leguminosas herbáceas perenes, manejadas com cortes periódicos e a remoção ou não da fitomassa da superfície do solo. Após a realização do fracionamento da matéria orgânica e da avaliação das características estruturais dos ácidos húmicos, os autores concluíram que o *A. pintoii* e as outras leguminosas avaliadas não alteraram o conteúdo de carbono orgânico total, mas promoveram acúmulo de ácidos húmicos na camada superficial do solo. Além disso, o manejo dos resíduos vegetais não alterou aspectos quantitativos da distribuição de matéria orgânica humificada na camada de solo avaliada (0 a 10 cm), mas conferiu maior grau de condensação aos ácidos húmicos avaliados pela análise da composição elementar, espectroscopia de infravermelho e de fluorescência.

Portanto, a capacidade do amendoim forrageiro de promover a fixação de N, acumular fósforo orgânico mais facilmente decomponível nas camadas superficiais, acelerar as taxas de decomposição e liberação de nutrientes da matéria orgânica de gramíneas e promover a agregação do solo, pode ser utilizada como complemento para a recuperação de áreas degradadas, particularmente aquelas áreas não extremamente degradadas, como pastagens deterioradas ou solos depauperados por monoculturas.

1.6 Vantagens do Uso do Amendoim Forrageiro

1.6.1 Incorporação de nitrogênio ao sistema

Uma das principais vantagens da inclusão de leguminosas herbáceas nos sistemas de produção é a capacidade destas plantas de adicionar nitrogênio da atmosfera ao sistema solo-planta-animal, por meio da fixação biológica. Diversos estudos demonstram que o amendoim forrageiro é uma espécie promíscua capaz de nodular e fixar nitrogênio (N) em simbiose com grande variedade de estirpes de rizóbio (Date, 1977; Peoples et al., 1989).

Em um trabalho de seleção de estirpes de rizóbio para *A. pintoii*, Oliveira et al. (1998) enfatizaram que, em todas as variáveis avaliadas, as estirpes testadas tinham médias estatisticamente iguais à testemunha nitrogenada, o que significa que os isolados tiveram a capacidade de fornecer nitrogênio eficientemente para as plantas se desenvolverem, já que a testemunha nitrogenada recebeu a dose considerada ideal para o melhor desenvolvimento das plantas.

A resposta do *A. pintoii* à inoculação com cepas de rizóbio selecionadas em condições de campo no Cerrado brasileiro, foi estudada por Purcino et al. (2003), sendo concluído que a inoculação com *Bradyrhizobium* MGAP13, NC230 e NC70 aumentou a produção de matéria seca da leguminosa em 62%, 47% e 26%, e o nitrogênio total da parte aérea em 62%, 61% e 38 %, respectivamente, em comparação com o tratamento controle. Os resultados desse estudo mostraram que, naquelas condições, a cepa *Bradyrhizobium* BR1405, recomendada para *A. hipogea*, e *Bradyrhizobium* CIAT3101, recomendada para *A. pintoii*, não foram eficientes para esta leguminosa.

Em pastagens, as taxas de fixação de N desta leguminosa consorciada com *B. dictyoneura* variaram de 1 a 12 kg/ha em um período de 16 semanas. Plantas inoculadas com estirpes selecionadas foram mais eficientes e apresentaram crescimento superior. A fertilização com pequenas doses de N (50 kg ha⁻¹) aumentaram o processo de infecção inicial e a velocidade da nodulação. As taxas de fixação de N geralmente variam de 70 a 200 kg.ha⁻¹

ano⁻¹(Thomas, 1994). Suárez- Vásquez et al. (1992), na Colômbia, verificaram taxas de fixação variando entre 9 e 27 kg/ha em um período de três semanas, estudando pastagens de *A. pintoi* consorciado com *Brachiaria decumbens*.

Segundo Valentim (1987), em sistemas menos intensivos, as leguminosas tropicais são capazes de suprir as quantidades de nitrogênio suficientes para garantir a sustentabilidade da pastagem, bem como da produção animal. O nitrogênio que as leguminosas conferem à pastagem via transferência do nitrogênio biologicamente fixado para o sistema, pode ser transferido para a gramínea das seguintes formas: a) transferência direta por meio da excreção de compostos nitrogenados; b) decomposição de raízes e nódulos; c) decomposição de resíduos de folhas e caules (liteira); e e) fezes e urina de animais. Em pastagens consorciadas sob pastejo intensivo, a transferência de N da leguminosa para a gramínea provavelmente é maior e ocorre em um período de tempo mais curto.

1.6.2 Forragem de alto valor nutritivo

As vantagens da utilização de pastagens consorciadas formadas por gramíneas e leguminosas são amplamente conhecidas. Vários são os resultados positivos obtidos com a presença de leguminosas nas pastagens, decorrentes de sua participação direta na dieta do animal. O melhor desempenho animal em pastagens consorciadas é explicado por apresentarem, em geral, melhor valor alimentício em relação às gramíneas exclusivas, e maiores teores de proteína bruta e maior digestibilidade (Valentim et al., 2001).

O amendoim forrageiro tem maior valor nutritivo quando comparado com as gramíneas tropicais geralmente utilizadas para pastoreio, além de possuírem elevada palatabilidade o que proporciona maior consumo animal, porém se recomenda fazer uma adaptação prévia. O teor de proteína bruta nas folhas varia entre 13 e 18% no período seco e de chuvas, respectivamente. Os estolões apresentam entre 9 e 10% de proteína bruta em ambas as épocas. A digestibilidade média das folhas atinge 62% no período seco e 67% no chuvoso. Em média, o conteúdo de cálcio é de 1,77% e o de fósforo, de 0,18% (Lima et al., s.d.).

Leopoldino et al. (2000), estudando a digestibilidade da forragem em pastagens consorciadas ou não com *A. pintoi* e *Stylosantes guianensis*, mostraram um aumento da digestibilidade dos pastos consorciados em relação aos de gramínea pura. Ladeira et al. (2002), utilizando um ensaio de digestibilidade *in vivo* em ovinos, avaliaram o feno de *Arachis pintoi* na alimentação desses animais e concluíram que o consumo e digestibilidade dos nutrientes foram elevados, quando comparado com outras forrageiras, permitindo assim fornecer nutrientes em quantidades suficientes para ganhos de peso satisfatórios, o que dá maior suporte para o uso dessa leguminosa na alimentação de ruminantes.

Outra vantagem dessa leguminosa é que não são conhecidos casos de intoxicação de animais, mesmo quando em pastoreio em áreas exclusivas, conforme foi comentado no item 1.5.1. A matéria seca da parte aérea do amendoim forrageiro possui valor nutritivo maior que o da maioria das espécies de leguminosas forrageiras tropicais, além de apresentar a menor taxa de redução do valor nutritivo com o avanço da idade da planta (Lima et al., s.d.).

A cultivar Belmonte produz forragem de alta qualidade nutricional e palatabilidade, o que resulta em elevado consumo pelos animais em pastejo. O teor de proteína bruta (PB), obtido durante quatro anos de avaliação sob pastejo em Itabela, BA, foi de 19% (Santana et al., 1998). Valentim et al. (2001) encontraram 20,4% de proteína bruta, no período de estabelecimento da cultivar Belmonte, 145 dias após o plantio, no Acre.

1.6.3 Diversificação das pastagens e resistência ao período seco

A diversificação das espécies forrageiras que compõem as pastagens favorece a presença de inimigos naturais e o maior equilíbrio da microbiota do solo, reduzindo os riscos de ocorrência de pragas e doenças e da conseqüente degradação deste agroecossistema. Também possibilita um melhor aproveitamento do recurso solo, tanto do ponto de vista da ocupação do espaço físico (diferença na morfologia dos sistemas radiculares), quanto da fertilidade, devido às exigências nutricionais diferenciadas entre gramíneas e leguminosas.

O fato de esta leguminosa apresentar boa resistência à seca proporciona melhor distribuição da produção de forragem durante o ano, em quantidade e qualidade adequada aos requerimentos nutricionais de animais com alto potencial genético (Bogdan, 1977; Escuder, 1980; Valentim, 1996; Barcellos et al., 2000). Isto resulta em aumento nos índices produtivos e reprodutivos do rebanho e eleva a rentabilidade e a competitividade da pecuária.

Rojas et al. (2005), estudando a dinâmica da população de plantas de *Arachis pintoii* CIAT 17434, associada a gramíneas nativas no México, verificaram que a seca e o inverno afetaram negativamente a floração e que o pisoteio dos animais incrementou notavelmente a mortalidade das plantas. Porém estes efeitos foram contrabalançados pela reserva de sementes no solo e pela alta densidade de estolões.

No Brasil, os resultados obtidos na região do Distrito Federal, com precipitação anual de aproximadamente 1500 mm, mostraram que o *A. pintoii* mantém forragem verde durante toda estação seca quando estabelecido em áreas de várzea, onde o lençol freático se situa entre 60 a 120 cm abaixo da superfície do solo. Em áreas bem drenadas, sobrevive na estação seca embora seja observada severa perda de folhas. Avaliações feitas no Sul do país indicaram que, apesar de perder as folhas e ter o crescimento paralisado, o *A. pintoii* tolera severas geadas e rebrota vigorosamente com o aumento da temperatura durante a primavera.

1.7 Formas de Propagação

O amendoim forrageiro é uma leguminosa perene que se propaga através de semente ou estolão. A implantação de forrageiras via sementes é, sem dúvida, a forma mais usada e eficaz para o estabelecimento da pastagem, tendo em vista a praticidade e eficiência desse método quando se dispõe de sementes com elevado grau de pureza e germinação, o que nem sempre ocorre. No caso específico do amendoim forrageiro, a obtenção de sementes limita sua propagação por essa via, em decorrência das características reprodutivas do gênero *Arachis*, que desenvolve seus frutos abaixo da superfície do solo. Esse fato, aliado ao desprendimento da vagem quando madura, torna a colheita um processo muito difícil, uma vez que é necessário revolver e peneirar o solo para recuperar as vagens, fato esse que, economicamente, pode não ser viável.

Na propagação vegetativa, a rizogênese, que é a capacidade de ramos isolados formar raízes adventícias, dando origem a novas plantas, apresenta um alto grau de diversificação em plantas superiores, estando diferentes órgãos adaptados à reprodução vegetativa. Entretanto, características das espécies e fatores como idade e vigor das plantas determinam alterações na formação das raízes. Substâncias necessárias ao crescimento das raízes (fitohormônios) são produzidas nas folhas e atuam em quantidades muito pequenas (Hartmann e Kester, 1968).

O custo elevado da produção de sementes pode dificultar a adoção do amendoim forrageiro. Porém, essa leguminosa apresenta um grande potencial para ser propagada por via vegetativa. Mudanças do amendoim forrageiro para propagação vegetativa devem ser obtidas de estolões provenientes de uma área com pelo menos doze semanas de rebrotação, garantindo assim maior resistência ao transporte e melhor enraizamento (Valentim et al., 2001).

Os estolões devem ser arrancados com o solo em boas condições de umidade, para garantir que as plantas não estejam submetidas ao estresse hídrico, facilitando o trabalho de remoção do material vegetativo e, também, assegurando bom enraizamento e brotação das

plantas. O arranquio das mudas deve ser feito por meio de uma capina superficial, realizada com enxada bem afiada. Neste processo removem-se apenas os estolões, reduzindo ao mínimo os danos ao sistema radicular, permitindo uma rebrota rápida das plantas (Valentim et al., 2001).

1.8 Possíveis Restrições ao Uso

Algumas dificuldades são colocadas como possíveis restrições ao uso dessa forrageira em larga escala, sendo baseados, principalmente, no alto custo de implantação e no seu lento estabelecimento (Kerridge, 1994). De fato, o acesso “tipo” de *A. pintoii* mostra estabelecimento lento. Porém, no germoplasma adicional da secção Caulorrhizae encontra-se grande variabilidade na taxa e velocidade de cobertura do solo. Além disso, experimentos têm mostrado que o uso de sementes, ao invés de propágulos vegetativos na implantação da pastagem resulta em um estabelecimento mais rápido (Pizarro, 2001).

O custo de produção de sementes é elevado, principalmente devido à frutificação geocárpica da espécie, com 90% da produção de frutos ocorrendo a uma profundidade de até 10 cm no solo (Ferguson et al., 1992; Carvalho, 1996), o que impõe a necessidade de busca por acessos com alta produção de sementes, e, ou, com sua formação mais superficial. A variabilidade encontrada no germoplasma da secção Caulorrhizae sugere que uma adequada seleção possa resultar em lançamentos comerciais de grande potencial (Carvalho et al., 1997; Pizarro, 2001).

O amendoim forrageiro não apresenta risco de se tornar uma planta invasora, como ocorre com outras leguminosas, uma vez que a sua capacidade de dispersão é limitada pela taxa anual de crescimento lateral dos estolões ou rizomas. As poucas sementes produzidas permanecem enterradas no solo. Caso o produtor queira plantar outro cultivo, em área estabelecida com esta leguminosa pura ou consorciada, pode-se erradicar esta espécie com a aplicação de herbicidas ou por meio de duas gradagens com intervalos de 20 a 30 dias durante o período seco, permitindo a eliminação da rebrota, conforme foi sugerido no item 1.5.2.

Alguns estudos mostram que o amendoim forrageiro pode competir por água e nutrientes e requer cuidados especiais com o manejo do sistema, quando utilizado em consorciação com outras culturas anuais ou perenes, particularmente durante a fase de estabelecimento (Dominguez e Cruz, 1990; Johns, 1994; Perin et al. 2000b; Perin, 2001; Neves et al., 2005; Fidalski et al. 2006). Dependendo das características do solo e do grau de competição observado, pode ser necessária a realização de corte periódico e de “coroamento” das plantas ou mesmo de irrigação e adubação suplementar, principalmente quando esta leguminosa for utilizada como cobertura em regiões com períodos de seca mais prolongados, de modo a evitar relações competitivas com a cultura de interesse. Estes cuidados são imprescindíveis quando a espécie consorciada for mais sensível à competição.

2 FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES

Micorrizas são associações mutualistas entre certos fungos do solo e as raízes absorventes da maioria das espécies vegetais (Brundrett, 1991). Existem vários tipos de micorrizas, sendo as ectomicorrizas e as endomicorrizas do tipo arbuscular (MAs) as de maior interesse agrônomo e silvicultural (Siqueira, 1994). As ectomicorrizas são o tipo mais importante nas florestas de clima temperado, enquanto as MAs são predominantes nas florestas tropicais (Janos, 1980). Estas últimas são formadas por um grupo restrito de fungos pertencentes ao filo Glomeromycota (Schüßler et al., 2001) e caracterizam-se pela presença endógena de arbúsculos nas células do córtex radicular. Esta associação resulta de uma seqüência complexa de interações entre as hifas fúngicas e as células das raízes que levam ao estabelecimento desta simbiose, resultado da evolução conjunta dos genomas da planta e do fungo, levando a uma perfeita integração morfológica, fisiológica, bioquímica e funcional. A planta apresenta dependência aos fungos em diferentes graus, beneficiando-se pelo aumento

da absorção de água e nutrientes proporcionados pelas hifas, que funcionam como uma extensão do sistema radicular. No caso do fungo, há uma dependência absoluta da planta, ou seja, ocorre biotrofismo obrigatório, somente completando seu ciclo na presença de raízes metabolicamente ativas (Siqueira e Franco, 1988).

A grande rede de hifas lançadas ao solo pelas micorrizas arbusculares aumenta o volume de solo explorado pelo sistema radicular, incrementando extraordinariamente a superfície de contato com o solo. Isso melhora a absorção de nutrientes, particularmente daqueles pouco móveis como o fósforo. Plantas não micorrizadas ou colonizadas por fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) ineficientes, crescendo em condições de baixa disponibilidade de fósforo, em geral, necessitam de mais fertilizantes fosfatados do que plantas eficientemente micorrizadas (Winckler Caldeira et al., 1999ab). De maneira geral, em solos com baixa disponibilidade de fósforo as plantas colonizadas com FMAs apresentam um crescimento maior que as não colonizadas.

A simbiose micorrízica contribui para a sobrevivência e crescimento das espécies, principalmente em ambientes estressantes (Siqueira e Saggin-Junior, 1995), onde as MAs exercem grande influência na estruturação das comunidades vegetais (Siqueira, 1994). Carneiro et al. (1995), trabalhando com solo degradado pela retirada de seus horizontes superficiais, verificaram que a inoculação com FMAs favoreceu o crescimento da *Albizia lebbbeck* e *Senna multijuga* e aumentou o número de propágulos de FMAs no solo e a nodulação na *Albizia lebbbeck*, demonstrando o efeito benéfico da simbiose para o desenvolvimento inicial de mudas.

As MAs são associações que se originaram a pelo menos 460 milhões de anos, e portanto, coevoluiram com as plantas (Redeker et al., 2000; Remy et al., 1994). São consideradas regra na natureza, e as razões pelas quais certas espécies de plantas são imunes à colonização pelos FMAs são ainda desconhecidas, mas certamente têm razões evolucionárias. A aplicação de FMAs na agricultura poderá contribuir para a redução do uso de agroquímicos, diminuir as perdas das culturas causadas por estresses diversos e aumentar a produção, e ao mesmo tempo favorecer a conservação ambiental. Portanto, os FMAs são importantes componentes da produção agrícola e, se manejados adequadamente, podem contribuir substancialmente para a sustentabilidade dos agrossistemas.

2.1 Fatores que Afetam a Associação Micorrízica

A colonização radicular por fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) desenvolve-se a partir de hifas que se originam de seus propágulos no solo. Os principais propágulos desses fungos são os esporos, fragmentos de hifas e de raízes colonizadas e plantas infectadas por FMAs (Azcón-Aguilar e Barea, 1997). As hifas infectivas são estimuladas por componentes bióticos e abióticos. Os exsudatos radiculares e as condições físico-químicas do solo na rizosfera podem favorecer o desenvolvimento das hifas, aumentando as chances de contato com as raízes (Siqueira e Franco, 1988).

Algumas características morfológicas e fisiológicas do sistema radicular das plantas, principalmente as que melhoram a capacidade de adquirir nutrientes, favorecem ou não a micorrização. Em geral, plantas com sistema radicular amplo e com grande área superficial possuem mais habilidade para absorver nutrientes pouco móveis no solo. Por isso, são menos dependentes da associação micorrízica. Por outro lado, plantas com baixas ramificações, baixo número de raízes laterais e pouco e/ou pequenos pêlos radiculares, são mais dependentes da associação micorrízica para absorver nutrientes minerais (Brundrett, 1991).

A associação entre as espécies de plantas e FMAs é bastante complexa. As micorrizas podem servir de canais de ligação entre plantas de mesma espécie e de outras espécies, possuindo potencial de transportar substâncias químicas como compostos de carbono, fósforo, nitrogênio, entre outros (Hamel, 1996; Francis e Read, 1994). Essa rede de conexões serve,

provavelmente, como primeira fonte de inóculo para a colonização das raízes (Hodge, 2000). Desse modo, esses micélios assumem um importante papel nos ambientes naturais e nos agrossistemas, distribuindo os recursos dentro da comunidade, diminuindo a dominância de espécies agressivas, promovendo a coexistência e aumentando assim a biodiversidade (Read, 1997). Esse mecanismo de ajuda mútua, onde as espécies destinam parte de seus recursos a fim de garantir a sobrevivência de outras espécies, mantém a estabilidade nos ecossistemas (Axelrod e Hamilton, 1981; Wilkinson, 1998).

Dentre os fatores que afetam a simbiose, destacam-se os edáficos relacionados particularmente com o estresse característico de alguns ecossistemas como os níveis de P, o pH e o Al, sendo estes os mais freqüentemente estudados e que afetam principalmente as plantas forrageiras. Além destes, considera-se também os fatores climáticos e práticas culturais como adubação verde, pesticidas, consorciação, rotação de culturas e o uso do fogo. As interações dos FMAs com outros organismos do solo, como nematóides e outros fitopatógenos, bactérias solubilizadoras de fosfato e fixadoras de nitrogênio, constituem informações básicas em estudos ecológicos sobre os FMAs (Mendonça e Oliveira, 1996).

2.2 Diversidade de Fungos Micorrízicos Arbusculares em Agrossistemas

O estudo das comunidades de FMAs é uma etapa importante para diferentes abordagens de pesquisa, pois as populações autóctones são a fonte primária de material para a seleção de isolados, possibilitando a obtenção de inóculos eficientes (Brundrett, 1991; Sieverding, 1991). Por outro lado, quando o objetivo é manejar esta simbiose, o conhecimento do componente fúngico é indispensável na predição dos impactos que diferentes fatores podem exercer sobre os simbiontes.

A riqueza de espécies de uma comunidade de FMAs em ecossistemas naturais não alterados é de aproximadamente 25 espécies, enquanto em sistemas agrícolas se observa uma redução neste número, podendo a variação ser bastante pronunciada (Sieverding, 1991). Segundo Douds e Millner (1999), este número pode variar de 3 a 34 espécies, estando esta variação relacionada ao tipo de prática agrícola e às plantas cultivadas. A rotação de cultura pode exercer efeito positivo sobre a diversidade da comunidade de FMAs, como observado por Hendrix et al. (1995). Entretanto, este efeito pode ser dependente das espécies componentes e da seqüência da rotação.

Nos cerrados a densidade populacional de FMAs autóctones em ecossistemas naturais é baixa, porém variada. Nesta região, ocorrem em média 25 e 46 esporos/50 cm³ de solo, no Distrito Federal e Minas Gerais, respectivamente (Siqueira et al., 1989). Nos agrossistemas os fungos micorrízicos apresentam densidade populacional mais elevada, que pode variar em função dos fatores edafoclimáticos, bem como em decorrência das práticas agrícolas (Miranda e Miranda, 1996; Siqueira et al., 1989).

De maneira geral, observa-se um crescimento gradativo do número de esporos no solo com o início do período chuvoso, seguido de um decréscimo no período seco. Porém, esta variação pode ser significativa ou não, de acordo com a cultura utilizada (Miranda, 1992).

Muitos fatores podem determinar a resposta em diversidade de espécies nos sistemas de cultivo, destacando-se a espécie de planta cultivada, fatores edáficos, tipo de cultivo e manejo da adubação, entre outros (Siqueira e Klauberg-Filho, 2000). Esta complexidade pode ser responsável pela variabilidade de respostas relatadas por diferentes autores.

2.3 Associação Micorrízica no Amendoim Forrageiro

Alguns trabalhos mostram resposta positiva de *A. pintoi* à micorrização, apesar desta planta possuir um abundante sistema radicular. Perla et al. (2001) observaram uma correlação positiva entre a colonização por FMAs e a absorção de Mg, P e Zn. Santos et al. (2002) também obtiveram resultados semelhantes, notando aumento na quantidade acumulada de N, P, K, Ca, Mg e S em plantas micorrizadas. Enquanto que Santos et al. (2001), avaliando a produção de matéria seca, concluíram que o amendoim forrageiro foi beneficiado pela inoculação com o FMA *Glomus etunicatum*. Os efeitos benéficos da inoculação simultânea de bactérias diazotróficas e FMAs são amplamente documentados na literatura científica. Purcino et al. (1999), estudando o efeito de *Bradyrhizobium* e FMAs em *A. pintoi*, em solo do Cerrado, observaram um aumento 74% na produção de matéria seca e de 124% no nitrogênio da parte aérea, quando comparado com plantas não inoculadas. Quando inocularam somente o *Bradyrhizobium*, o aumento observado foi apenas de 52% e 64%, mostrando um ganho adicional significativo com a micorrização.

Entre os vários indicadores estudados por Alfaro-villatoro (2004), destaca-se o aumento da comunidade de fungos micorrízicos arbusculares no sistema agroflorestal utilizando a cobertura de amendoim forrageiro (Tabela 3).

Tabela 3. Densidade de esporos de fungos micorrízicos arbusculares em sistemas agroflorestais com cafeeiros sombreados, em duas épocas de amostragem, na Guatemala.

Sistemas Agroflorestais	Número de esporo por 100 mL de solo	
	Período seco (Outubro- Novembro de 2002)	Período chuvoso (Maio-Junho de 2003)
Café-eritrina, solo franco arenoso	79 c	70 c
Café-ingazeiro, solo franco arenoso	92 c	194 b
Café-grevília, solo franco	13 c	27 c
Café-ingazeiro-cuernava ¹ , solo franco argiloso, com manejo orgânico	124c	20 c
Café-bananeira-outras arbóreas solo franco argiloso	97 c	137 c
Café-ingazeiro, solo argiloso, com cobertura de amendoim forrageiro	1827 a*	915 a
Café-ingazeiro, solo argiloso	229 b	183 b
Café-ingazeiro-bananeira, solo argiloso	275 b	330 b

Médias com letras iguais na coluna não diferem entre si por Scott-Knott 5%. Asterisco indica média superior entre época de avaliação. Fonte: Alfaro-villatoro (2004). ¹*Diospyros digyna* (Sapota preta, Brasil).

Santos et al. (2001), analisaram os efeitos da aplicação de fertilizantes (N e P) e da inoculação do fungo micorrízico *Glomus etunicatum* na participação de *Brachiaria brizanta* e *A. pintoi* na matéria seca (MS) produzida pelo consórcio dessas espécies cultivadas em vasos em casa-de-vegetação. Foi observado que enquanto a gramínea aumentou a produção de MS, ou seja, a sua participação no consórcio, a leguminosa foi sendo suprimida com a elevação das doses de P. A gramínea mostrou-se mais agressiva e, portanto, mais competitiva pelos nutrientes, além de luz e água, principalmente quando se aplicou a adubação nitrogenada. O tratamento de inoculação não favoreceu a participação da gramínea no consórcio. Por outro lado, para a leguminosa, o efeito desse fator foi significativo na ausência de N (Tabela 4). Na *B. brizantha*, a aplicação de N favoreceu significativamente a sua participação no consórcio, ao passo que para o amendoim forrageiro ocorreu o inverso.

Tabela 4. Percentagem de participação de braquiário e amendoim forrageiro na produção total de matéria seca da parte aérea, em função da inoculação com *Glomus etunicatum* e da aplicação de N em cobertura.

Inoculação	% de Participação na Matéria Seca	
	Com N	Sem N
<i>B. brizantha</i>		
Inoculado	89,11 aA	68,86 bB
Não Inoculado	90,89 aA	86,52 aB
<i>A. pintoii</i>		
Inoculado	10,89 aB	31,09 aA
Não Inoculado	9,11 aB	13,47 bA

Médias seguidas por letras diferentes, minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, diferem entre si ($P < 0,01$) pelo teste de Tukey. Fonte: Santos et al. (2001).

CAPÍTULO I

COMUNIDADES DE FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES ASSOCIADOS AO AMENDOIM FORRAGEIRO EM PASTAGENS CONSORCIADAS NO ESTADO DO ACRE

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi identificar e estimar a diversidade de comunidades de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) autóctones associados ao *Arachis pintoi*, em monocultivo e consorciado com outras forrageiras. Amostras de solos foram coletadas no campo experimental da Embrapa Acre, em Rio Branco, AC e foram analisadas na Embrapa Agrobiologia, em Seropédica, RJ. A amostragem foi realizada em sete áreas: monocultivo do amendoim forrageiro; em três áreas de pastagens de gramíneas consorciadas com *A. pintoi* e outras leguminosas; em uma área de café sob cobertura do amendoim e na capoeira e mata adjacentes (testemunhas de referência). Foram coletadas quatro amostras de solo em cada área, na profundidade de 0-10 cm, na estação seca (junho de 2004) e na chuvosa (janeiro de 2005). Nos consórcios, os pontos de coleta foram localizados nas áreas onde o solo estava coberto com *A. pintoi* e nas áreas de capoeira e mata, em pontos definidos aleatoriamente entre a vegetação do sub-bosque. Foi verificada a ocorrência de 21 espécies de FMAs nas duas estações, sendo 18 espécies no período seco e 16 no chuvoso. As espécies foram distribuídas em cinco gêneros: *Acaulospora*, *Entrophospora*, *Gigaspora*, *Glomus* e *Scutelospora*. A densidade de esporos foi maior no consórcio *A. pintoi* x *Brachiaria brizanta* x *Pueraria phaseoloides* e a menor nas áreas de *A. pintoi* x café, capoeira e mata. As taxas de colonização de raízes foram maiores na estação chuvosa, variando de 15 a 63% e de 5 a 37% na estação seca. Os índices de diversidade no monocultivo foram semelhantes aos dos demais agrossistemas, indicando que o amendoim serve como hospedeiro de diferentes espécies de FMAs e que o seu cultivo pode aumentar a presença desses organismos nos sistemas produtivos, melhorando a qualidade biológica do solo.

Palavras-chave: *Arachis pintoi*. Levantamento e diversidade de micorrizas, Amazônia.

ABSTRACT

The purpose of this study was to identify the autochthonous communities of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) associated with *Arachis pintoi* and estimate its diversity and dynamic. Samples of soil were collected in an Experimental Field of Embrapa Acre, at Rio Branco, AC, and were analyzed in Embrapa Agrobiologia, at Seropédica, RJ. The sampling was carried out in seven areas: *A. pintoi* monoculture, three areas of grass pasture intercropped with *A. pintoi* and others legumes, an area of coffee plant under cover of *A. pintoi* and in the brush and forest adjacent (reference control). Four samples were collected from soil in each area, in a depth of 0-10cm, in dry season (June 2004) and rainy season (January 2005). In intercropped areas, the points of collection were located in sites where the soil was covered with *A. Pintoi* and at the brush and forest in points defined randomly between the understorey vegetation. It was verified the occurrence of 21 species of AMF in the two seasons, 18 species in the dry period and 16 in the rainy. The species were distributed in five genres: *Acaulospora*, *Entrophospora*, *Gigaspora*, *Glomus* and *Scutelospora*. The densities of spores were higher in *A. pintoi* x *Brachiaria brizantha* x *Pueraria phaseoloides* intercropped and lowest in the areas of *A. pintoi* x coffee plants, brush and forest. The rates of root colonization were higher in the rainy season, ranging from 15 to 63% and from 5 to 37% in the dry season. The diversity indices in monoculture were similar to those of other agrosystems, indicating that the *A. pintoi* serves as host of AMF of different species and that its cultivation may increase the presence of these organisms in production systems, improving the biological soil quality.

Key words: *Arachis pintoi*. Survey and diversity of mycorrhiza. Amazon.

1 INTRODUÇÃO

Na região Amazônica, a substituição da floresta nativa por pastagem tem levado ao empobrecimento e degradação dos solos, devido a vários fatores, entre eles a falta de aptidão dos solos para a atividade pecuária e o manejo inadequado da pastagem. A Amazônia, de maneira geral, se caracteriza pela baixa fertilidade natural de seus solos e pelas condições climáticas muito favoráveis ao intemperismo e à erosão. A remoção da cobertura florestal torna o ecossistema frágil, sujeito ao processo de degradação. O equilíbrio entre a vegetação e o componente biológico do solo é essencial para a manutenção da fertilidade, possibilitando a ciclagem e a solubilização de minerais.

As pastagens na região amazônica, geralmente, têm um curto período produtivo, devido a não reposição, em quantidade adequada, de nutrientes fundamentais como o nitrogênio (N) e o fósforo (P), sendo o aspecto nutricional uma das causas de sua degradação. Atualmente, assume-se que, especialmente em pastagens tropicais, a palha depositada sobre o solo e as raízes são as principais responsáveis pela incorporação de N nos sistemas (Boddey et al., 1995; Cadish et al., 1994). Em monocultivos de gramíneas as deposições constantes da palhada, de alta relação C/N, por longos períodos leva à imobilização do N solúvel na biomassa microbiana, tornando-o indisponível às plantas e animais. A carência de N solúvel limita a decomposição da serapilheira e a mineralização da matéria orgânica (Schunke, 1998).

O nitrogênio, com suas formas altamente solúveis (NH_4^+ e NO_3^-), é facilmente perdido do sistema por lixiviação, por volatilização da amônia, ou por desnitrificação que é a redução de NO_3^- a formas gasosas (N_2O e N_2). Por isso, as aplicações de adubo nitrogenado beneficiam a produtividade vegetal somente em curto prazo, tornando-se, via de regra, economicamente inviável para as pastagens (Schunke, 2001). Isto gera um círculo vicioso reduzindo a produtividade primária, com perda de carbono do sistema, tornando a pastagem improdutiva e o solo degradado. A redução na atividade biológica do solo leva, também, a uma carência de P, devido ao transporte e absorção desse elemento ficar mais lenta, fechando-se, assim, o ciclo da degradação.

Como já é bem conhecida, a solução para aumentar a longevidade produtiva de uma pastagem nas regiões tropicais, sem o uso de fertilizantes químicos, passa necessariamente pelo plantio de leguminosas forrageiras em consórcio com gramíneas. As leguminosas suprem a carência de N do sistema, por meio da fixação biológica, possibilitando a manutenção da atividade biológica do solo e conseqüentemente da ciclagem de nutrientes (Cadisch et al., 1994; Cantarutti, 1996). Este processo pode ser bastante acelerado quando a leguminosa é inoculada com uma estirpe de rizóbio eficiente (Thomas, 1992).

Outros organismos importantes na manutenção da fertilidade do solo são os fungos micorrízicos arbusculares (FMAs). Em solos de média a baixa fertilidade, estes organismos contribuem para aumentar a eficiência no transporte e absorção de nutrientes, principalmente daqueles de baixa mobilidade no solo, como P, Zn e Cu, tornando-os mais biodisponíveis (Smith et al., 1994). As micorrizas são consideradas um importante componente na recuperação e restabelecimento da vegetação em ecossistemas frágeis ou degradados, bem como na manutenção da biodiversidade de plantas e no funcionamento do ecossistema (Dandan e Zhiwei, 2007).

O alto custo de insumos agrícolas na região amazônica, especialmente de fertilizantes e corretivos, junto à crescente demanda por tecnologias menos agressivas ao meio ambiente, torna o manejo ecológico dos organismos do solo uma prática promissora, podendo contribuir para aumentar a sustentabilidade dos sistemas agrossilvipastoris na Amazônia.

Portanto, o conhecimento da diversidade e dinâmica dos organismos do solo é importante para o desenvolvimento de sistemas de manejo mais eficientes.

O amendoim forrageiro (*Arachis pintoi* Krap. e Greg.) é uma leguminosa herbácea perene recomendada para cobertura do solo em diversos agrossistemas e para a consorciação com gramíneas em pastagens. A importância desta leguminosa vem crescendo nas regiões tropicais, tanto pela qualidade de sua forragem como pelos benefícios que proporciona ao sistema solo-planta-animal (Valentim et al., 2001).

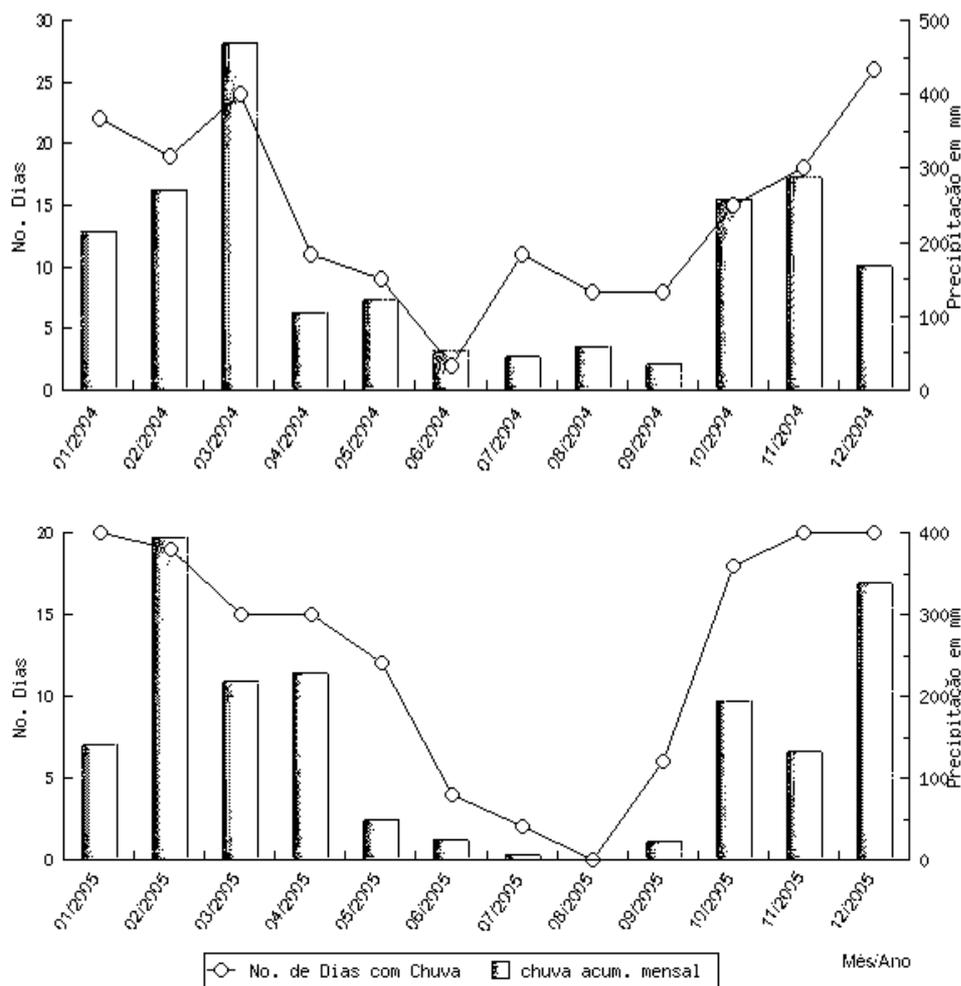
Este estudo parte da hipótese de que as comunidades de FMAs são influenciadas pelo grau de complexidade das comunidades vegetais presentes nos agrossistemas e de que o amendoim forrageiro contribui para aumentar a presença de FMAs no solo. O objetivo deste trabalho foi identificar as comunidades de FMAs autóctones associadas ao amendoim forrageiro e estimar a diversidade desses microrganismos em agrossistemas no Estado do Acre, nas estações seca e chuvosa, com ênfase em pastagens consorciadas.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Localização da Área de Estudo

As amostras de solo foram coletadas na estação experimental da Embrapa Acre, situada no km 14 da rodovia BR 364, no município de Rio Branco, AC, com latitude 9°58'22"S, longitude 67°48'40"W e altitude de 160 m. As amostras foram levadas para a Embrapa Agrobiologia, em Seropédica, RJ, onde foram feitas as análises de laboratório e os ensaios em casa-de-vegetação.

O ecossistema original da área era floresta tropical úmida e vem sendo cultivada desde meados da década de 70, principalmente com gramíneas forrageiras e o *A. pinto* foi introduzido a partir na década de 90. A precipitação anual varia entre 1800 e 2000 mm, com temperatura média anual de 25°C e estações seca e úmida bem definidas. Na Figura 3 são apresentados dados da precipitação pluviométrica nos anos de 2004 e 2005, caracterizando o período seco (maio a setembro) e chuvoso (outubro a abril) em Rio Branco, AC.



Fonte: <http://www.inmet.gov.br/html/observacoes.php?lnk=Capitais>.

Figura 3. Chuva acumulada x número de dias com chuvas para o ano de 2004 e 2005 em Rio Branco, AC.

2.2 Desenho Amostral

Foram escolhidas sete áreas para a amostragem do solo, com diferentes graus de complexidade da cobertura vegetal, sendo uma de monocultivo do amendoim forrageiro, três ocupadas por pastagens de gramíneas consorciadas com o amendoim e outras leguminosas, além de outras três áreas tomadas como testemunhas de referência (cafeeiro sob cobertura do amendoim forrageiro, capoeira e mata adjacentes). A área amostrada correspondeu aos seguintes agrossistemas: *A. pinto* em monocultivo (ApMono); *A. pinto* consorciado com *Panicum maximum* (ApxPm); *A. pinto* consorciado com *Brachiaria brizanta* e *Pueraria phaseoloides* (ApxBb); *A. pinto* consorciado com *Brachiaria humidicola*, *Pueraria phaseoloides* e *Calopogonium mucunoides* (ApxBh); *A. pinto* consorciado com cafeeiro (Apxcafé); capoeira; e mata. Estes agrossistemas, com exceção dos dois últimos, fazem parte de áreas experimentais com tamanho variando de 1.800 m² a 3.400 m². Em cada área foram coletadas quatro amostras simples de solo, totalizando 28 amostras, tomadas na profundidade de 0-10 cm, em duas etapas, correspondentes à estação seca (junho de 2004) e chuvosa (janeiro de 2005). Nos consórcios, os pontos de coleta foram localizados nas áreas onde o solo estava coberto com *A. pinto* e nas áreas de capoeira e mata, em pontos definidos aleatoriamente entre a vegetação do sub-bosque.

2.3 Caracterização dos Agrossistemas

O solo da área amostrada foi classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo, apresentando as seguintes características físicas: argila 236; silte 389; e areia 375 g.kg⁻¹. As características químicas do solo em cada agrossistema são detalhadas na Tabela 5.

Tabela 5. Características químicas do Argissolo Vermelho-Amarelo da área experimental, coletado na profundidade de 0-10 cm de profundidade

Agrossistema	pH em H ₂ O (2:1)	Al ³⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	P	K	C	M.O.	N
		-----cmolc.dm ⁻³ -----			-----mg.dm ⁻³ -----		-----g.kg ⁻¹ -----		
ApMono	5,1	0,6	1,3	0,6	2,3	46,4	6,2	10,6	1,3
ApxPm	5,4	0,1	3,8	0,4	3,4	107,5	8,9	15,3	1,4
ApxBb	5,3	0,4	4,3	0,6	4,3	90,4	13,8	23,8	1,7
ApxBh	5,5	0,1	2,7	0,4	1,0	98,9	10,4	17,9	1,8
Apxcafé	5,1	0,7	1,8	0,4	3,0	92,9	6,3	10,9	1,2
Capoeira	6,8	0,0	4,1	0,5	3,5	65,9	12,3	21,2	1,5
Mata	5,1	1,3	5,6	0,9	1,7	82,4	11,6	19,9	2,0

ApMono=*A. pinto* em monocultivo; ApxPm=*A. pinto* consorciado com *Panicum maximum*; ApxBb=*A. pinto* consorciado com *Brachiaria brizanta* e *Pueraria phaseoloides*; ApxBh=*A. pinto* consorciado com *Brachiaria humidicola*, *Pueraria phaseoloides* e *Calopogonium mucunoides*; ApxCafé=*A. pinto* consorciado com cafeeiro.

2.4 Estabelecimento de Culturas Armadilhas

Nas áreas com a presença do *A. pinto* foram coletadas também amostras de estolões com raízes, que foram utilizadas para avaliar os índices de colonização radicular por FMAs e também para estabelecer culturas armadilhas, com o objetivo de recuperar as espécies de FMAs que estavam colonizando o *A. pinto*. O ensaio foi conduzido em casa-de-vegetação da Embrapa Agrobiologia em Seropédica, RJ, durante oito meses, quando, então, foram identificadas as espécies de FMAs que esporularam neste período.

Os segmentos de estolões com raízes foram separados do solo, lavados cuidadosamente e plantados em vasos de 500 ml. O substrato foi um planossolo de textura arenosa, coletado no campo experimental do Terraço, na Embrapa Agrobiologia, cujas características químicas são apresentadas na Tabela 10 (item 2.1 do Capítulo II). O substrato foi esterilizado, por duas autoclavagens em dias consecutivos, a 120 °C e 1,0 kgf.cm⁻², por 60

minutos. Junto com os segmentos de estolões foi semeado *Brachiaria decumbens* como planta isca, por sua característica de servir como planta hospedeira para muitas espécies de FMAs (Howeler et al., 1987; Simpson & Daft, 1990; Colozzi-Filho e Balota, 1994a), facilitando assim a recuperação das espécies colonizadoras das raízes de *A. pintoi*.

Na semeadura foram colocadas cinco sementes por vaso e trinta dias após a emergência, as plântulas foram desbastadas, cortando-as rente à superfície do substrato, deixando uma planta por vaso. A irrigação foi feita regularmente com deionizada, duas vezes ao dia, quando necessário, de modo a evitar o excesso de água e/ou ressecamento do substrato. Na época da coleta do experimento, após oito meses do início do experimento, suspendeu-se a irrigação até o secamento das plantas. A parte aérea foi descartada, o solo (substrato) foi homogeneizado e tomado uma amostra de cada vaso. A extração e contagem dos esporos foram feitas da forma descrita no item 2.5, a seguir.

2.5 Densidade de Esporos

A densidade de esporos no solo foi determinada por contagem em placa canelada, em microscópio estereoscópico, após os procedimentos de extração do solo por peneiramento úmido e centrifugação diferencial, descritos por Gerdemann e Nicolson (1963) e por Jenkins (1964), usando peneiras de 1000, 250 e 0,53 μm e uma alíquota de 50 cm^3 de solo de cada amostra. Após a contagem, os esporos foram transferidos para uma placa de Petri e foi separada aleatoriamente, uma quarta parte do total dos esporos. Estes foram agrupados pelas características de tamanho, cor e forma, e os grupos foram colocados em lâminas para microscopia com álcool polivinil em lactoglicerol (PVLG). Na mesma lâmina um segundo grupo de esporos foi montado com PVLG + reagente de Melzer (1:1), sob outra laminula e quebrados delicadamente para a exposição das paredes internas. Os resultados da reação de cor ao reagente de Melzer foram utilizados para caracterizar taxonomicamente as paredes dos esporos, melhorando, em alguns casos, a visibilidade, especialmente daqueles esporos com paredes aderentes ou muito finas. Os esporos foram então identificados e contados por espécie.

2.6 Identificação das Espécies e Avaliação da Taxa de Colonização Radicular

A identificação das espécies dos FMAs foi feita segundo Schenck e Perez (1988) e as descrições morfológicas disponíveis na Internet na página da International Culture Collection of Arbuscular Mycorrhizal Fungi - INVAM (<http://invam.caf.wvu.edu>). Os esporos foram identificados de acordo com a análise morfológica clássica. Os caracteres taxonômicos incluíram número e tipo de camadas das paredes dos esporos e sua reação ao reagente de Melzer, características das paredes internas, quando presentes, morfologia da hifa de sustentação no ponto de fixação do esporo e variação da cor e tamanho dos esporos. Para determinar a taxa de colonização radicular, as raízes foram clareadas e coloridas de acordo com Koske e Gemma (1989) e Grace e Stribley (1991). A avaliação da colonização foi feita com auxílio de microscópio estereoscópico, pelo método da interseção em placa quadriculada, conforme Giovannetti e Mosse (1980).

2.7 Índices de Diversidade e Análises Estatísticas

Foram estimados, para cada área, índices de diversidade, calculados como indicado na Tabela 6. Para os cálculos, o número de esporos foi considerado como uma estimativa do número de indivíduos em cada amostra. Os dados obtidos para densidade de esporos foram transformados para $\log x$ e submetidos a análise de variância usando o pacote estatístico Sisvar 4.6 para Windows. Os dados de abundância relativa das espécies de FMAs nos agrossistemas foram submetidos à análise multivariada de agrupamento, utilizando como medida de similaridade/dissimilaridade a distância Euclidiana, por meio da técnica de agrupamento hierárquico, pelo método da variância mínima ou de Ward. No método de Ward

os grupos são formados de maneira a proporcionar o mínimo de variância dentro do grupo. A variância é calculada para todas as alternativas de agrupamento, escolhendo-se o que proporciona a menor variância (Ward, 1963). Esta análise foi realizada com o programa estatístico STATISTICA[®] 5.0 para Windows.

Tabela 6. Medidas de diversidade usadas para descrever as comunidades de FMAs.

✓	Densidade de esporos (DE)	DE=Número de esporos em 50 cm ³ de solo
✓	Riqueza de espécies (RE)	RE=Número de espécies de FMAs identificadas na amostra de solo
✓	Abundância relativa (AR)	$AR = \frac{\text{número de esporos de uma espécie}}{\text{nº total de esporos identificados na amostra}} \times 100\%$
✓	Frequência Relativa (FR)	$FR = \frac{\text{nº de amostras onde uma espécie ocorre}}{\text{número total de amostras de solo}} \times 100\%$
✓	Índice de diversidade Shannon–Wiener (H')	$H' = -\sum P_i \ln P_i$
✓	Equitabilidade de Pielou (J')	$J' = H' / H'_{\max}$
✓	Índice de dominância de Simpson (D)	$D = \sum [n_i(n_i - 1) / N(N - 1)]$

P_i: é a abundância relativa de cada espécie identificada por amostra, calculada pela fórmula: P_i = n_i/N;

n_i: é o nº de esporos de uma espécie;

N: é o número total de esporos identificados na amostra;

H': é calculado pela fórmula ln S;

H'_{max} é o máximo H';

S: é o número total de espécies identificadas por amostra.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Ocorrência de Fungos Micorrízicos Arbusculares

Foram extraídos de todas as 28 amostras de solo coletadas (total de 1,4 litros de solo peneirado e centrifugado), um total de 18.588 esporos de FMAs na estação seca e 21.460 na estação chuvosa. Foi verificada a ocorrência de 21 espécies de FMAs nas duas estações de coleta. Destas, 14 foram identificadas ao nível de espécie e sete somente de gênero. No período seco ocorreram 18 espécies e no chuvoso, 16. As espécies estão distribuídas em cinco gêneros: *Acaulospora*, com sete espécies; *Entrophospora* e *Gigaspora*, com uma espécie cada, *Glomus*, com nove espécies; e *Scutelospora*, com três espécies. Os gêneros *Glomus*, *Acaulospora* e *Scutelospora* foram constatados nas duas estações, enquanto que *Entrophospora*, somente na seca e *Gigaspora* somente na chuvosa.

O percentual de ocorrência dos gêneros de FMAs nos sete agrossistemas estudados é apresentado na Figura 4, onde se observa um amplo domínio do gênero *Glomus*, tanto na estação seca quanto na chuvosa. Apenas nas áreas de capoeira e mata ocorre uma prevalência do gênero *Acaulospora*, mas apenas no período seco, sendo o gênero *Glomus* dominante no período chuvoso. A presença de espécies de gramíneas nas áreas ApxPm, ApxBb e ApxBh, parecem favorecer as espécies de *Glomus*, onde se verificou o maior percentual de ocorrência deste gênero. De uma maneira geral, as espécies de *Glomus* são mais abundantes nas áreas de pastagem de gramíneas com leguminosas herbáceas, enquanto que nas áreas com a presença de árvores e arbustos (cafeeiro, capoeira e mata) há uma maior ocorrência de espécies do gênero *Acaulospora*, principalmente na estação seca.

Silva Júnior (2004), estudando as comunidades de FMAs associadas à Pupunha e ao Cupuaçu em sistema agroflorestral e em monocultivo, na Amazônia Central, e Benedetti et al. (2005), estudando a diversidade de FMAs na cultura do milho, após uso de espécies leguminosas de cobertura de solo em Santa Maria, RS, constataram que *Acaulospora* e *Glomus* foram os gêneros mais freqüentes. Resultados similares foram apresentados por Silva et al. (2006), em estudo realizado em áreas cultivadas, sob pousio e de floresta secundária na Serra do Mar em São Paulo, observando que os gêneros *Glomus* e *Acaulospora* foram encontrados tanto no inverno como no verão, em todas as áreas estudadas, estando sempre com maior porcentagem de espécies em relação aos demais gêneros encontrados. Em outro estudo realizado no vale do rio Jinsha, no sudoeste da China, Dandan e Zhiwei (2007) também constaram que *Glomus* e *Acaulospora* foram os gêneros de maior ocorrência.

De acordo com Carrenho (1998), estes gêneros apresentam maior capacidade de adaptação a solos submetidos a diferentes cultivos, com variações nos teores de matéria orgânica, calagem, textura, entre outros fatores, demonstrando ter espécies resistentes a perturbações ambientais em diferentes regiões.

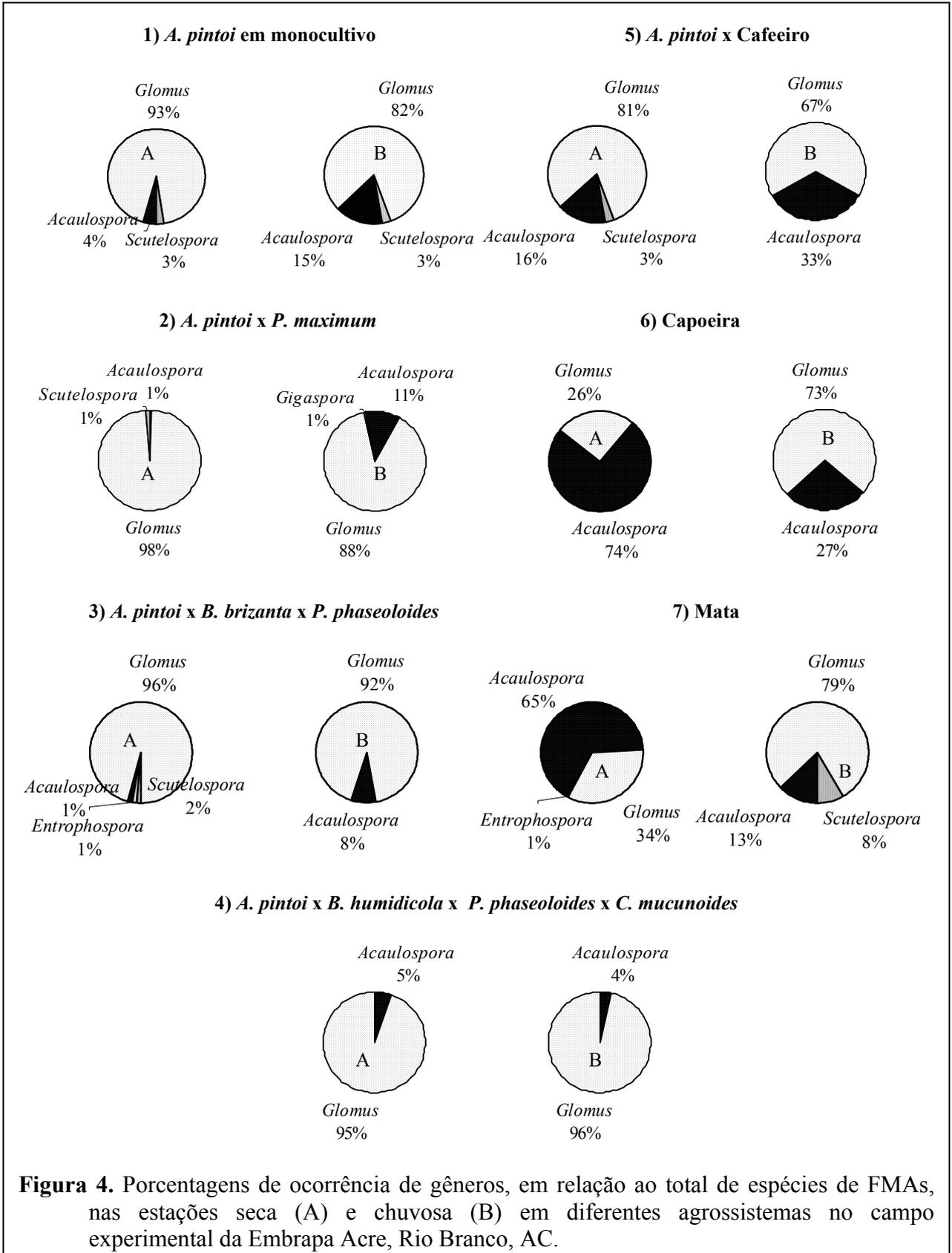


Figura 4. Porcentagens de ocorrência de gêneros, em relação ao total de espécies de FMAs, nas estações seca (A) e chuvosa (B) em diferentes agrossistemas no campo experimental da Embrapa Acre, Rio Branco, AC.

3.2 Densidade de Esporos e taxa de Colonização Radicular

Na Figura 5A se compara a densidade de esporos (DE) nas sete áreas de estudo e verifica-se que o consórcio *A. pintoi* x *B. brizanta* x *P. phaseoloides* (ApxBb) apresentou as maiores densidades, nas duas estações avaliadas. Na estação seca, a DE verificada na área ApxBb não diferiu significativamente da obtida na mata ($p>0,05$), sendo ambas significativamente superiores aos demais agrossistemas ($p<0,05$), enquanto que na estação chuvosa houve a formação de dois grupos distintos, sendo o primeiro constituído pelas áreas de amendoim em monocultivo e consorciado com gramíneas, as quais não diferiram entre si ($p<0,05$) e foram superiores ao segundo grupo formado pelas testemunhas de referência amendoim com cafeeiro, capoeira e mata, que também não diferiram entre si. Nas áreas ApMono e mata houve efeito significativo da estação de coleta sobre a DE ($p<0,05$), enquanto para as demais áreas não houve.

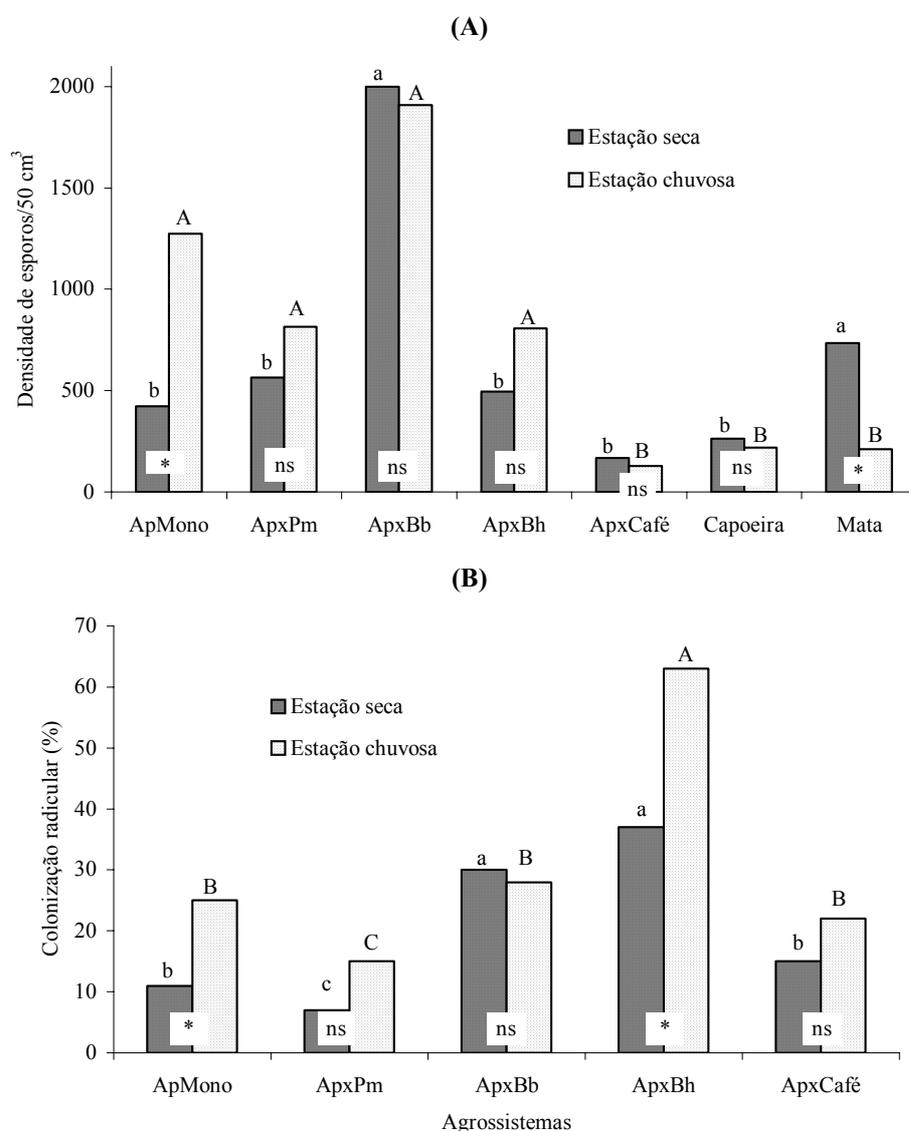


Figura 5. Densidade de esporos em 50 cm³ de solo (A) e a taxa de colonização radicular (B) do *A. pintoi* por FMAs, nas estações seca e chuvosa em sete agrossistemas. ApMono=*A. pintoi* em monocultivo; ApxPm=*A. pintoi* consorciado com *Panicum maximum*; ApxBb=*A. pintoi* consorciado com *Brachiaria brizanta* e *Pueraria phaseoloides*; ApxBh=*A. pintoi* consorciado com *Brachiaria humidicola*, *Pueraria phaseoloides* e *Calopogonium mucunoides*; ApxCafé=*A. pintoi* consorciado com cafeeiro; letras iguais em uma mesma estação representam a não existência de diferenças significativas pelo teste de Scott-Knott ($p>0,05$); * e ns indicam diferenças significativas ou não entre as estações pelo teste F ao nível de 5 % de probabilidade (dados transformados: raiz de x+1).

Na área ApMono a DE foi significativamente maior na estação chuvosa, o contrário ocorreu na área de mata onde na estação seca a DE foi significativamente maior ($p < 0,05$). Isto provavelmente ocorreu devido às diferenças na estrutura da vegetação, nos picos vegetativos, reprodutivos e fotossintéticos das comunidades de plantas e de diferenças na estratégia de sobrevivência dos FMAs nestes ecossistemas.

De maneira geral, na áreas ApMono e nas áreas em que estão presentes espécies de gramíneas (ApxPm, ApxBb e ApxBh), ocorreu maior densidade de esporos. Nestas áreas, também se observa um maior equilíbrio na DE entre as estações de coleta, provavelmente refletindo uma menor variabilidade fisiológica das plantas destes agrossistemas entre as duas estações. A maior eficiência fotossintética (característica das plantas C4) proporciona vantagens ecológicas às gramíneas, dando a elas a oportunidade de crescer mais rápido, praticamente o ano todo (Ludlow e Wilson, 1970; Fisher e Thornton, 1989), favorecendo as relações simbióticas com microrganismos, proporcionando aos FMAs associados, fotoassimilados em abundância e permitindo a dominância dos FMAs mais compatíveis na associação com as gramíneas.

As taxas de colonização também foram maiores na estação chuvosa, variando de 15 %, na área ApxPm, a 63 %, na área ApxBh, sendo este percentual significativamente superior ($p < 0,05$) ao verificado nos demais agrossistemas. Na estação seca variou de 5 a 37 %, nas mesmas áreas. Nas áreas ApxBb e ApxBh, onde o amendoim foi consorciado com braquiárias, verificam-se as maiores taxas de colonização radicular, sendo significativamente superior aos demais agrossistemas ($p < 0,05$), sugerindo que estas gramíneas favorecem a colonização do amendoim. O monocultivo do amendoim apresentou taxas de colonização superior à área ApxPm e semelhante à área de consórcio com cafeeiro ($p < 0,05$), nas duas estações avaliadas (Figura 5B).

Portanto, as gramíneas, principalmente as braquiárias, são plantas eficientes na multiplicação de FMAs, podendo aumentar sua fonte de inóculo, favorecendo a colonização do *A. pintoi*. Caso o fungo seja eficiente e a fertilidade do solo baixa, as gramíneas e o *A. pintoi* se beneficiam da simbiose melhorando sua nutrição e produção. Isso pode explicar a elevada adaptabilidade destas plantas aos solos ácidos e deficientes em P (Howeler et al. 1987).

3.3 Índices de Diversidade

Na tabela 7 são apresentados os índices de diversidade estimados para cada área. No monocultivo do amendoim, alguns índices são comparáveis ou mesmo maiores que os obtidos em outros agrossistemas, como se verifica ao se analisar a riqueza de espécies (RE) e a densidade de esporos (DE), principalmente na estação chuvosa. Considerando-se o índice de Shannon (H'), a diversidade de FMAs no amendoim em monocultivo ($H' = 0,388$) foi maior que a verificada nos consórcios com gramíneas (áreas ApxPm, ApxBb e ApxBh), com exceção da área ApxPm, na estação chuvosa.

De maneira geral, a maior dominância de espécies foi verificada nas áreas com a presença de gramíneas, destacando-se a área ApxPm com índice de Simpson $D = 0,810$, enquanto o amendoim em monocultivo apresentou valores intermediários, $D = 0,553$ e $D = 0,602$, nas estações seca e chuvosa, respectivamente. Quanto à equitabilidade entre as espécies de FMAs, avaliada pelo índice de Pielou (J'), percebe-se que os agrossistemas mais complexos, quanto à cobertura vegetal, tendem a ser mais equitativos que nas pastagens consorciadas. Estes resultados sugerem que as gramíneas favorecem ao gênero *Glomus*, como foi verificado na figura 4. A equitabilidade no monocultivo do amendoim foi mais aproximada daquela obtida nas áreas de consórcio com gramíneas.

Tabela 7. Índices de diversidade nos diferentes agrossistemas com *A. pintoi*, nas estações seca e chuvosa.

Agrossistemas	RE	DE (n = 4)	Índices		
			Shannon (H')	Simpson (D)	Pielou (J')
Estação seca					
ApMono	12	422	0,388	0,553	0,359
ApxPm	8	565	0,186	0,810	0,206
ApxBb	9	1999	0,213	0,752	0,223
ApxBh	7	496	0,374	0,502	0,443
Apxcafé	5	168	0,504	0,385	0,721
Capoeira	6	262	0,375	0,554	0,482
Mata	7	735	0,376	0,506	0,445
Média (n=28)	7,71	663,85	-	-	-
Desvio padrão	2,29	617,99	-	-	-
Estação chuvosa					
ApMono	9	1275	0,359	0,602	0,377
ApxPm	8	814	0,420	0,451	0,465
ApxBb	8	1909	0,237	0,750	0,262
ApxBh	4	808	0,237	0,726	0,394
Apxcafé	9	129	0,524	0,438	0,550
Capoeira	6	219	0,578	0,307	0,742
Mata	7	211	0,494	0,455	0,584
Média (n=28)	7,29	766,43	-	-	-
Desvio padrão	1,80	656,07	-	-	-

ApMono=*A. pintoi* em monocultivo; ApxPm=*A. pintoi* consorciado com *Panicum maximum*; ApxBb=*A. pintoi* consorciado com *Brachiaria brizanta* e *Pueraria phaseoloides*; ApxBh=*A. pintoi* consorciado com *Brachiaria humidicola*, *Pueraria phaseoloides* e *Calopogonium mucunoides*; ApxCafê=*A. pintoi* consorciado com cafeeiro. RE = Riqueza de espécies; DE = Densidade de esporos.

Na transição de sistemas naturais, mais estáveis, para agrossistemas, geralmente ocorre um aumento na densidade de FMAs (Sieverding, 1991). Segundo este autor, isto é resultado do aumento da esporulação das espécies em resposta à instabilidade e aos estresses ambientais. Com isto, há um aumento da dominância de algumas espécies mais adaptadas a estas condições, conforme foi verificado no presente estudo.

Analisando os índices de diversidade conjuntamente, se verifica que, de maneira geral, nas duas estações a ordem da diversidade segue o seguinte padrão, com pequenas variações entre os agrossistemas: maior diversidade (H'), maior equitabilidade (J') e menor dominância (D) ocorreram nas áreas Apxcafé, capoeira e mata; o inverso, ou seja, menor diversidade (H'), menor equitabilidade (J') e maior dominância (D) ocorreram nas áreas ApxPm, ApxBb e ApxBh (pastagens de gramíneas consorciadas), ficando o monocultivo do amendoim forrageiro (ApMono) com índices intermediários (Tabela 7).

Estes resultados mostram que amendoim forrageiro em monocultivo, mesmo sendo o agrossistema de aparente menor complexidade, favorece a ocorrência de diferentes espécies de FMAs, sugerindo que esta leguminosa é bastante promíscua, servindo como uma boa hospedeira para os fungos micorrízicos autóctones. Segundo Saggin-Júnior e Siqueira (1996) as razões pelas quais as leguminosas influenciam a ecologia dos fungos micorrízicos arbusculares ainda são desconhecidas. Porém, como esse grupo de plantas é capaz de produzir uma grande variabilidade de metabólitos, como flavonóides, pode ser a explicação para a elevada capacidade hospedeira do amendoim forrageiro, favorecendo a colonização e a esporulação dos FMAs associados (Baptista e Siqueira, 1994; Romero e Siqueira, 1996).

3.4 Frequência e Abundância Relativa

Na Tabela 8 são apresentados os índices de frequência (FR) e abundância relativas (AR) das espécies de FMAs nas estações seca e chuvosa. Verifica-se que *Glomus macrocarpum* foi a espécie mais freqüente e mais abundante nas duas estações, estando

presente em mais de 90 % das amostras, com uma AR em torno de 70 %. A Segunda espécie mais freqüente foi *Acaulospora foveata*, na estação seca, e *Glomus sp. 1* na estação chuvosa, ambas com ocorrência em 50 % das amostras. Em abundância, destacaram-se, ainda, *A. mellea* com AR de 16,19 e 8,66 % e *Glomus sp. 1*, com AR de 14,12 e 10,55 %, nas estações seca e chuvosa, respectivamente. Resultados similares foram obtidos por Silva Júnior (2004), Silva et al. (2006) e em outros estudos científicos realizados por vários autores em diferentes ecossistemas e sistemas de cultivo, mostrando o amplo grau de distribuição destas espécies de FMAs na zona tropical.

Na maioria das amostras, verifica-se que a grande dominância de *G. macrocarpum* está associada à presença de gramíneas, sugerindo uma alta afinidade fungo-planta entre estes simbiossistemas, nas condições edafoclimáticas locais. Esta afinidade parece estender-se, também, ao amendoim, já que no monocultivo dessa forrageira, verificou-se uma abundância relativa de *G. macrocarpum* superior a 70 %, nas duas estações (Tabela 9).

Estes resultados também corroboram a grande plasticidade de *G. macrocarpum* em adaptar-se a áreas com diferentes graus de perturbação e a diferentes plantas hospedeiras, visto que na área de mata sua abundância relativa foi de 27 % na estação seca e 65 % na chuvosa (Tabela 9).

Tabela 8. Freqüência e Abundância Relativas de espécies de Fungos Micorrízicos Arbusculares (FMAs) encontradas em amostras de solo de sete agrossistemas no Estado do Acre, nas estações seca e chuvosa.

Espécies de FMAs	Freqüência (%)		Abundância (%)	
	Est. seca	Est. chuvosa	Est. seca	Est. chuvosa
<i>Acaulospora foveata</i>	50,0	32,1	0,33	0,54
<i>Acaulospora laevis</i>	10,7	17,9	0,05	0,29
<i>Acaulospora mellea</i>	17,9	14,3	16,19	8,66
<i>Acaulospora scrobiculata</i>	14,3	32,1	0,05	0,29
<i>Acaulospora sp.1</i> (esporo amarelo)	14,3	3,6	0,05	0,03
<i>Acaulospora sp.2</i> (esporo hialino)	3,6	7,1	0,01	0,06
<i>Acaulospora tuberculata</i>	3,6	7,1	0,18	0,28
<i>Entrophospora colombiana</i>	10,7	-	0,06	-
<i>Gigaspora sp.</i>	-	3,6	-	0,02
<i>Glomus clavisorum</i> (<i>Sclerocystis</i>)	3,6	-	0,03	-
<i>Glomus etunicatum</i>	3,6	-	0,02	-
<i>Glomus macrocarpum</i>	96,4	89,3	68,01	69,48
<i>Glomus microcarpum</i>	-	3,6	-	0,03
<i>Glomus rubiforme</i> (<i>Sclerocystis</i>)	3,6	-	0,02	-
<i>Glomus sp.1</i> (esporo branco)	3,6	50,0	14,12	10,55
<i>Glomus sp.2</i> (esporo castanho)	21,4	10,7	0,18	8,84
<i>Glomus sp. 3</i> (esporo hialino)	-	3,6	-	0,06
<i>Glomus tortuosum</i>	3,6	-	0,05	-
<i>Scutelospora heterogama</i>	3,6	3,6	0,27	0,59
<i>Scutelospora scutata</i>	7,1	3,6	0,22	0,05
<i>Scutelospora sp.</i> (esporo castanho)	3,6	7,1	0,15	0,25

As maiores freqüências e abundâncias estão destacadas em negrito. n = 28 amostras.

Tabela 9. Média da ocorrência de esporos (em 50 cm³ de solo) e a abundância relativa (AR%) das espécies de FMAs em agrossistemas, nas estações seca (junho/2004) e chuvosa (janeiro/2005), em Rio Branco, AC.

Espécies de FMAs	ApMono			ApXPm			ApXBb			ApXBh			ApXCafê			Capoeira			Mata		
	Média	EPM	AR%	Média	EPM	AR%	Média	EPM	AR%	Média	EPM	AR%	Média	EPM	AR%	Média	EPM	AR%	Média	EPM	AR%
Estação seca																					
<i>A. foveata</i>	0,5	± 0,5	0,1	2,0	± 0,6	0,4	1,0	± 1,0	0,1	-	-	-	6,3	± 0,8	3,7	3,8	± 0,7	1,4	2,0	± 1,7	0,3
<i>A. laevis</i>	-	-	-	1,0	± 1,0	0,2	-	-	-	1,3	± 0,9	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>A. mellea</i>	17,3	± 6,5	4,1	-	-	-	27,0	± 5,5	1,4	17,8	± 5,6	3,6	21,0	± 1,8	12,5	188,8	± 90,0	72,1	481,0	± 58,5	65,4
<i>A. scrobiculata</i>	0,3	± 0,2	0,1	-	-	-	0,8	± 0,7	0,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,5	± 0,9	0,2
<i>Acaulospora sp.1</i>	0,8	± 0,7	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,8	± 0,7	0,3	1,0	± 1,0	0,1
<i>Acaulospora sp.2</i>	-	-	-	-	-	-	0,5	± 0,5	0,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>A. tuberculata</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7,3	± 2,3	1,5	-	-	-	1,3	± 1,2	0,5	-	-	-
<i>E. colombiana</i>	-	-	-	-	-	-	0,8	± 0,7	0,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,3	± 1,4	0,3
<i>G. clavisorum</i>	0,5	± 0,5	0,1	-	-	-	-	-	-	0,8	± 0,7	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>G. etunicatum</i>	-	-	-	1,0	± 1,0	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>G. macrocarpum</i>	301,0	± 110,0	71,3	506	± 159,0	90,0	1716,0	± 339,4	85,9	316,0	± 100,5	63,8	92,5	± 9,0	55,1	29,8	± 13,6	11,4	198,8	± 22,5	27,0
<i>G. rubiforme</i>	-	-	-	0,8	0,7	0,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Glomus sp.1</i>	87,5	± 32,0	20,7	46,8	± 14,2	8,3	241,0	± 47,5	12	152,0	± 48,8	30,7	43,3	± 6,2	25,8	37,5	± 17,1	14,3	48,5	± 6,1	6,6
<i>Glomus sp.2</i>	2,0	± 1,2	0,5	1,3	± 1,4	0,2	5,0	± 2,2	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>G. tortuosum</i>	1,8	± 0,5	0,4	-	-	-	-	-	-	0,5	± 0,5	0,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>S. heterogama</i>	1,3	± 0,2	0,3	-	-	-	6,5	± 1,3	0,3	-	-	-	4,8	± 0,8	2,8	-	-	-	-	-	-
<i>S. scutata</i>	2,5	± 0,6	0,6	7,8	± 2,5	1,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Scutelospora sp.</i>	7,0	± 2,8	1,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Estação chuvosa																					
<i>A. foveata</i>	5,8	± 2,2	0,5	-	-	-	1,5	± 1,5	0,1	13,0	± 4,0	1,6	5,5	± 0,6	4,3	5,8	± 1,6	2,6	-	-	-
<i>A. laevis</i>	3,3	± 3,2	0,3	-	-	-	13,0	± 5,2	0,7	-	-	-	0,8	± 0,7	0,6	-	-	-	-	-	-
<i>A. mellea</i>	180	± 21,0	14,1	85,8	± 28,5	10,5	131,0	± 14,8	6,9	17,3	± 6,3	2,1	26,8	± 1,7	20,7	42,5	± 11,7	19,3	26,0	± 7,0	12,3
<i>A. scrobiculata</i>	4,3	± 2,6	0,3	2,0	± 2,0	0,3	2,5	± 2,5	0,1	-	-	-	3	± 1,9	2,3	4,5	± 1,7	2,1	1	± 1,0	0,5
<i>Acaulospora sp.1</i>	1,8	± 1,7	0,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Acaulospora sp.2</i>	-	-	-	-	-	-	2,0	± 2,0	0,1	-	-	-	1,3	± 1,2	1,0	-	-	-	-	-	-
<i>A. tuberculata</i>	2,5	± 1,4	0,2	1,8	± 1,7	0,2	-	-	-	-	-	-	5,8	± 0,6	4,5	6,3	± 1,2	2,9	-	-	-
<i>Gigaspora sp.</i>	-	-	-	1,3	± 1,2	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>G. macrocarpum</i>	969,0	± 103,5	76,0	487,0	± 167,0	60,0	1644,0	± 147,0	86,1	682,0	± 208,0	84,3	80,5	± 6,4	62,4	82,8	± 23,6	37,6	138,0	± 38,1	65,5
<i>G. microcarpum</i>	-	-	-	1,8	± 1,7	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Glomus sp.1</i>	73,8	± 7,7	5,8	232,0	± 78,5	28,5	111,0	± 47,7	5,8	96,5	± 30,3	11,9	4,8	± 3,0	3,7	78,0	± 22,4	35,5	23,5	± 6,2	11,1
<i>Glomus sp.2</i>	-	-	-	2,0	± 1,2	0,3	-	-	-	-	-	-	0,8	± 0,7	0,6	-	-	-	5,0	± 1,7	2,4
<i>Glomus sp.3</i>	-	-	-	-	-	-	3,8	± 3,7	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>S. heterogama</i>	34,8	± 4,4	2,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>S. scutata</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,0	± 0,8	1,4
<i>Scutelospora sp.</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14,5	± 4,0	6,9

EPM= Erro padrão da média (n=4); ApMono= *A. pintoi* em monocultivo; ApXPm= *A. pintoi* consorciado com *Panicum maximum*; ApXBb= *A. pintoi* consorciado com *Brachiaria brizanta* e *Pueraria phaseoloides*; ApXBh= *A. pintoi* consorciado com *Brachiaria humidicola*, *Pueraria phaseoloides* e *Calopogonium mucunoides*; ApXCafê= *A. pintoi* consorciado com cafeeiro.

3.5 Agrupamento dos Agrossistemas

Com os dados de abundância relativa das espécies de FMAs foram construídos os dendrogramas do agrupamento dos agrossistemas mostrados na Figura 6. Na estação seca (Figura 6A), de maneira geral, os agrossistemas foram agrupados de acordo com a complexidade da cobertura vegetal.

Verifica-se que as áreas de mata e capoeira formaram um grupo com cerca de 90 % de similaridade, porém não apresentando similaridade com os demais grupos formados (100 % de distância de ligação), os quais são constituídos por áreas cultivadas. Os outros dois grupos

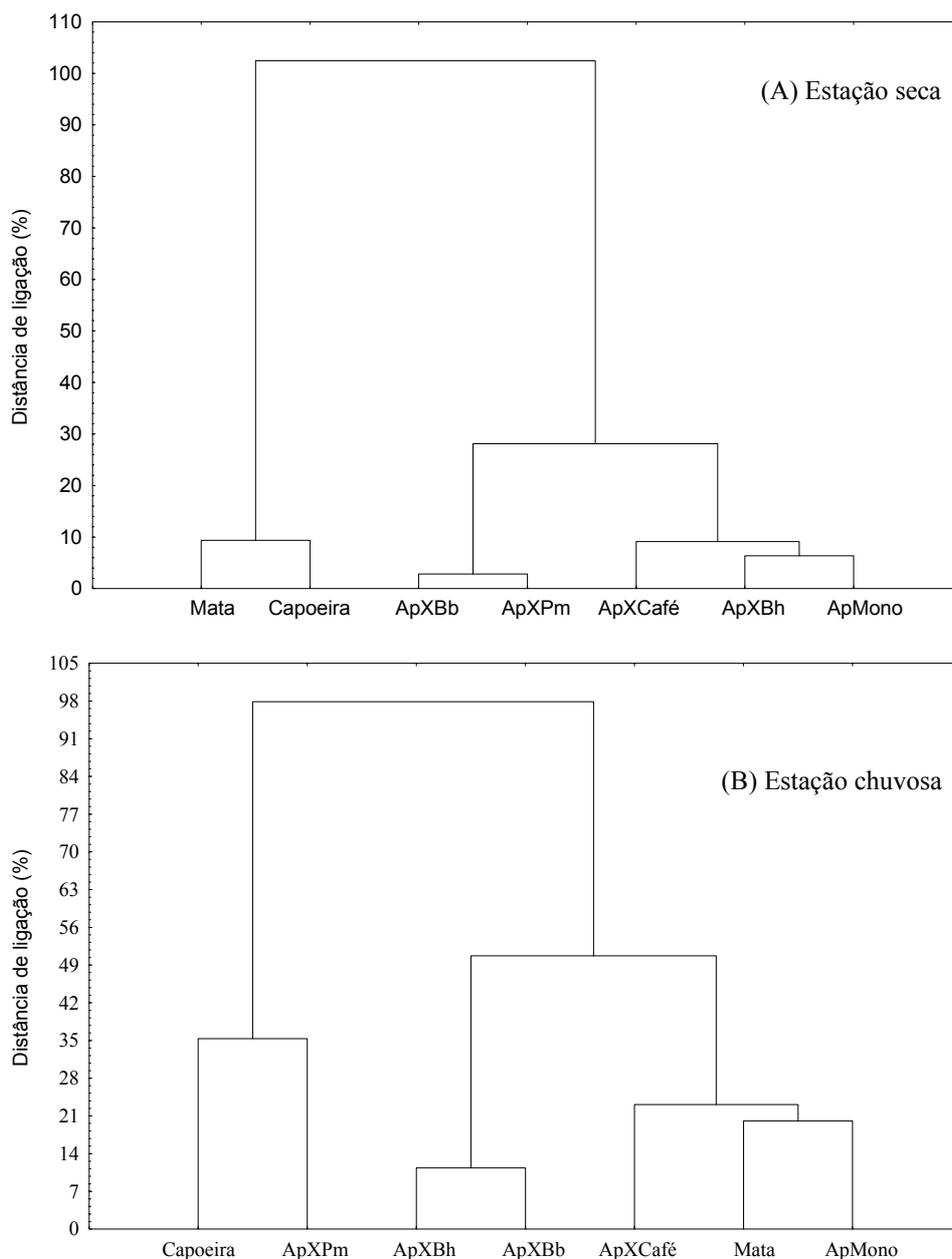


Figura 6. Dendrograma da análise de agrupamento (distância euclidiana, método de Ward) baseado na abundância relativa das espécies de FMAs nos agrossistemas nas estações seca (A) e chuvosa (B). ApMono=*A. pintoi* em monocultivo; ApXPm=*A. pintoi* consorciado com *Panicum maximum*; ApXBb=*A. pintoi* consorciado com *Brachiaria brizanta* e *Pueraria phaseoloides*; ApXBh=*A. pintoi* consorciado com *Brachiaria humidicola*, *Pueraria phaseoloides* e *Calopogonium mucunoides*; ApXCafé=*A. pintoi* consorciado com cafeeiro.

formados apresentam similaridade de 70 %. Um deles agrupa o consórcio *A. pintoi* x *B. brizantha* x *P. phaseoloides* e *A. pintoi* x *P. maximum* com similaridade de 97 %. O outro grupo, com 90 % de similaridade foi formado pelo *A. pintoi* x cafeeiro, *A. pintoi* x *B. humidicola* x *P. phaseoloides* x *C. mucunoides* e pelo *A. pintoi* em monocultivo, estando os dois últimos agrossistemas formando um subgrupo com 92 % de similaridade.

Na estação chuvosa (Figura 6B), a formação dos grupos parece seguir padrões mais aleatórios, não sendo possível perceber tendências associadas à vegetação, com exceção do agrupamento dos dois agrossistemas com a presença de espécies do gênero *Brachiaria* (ApxBh e ApxBb) com similaridade de cerca de 90 %.

Os agrupamentos formados mostram que o grau de similaridade entre os agrossistemas varia com a estação. Esta variação, provavelmente, se deve aos fatores que afetam a colonização micorrízica, como as variações climáticas, que modificam as relações hídricas nas áreas de acordo com a estação. Outros fatores importantes são os relacionados à planta hospedeira em suas diferentes fases fenológicas e aos próprios FMAs, que podem apresentar diferentes estratégias de sobrevivência em cada estação. Desta forma, na estação seca, quando os recursos do meio são mais limitados, os agrossistemas foram agrupados seguindo a complexidade da vegetação, sendo mais similares os agrossistemas mais complexos, como a mata e a capoeira que formaram um grupo sem similaridade com o grupo formado pelas áreas menos complexas (consórcios e monocultivo). Enquanto que na estação chuvosa, quando há uma maior disponibilidade de recursos e as plantas encontram-se em picos vegetativos ou reprodutivos, os agrupamentos formados com base na abundância dos FMAs pareceram seguir padrões mais aleatórios, não seguindo a complexidade da cobertura vegetal. Isto possivelmente se deve à capacidade do *A. pintoi* de ser um bom hospedeiro para diferentes espécies de FMAs, contribuindo para aumentar os índices de diversidade de FMAs e tornando os agrossistemas mais equitativos. Desta maneira, se justificaria o grupo formado entre as áreas de maior complexidade (mata) com a menos complexa (monocultivo do *A. pintoi*), com cerca de 80 % de similaridade (Figura 6B).

Os resultados deste trabalho sugerem que o *Arachis pintoi* contribui para aumentar a presença de FMAs nos agrossistemas. A associação com grande número de espécies de fungos micorrízicos pode, em parte, explicar o bom desempenho dessa leguminosa em diversas condições de cultivo. Resultados semelhantes foram obtidos por Bennedeti et al. (2005), constatando que algumas leguminosas, como a mucuna cinza (*Stizolobium niveum*), apresentam associação com várias espécies de fungos micorrízicos, demonstrando que estas culturas favorecem a diversidade de FMAs. Outros trabalhos desenvolvidos em condições de campo, demonstram que o cultivo das leguminosas *Leucaena leucocephala*, *Crotalaria spectabilis*, *C. brevisflora*, *C. mucronata*, *Mucuna aterrima*, *M. pruriens* e *Vigna unguiculata* favorecem a esporulação, a abundância e a diversidade de espécies de fungos micorrízicos no solo, provavelmente devido a este grupo de plantas produzir uma grande variedade de metabólitos secundários, como os aromáticos biologicamente ativos, que favorecem a esporulação dos FMAs (Collozzi-Filho e Balota, 1994b).

Estas informações podem ser úteis no desenvolvimento de sistemas baseados no manejo dos FMAs autóctones, visando aumentar a sustentabilidade e o rendimento das práticas agrícolas nas regiões tropicais. A ampla associação com fungos micorrízicos, além de outras características benéficas do amendoim forrageiro, como a fixação biológica de nitrogênio, o qualificam como uma boa opção de uso como componente de sistemas baseados no manejo ecológico do solo.

3.6 Espécies Recuperadas na Cultura Armadilha

Nos vasos de cultura armadilhas, foram recuperadas as espécies *A. foveata*, *A. scrobiculata*, *A. tuberculata*, *Acaulospora sp. 1*, *Acaulospora sp. 2*, *Gigaspora sp.*, *Glomus sp. 1*, *Glomus sp. 2* e *Glomus sp. 3*, sugerindo uma grande diversidade de fungos colonizando as raízes de *A. pintoi*. Algumas espécies extraídas do solo não foram recuperadas na cultura armadilha, entre as quais a espécie dominante *Glomus macrocarpum*, possivelmente devido às condições edafoclimáticas do cultivo terem sido diferentes das áreas originais, indicando diferenças de adaptação ao ambiente. Diferenças de adaptação ao ambiente de cultivo da cultura armadilha também foi relatado por Carneiro et al. (1999), estudando o efeito da inoculação de uma mistura dos FMAs *Glomus etunicatum*, *G. clarum*, *Gigaspora margarita* e *Acaulospora Scrobiculata*, no estabelecimento de estilosantes, capim-gordura e capim-braquiária em Latossolo Vermelho-Escuro da região de Lavras, MG. Foi verificado que, dos fungos introduzidos, foram recuperadas apenas as espécies *G. etunicatum* e *A. Scrobiculata*, no período de estudo.

4 CONCLUSÕES

- O amendoim forrageiro é colonizado por FMAs autóctones e hospeda pelo menos cinco gêneros, sendo *Glomus*, *Acaulospora* e *Scutelospora* os mais comuns;
- Nos agrossistemas estudados, a espécie dominante na rizosfera desta leguminosa é *Glomus macrocarpum*, seguido de *A. mellea* e *Glomus sp.1*;
- As áreas com a presença de gramíneas apresentam menor diversidade, menor equitabilidade e maior dominância de espécies de FMAs;
- A diversidade das espécies de FMAs foi proporcional à complexidade dos agrossistemas, sendo maior na estação chuvosa;
- A abundância de espécies de FMAs foi útil para discriminar os agrossistemas mais similares, de acordo com a complexidade da cobertura vegetal, apenas na estação seca;
- O amendoim forrageiro em monocultivo, apresenta índices de diversidade de FMAs comparáveis aos de agrossistemas mais complexos, mostrando que pode aumentar a presença destes fungos nos sistemas produtivos e melhorar a qualidade biológica do solo.

CAPÍTULO II

SELEÇÃO DE FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES PARA A PRODUÇÃO DE MUDAS DE AMENDOIM FORRAGEIRO A PARTIR DE SEMENTES E ESTOLÕES

RESUMO

Foram estabelecidos dois experimentos em casa-de-vegetação da Embrapa Agrobiologia, em Seropédica, RJ, com o objetivo de selecionar as espécies de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) mais eficientes em promover o crescimento das mudas de amendoim forrageiro, originadas de sementes e do enraizamento de estolões. Os solos usados como substrato foram coletados de um Planossolo e um Argissolo de baixa fertilidade, esterilizados por autoclavagem. No primeiro experimento foram utilizadas bandejas isopor de 72 células, com capacidade para 100 cm³ de substrato, em um delineamento inteiramente casualizado com os tratamentos arranjados em parcelas subdivididas. Nas parcelas (bandejas inteiras), foram alocados os oito tratamentos de inoculação e nas subparcelas (metade das bandejas) foram alocadas as duas formas de propagação, com quatro repetições. As espécies de FMAs inoculadas foram: *Acaulospora morrowiae*, *Entrophospora colombiana*, *Gigaspora margarita*, *Glomus clarum*, *Glomus etunicatum*, *Scutellospora heterogama* e os controles inoculados com rizóbio e sem FMA, e sem inoculação de FMA nem de rizóbio. No segundo experimento foram utilizados vasos com capacidade para 1,8 kg de substrato, tratados com dosagens crescentes de fósforo (P): 0, 33, 100, 300 e 900 mg kg⁻¹, sendo utilizadas apenas mudas originadas do enraizamento de estolões. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com os tratamentos em esquema fatorial 5 x 5 (cinco tratamentos de inoculação e cinco níveis de P). Cada parcela foi constituída por uma planta, com cinco repetições. As espécies de FMAs inoculadas foram as quatro primeiras citadas para o experimento anterior, mais o controle não inoculado. Foi observado que o tipo de propagação das mudas não influenciou na capacidade de estabelecimento e colonização das espécies de FMAs, porém as mudas originadas de sementes produziram matéria seca em quantidade superior àquela obtida do enraizamento de estolões, com destaque para as espécies *E. colombiana*, *G. margarita*, *G. clarum* e *A. morrowiae*. Nas mudas originadas do enraizamento de estolões, no primeiro experimento, não foi possível detectar a ocorrência de benefícios da micorrização. Porém, no segundo experimento houve resposta das mudas ao aumento da disponibilidade de P, sendo *G. clarum* a espécie mais eficiente em promover o crescimento das mudas do *A. pintoii* em condição de baixa disponibilidade de P, enquanto *A. morrowiae* foi mais eficiente na maior dose de P.

Palavras-chave: *Arachis pintoii*. Simbiose mutualista. Propagação vegetativa.

ABSTRACT

The experiments were established at greenhouse of Embrapa Agrobiologia in Seropédica - RJ, with the objective of selecting the species of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) more effective in promoting the growth of peanut forage seedlings, obtained from seeds or stolons. The material used as substrate was sampled from Fragiudult and Udult soils, of low fertility, sterilized by autoclaving. In the first experiment were used polystyrene trays of 72 cells, with capacity for 100 cm³ of substrate. The experiment was arranged in a completely randomized split plot design. The whole plot was the tray, which were allocated the eight treatments of inoculation and the subplots was the half of the tray where the two forms of propagation were allocated, with four replications. The AMF species inoculated were: *Acaulospora morrowiae*, *Entrophospora colombiana*, *Gigaspora margarita*, *Glomus clarum*, *Glomus etunicatum*, *Scutellospora heterogama* and two controls, one inoculated only with *rhizobium* without AMF and another without AMF or *rhizobium*. In the second experiment were used pots with a capacity of 1.8 kg of substrate, treated with increasing doses of phosphorus (P): 0, 33, 100, 300 and 900 mg kg⁻¹, being used only seedlings from stolons rooting. The experiment was arranged in a completely randomized factorial 5 x 5 design (five treatments of inoculation and five levels of P). Each plot consists of a plant, with five replicates. The AMF species inoculated were the first four cited for the former experiment, more not inoculated control. It was observed that the seedlings origin did not influence on the ability of AMF species to establish and colonizing, but, the seedlings from seeds produced higher shoots and roots dry matter than that from stolons rooting, with a superiority for the species *E. colombiana*, *G. margarita*, *G. clarum* and *A. morrowiae*. The seedlings from stolons rooting, in the first experiment, were not possible to detect benefits of mycorrhization. The second experiment shows response of P availability on increase the seedlings. *G. Clarum* was the species most effective on promoting the growth of *A. Pintoi* seedlings in a low availability P condition, while *A. morrowiae* was more efficient in higher P treatment.

Key words: *Arachis pintoii*. Mutualistic symbiosis. Vegetative propagation.

1 INTRODUÇÃO

A carência de informações sobre o potencial e limitações dos recursos naturais da Amazônia e a utilização de espécies forrageiras não adaptadas às condições tropicais, tem conduzido à insustentabilidade dos sistemas pecuários tradicionais. Nesta região têm sido constatados problemas, como o aumento da incidência de pragas e doenças, a degradação das pastagens e do solo, resultando na redução do suprimento de forragem em quantidade e qualidade, especialmente durante a estação seca (Valentim, 1996).

A diversificação das pastagens, por meio da introdução de leguminosas forrageiras perenes nos sistemas de produção tradicionais, tem sido sugerida como alternativa para minimizar alguns destes problemas (Teixeira Neto et al., 2000; Valentim e Carneiro, 2000). Uma das principais dificuldades para a implantação de leguminosas em consórcio com pastagens é a ausência de técnicas apropriadas para o seu estabelecimento, devido ao seu crescimento mais lento em relação à maioria das gramíneas, principalmente no caso de espécies herbáceas. Como conseqüência, grande parte dos insucessos na persistência de leguminosas em consórcio com gramíneas, pode ser reflexo de falhas técnicas durante a implantação da leguminosa (Pereira, 2001).

O amendoim forrageiro (*Arachis pintoi* Krap. e Greg.) apresenta boa adaptação a diversas condições edafoclimáticas, é compatível em associações com gramíneas e persistente sob pastejo pesado. Porém, a maioria dos acessos produz pouquíssimas sementes e o seu preço atinge elevados valores no mercado, inviabilizando o estabelecimento da cultura, em grandes áreas, por esta via. Desta forma, a produção de mudas em viveiro a partir do enraizamento de estolões e colonizadas com FMAs eficientes, pode ser uma alternativa para viabilizar a expansão desta cultura.

A técnica de propagação vegetativa do amendoim forrageiro mais utilizada é a do enraizamento de estolões plantados diretamente nas pastagens. Este sistema, apesar de sua simplicidade e economia, requer alguns cuidados e condições adequadas para que se obtenha sucesso no estabelecimento das plantas, as quais dependerão fundamentalmente das condições fisiológicas das plantas doadoras dos estolões e de fatores climáticos (Valentim et al., 2000; 2001).

A não observação das condições ótimas, a ocorrência de veranicos e o manejo inadequado da pastagem, podem resultar no insucesso do estabelecimento do amendoim forrageiro, principalmente quando propagado vegetativamente. Desta forma, é importante a geração de informações buscando aperfeiçoar o sistema de produção de mudas de *Arachis pintoi*, por enraizamento de estolões e por sementes, de modo a reduzir os riscos de insucesso de sua introdução em pastagens, principalmente naquelas já estabelecidas.

Os fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) são organismos importantes na nutrição de plantas. Em solos de baixa a média fertilidade, eles contribuem para aumentar a eficiência da absorção, auxiliando no transporte de nutrientes, principalmente daqueles de baixa mobilidade no solo, como P, Zn e Cu, tornando-os mais biodisponíveis às plantas. Desta forma, a micorrização das mudas pode aumentar o seu crescimento no viveiro e facilitar o estabelecimento no campo, com economia de fertilizantes, principalmente dos fosfatados.

As plantas podem se beneficiar de forma diferenciada da micorrização, de acordo com a espécie de FMA inoculada, dependendo do funcionamento e da eficiência da simbiose, para as diferentes combinações de espécies de fungos x planta hospedeira. Portanto, o

conhecimento da interação entre as plantas cultivadas e os diferentes fungos micorrízicos é importante para o desenvolvimento de sistemas de produção de mudas e a inoculação de FMAs eficientes pode melhorar o desempenho do amendoim forrageiro no campo.

Portanto, este estudo teve como objetivo selecionar espécies de FMAs eficientes em promover o crescimento de mudas de amendoim forrageiro produzidas a partir de sementes e do enraizamento de estolões em condição de substrato de baixa fertilidade, com e sem fertilização suplementar e em diferentes níveis de disponibilidade de fósforo, tendo como recipientes bandejas de isopor de 72 células e vasos com capacidade para 1,8 kg de substrato.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Foram estabelecidos dois experimentos em casa-de-vegetação na Embrapa Agrobiologia, em Seropédica, RJ, descritos a seguir, sendo o primeiro executado no período de abril a julho de 2005 e o segundo de abril a outubro de 2007.

2.1 Material de Solo

No experimento 1 o solo usado como substrato foi o horizonte superficial de um Planossolo, coletado no campo experimental do “Terraço” na Embrapa Agrobiologia e no experimento 2, um argissolo coletado do horizonte subsuperficial em um corte de estrada localizado na via de acesso à cidade de Pinheiral, RJ, a 22° 31' 23,5” de latitude Sul, 43° 59' 50,3” de longitude Oeste e 424 m de altitude, misturado com areia lavada na proporção de 2,5:1. Os materiais de solos coletados foram trazidos para casa de vegetação, onde foram secos, peneirados em malha de 4 mm e analisados, apresentando as características químicas mostradas na Tabela 10.

Tabela 10. Análise química dos solos usados nos experimentos, coletados no campo experimental do “Terraço” na Embrapa Agrobiologia, em Seropédica, RJ e no Município de Pinheiral, RJ.

Solo	pH em H ₂ O (2:1)	Al ⁺³ -----cmolc.dm ⁻³ -----	Ca ⁺² + Mg ⁺² -----cmolc.dm ⁻³ -----	P -----mg.dm ⁻³ -----	K -----mg.dm ⁻³ -----	C -----g.kg ⁻¹ -----	MO	N
Terraço	6,6	0,0	2,2	9,0	69,0	6,6	11,4	0,88
Pinheiral	4,3	0,7	0,7	3,0	23,0	2,4	4,0	0,44

Al, Ca, Mg, P e K – Embrapa (1997); N – Método Kjeldahl (Alves et al., 1994); C – Carbono orgânico (Método Walkley e Black, 1934).

O solo do experimento 1 (Terraço) não recebeu fertilização adicional, enquanto que o solo do experimento 2 (Pinheiral) foi submetido a calagem, com a aplicação de 0,7 g kg⁻¹ de calcário calcítico, PRNT de 75 %, correspondendo a uma aplicação de 2,8 ton.ha⁻¹. Ambos os solos foram, então, submetido ao processo de esterilização por autoclavagem, por duas vezes a 120 °C, 1,0 kgf.cm⁻², por 60 minutos, em dias consecutivos. Foram deixados secar e em repouso por uma semana após a autoclavagem, para estabilização dos teores de manganês e, então, os recipientes foram preenchidos com o material.

2.2 Tratamentos e Delineamento Experimental

2.2.1 Experimento 1: Seleção de FMAs para produção de mudas em bandejas de isopor

Foram estudados oito tratamentos de inoculação com diferentes espécies de FMAs, procedentes da Coleção de Fungos Micorrízicos Arbusculares da Embrapa Agrobiologia. As espécies foram as seguintes: *Acaulospora morrowiae* Spain e Shenck (CNPAB 019), *Entrophospora colombiana* Spain e Shenck (CNPAB 015), *Gigaspora margarita* Becker e Hall (CNPAB 001), *Glomus clarum* Nicolson e Schenck (CNPAB 005), *Glomus etunicatum* Becker e Gerdemann (CPATSA 31), *Scutellospora heterogama* (Nicol. e Gerd) Walker e Sanders (CNPAB 002) e dois controles: um sem inoculação de FMA, mas inoculado com rizóbio (Ni1) e o outro, sem inoculação de FMA nem de rizóbio (Ni2).

O experimento foi estabelecido utilizando-se bandejas de isopor de 72 células, com capacidade para 100 cm³ de substrato, em um delineamento inteiramente casualizado, com os tratamentos arranjados em esquema de parcela subdividida, com quatro repetições, totalizando 16 tratamentos e 32 parcelas (bandejas). A parcela foi constituída pela bandeja inteira, onde foi alocado um tratamento de inoculação de FMA e a subparcela foi a metade da

bandeja (36 células) onde foi alocada uma das formas de propagação da planta estudada (sementes ou enraizamento de estolões).

A inoculação de cada espécie de FMAs foi realizada diretamente nas bandejas, aplicando-se 1 cm³ de solo-inóculo por célula, contendo pedaços de raízes infectadas, hifas e cerca de 50 esporos. O inóculo foi colocado em orifícios com três centímetros de profundidade, aberto no centro da célula, antes do plantio. No tratamento controle (não inoculado) foi colocado 1 cm³ de solo-inóculo autoclavado, em seguida foi adicionado nas células de todos os tratamentos 1 ml de um filtrado dos solos-inóculos, isentos de propágulos de FMAs, com a finalidade de equilibrar as populações microbianas, acompanhantes do inóculo micorrízico, entre os tratamentos. Todos os tratamentos, exceto o controle Ni2, receberam a inoculação da estirpe BR 1405 de rizóbio, indicada para o *A. pintoi*, procedente da coleção de *Bradyrhizobium* da Embrapa Agrobiologia.

2.2.2 Experimento 2: Seleção de FMAs sob diferentes condições de fertilização fosfatada

Foram avaliadas quatro espécies de FMAs pré-selecionadas no experimento 1: *Acaulospora morrowiae* Spain e Shenck (CNPAB 019), *Entrophospora colombiana* Spain e Shenck (CNPAB 015), *Gigaspora margarita* Becker e Hall (CNPAB 001), *Glomus clarum* Nicolson e Schenck (CNPAB 005) e o controle não inoculado (Ni). O substrato foi fertilizado com dosagens crescentes de fósforo: 0, 33, 100, 300 e 900 mg.kg⁻¹ e após a aplicação do fertilizante, estas dosagens corresponderam, respectivamente, a 3,0, 3,7, 14,3, 37,6 e 103,9 mg.dm⁻³ de P disponível pelo extrator Mehlich I, por ocasião do plantio. Como fonte de P foi utilizado superfosfato triplo triturado por 30 segundos em um moinho analítico Tekmar[®] A-10. Após ser moído o adubo foi passado em uma peneira número 20 (0,42 mm) visando eliminar as partículas mais grossas e acelerar a reação com o solo, sendo em seguida misturado com o substrato.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com os tratamentos em esquema fatorial 5 x 5 (cinco tratamentos de inoculação e cinco níveis de P). Cada parcela foi constituída por uma planta (vaso) com cinco repetições, totalizando 125 vasos, com capacidade para 1,8 kg de substrato. Neste experimento foram usadas apenas mudas propagadas vegetativamente por enraizamento de estolões e os tratamentos de inoculação das espécies de FMA foram realizados de acordo com a descrição feita no item 2.2.1, acima.

2.3 Material Vegetal e de Cultivo

As sementes do amendoim forrageiro foram provenientes de Rio Branco, AC, e produzidas na Embrapa Acre (cv. Amazônia, em processo de lançamento). Os estolões usados nos dois experimentos foram coletados da cv. Belmonte na coleção de acessos de *A. pintoi* da Embrapa Agrobiologia. As plantas doadoras dos estolões não foram submetidas a adubação adicional antes da coleta, sendo realizados, apenas, os tratamentos de rotina de manutenção da coleção.

Os estolões foram cortados com tamanho entre 15 e 20 cm, de modo a conter pelo menos três nós e foram plantados de modo que pelo menos um nó ficasse enterrado no substrato. As sementes e estolões foram tratados, antes do plantio com hipoclorito de sódio a 2%, durante 20 minutos, sendo anteriormente submersas em uma solução de sacarose a 10% e agitadas por 16 horas, com o objetivo de ativar e sensibilizar a comunidade microbiana e tornar a desinfestação mais eficiente.

No experimento 1 (bandejas), foram colocados três sementes ou dois estolões por célula e no experimento 2 quatro estolões/vaso, deixando-se apenas uma planta (a mais vigorosa) após a germinação ou brotação. O desbaste foi realizado 15 dias após o plantio nas mudas de sementes e 30 dias nas de estolões. Antes do plantio o pericarpo das sementes foi retirado, plantando-se apenas as amêndoas. A reposição da água evapotranspirada nos

experimentos foi realizada por irrigação manual, com água deionizada, pela manhã e à tarde, conforme a necessidade. No experimento 2, semanalmente foi feita aplicação de 10 ml/vaso da solução nutritiva de Hoagland (Hoagland e Arnon, 1951), modificada para uso em experimento de micorrizas em leguminosas, contendo 1/3 do N e sem fósforo.

2.4 Avaliações

O experimento 1 foi avaliado colhendo-se aleatoriamente quatro plantas de cada subparcela, aos 60 e 100 dias após o plantio (dap). A sobrevivência das mudas foi avaliada por ocasião da primeira coleta (60 dap), mensurando-se o número de células com plantas vivas e expressando o resultado em percentual do total das 36 células plantadas com sementes ou estolões em cada tratamento.

Em cada célula das bandejas colhidas, foram mensuradas as taxas percentuais de colonização das raízes por FMAs e o número de esporos por 100 cm³ de substrato (volume das células das bandejas), além da produção de matéria seca da parte aérea e das raízes, e do acúmulo de nutrientes nos tecidos da parte aérea. No caso das mudas produzidas a partir do enraizamento de estolões (nos dois experimentos), na avaliação da produção de matéria seca da parte aérea foram consideradas apenas as brotações emitidas após o plantio, sendo desconsiderado o corpo da estaca.

A extração dos esporos foi feita utilizando-se a técnica de peneiramento úmido (Gerdemann e Nicolson, 1963), com posterior centrifugação em água e sacarose a 45% (Jenkins, 1964), e o número de esporos no solo foi determinado pela contagem dos mesmos em microscópio estereoscópico. A seguir foram montados em lâminas para microscopia com a finalidade de identificação das espécies de FMAs. Para o clareamento e coloração das raízes, para determinar a taxa de colonização radicular pelo fungo, foi utilizada a metodologia de Koske e Gemma (1989) e Grace e Stribley (1991). A avaliação da taxa de colonização foi feita com auxílio de microscópio estereoscópico, pelo método da interseção em placa quadriculada, conforme Giovannetti e Mosse (1980), adaptado a partir do método de medida do comprimento das raízes de Newman (1966).

Para a determinação da matéria seca, a parte aérea foi cortada e acondicionada em saco de papel, assim como o sistema radicular, após serem lavados em água corrente, usando peneira fina para evitar perda significativa de material. Em seguida todo o material foi colocado em estufa a 70° C por 72 horas, sendo então pesado em balança de precisão. Para a determinação do teor de N, P, K, Ca e Mg, a fitomassa seca de cada amostra foi moída e a partir do extrato obtido após a digestão nitroperclórica, foram determinados os teores de K, por fotometria de chama, de P por colorimetria, e de Ca e Mg por espectrofotometria (Silva, 1999). O teor de N foi determinado pelo método de Kjeldahl modificado.

O experimento 2 foi avaliado realizando-se dois cortes, o primeiro aos 100 dias após o plantio, em 06/08/2007 e o segundo aos 60 dias após o primeiro, no dia 05/10/2007. Os cortes foram realizados a 5 cm do nível do substrato, sendo mensurado a produção de matéria seca da parte aérea. No segundo corte foi avaliado também a produção de matéria seca das raízes.

2.5 Análises Estatísticas

Para o experimento 1 foram realizados cálculos dos coeficientes de correlação de Pearson entre as variáveis densidade de esporos, taxa de colonização radicular, peso da parte aérea seca e peso de raízes secas. Os dados foram submetidos a testes de normalidade e homogeneidade de variância e, quando não atendiam a estes requisitos, foram transformados para raiz de $x + 1$ e então submetidos à análise de variância, com o desdobramento dos graus de liberdade dos tratamentos aplicados e o estudo das interações entre os mesmos. As médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott (1974), ao nível de 5% de probabilidade. Para o experimento 2, foram ajustadas regressões entre as dosagens de P e as variáveis de crescimento avaliadas no amendoim forrageiro. As análises foram realizadas usando-se o pacote estatístico Sisvar 4.6 para Windows.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Experimento 1: Seleção de FMAs para produção de mudas em bandejas de isopor

3.1.1 Análise da sobrevivência das mudas

Na Tabela 11 se encontram os percentuais de sobrevivência das mudas de amendoim forrageiro com os diferentes tratamentos de inoculação. Entre as mudas provenientes de sementes não houve diferenças significativas entre os tratamentos ($p>0,05$), já as mudas originadas de estolões tiveram sua sobrevivência afetadas pelos tratamentos de inoculação. Estes resultados mostram que nas mudas de sementes, o processo de germinação favorece à sobrevivência destas nas bandejas, devido a sua maior rapidez, em relação ao enraizamento de estolões. Nestas plântulas, além das reservas cotiledonares, a fotossíntese começa a ser realizada precocemente, em relação aos estolões, tornando-as auto-suficientes e aptas a doar fotoassimilados aos fungos associados.

Tabela 11. Sobrevivência de mudas de *Arachis pintoi* originadas de sementes e de enraizamento de estolões e inoculadas por diferentes espécies de FMAs.

Tratamento de inoculação	Sobrevivência (%)	
	Semente	Estolão
<i>Acaulospora morrowiae</i>	83 aA	48 aB
<i>Entrophospora colombiana</i>	81 aA	38 bB
<i>Gigaspora margarita</i>	71 aA	32 bB
<i>Glomus clarum</i>	78 aA	46 bB
<i>Glomus etunicatum</i>	73 aA	60 aA
<i>Scutellospora heterogama</i>	77 aA	38 bB
Não inoculado (Ni1)	72 aA	65 aA
Não inoculado (Ni2)	83 aA	52 aB
Média	77 A	47 B

Ni1=Não inoculado com FMA; Ni2=Sem FMA e sem Rizóbio; Médias seguidas por letras diferentes, minúscula na coluna e maiúscula na linha, diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knot e F ($p<0,05$), respectivamente.

No caso das mudas provenientes de estolões ou estacas, o processo de enraizamento é mais lento e complexo, envolvendo uma série de alterações metabólicas e fisiológicas que consomem as reservas das estacas para a formação do “calo” e para emissão de raízes e folhas, quando, então, passariam a realizar a fotossíntese. Neste período, que vai desde a formação do calo até a emissão das primeiras raízes e folhas, as plântulas ficam frágeis e dependem exclusivamente das reservas de seus tecidos e caso as condições nutricionais das plantas doadoras não terem sido adequadas, as estacas podem morrer antes que o processo de enraizamento ocorra.

Estes resultados também indicam que algumas espécies de FMAs podem contribuir para uma maior mortalidade das estacas, em relação às plantas não-inoculadas, principalmente se as mesmas possuírem um baixo nível de reservas e se a fertilidade do solo também for baixa, como foi o caso deste estudo. A morte das estacas, possivelmente, seria ocasionada pelo dreno das reservas da estaca a partir da emissão das primeiras raízes, esgotando-as mais

rapidamente. Isto sugere baixa eficiência simbiótica de algumas espécies de FMAs para o *A. pintoi*, quando propagado vegetativamente.

As taxas de sobrevivência, de maneira geral, foram superiores nas mudas originadas de sementes, que não foram afetadas pelos tratamentos de inoculação com FMAs. Nas mudas provenientes de propagação vegetativa, os resultados ressaltam a necessidade das estacas procederem de matrizes com boas condições nutricionais, principalmente se forem inoculadas com FMAs de alta capacidade infectiva, para que se obtenha maiores índices de sobrevivência.

3.1.2 Densidade de esporos

Os resultados relativos ao número médio de esporos encontrados nas células das bandejas, para cada espécie de FMA inoculada, são apresentados na Tabela 12. A análise de variância para o número de esporos por 100 cm³ de substrato mostrou a existência de diferença significativa entre as espécies de FMAs aos 60 e 100 dias após o plantio (dap), tanto para as mudas originadas de sementes quanto para aquelas propagadas vegetativamente.

Tabela 12. Número de esporos encontrados em amostras de 100 cm³ de substrato, associados à rizosfera de mudas de *Arachis pintoi* originadas de sementes e de enraizamento de estolões, aos 60 e 100 dias após o plantio (dap).

Espécie de FMA	1 ^a Coleta - 60 dap		2 ^a Coleta - 100 dap	
	Semente	Estolão	Semente	Estolão
<i>Acaulospora morrowiae</i>	7018 bA	8455 aA	9907 bB	26479 aA
<i>Entrophospora colombiana</i>	17025 aA	1766 bB	26494 aA	13438 aB
<i>Gigaspora margarita</i>	34 cA	34 dA	297 cA	956 cA
<i>Glomus clarum</i>	6632 bA	404 cB	30394 aA	3914 bB
<i>Glomus etunicatum</i>	16 cA	46 dA	0 cA	0 cA
<i>Scutellospora heterogama</i>	128 cB	1484 bA	369 cB	3515 bA
Média	5142 A	2031 B	11243 A	8050 A

Médias seguidas por letra diferente, minúscula na coluna e maiúscula na linha em cada coleta, diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knot e F (p<0,05), respectivamente.

Nas mudas propagadas por sementes, a espécie de FMA que mais esporulou foi *E. colombiana*, tanto aos 60 como aos 100 dap, com cerca de 170 e 265 esporos por cm³ de substrato, respectivamente, sendo significativamente superior às demais espécies (p<0,05) aos 60 dap, porém não diferindo de *G. clarum* aos 100 dap. Destacam-se também nas mudas oriundas de sementes a esporulação de *A. morrowiae* e *G. clarum*.

Entre as mudas originadas de estolões destacaram-se, aos 60 dap, aquelas inoculadas com *A. morrowiae*, com 84 esporos por cm³ de substrato, porém não diferindo das procedentes de sementes, onde foram encontrados 70 esporos por cm³. Aos 100 dap esta espécie produziu 265 esporos por cm³, porém não diferindo significativamente de *E. colombiana* com 134 esporos por cm³. Verifica-se que na segunda coleta, a densidade de esporos de *A. morrowiae* produzidas pelas mudas de estolões foi significativamente superior à obtida quando este FMA foi inoculado nas mudas de semente, onde foi verificada uma densidade de 99 esporos por cm³.

A espécie *G. etunicatum* praticamente não apresentou esporulação, sendo encontrados poucos esporos nas mudas colhidas aos 60 dap. Aos 100 dap a esporulação foi nula, possivelmente devido à falta de adaptação desta espécie às condições de cultivo ou ao *A. pintoi*.

De uma maneira geral, aos 60 dap a média geral de esporos obtida nas mudas de sementes, foi significativamente superior àquela obtida para as mudas propagadas vegetativamente. Já aos 100 dap esta diferença não foi significativa. Isto sugere que inicialmente os FMAs encontraram melhores condições para a esporulação nas mudas de

sementes, devido ao seu rápido estabelecimento. Já nas mudas de estolões, de estabelecimento mais lento, somente após um maior tempo de cultivo, algumas espécies de FMAs chegaram a níveis de esporulação similares aos das mudas de sementes.

O incremento médio da esporulação entre 60 e 100 dap foi de 119 % nas mudas de sementes e de 296 % nas mudas de estolão. Em geral, as espécies de *Glomus*, *Acaulospora* e *Entrophospora* são as que mais esporulam em ambos os tipos de mudas e *Gigaspora* e *Scutellospora* as que menos esporulam (Carrenho et al., 2001; Araújo et al., 2003).

3.1.3 Taxa de colonização das raízes

A taxa de colonização de raízes é apresentada na tabela 13. Aos 60 dap, para as mudas originadas de sementes, as maiores taxas de colonização foram verificadas nas plantas inoculadas com *G. clarum* (28 %), e *A. morrowiae* (15,8 %), sendo significativamente superiores às demais espécies ($p < 0,05$). As taxas de colonização obtidas para estas espécies não diferiram significativamente quando se compara o tipo de propagação das mudas. Já nas mudas de estolões, além destas duas espécies, destacou-se também *S. heterogama*, sendo as taxas de colonização obtidas para estas três espécies significativamente superiores às demais espécies.

Tabela 13. Taxa de colonização de raízes (%) por FMA em mudas de *Arachis pintoi* originadas de sementes e de enraizamento de estolões, aos 60 e 100 dias após o plantio (dap).

Espécies de FMA	1 ^a Coleta - 60 dap		2 ^a Coleta - 100 dap	
	Semente	Estolão	Semente	Estolão
<i>Acaulospora morrowiae</i>	15,8 aA	23,5 aA	21,8 bB	44,8 aA
<i>Entrophospora colombiana</i>	8,3 bA	4,0 bA	14,5 bA	12,5 bA
<i>Gigaspora margarita</i>	7,8 bA	5,0 bA	10,8 bA	26,0 aA
<i>Glomus clarum</i>	28,0 aA	17,8 aA	61,0 aA	29,0 aB
<i>Glomus etunicatum</i>	0,0 cA	4,3 bA	11,8 bA	1,0 cA
<i>Scutellospora heterogama</i>	3,0 cB	25,3 aA	7,5 bA	11,5 bA
Média	10,5 A	13,3 A	21,2 A	20,8 A

Médias seguidas por letra diferente, minúscula na coluna e maiúscula na linha em cada coleta, diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knot e F ($p < 0,05$), respectivamente.

Na coleta realizada aos 100 dap, a taxa de colonização da espécie *G. clarum* evoluiu de 28 para 61% nas mudas de semente, sendo significativamente superior às demais espécies. Nas mudas propagadas vegetativamente, os maiores índices foram obtidos para *A. morrowiae* (44,8 %), *G. clarum* (29 %) e *Gigaspora margarita* (26 %) que não diferiram entre si, mas foram superiores aos demais tratamentos.

Em geral, em ambas as formas de propagação, as mudas inoculadas com *G. clarum* e *A. morrowiae* foram as que mais colonizaram e esporularam. Entretanto, *E. colombiana* colonizou pouco perante sua grande esporulação.

As médias de taxas de colonizações obtidas para as mudas de sementes e de estolões, tanto aos 60 como aos 100 dap, não diferiram significativamente entre si. Porém observa-se um aumento dos índices de colonização com o aumento do tempo de cultivo, como deve ser esperado em condições normais. Assim, as médias de colonização obtidas nas mudas de semente evoluíram de 10,5 para 21,2 %, que representa um acréscimo de 102 % e nas mudas de estolões a taxa de colonização cresceu de 13,3 a 20,8 %, o que representa um aumento de mais de 56 %.

De uma maneira geral, se observa que o estabelecimento, a propagação da colonização e a esporulação dos FMAs estudados em mudas de amendoim forrageiro, independem do tipo de propagação utilizado, sendo verificado o desenvolvimento da colonização micorrízica tanto nas mudas originadas de sementes como nas de estolões.

3.1.4 Produção de matéria seca da parte aérea

Na Tabela 14 são apresentadas as médias de peso da parte aérea seca de mudas de *Arachis pintoi*, coletadas aos 60 e 100 dap. Observa-se que aos 60 dap as espécies que proporcionaram maior acúmulo de fitomassa nas mudas originárias de sementes foram *E. colombiana*, *G. margarita*, *G. clarum* e *S. heterogama*, as quais foram superiores aos demais tratamentos. Seguiram-se a estas *A. morrowiae* e *G. etunicatum* que promoveram matéria seca superior às testemunhas não inoculadas. Entre as mudas originadas do enraizamento de estolões, não houve destaque para nenhum FMA inoculado, apenas os tratamentos *G. margarita* e o controle 2 (Ni2) diferiram negativamente dos demais, produzindo matéria seca inferior ($p < 0,05$).

Tabela 14. Peso da parte aérea seca (mg) de mudas de *Arachis pintoi* originadas de sementes e de enraizamento de estolões e colonizadas por diferentes espécies de FMA, aos 60 e 100 dias após o plantio (dap).

Tratamento	1 ^a Coleta - 60 dap		2 ^a Coleta - 100 dap	
	Semente	Estolão	Semente	Estolão
<i>Acaulospora morrowiae</i>	490 bA	254 aB	665 aA	274 aB
<i>Entrophospora colombiana</i>	814 aA	228 aB	1002 aA	335 aB
<i>Gigaspora margarita</i>	667 aA	136 bB	781 aA	210 aB
<i>Glomus clarum</i>	620 aA	189 aB	892 aA	132 aB
<i>Glomus etunicatum</i>	470 bA	243 aB	705 aA	262 aB
<i>Scutellospora heterogama</i>	563 aA	223 aB	886 aA	270 aB
Não inoculado (Ni1)	334 cA	196 aB	341 bA	202 aA
Não inoculado (Ni2)	314 cA	96 bB	344 bA	242 aA
Média	534 A	196 B	702 A	241 B

Ni1=Não inoculado com FMA; Ni2=Sem FMA e sem Rizóbio; Médias seguidas por letra diferente, minúscula na coluna e maiúscula na linha, em cada coleta, diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knot e F ($p < 0,05$), respectivamente.

Na coleta realizada aos 100 dap, para as mudas oriundas de semente, não houve diferenças significativas entre as espécies de FMAs inoculadas ($p > 0,05$), sendo todos os tratamentos de inoculação superiores aos dois controles (Ni1 e Ni2). Já para as mudas originadas de estolões não houve diferenças significativas entre os tratamentos e os dois controles.

Verifica-se, de maneira geral, que as mudas originadas de sementes foram nitidamente superiores àquelas originadas de estolões, produzindo em média, respectivamente, 172 % e 191 % a mais de matéria seca, aos 60 e 100 dap. Isto normalmente deve ser esperado na fase inicial de desenvolvimento das plantas, notadamente no amendoim forrageiro que pode ser considerado uma planta oleaginosa, cujas sementes são ricas em lipídeos e em reservas de nutrientes. Isto permite que as plantas tenham maior capacidade fotossintética e desenvolvam um sistema radicular mais volumoso, em relação aos estolões utilizados, de consistência herbácea e de tamanho reduzido, o que lhes confere limitada capacidade de reservas de nutrientes. Conseqüentemente, o estabelecimento da simbiose com os FMAs nas mudas oriundas de sementes é facilitada ocorrendo, assim, uma maior colonização de raízes e produção de fitomassa.

O percentual de resposta das mudas de *A. pintoi* às espécies de FMAs inoculadas, em relação à matéria seca da parte aérea produzida pelo controle não inoculado (Ni1), é apresentado na Figura 7. Verifica-se que, para as mudas originadas de sementes, todas as espécies de FMAs proporcionaram respostas positivas em produção de matéria seca, nos dois períodos de cultivo, aos 60 dias após o plantio (Figura 7A) e 100 dias (Figura 7B). Já para

aquelas produzidas a partir do enraizamento de estolões, as respostas foram de magnitude bastante inferior, com as espécies *G. margarita* e *G. clarum* apresentando respostas negativas.

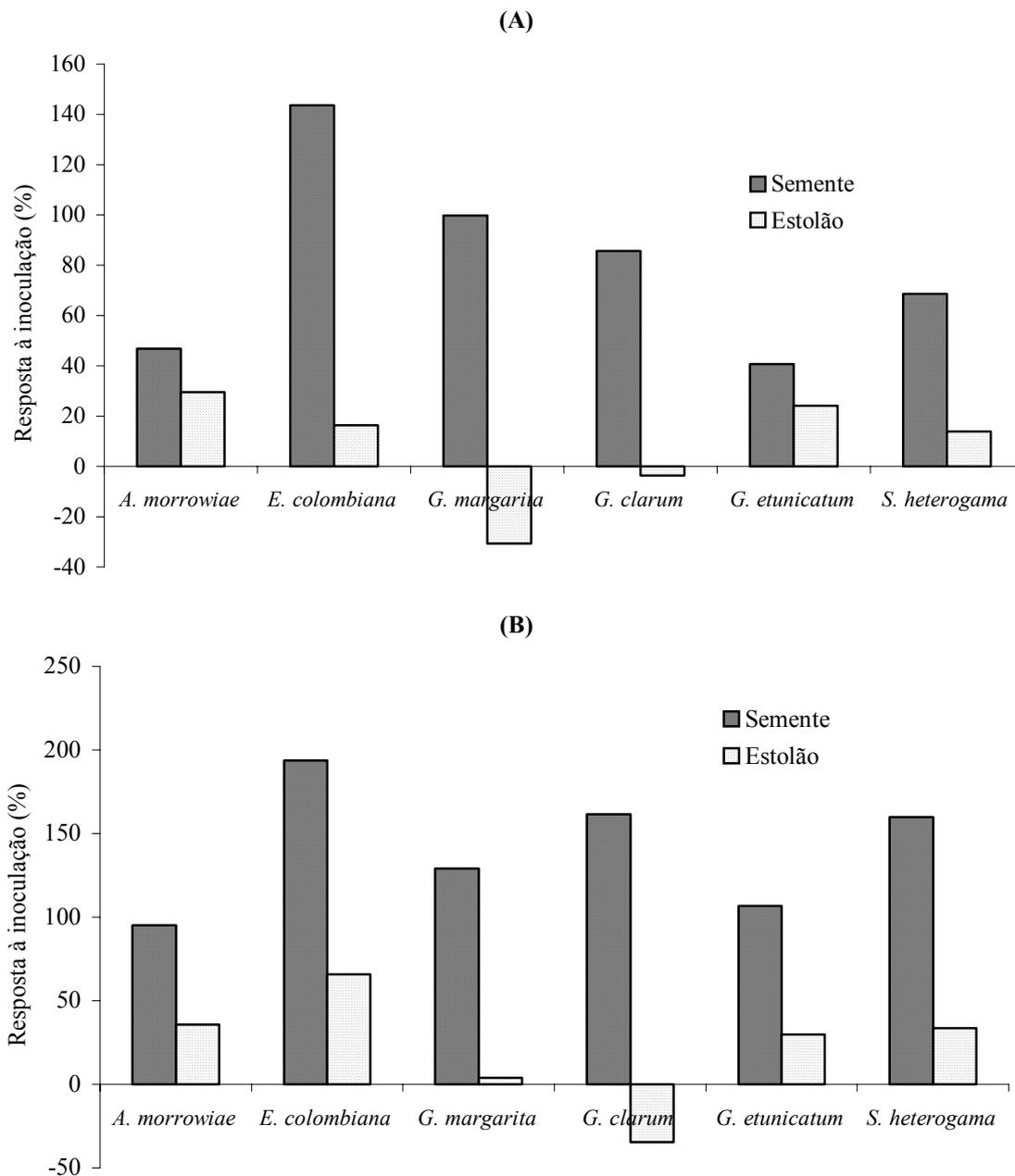


Figura 7. Percentual de resposta das mudas de *A. pinto*, oriundas de sementes e do enraizamento de estolões, à inoculação com seis espécies de fungos micorrízicos arbusculares em relação à matéria seca da parte aérea produzida pelo controle não inoculado (Ni1), aos 60 (A) e 100 (B) dias após o plantio.

3.1.5 Produção de matéria seca de raízes

A matéria seca de raízes produzida pelas mudas do amendoim forrageiro é apresentada na Tabela 15. Para esta variável, as mudas tiveram comportamento similar ao verificado para o acúmulo de matéria seca (MS) na parte aérea. Aos 60 dap, nas mudas originadas de sementes, as espécies *E. colombiana*, *A. morrowiae* e *G. clarum*, foram mais eficientes na promoção de MS de raízes, sendo superior aos demais tratamentos. Nas mudas originárias de estolões, não houve diferenças significativas aos 60 dap e aos 100 dap, os tratamentos com

maior produção de MS de raízes foram as inoculações com as espécies *G. etunicatum*, *A. morrowiae*, *S. heterogama* e o controle Ni1, com médias entre 182 a 255 mg.planta⁻¹, sendo estatisticamente iguais entre si e superiores aos demais tratamentos.

O fato do tratamento Ni1 (inoculado com rizóbio e não inoculado com FMA) ter ficado no grupo das maiores médias, como foi verificado também para a variável MS da parte aérea (Tabela 14), ressalta a importância das bactérias fixadoras de nitrogênio para o estabelecimento e crescimento desta leguminosa, principalmente nos estágios iniciais de desenvolvimento das plantas propagadas por estacas. De maneira geral, a MS de raízes produzida nas mudas de semente foi superior à produzida pelas mudas provenientes de estolões, as exceções foram a espécie *G. etunicatum* e o controle Ni1, que promoveram MS estatisticamente similar, nos dois tipos de mudas, nas duas coletas realizadas.

Tabela 15. Peso de raízes secas (mg) de mudas de *Arachis pintoi* originadas de sementes e de enraizamento de estolões e colonizadas por diferentes espécies de FMA, aos 60 e 100 dias após o plantio (dap).

Tratamento	1 ^a Coleta - 60 dap		2 ^a Coleta - 100 dap	
	Semente	Estolão	Semente	Estolão
<i>Acaulospora morrowiae</i>	372 aA	163 aB	460 aA	207 aB
<i>Entrophospora colombiana</i>	430 aA	232 aB	500 aA	148 bB
<i>Gigaspora margarita</i>	300 bA	143 aB	466 aA	96 bB
<i>Glomus clarum</i>	366 aA	93 aB	416 aA	119 bB
<i>Glomus etunicatum</i>	256 bA	183 aA	343 bA	255 aA
<i>Scutellospora heterogama</i>	267 bA	188 aA	334 bA	182 aB
Não inoculado (Ni1)	199 bA	159 aA	285 bA	195 aA
Não inoculado (Ni2)	191 bA	110 aA	293 bA	92 bB
Média	298 A	159 B	387 A	162 B

Ni1=Não inoculado com FMA; Ni2=Sem FMA e sem Rizóbio; Médias seguidas por letra diferente, minúscula na coluna e maiúscula na linha em cada coleta, diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knot e F (p<0,05), respectivamente.

3.1.6 Teores de macronutrientes nos tecidos da parte aérea

Os resultados da análise dos tecidos da parte aérea de mudas de *Arachis pintoi*, nas mudas produzidas por sementes, 100 dias após o plantio, são apresentados na Tabela 16. Para as mudas produzidas a partir do enraizamento de estolões, alguns tratamentos produziram MS em quantidade insuficientes para a realização das análises, sendo, por isso, as amostras descartadas, ocorrendo o mesmo para o tratamento controle Ni2, nas mudas de sementes.

Tabela 16. Teor de macronutrientes na parte aérea de mudas de *A. pintoi* oriundas de sementes e inoculadas com diferentes espécies de FMA, 100 dias após o plantio. Entre parênteses: acúmulo de nutrientes (mg.muda⁻¹).

Tratamento	Cálcio	Magnésio	Fósforo	Potássio	Nitrogênio
	-----g.kg ⁻¹ -----				
<i>Acaulospora morrowiae</i>	14,31 c (9,52)	4,34 b (2,89)	0,61 b (0,41)	2,87 b (1,91)	17,5 b (11,64)
<i>Entrophospora colombiana</i>	14,79 c (14,82)	4,22 b (4,23)	0,51 b (0,51)	8,00 a (8,02)	16,9 b (16,93)
<i>Gigaspora margarita</i>	14,81 c (11,57)	4,36 b (3,41)	0,50 b (0,39)	2,87 b (2,24)	15,3 c (11,95)
<i>Glomus clarum</i>	21,41 a (19,10)	7,35 a (6,56)	0,90 a (0,80)	5,87 a (5,54)	20,4 a (18,20)
<i>Glomus etunicatum</i>	14,00 c (9,87)	5,17 b (3,64)	0,28 c (0,20)	3,94 b (2,78)	21,4 a (15,09)
<i>Scutellospora heterogama</i>	14,89 c (13,19)	4,52 b (4,00)	0,46 b (0,41)	3,50 b (3,10)	15,3 c (13,56)
Não inoculado (Ni1)	18,39 b (6,27)	7,30 a (2,49)	0,37 c (0,13)	5,75 a (1,96)	17,7 b (6,04)

Ni1=Não inoculado com FMA; Médias seguidas por letra diferente, em cada coluna, diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knot (p<0,05).

Os teores de cálcio e fósforo nos tecidos da parte aérea de *A. pintoi* foram significativamente maiores nas mudas inoculadas com *G. clarum*, atingindo teores de 21,41 e 0,90 g.kg⁻¹, respectivamente, sendo estas médias estatisticamente superiores às dos demais tratamentos. No caso do fósforo, com exceção da espécie *G. etunicatum*, que não diferiu significativamente do controle Ni1, as demais espécies também foram eficientes em elevar o teor de fósforo nos tecidos da parte aérea do *A. pintoi*.

Para a variável teor de potássio, os maiores teores foram registrados para as espécies *E. colombiana*, *G. clarum* e para o controle Ni1, que não diferiram entre si e foram superiores aos demais tratamentos. As espécies *G. etunicatum* e *G. clarum* apresentaram as maiores médias de teor de nitrogênio, chegando a mais de 20 g.kg⁻¹ de N na parte aérea, sendo significativamente superior às demais espécies e ao tratamento controle.

Ainda na Tabela 16, os dados de acúmulo de nutrientes nos tecidos da parte aérea das mudas confirmam o melhor desempenho das mudas inoculadas com *G. clarum*, que apresentaram os maiores valores de acumulação, para todos os nutrientes analisados.

O fato do tratamento controle (Ni1) estar entre os tratamentos com as maiores médias, no caso do teor de magnésio e potássio, se deve ao efeito de concentração, ou seja, as plantas do controle Ni1 cresceram menos, estando os nutrientes mais concentrados, enquanto nos demais tratamentos as plantas tiveram maior crescimento e, portanto, os nutrientes encontravam-se mais diluídos. Isto fica confirmado quando são examinados os dados de acumulação de nutrientes na parte aérea das mudas, apresentados na Tabela 16, onde se verifica que o tratamento controle apresenta os menores valores de acumulação, para todos os nutrientes analisados, notadamente para o magnésio e potássio.

Verifica-se que, de maneira geral, o teor e o acúmulo de nutrientes analisados na parte aérea do amendoim forrageiro propagado por sementes foram favorecidos pela inoculação de espécies de FMAs, com maior destaque para *G. clarum* que se mostrou eficiente em promover o crescimento e a absorção de todos os nutrientes.

3.1.7 Correlações entre as variáveis

O coeficiente de correlação de Pearson entre as variáveis taxa de colonização e MS de raízes, nas mudas produzidas a partir de sementes aos 60 dap e aos 100 dap, foram positivos e significativos ($p < 0,10$), apresentando moderada correlação, com coeficientes de $r = 0,58$ e $r = 0,59$, respectivamente. Ainda para as mudas de sementes, foram obtidas correlações moderadas e significativas ($p < 0,10$) da variável densidade de esporos com produção de matéria seca da parte aérea ($r = 0,56$) e de raiz ($r = 0,59$), mas somente para as mudas coletadas aos 60 dap. Para as mudas produzidas a partir do enraizamento de estolões, somente houve correlação significativa ($p < 0,10$) entre a variável densidade de esporos e MS da parte aérea, aos 60 dap ($r = 0,55$) e aos 100 dap ($r = 0,56$).

Muito embora as correlações não possam ser interpretadas necessariamente como uma relação de causa-efeito, estes resultados, mesmo as correlações sendo moderadas e significativas apenas a 10 % de probabilidade, sugerem que, para o amendoim forrageiro, o aumento da colonização radicular e da esporulação, proporcionou um maior acúmulo de MS nas mudas, evidenciando, portanto, o efeito benéfico da micorrização, conforme demonstraram também as demais análises realizadas.

3.1.8 Considerações gerais

O FMA *G. etunicatum* se mostrou pouco eficiente em promover a colonização e aumentos significativos no crescimento do *A. pintoi*. Isto contraria os resultados obtidos por Santos et al. (2001), que encontraram efeitos benéficos da inoculação deste FMA no amendoim forrageiro, com a aplicação de doses baixas de P. Todavia as condições em que foi realizado aquele estudo, diferem do presente, principalmente quanto à fertilização do substrato. Estes pesquisadores realizaram adubação de plantio com aplicação de fontes de P (em doses crescentes), K, N e de micronutrientes, ao contrário do presente estudo, onde se trabalhou apenas com fertilidade natural do substrato, que era baixa, conforme foi mostrado na Tabela 10.

A proposta inicial do presente estudo levou em consideração as observações realizadas por Johnson (1993), de que em solos bem fertilizados pode ocorrer a seleção de espécies de FMAs que não sejam as mais eficientes para a simbiose. Desta forma, é bem possível que a eficiência do *G. etunicatum* para o *A. pintoi*, esteja positivamente correlacionada com a fertilidade do solo, especialmente com o fósforo disponível. Isto é corroborado por Siqueira et al. (1989), estudando a ocorrência de FMAs em agro e ecossistemas, onde relatam a tendência de *G. etunicatum* ocorrer predominantemente em solos com pH maior que 6,5 e concentração de P acima de 12 mg kg⁻¹.

Assim, a baixa eficiência deste FMA verificada no presente estudo, pode ser mais devido a este FMA não ser o mais efetivo em condições de baixa fertilidade, do que devido à incompatibilidade de parceria entre este fungo e o *A. pintoi*.

Os resultados deste trabalho mostraram que o amendoim forrageiro tem uma grande capacidade de multiplicar FMAs, notadamente as espécies *E. colombiana*, *A. morrowiae* e *G. clarum*, que produziram um enorme número de esporos, tanto nas mudas de sementes como nas de estolões. Considerando o conjunto das avaliações realizadas, estas três espécies também foram as mais eficientes para o *A. pintoi* propagado por sementes. A colonização ocorreu de forma similar nos dois tipos de mudas, parecendo não haver nenhuma condição limitante à simbiose devido a uma possível falta de harmonia entre a germinação dos esporos e a emissão de raízes pelas estacas. Entretanto, o benefício da micorrização para estas mudas não foi verificado de forma evidente neste trabalho, não sendo possível observar diferenças significativas entre as espécies de FMAs, nem destas com os respectivos controles não inoculados. Geralmente, a falta de resposta aos FMAs no enraizamento de estacas é atribuído à sua maior quantidade de reservas em relação às sementes, principalmente quando se usam estas lenhosas ou semilenhosas (Hartmann e Kester, 1968). Isto pode não ser o caso do presente estudo, onde os estolões têm consistência herbácea e possivelmente menor acúmulo de nutrientes que as sementes, evidenciado pelo aumento da mortalidade das estacas devido, provavelmente, ao dreno de fotoassimilados promovido pelos FMAs. Entretanto, aquelas que sobreviveram poderiam ter maiores reservas que as sementes.

No presente trabalho, a aplicação do inoculante (solo-inóculo) foi feita com sucesso, sendo obtidos indícios de colonização de raízes e produção de esporos em quase todas as plantas observadas, independente do modo de propagação utilizado. A técnica de inoculação feita diretamente no substrato, no momento do plantio, dentro do orifício onde as estacas e sementes eram introduzidas, mostrou-se eficiente para o estabelecimento da simbiose. Para as espécies de FMAs utilizadas, o uso de 1 cm³ de solo-inóculo por célula da bandeja (1 % do volume), contendo em média cerca de 50 esporos, se mostrou suficiente.

Pode ser mais vantajoso plantar as mudas propagadas por estacas em substrato estéril e, após o surgimento das primeiras raízes e folhas, fazer a repicagem para um substrato contendo fontes de inóculo de FMAs, quando a plântula já tenha condições de realizar a fotossíntese. Neste caso, já no início de seu estabelecimento, a associação seria vantajosa para ambos os simbiossiontes, reduzindo-se o risco do fungo drenar excessivamente as reservas da

estaca no início do processo de enraizamento, quando as estacas estão mais frágeis e sem que possam aproveitar os nutrientes captados pelas hifas do fungo. Outra alternativa seria usar estolões de maior tamanho, com maior quantidade de reservas. Desta forma, estas mudas poderiam alcançar um melhor desempenho, quando comparadas com aquelas originadas de sementes.

A produção de mudas de amendoim forrageiro inoculadas com FMAs, em bandejas de isopor, garante a obtenção de mudas mais vigorosas e aptas ao plantio no local definitivo já aos 60 dias após a semeadura. Considerando a produção de fitomassa, as plantas propagadas a partir de sementes apresentaram um crescimento inicial significativamente maior que aquelas obtidas de estacas. Todavia, devido à dificuldade de obtenção de sementes e da relativa facilidade do enraizamento de estacas, a propagação vegetativa de estolões micorrizados pode ser viável e pode assegurar a obtenção de mudas de qualidade e com melhores condições de estabelecimento e cobertura do solo no campo, entretanto este processo precisa ser aperfeiçoado.

3.2 Experimento 2: Seleção de FMAs sob diferentes condições de fertilização fosfatada

3.2.1 Produção de matéria seca da parte aérea

Nos dois cortes realizados, para todos os tratamentos aplicados houve uma tendência da matéria seca da parte aérea aumentar com as doses de P, notadamente nas primeiras doses (Figura 8). A resposta das mudas inoculadas com *A. morrowiae* foi linear, não atingindo o máximo de produção com as dosagens aplicadas, contrariando o que ocorreu com as demais espécies, tanto no primeiro (Figura 8A) como no segundo corte (Figura 8B). As espécies *E. colombiana*, *G. margarita* e *G. clarum* proporcionaram respostas quadrática, em ambos os cortes, com a MS crescendo nas menores doses, atingindo um ponto de máximo e caindo nas maiores doses, devido ao efeito inibitório das altas doses de P sobre a colonização ou até mesmo a um desbalanceamento nutricional. O tratamento não inoculado (Ni), também teve comportamento similar nos dois cortes, apresentando resposta lenta ao aumento da disponibilidade de P, de magnitude inferior aos tratamentos de inoculação com FMAs, mesmo nas doses mais elevadas de P.

Isto indica que todas as espécies foram eficientes em promover o crescimento de *A. pintoii*, em uma ampla faixa de P disponível, tal como Saggin Júnior e Siqueira (1996) sugerem ser ideal para um fungo eficiente. Também indica que *A. pintoii* é uma planta com elevado grau de dependência micorrízica, pois mesmo com mais de 100 mg.kg⁻¹ de P disponível (extrator Mehlich I), ainda respondia em crescimento à inoculação (Siqueira e Saggin Júnior, 2001).

A espécie *A. morrowiae* apresentou uma pequena resposta nas dosagens mais baixas de P, produzindo em cada corte apenas 47 e 45 %, respectivamente, da matéria seca da parte aérea (MSPA) produzida pelas mudas não inoculadas (Ni), na dose zero de P (P0). Todavia com a elevação das doses, apresentou uma grande resposta, com produção máxima na dose de 900 mg kg⁻¹ de solo, sendo a produção, em cada corte, 560 e 247 % maior em relação ao controle Ni, superando as demais espécies. Esta espécie também apresentou a maior amplitude de resposta ao P, sendo o acúmulo de MSPA na dose que proporcionou a máxima produção em cada corte 2670 e 3462 % maior em relação à dose P0. Portanto, em condições de alta disponibilidade de P, esta espécie apresenta elevada eficiência simbiótica com o *A. pintoii*.

Em condições subótimas de disponibilidade de P, ou seja, nas dosagens entre zero e 100 mg kg⁻¹ de solo, que corresponderam à disponibilidade de P entre 3 e 14,3 mg.dm⁻³ a espécie que se destacou foi *G. clarum*, com uma produção em cada corte 391 e 348 % maior em relação ao controle Ni, na dose P0. A máxima produção proporcionada por esta espécie ocorreu na dose de 100 mg.kg⁻¹ de solo no primeiro corte, com uma produção de MSPA 220 % maior em relação ao controle Ni. Esta espécie apresentou a menor amplitude de resposta entre a dose de P de máxima produção e a dose P0, sendo esta variação de 98,7 % no primeiro corte e de 179,2 % no segundo corte. Estes resultados sugerem que *G. clarum* é a espécie mais eficiente em associação com o *A. pintoii* em solos de baixa fertilidade.

A espécie *G. margarita* também apresentou bom desempenho, tanto nas doses de P baixas como nas mais elevadas. Na dose intermediária de 300 mg.kg⁻¹ de solo (37,6 mg.dm⁻³ de P disponível) foi a espécie que proporcionou a maior resposta em produção de MSPA, nos dois cortes, mostrando maior plasticidade de resposta em relação ao P disponível. Houve também resposta positiva de *E. colombiana* ao aumento das dosagens de P, todavia, de maneira geral, a magnitude de sua resposta foi intermediária entre o controle Ni e as espécies de melhor desempenho.

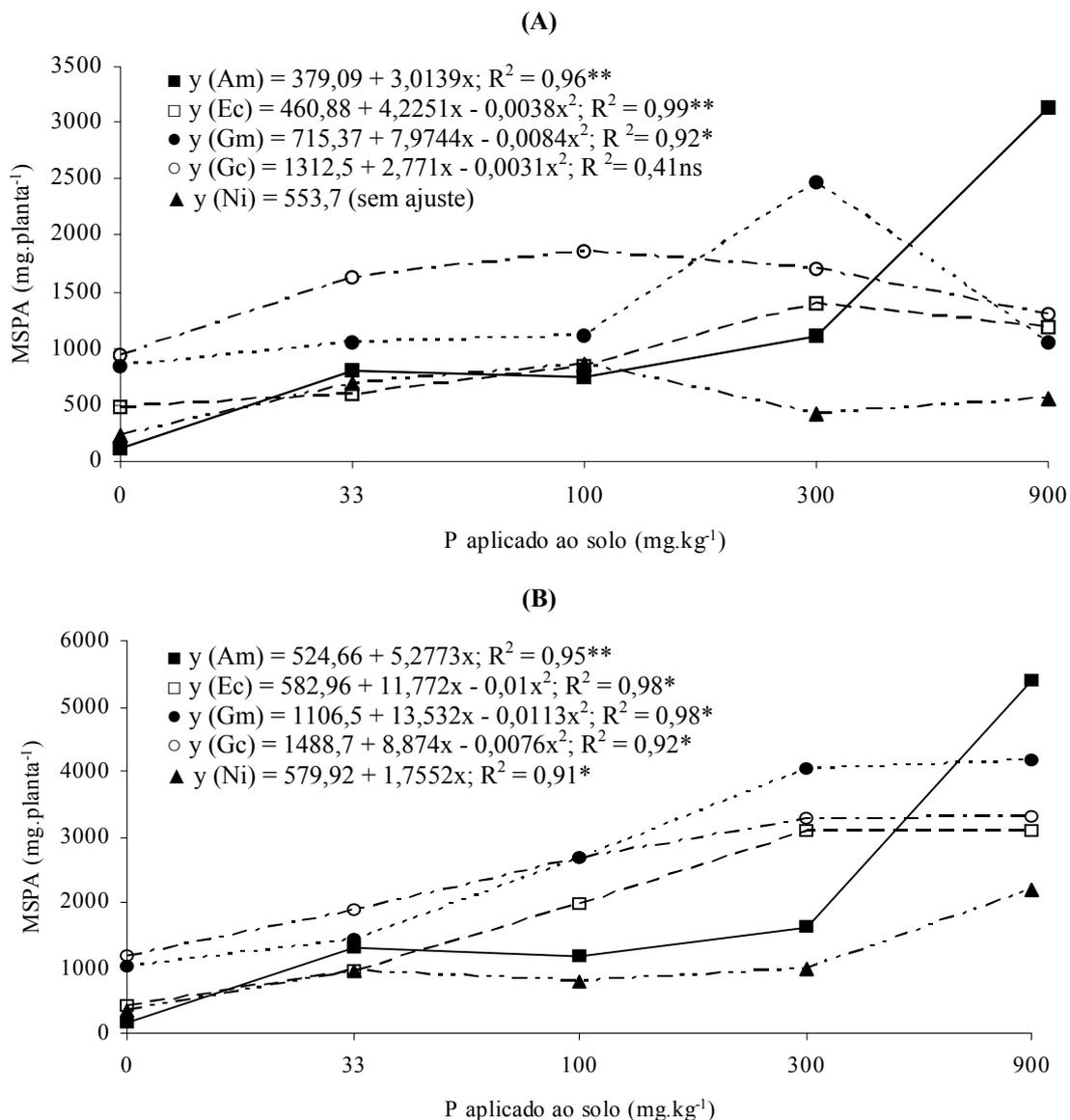


Figura 8. Matéria seca da parte aérea (MSPA) de mudas de amendoim forrageiro inoculadas com diferentes espécies de FMAs em solo fertilizado com doses crescentes de P, no primeiro (A) e segundo corte (B).. Am = *A. morrowiae*; Ec = *E. colombiana*; Gm = *G. margarita*; Gc = *G. clarum*; e Ni = controle não inoculado.

3.2.2 Produção de matéria seca de raízes

De maneira geral, as respostas das mudas inoculadas com as diferentes espécies de FMAs, quanto à produção de matéria seca de raízes (MSR), foi muito similar à observada para a parte aérea, conforme mostra a Figura 9.

Estes resultados sugerem que o amendoim forrageiro pode ser caracterizado, quanto à sua micotrofia, como uma espécie que apresenta resposta ao P de pequena magnitude sem a micorrização e uma forte interação entre o P no solo e a micorriza, mostrando respostas de grande magnitude quando inoculadas com FMAs eficientes. Desta forma, observa-se que quando ocorre elevação das doses de P, não há um ponto de cruzamento entre as retas das equações ajustadas para explicar a resposta na produção de MSPA e MSR, das plantas não inoculadas com aquelas inoculadas com as diferentes espécies de FMAs, notadamente nas doses mais elevadas, respostas típicas de plantas com elevado grau de dependência micorrízica.

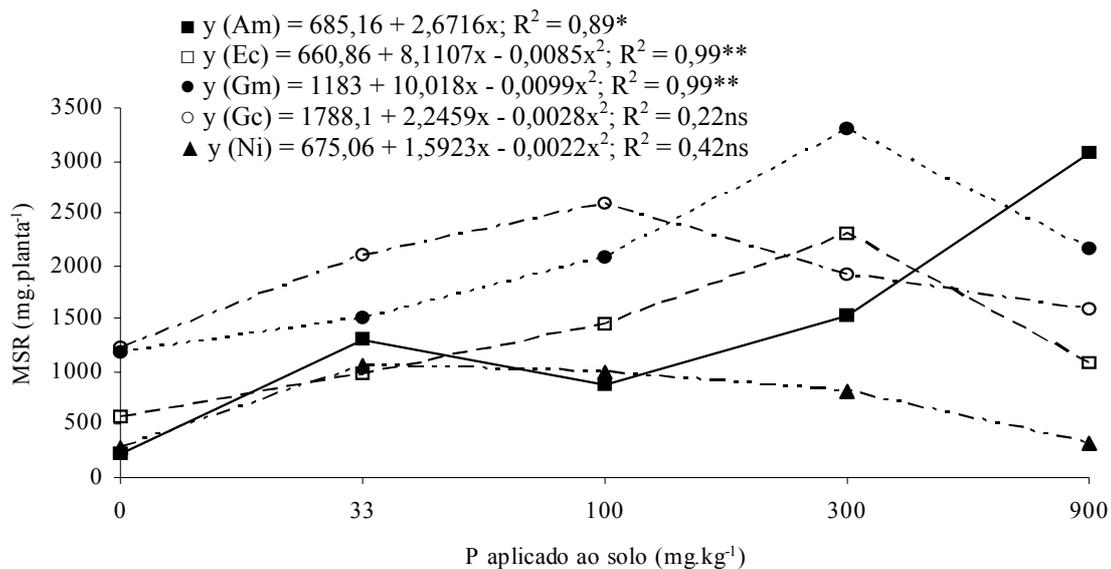


Figura 9. Matéria seca de raízes (MSR) de mudas micorrizadas de amendoim forrageiro propagadas por enraizamento de estolões, fertilizada com doses crescentes de P. Am = *A. morrowiae*; Ec = *E. colombiana*; Gm = *G. margarita*; Gc = *G. clarum*; e Ni = controle não inoculado.

A resposta das plantas não inoculadas com FMA, em todas as situações avaliadas, foi pequena nas menores doses de P, enquanto que nas maiores dosagens a resposta foi muito lenta ou ausente. Em outros estudos, como os de Góis et al. (1997), foram encontradas respostas semelhantes. Estes autores constataram que a resposta do amendoim forrageiro à adubação fosfatada foi lenta, tendo aumento significativo no estabelecimento desta leguminosa até a dose de 40 kg.ha⁻¹ de P₂O₅. Resultados semelhantes foram relatados por Vasconcellos et al. (1998), constatando a ausência de resposta do amendoim forrageiro à calagem e adubação fosfatada quanto à produção de fitomassa e, também, por Costa et al. (2006), que concluíram que a eficiência de utilização de fósforo foi inversamente proporcional às doses aplicadas.

Os resultados obtidos nos trabalhos acima citados somente estão de acordo com o presente estudo, quando são comparados com a resposta das plantas não inoculadas e cultivadas em solo estéril. Pois, como foi demonstrado nesse estudo, houve respostas significativas do *A. pintoii* à elevação da disponibilidade de P, quando colonizado com FMAs eficientes. Todavia, como estes trabalhos foram realizados em nível de campo ou em substrato não esterilizado, sendo o amendoim forrageiro colonizado por FMA nativos, é possível que as respostas obtidas sejam devidas à baixa eficiência simbiótica do *A. pintoii* com os fungos nativos presentes no solo em cada local de estudo, ou a falta de adaptação destes fungos a uma condição de maior disponibilidade de P.

De maneira geral, os resultados do presente estudo concordam com a teoria de alguns autores, como Azcon-Aguilar e Barea (1997) e de Clark (1997), de que em condições subótimas de disponibilidade de fósforo, as respostas das plantas micorrizadas são mais acentuadas. Porém, a espécie *A. morrowiae* foi uma exceção, sendo mais responsiva na dosagem mais elevada de P. Os resultados ressaltam, também, que há uma resposta diferenciada na interação FMA-planta hospedeira e que a magnitude das respostas é regulada pela disponibilidade de P e pela eficiência simbiótica de cada associação. Portanto, estas informações podem ser úteis no desenvolvimento de sistemas de produção de mudas com baixos insumos, baseados na micorrização com espécies de FMAs eficientes para o amendoim forrageiro e no uso moderado de fertilizantes, especialmente de P.

4 CONCLUSÕES

- As mudas propagadas por sementes apresentam um índice de sobrevivência 30 % maior que aquelas obtidas do enraizamento de estolões;
- A origem das mudas (sementes ou estolões), não influenciou na capacidade de estabelecimento e colonização das espécies de FMAs;
- As mudas originadas de sementes cresceram mais que as obtidas do enraizamento de estolões;
- *G. clarum* e *A. morrowiae* foram as espécies mais eficientes em colonizar as raízes do amendoim forrageiro;
- As espécies de FMAs mais eficientes em promover o crescimento do amendoim forrageiro plantado por sementes em bandejas de isopor e sem fertilização, foram *E. colombiana*, *G. clarum* e *A. morrowiae*;
- Nas mudas plantadas em bandejas de isopor, sem fertilização e originadas do enraizamento de estolões não foi possível detectar o benefício da micorrização;
- O teor de nutrientes, principalmente de P, nos tecidos da parte aérea do amendoim forrageiro propagado por sementes em condição de baixa fertilidade, foi favorecido pela inoculação das espécies de FMAs, sendo *G. clarum* o mais eficiente;
- As mudas propagadas vegetativamente, responderam à fertilização fosfatada e naquelas inoculadas com FMAs, a resposta foi mais acentuada;
- *G. clarum* foi a espécie que proporcionou maior resposta das mudas na condição de disponibilidade subótima de P ao contrário de *A. morrowiae* que proporcionou maior resposta na maior dose de P;
- O amendoim forrageiro apresenta resposta ao P de pequena magnitude quando não micorrizado e uma forte interação entre o P no solo e a micorrização, com respostas de grande magnitude quando inoculadas com FMAs eficientes.
- Há indícios de que o amendoim forrageiro seja uma planta com elevada dependência micorrízica.

CAPÍTULO III

SELEÇÃO DE FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES PARA O AMENDOIM FORRAGEIRO CONSORCIADO COM BRAQUIÁRIA

RESUMO

Foi instalado um experimento sob condições de casa-de-vegetação na Embrapa Agrobiologia, em Seropédica, RJ, com o objetivo de avaliar e selecionar fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) eficientes em promover o acúmulo de matéria seca da parte aérea do *Arachis pintoi* cv. Amazônia e da *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk, cultivados em consórcio. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com os tratamentos em esquema fatorial 2 x 6, sendo dois substratos, não esterilizado e esterilizado, e seis tratamentos de inoculação com *Acaulospora morrowiae*, *Entrophospora colombiana*, *Gigaspora margarita*, *Glomus clarum*, *Scutellospora heterogama* e o controle não inoculado. Foi adicionada uma testemunha de referência do monocultivo de cada espécie. Os 14 tratamentos foram aplicados a vasos com capacidade para 5 kg, com três repetições, totalizando 42 parcelas. O substrato utilizado foi coletado no horizonte superficial de um Planossolo de baixa fertilidade, no campo experimental da Embrapa Agrobiologia. Foram realizados quatro cortes e o experimento foi conduzido até quando o esgotamento do substrato e a competição da gramínea inviabilizaram a permanência da leguminosa no consórcio. Os resultados mostraram que houve benefício dos FMAs inoculados na produção de matéria seca das plantas do amendoim forrageiro, sendo *G. clarum* a espécie mais eficiente no conjunto das avaliações. Na braquiária, houve benefício para as plantas cultivadas no substrato esterilizado e com menor intervalo de corte e o fungo mais eficiente foi *S. heterogama*. A utilização de mudas colonizadas por FMAs eficientes pode ajudar no estabelecimento e crescimento inicial das plantas do amendoim forrageiro, aumentando a sua capacidade competitiva com as gramíneas.

Palavras-chave: *Arachis pintoi*. *Brachiaria decumbens*. Eficiência simbiótica.

ABSTRACT

The experiment was installed under greenhouse conditions at Embrapa Agrobiologia in Seropédica, RJ, with the objective of evaluating and selecting efficient arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) to promote accumulation of shoot dry matter of *Arachis pintoii* cv. Amazonian and *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk intercropped. The experimental design was completely randomized in a 2 x 6 factorial arrangement, with two substrates, not sterile and sterile, and six treatments of inoculation with *Acaulospora morrowiae*, *Entrophospora Colombiana*, *Gigaspora margarita*, *Glomus clarum*, *Scutellospora heterogama* and control not inoculated. It added a reference control of the monoculture of each species. The 14 treatments were applied to pots with a capacity of 5 kg, with three repetitions, being 42 plots total. The substrate used was from the surface horizon of a Fragiudult, soil of low fertility, collected in the experimental field at Embrapa Agrobiologia. Four cuts were been made and the experiment was conducted until the depletion of the substrate and the competition of grass forage become unviable the permanence of leguminous in the consortium. The results showed that there was benefit of AMF inoculation in shoot dry matter production from peanuts forage and *G. clarum* was the specie more efficient in all evaluations. For *Brachiaria*, there was benefit to plants grown in sterile substrate and with smaller cut range and the AMF more efficient was *S. Heterogama*. The use of seedlings colonized by efficient AMF can help the establishment and initial growth of forage peanuts, increasing their competitive capacity with the grasses.

Key words: *Arachis pintoii*. *Brachiaria decumbens*. Symbiotic effectiveness.

1 INTRODUÇÃO

A braquiária (*Brachiaria decumbens* Stapf) é uma das forrageiras mais utilizadas, principalmente no Brasil central, apresentando boa adaptação a solos ácidos, uma vez que tem alta tolerância a Al e baixa exigência em P e Ca (Zimmer e Euclides Filho, 1997). Entre suas características agronômicas favoráveis, destaca-se o elevado rendimento de matéria seca, a tolerância à baixa fertilidade dos solos e a elevada agressividade (Bomfim et al., 2003). Esta última característica pode ser um problema para a associação com outras espécies, sendo difícil conseguir uma boa consorciação com leguminosas rasteiras, sem um manejo adequado.

O amendoim forrageiro (*Arachis pintoi* Krap. e Greg.) é uma leguminosa herbácea perene recomendada para cobertura do solo em diversos agrossistemas e para a consorciação com gramíneas em pastagens. A importância desta leguminosa vem crescendo nas regiões tropicais, tanto pela qualidade de sua forragem como pelos benefícios que proporciona ao sistema solo-planta-animal. Devido ao seu crescimento rasteiro e estolonífero, o amendoim pode ser consorciado com gramíneas de crescimento vigoroso, desde de que sejam adotadas práticas de manejo para reduzir a competição sobre esta leguminosa (Andrade et al., 2006ab).

O consórcio de espécies de braquiária com o amendoim tem sido recomendado em várias localidades (Agrosoft, 2000; Valentim et al., 2001). Alguns resultados têm confirmado a viabilidade deste consórcio, muito embora haja vários relatos de que estas gramíneas possam promover possíveis efeitos alelopáticos (Chou, 1989; Carvalho, 1993; Souza Filho et al., 1997; Fagioli et al., 1997; Souza Filho et al., 2005; e Souza et al., 2006).

Segundo Cadisch et al. (1994), a introdução de leguminosas é uma das principais ferramentas para prevenir a degradação das pastagens. As leguminosas melhoram a qualidade da dieta animal e transferem N para a gramínea associada, melhorando os atributos forrageiros, como teor de proteína e capacidade produtiva, aumentando a capacidade de suporte das pastagens (Cantarutti, 1996). Lascano et al. (2002), apresentaram resultados de consórcio de braquiária com amendoim forrageiro, em que houve um incremento de cerca de 1.000 kg/ha na produção total de biomassa, em relação ao sistema de monocultura. Outros resultados positivos da consorciação de braquiárias com o amendoim forrageiro foram relatados por Suárez-Vásquez et al. (1992), Argel e Villarreal (1998) e Valentim et al. (2001). O estabelecimento e manutenção de leguminosas tropicais perenes consorciadas com gramíneas tropicais têm apresentado muitos insucessos, e sua baixa persistência sob pastejo representa o desafio mais importante à pesquisa.

Os fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) são organismos importantes na nutrição de plantas. Em solos de baixa a média fertilidade, contribuem para aumentar a eficiência da absorção, auxiliando no transporte de nutrientes, principalmente daqueles de baixa mobilidade no solo, como P, Zn e Cu, tornando-os mais biodisponíveis às plantas. Com isso alteram as relações competitivas entre plantas num ecossistema (Janos, 1980; Colozzi-Filho e Siqueira, 1986; Jasper, 1994).

Santos et al. (2001), analisaram os efeitos do N, P e do FMA *Glomus etunicatum* na participação de *Brachiaria brizanta* e *A. pintoi* na matéria seca produzida por estas espécies em consórcio. Foi observado que a gramínea não foi favorecida pelo FMA, mas sim pela aplicação de N e P, enquanto que com a leguminosa ocorreu o contrário, mas na ausência da fertilização. Este estudo considerou o efeito de apenas uma espécie de FMA e plantas podem se beneficiar de forma diferenciada, dependendo do funcionamento e eficiência da simbiose, para as diferentes combinações espécies de fungos x planta hospedeira. Portanto, o conhecimento da interação entre as plantas cultivadas e os diferentes fungos micorrízicos é

importante para o desenvolvimento de sistemas de manejo mais sustentáveis e o amendoim forrageiro pode se adequar bem a este propósito, principalmente se for introduzido no sistema por meio de mudas inoculadas com FMAs eficientes.

Assim, este trabalho teve o objetivo de selecionar entre cinco espécies de FMAs, a mais eficiente para a produção de matéria seca da parte aérea do *A. pintoi* consorciado com *B. decumbens*, na presença e ausência da competição das espécies de FMAs autóctones.

2 MATERIAL E MÉTODO

O experimento foi estabelecido em casa-de-vegetação não-climatizada da Embrapa Agrobiologia, em Seropédica, RJ, no período de junho de 2005 a maio de 2006.

2.1 Material de Solo

O substrato utilizado foi proveniente do horizonte superficial de um Planossolo de baixa fertilidade, coletado no campo experimental do “Terraço” da Embrapa Agrobiologia, cujas características químicas são apresentadas no subitem 2.1 do capítulo 2 (Tabela 10). O substrato não recebeu fertilização adicional e foi separado em duas partes, sendo uma delas submetida ao processo de esterilização por autoclavagem, por duas vezes a 120 °C, 1,0 kgf.cm⁻², por 60 minutos, em dias consecutivos. Deixou-se o solo secar e em repouso por uma semana após a autoclavagem, para estabilizar os teores de manganês, sendo então os vasos preenchidos com 5 kg do substrato.

2.2 Delineamento Experimental e Tratamentos

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado e os tratamentos foram dispostos em esquema fatorial 2 x 6, sendo duas condições de substrato: não esterilizado (NE) e esterilizado (ES) por autoclavagem e seis tratamentos de inoculação das mudas de amendoim forrageiro com cinco espécies de FMA, procedentes da Coleção de Fungos Micorrízicos Arbusculares da Embrapa Agrobiologia, mais o controle não inoculado (Ni). As espécies de FMAs avaliadas foram: *Acaulospora morrowiae* Spain e Shenck (CNPAB 019), *Entrophospora colombiana* Spain e Shenck (CNPAB 015), *Gigaspora margarita* Becker e Hall (CNPAB 001), *Glomus clarum* Nicolson e Schenck (CNPAB 005), *Scutellospora heterogama* (Nicol. e Gerd) Walker e Sanders (CNPAB 002).

Além destes doze tratamentos, foram incluídos dois controles adicionais, que funcionaram como testemunhas de referência do monocultivo do amendoim forrageiro e da braquiária, em substrato não esterilizado e sem inoculação de FMAs exógena, ou seja, apenas com os FMAs autóctones já presentes no substrato. Desta forma, o experimento foi instalado com 14 tratamentos e três repetições, totalizando 42 parcelas (vasos).

2.3 Material Vegetal e de Cultivo

A espécie de braquiária utilizada foi a *Brachiaria decumbens* Stapf. cv. Basilisk, semeada em todos os vasos no dia 28/06/2005, com 38 dias de antecedência do transplante das mudas do amendoim. Este procedimento foi adotado com o intuito de simular uma situação de introdução desta leguminosa em pastagens já estabelecidas. Foram plantadas oito sementes por vaso, desinfestadas com hipoclorito de sódio a 2% durante 20 minutos e após 15 dias foi feito um desbaste, deixando-se duas plantas por vaso.

As mudas de amendoim forrageiro (*Arachis pintoii* Krap. e Greg. Cv. Amazônia) utilizadas foram procedentes de sementes e foram introduzidas nos vasos por transplantio no dia 05/08/2005, centralizadas entre as plantas de braquiária, já inoculadas e colonizadas com os FMAs durante a sua formação e com idade de 120 dias. Estas mudas foram selecionadas entre aquelas produzidas no experimento descrito no Capítulo II, produzidas em bandejas de isopor, com o mesmo substrato e procedimento de esterilização utilizado no presente experimento. Os procedimentos adotados no processo de produção das mudas e de inoculação com os FMAs estão descritos no subitem 2.1 do referido capítulo.

Portanto, neste experimento não houve inoculação direta nos vasos de cultivo e as plantas de *B decumbens* foram inoculadas indiretamente, por meio do inóculo presente nas

mudas do *A. pintoi*. A reposição da água evapotranspirada no experimento foi realizada por irrigação manual, com água deionizada, pela manhã e à tarde, conforme a necessidade.

2.4 Avaliações

O primeiro corte ocorreu no dia 16/09/2005, 42 dias após o transplante do amendoim, realizado a cinco centímetros do solo. Este corte também teve como objetivo uniformizar a fitomassa das plantas das duas espécies, para a partir de então avaliar o efeito dos tratamentos com maior precisão. A data do corte foi postergada até que não houvesse o risco de morte das plantas, visto que os cortes foram bastante drásticos, com forte redução da área foliar.

Posteriormente foram realizados mais três cortes: dias 01/11/2005, 12/01/2006 e 22/05/2006, correspondendo a intervalos de 45, 72 e 130 dias, respectivamente. O ensaio foi conduzido até o quarto corte, quando, devido ao maior intervalo de corte adotado, a competição da braquiária inviabilizou a permanência do amendoim forrageiro no sistema, ocorrendo uma redução drástica na produção de MSPA e alta mortalidade de plantas. A Tabela 17 mostra um resumo da idade das plantas do amendoim forrageiro e da braquiária, na época do plantio do consórcio e em cada corte.

Tabela 17. Cronograma mostrando a idade das plantas nos eventos de plantio consorciado (transplante das mudas de amendoim para os vasos contendo a braquiária), cortes e os intervalos de execução dos cortes do experimento.

Evento	Dias após o plantio (dap)			Intervalo de corte (dias)
	Amendoim	Braquiária	Consórcio	
Plantio consorciado	120	38	0	-
1º corte	162	80	42	42
2º corte	207	125	87	45
3º corte	279	197	159	72
4º corte	409	327	289	130

2.5 Análises Estatísticas

Foi avaliada a produção de matéria seca da parte aérea (MSPA) das duas espécies, em cada corte, nos substratos NE e ES. Os dados foram submetidos a testes de normalidade e homogeneidade de variância e, quando não atendiam a estes requisitos, foram transformados para raiz de $x + 1$. Posteriormente, foram submetidos à análise de variância e ao teste de comparação de médias de Scott-Knott (1974), ao nível de 5% de probabilidade, usando-se o pacote estatístico Sisvar 4.6 para Windows.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Produção de Matéria Seca da Parte Aérea no 1º Corte

A produção de matéria seca da parte aérea (MSPA) do amendoim forrageiro no primeiro corte é apresentada na figura 10A. Neste corte, que também serviu como uniformização, parte da fitomassa colhida foi produzida antes do estabelecimento do consórcio. Entretanto, como houve um período de 42 dias de cultivo consorciado, já foi possível observar o efeito dos tratamentos, por este motivo os dados deste corte foram incluídos nos resultados.

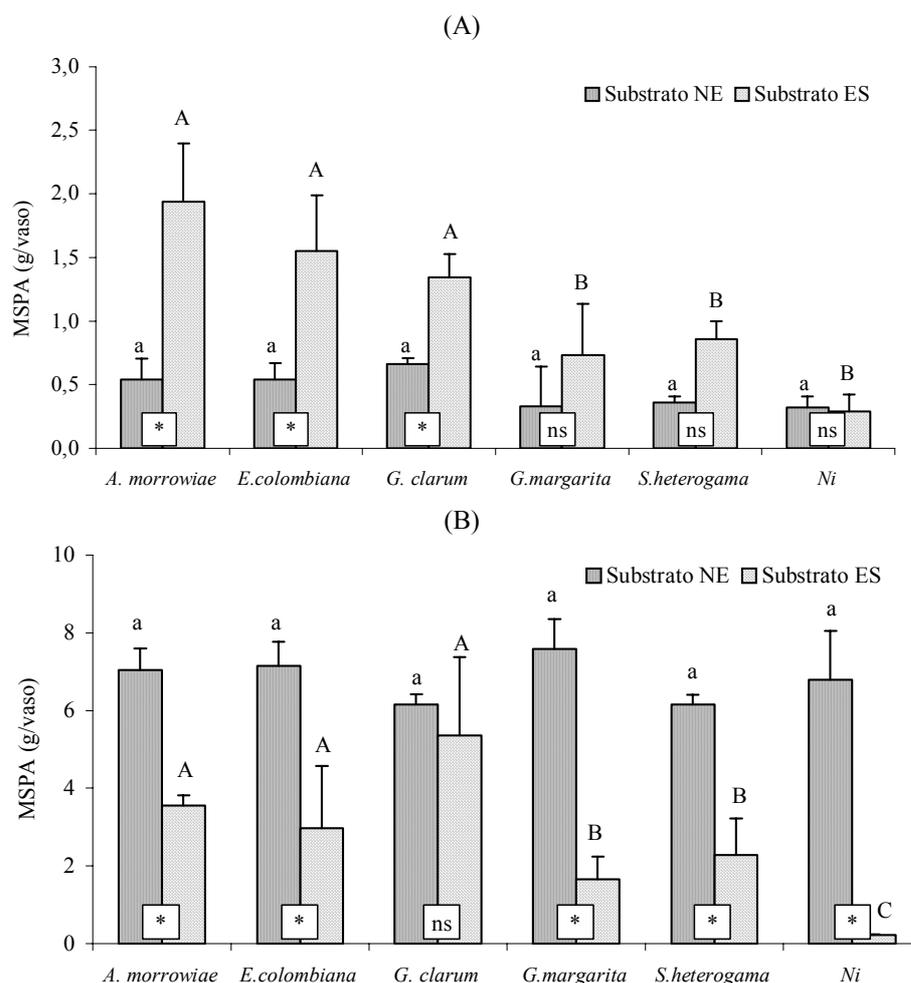


Figura 10. Produção de matéria seca da parte aérea (MSPA) do amendoim forrageiro (A) e da braquiária (B) no primeiro corte, em função das espécies de FMAs inoculadas e do controle não inoculado (Ni), em substrato não esterilizado (NE) e esterilizado (ES); Letras iguais em um mesmo substrato representam a não existência de diferenças significativas pelo teste de Scott-Knott ($p > 0,05$); * e ns indicam diferenças significativas ou não entre os substratos pelo teste F ao nível de 5 % de probabilidade; as linhas verticais acima das colunas representam o erro padrão da média.

Verifica-se que no substrato não esterilizado (NE) não houve diferenças significativas entre as médias ($p > 0,05$), havendo, no entanto, no substrato esterilizado (ES), onde a ausência de competição com os FMAs autóctones permitiu maior facilidade de estabelecimento e

propagação dos FMAs introduzidos. Desta forma, os tratamentos de inoculação com *Acaulospora morrowiae*, *Entrophospora colombiana* e *Glomus clarum* foram significativamente superiores ($p < 0,05$) em relação às espécies *Gigaspora margarita* e *Scutelospora heterogama*, que não diferiram do tratamento não inoculado (Ni).

A ausência de diferenças significativas na produção de matéria seca (MS) entre as espécies de FMAs e o controle Ni, no substrato NE, pode ser atribuído ao efeito da competição dos FMAs autóctones e ao pouco tempo decorrido do plantio ao corte (42 dias), ainda não sendo suficiente para a expressão de uma possível maior eficiência simbiótica das espécies de FMAs introduzidas. Entretanto, se verifica que a MS produzida pelas plantas inoculadas com *A. morrowiae*, *E. colombiana* e *G. clarum*, dentro do substrato ES, foi superior à produzida no substrato NE ($p < 0,05$). A interação que ocorre entre estas três espécies de FMAs e o substrato sugere que a competição com os fungos autóctones reduziu a eficiência destas espécies em beneficiar a produção de MS do amendoim forrageiro.

Os dados de produção de MSPA da braquiária no primeiro corte são apresentados na Figura 10B. Dentro de cada substrato, os resultados mostram que a inoculação com as espécies de FMAs produziu um efeito semelhante ao observado nas plantas de amendoim, ou seja, não houve diferenças significativas ($p > 0,05$) no substrato NE, enquanto que no ES se observou maior produção de MS nas plantas inoculadas com *G. clarum*, *A. morrowiae* e *E. colombiana*, as quais não diferiram significativamente entre si ($p > 0,05$), mas foram estatisticamente superiores a *S. heterogama* e *G. margarita* ($p < 0,05$), sendo todos os tratamentos de inoculação significativamente superiores ao controle Ni ($p < 0,05$).

Houve interação significativa entre as espécies de FMAs e os substratos. O fungo *G. clarum* foi o único que proporcionou produção de MS equivalente nos dois substratos ($p > 0,05$). Nos demais tratamentos de inoculação, ao contrário do que ocorreu com as plantas de amendoim, a braquiária produziu mais MS no substrato NE.

Isto pode ser atribuído ao reduzido crescimento da braquiária no substrato ES, nos primeiros dias após o plantio (dap), provocado pela ausência da comunidade microbiana. Estes sintomas se mantiveram até 38 dap quando as mudas do amendoim, já inoculadas com FMAs e rizóbio, foram transplantadas para os vasos. A partir de então, com a colonização de suas raízes, o crescimento desta gramínea aumentou sensivelmente, com exceção, logicamente, das plantas que receberam as mudas com o tratamento Ni. Já no substrato NE as plantas apresentavam crescimento vigoroso, proporcionado pela colonização das espécies de FMAs autóctones. Todavia, como este corte serviu para a uniformização da fitomassa das duas espécies, esta falta de sincronia na inoculação não prejudicou a avaliação dos tratamentos entre substratos nos cortes seguintes, principalmente, quando se avalia os quatro cortes em conjunto, como será discutido mais adiante.

O comportamento das plantas da braquiária no substrato NE, também pode ser atribuído ao efeito dos FMAs autóctones, que parecem ter sido mais eficientes que os introduzidos até o primeiro corte, talvez devido a inoculação e a colonização das raízes terem ocorrido logo após a semeadura, enquanto que a introdução dos FMAs testados, ocorreu depois de 38 dias, quando grande parte dos sítios de colonização das raízes já estariam ocupados. Nesta situação, não era esperado haver resposta da braquiária à inoculação, devido esta gramínea formar simbiose eficiente com um elevado número de espécie de FMAs (Howeler et al., 1987; Colozzi-Filho e Balota, 1994a).

3.2 Produção de Matéria Seca da Parte Aérea no 2º Corte

Os efeitos das espécies de FMAs inoculadas sobre a produção de MSPA nas plantas de amendoim forrageiro, no segundo corte, são mostrados na Figura 11A. Os resultados mostram, em termos gerais, que o desempenho das plantas inoculadas foi semelhante ao obtido no primeiro corte, com exceção daquelas inoculadas com *G. clarum* no substrato NE,

que proporcionou um grande aumento na MS, produzindo mais que o dobro em relação ao corte anterior, neste mesmo substrato. No segundo corte, este FMA também se destacou em relação aos demais tratamentos de inoculação, proporcionando uma produção de MS quase triplicada, sendo esta diferença significativa ($p < 0,05$). Com isso, *G. clarum* passou a ter um desempenho similar nos dois substratos, sobressaindo-se na competição com a comunidade de FMAs autóctones, de modo a não mais haver a interação com o substrato, observada no primeiro corte ($p > 0,05$).

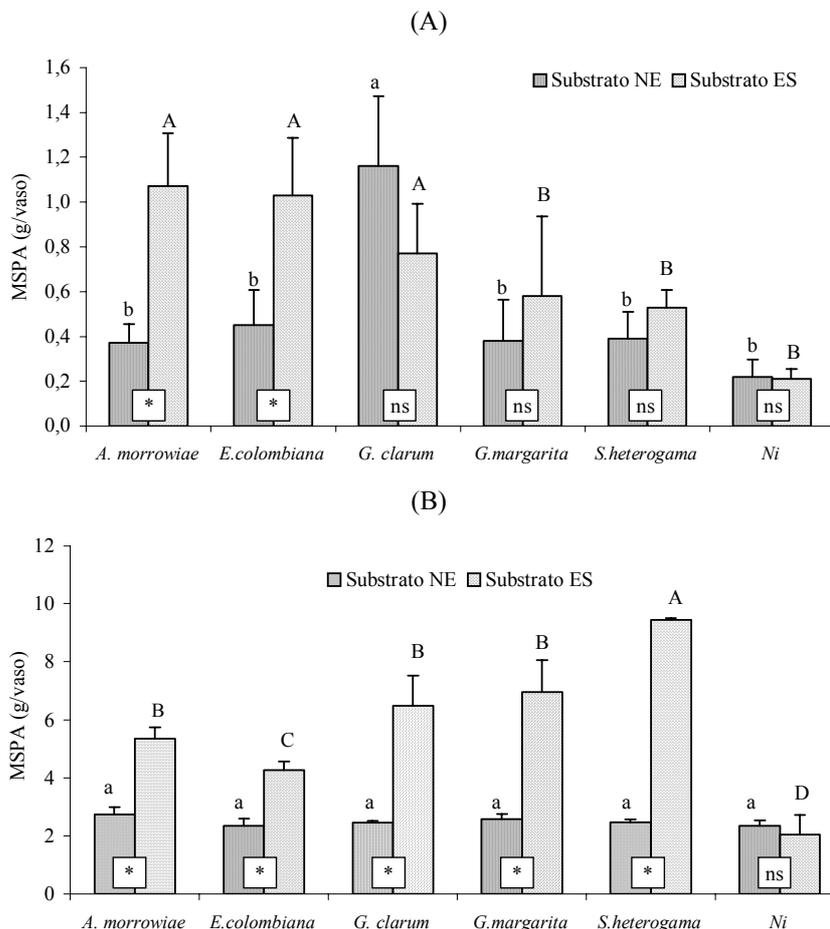


Figura 11. Produção de matéria seca da parte aérea (MSPA) do amendoim forrageiro (A) e da braquiária (B) no segundo corte, em função das espécies de FMAs inoculadas e do controle não inoculado (Ni), em substrato não esterilizado (NE) e esterilizado (ES); Letras iguais em um mesmo substrato representam a não existência de diferenças significativas pelo teste de Scott-Knott ($p > 0,05$); * e ns indicam diferenças significativas ou não entre os substratos pelo teste F ao nível de 5 % de probabilidade; as linhas verticais acima das colunas representam o erro padrão da média.

No segundo corte da braquiária (Figura 11B), não houve diferenças significativas entre os tratamentos ($p > 0,05$) no substrato NE, como também foi observado no corte anterior, devido, provavelmente, à competição dos fungos nativos, conforme já foi discutido. Na maioria dos tratamentos fúngicos, as plantas no substrato NE cresceram menos que as do substrato ES, ao contrário do que ocorreu no corte anterior, sugerindo que possa haver algum esgotamento de nutrientes no substrato.

No substrato ES, a braquiária novamente respondeu aos tratamentos de inoculação, sendo todos significativamente superiores ao controle Ni ($p < 0,05$), havendo, no entanto, alterações no desempenho das espécies de FMAs, em relação à MS produzida no primeiro corte.

Neste corte, o fungo que se destacou foi *S. heterogama*, sendo superior aos demais tratamentos ($p < 0,05$), seguida de *G. margarita*, *G. clarum* e *A. morrowiae*, que produziram MS que não diferiu entre si ($p > 0,05$) e *E. colombiana* que foi superior apenas ao controle Ni ($p < 0,05$). A magnitude das respostas, em percentual sobre o controle Ni, foi bastante elevada, sendo de 463% para *S. heterogama*, 341% para *G. margarita*, 318% para *G. clarum*, 262% para *A. morrowiae* e de 209% para *E. colombiana*. Estes índices foram muito superiores ao encontrado por Saif (1987), estudando a braquiária em um Latossolo ácido da Colômbia, que obteve 94% de resposta à inoculação de uma mistura de *Glomus manihotis*, *Acaulospora longula* e *E. colombiana*.

Estes resultados mostram que mesmo plantas consideradas pouco dependentes dos FMAs, como as braquiárias (Alves, 1988; Siqueira e Moreira, 1996), podem se beneficiar desta simbiose, apresentando grandes respostas à inoculação em solos pobres, principalmente naqueles com elevada capacidade de retenção de fosfatos.

3.3 Produção de Matéria Seca da Parte Aérea no 3º Corte

No terceiro corte (Figura 12A), as espécies de FMAs inoculadas nas plantas de amendoim forrageiro, cultivadas no substrato NE, tiveram desempenho semelhante ao obtido no corte anterior. Desta forma, *G. clarum* foi novamente a espécie que proporcionou a maior produção de MS, sendo significativamente superior aos demais tratamentos ($p < 0,05$), ratificando sua maior capacidade competitiva e eficiência em relação aos FMAs autóctones. As plantas cultivadas no substrato ES tiveram uma queda acentuada na produção de MS em relação aos dois cortes anteriores, observando-se um maior equilíbrio entre os dois substratos, não mais havendo efeitos significativos dentro de cada espécie de FMAs ($p > 0,05$).

As plantas inoculadas cultivadas no substrato ES produziram maior quantidade de MS que o controle Ni, mas não o suficiente para haver diferenças significativas ($p > 0,05$). Os dados obtidos neste corte, de maneira geral, refletem o maior tempo de competição entre as duas espécies (intervalo de corte de 72 dias), com as plantas de amendoim sendo fortemente afetadas, em todos os tratamentos, principalmente no substrato ES, onde a redução da MS em relação aos cortes anteriores foi mais evidente.

A produção de MSPA da braquiária, obtida no terceiro corte, se manteve equilibrada no substrato NE, não sendo constatadas diferenças significativas entre os tratamentos de inoculação, nem destes com o controle Ni (Figura 12B). Verifica-se que as espécies *A. morrowiae* e *E. colombiana* produziram MS equivalente nos dois substratos, não havendo diferenças significativas entre os substratos ($p > 0,05$). Para os demais tratamentos houve maior produção no substrato ES ($p < 0,05$).

No substrato ES houve uma grande alteração na expressão dos efeitos dos tratamentos de inoculação em relação aos cortes anteriores, passando a haver um equilíbrio na produção de MS dos tratamentos, não mais ocorrendo diferenças significativas entre as espécies de FMAs ($p > 0,05$). Já as plantas do controle Ni passaram a ter o melhor desempenho, produzindo MS significativamente superior aos demais tratamentos. Isto evidencia o esgotamento nutricional dos vasos onde as plantas de braquiária já haviam apresentado maior crescimento.

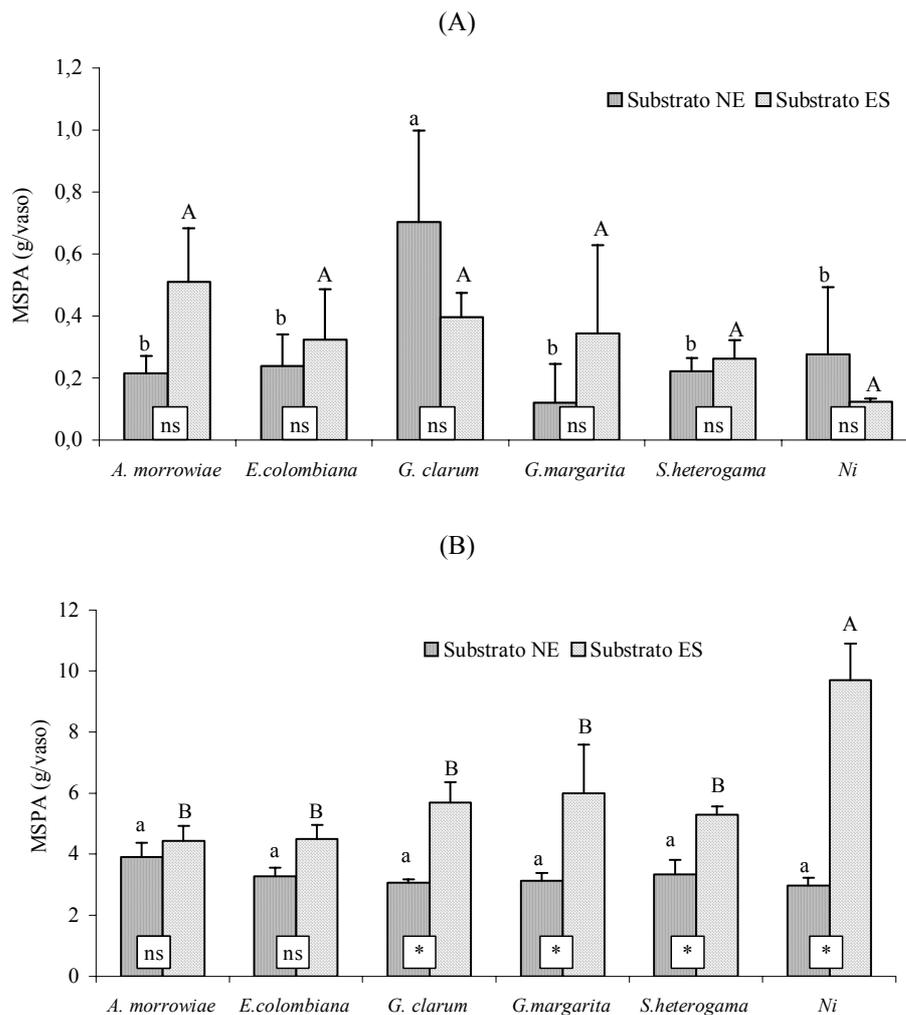


Figura 12. Produção de matéria seca da parte aérea (MSPA) do amendoim forrageiro (A) e da braquiária (B) no terceiro corte, em função das espécies de FMAs inoculadas e do controle não inoculado (Ni), em substrato não esterilizado (NE) e esterilizado (ES); Letras iguais em um mesmo substrato representam a não existência de diferenças significativas pelo teste de Scott-Knott ($p > 0,05$); * e ns indicam diferenças significativas ou não entre os substratos pelo teste F ao nível de 5 % de probabilidade; as linhas verticais acima das colunas representam o erro padrão da média.

Outro fator que pode ter contribuído para este resultado foi o longo período do experimento em casa-de-vegetação, propiciando a contaminação destes vasos, sendo constatada a presença de um fungo oportunista (*Glomus sp.*), que possivelmente propiciou o maior crescimento das braquiárias não inoculadas, somando-se à maior disponibilidade de nutrientes. Entretanto, um possível efeito da contaminação pode ser questionado, pois este efeito não foi verificado nas plantas não inoculadas do amendoim forrageiro. Desta forma, a hipótese da maior reserva de nutrientes, nos vasos com plantas de menor crescimento anterior e a competição dos FMAs inoculados pelos fotoassimilados produzidos pelas plantas de braquiária em um substrato já exaurido, pode ser a melhor explicação para o maior acúmulo de MS nas braquiárias não inoculadas. Entretanto, como este efeito não foi verificado nas plantas de amendoim forrageiro não inoculadas, pode ser que o fungo contaminante não tenha sido eficiente para o *A. pintoii* ou que a maior capacidade de crescimento da gramínea tenha inibido esta resposta.

Neste estudo, se observa que o benefício dos FMAs introduzidos na produção de MS da braquiária se restringiu ao substrato ES, no primeiro e segundo cortes, realizados com

intervalos de 42 e 45 dias, respectivamente. No terceiro corte, realizado a um intervalo maior (72 dias), as plantas não mais responderam à colonização micorrízica com a mesma intensidade. Em um solo esgotado, os FMAs podem inclusive passar a ser um encargo, no caso do fungo não conseguir compensar os fotoassimilados doados pelas plantas, devido ao baixo nível de fertilidade do solo.

Com o intervalo adotado para o terceiro corte deste experimento, já se pode considerar a existência de fatores de estresse, como a falta de espaço para o crescimento do sistema radicular, limitado pelo tamanho dos vasos e mesmo um possível esgotamento da fertilidade do substrato, que não foi repostada após cada corte. Este conjunto de fatores relacionados ao substrato, às características fisiológicas da braquiária e dos FMAs pode explicar o melhor desempenho do controle Ni, neste corte.

3.4 Produção de Matéria Seca da Parte Aérea no 4º Corte

O quarto corte do amendoim forrageiro foi realizado com um intervalo ainda maior (130 dias) e se verificou que o maior intervalo expôs o amendoim a uma severa competição com a braquiária, resultando na redução drástica da MS e em sua saída do sistema, no substrato ES (Figura 13A). Neste substrato, permaneceram vivas apenas as plantas inoculadas com as espécies *G. clarum* e *G. margarita*, sugerindo que estes FMAs tornaram as plantas de amendoim mais resistentes à competição da braquiária e possibilitaram um aumento da permanência das plantas no consórcio. Entre estas plantas, aquelas inoculadas com *G. clarum* produziram maior quantidade de MS nos dois substratos, em todos os cortes realizados, sugerindo haver maior eficiência simbiótica entre este FMA e o amendoim forrageiro.

No substrato NE, não houve diferenças significativas entre os tratamentos, todavia *G. clarum* continuou sendo a espécie com maior produção de MS, mas não sendo suficiente para se obter diferença estatística significativa entre os tratamentos, neste nível de significância ($p > 0,05$). Isto pode ser atribuído à maior variabilidade dos dados, devido ao estresse a que as plantas foram submetidas. Entretanto, todas as plantas do amendoim cultivadas neste substrato sobreviveram até o quarto corte, independente dos tratamentos de inoculação, embora com forte queda na produção de MS. Isto sugere que o possível efeito alelopático da braquiária (Souza et al., 2006) sobre o amendoim forrageiro é atenuado pela comunidade microbiana do solo presente no substrato NE.

As gramíneas tropicais são naturalmente mais competitivas, devido a suas características fisiológicas, alcançando taxas fotossintéticas até três vezes maiores que as leguminosas tropicais. Isto proporciona vantagens às gramíneas, que crescem mais rápido, dominando e até mesmo excluindo as leguminosas das consorciações (Fisher e Thornton, 1989). A supressão da leguminosa pela gramínea também foi relatada por Argel e Villarreal (1998), em parcelas no campo, onde muitos produtores costumam deixar o capim produzir semente, antes do primeiro pastejo, com o objetivo de garantir bom estabelecimento da gramínea. Porém, estes autores verificaram que em associações de espécies de *Brachiaria spp.* com *A. pintoii*, esta prática prejudica o desenvolvimento do amendoim, devido à concorrência com a gramínea. Com isso, o crescimento inicial do amendoim forrageiro fica prejudicado, podendo desaparecer da pastagem.

O efeito da competição da braquiária sobre o amendoim em plantio consorciado, também foi demonstrado por Santos et al. (2001). Neste estudo foi observado que enquanto a gramínea aumentou a produção de MS, ou seja, a sua participação no consórcio, a leguminosa foi sendo suprimida com a elevação das doses de P. A gramínea mostrou-se mais agressiva e, portanto, mais competitiva pelos nutrientes, além de luz e água, principalmente quando se aplicou a adubação nitrogenada. No presente estudo estes mesmos efeitos foram observados sem a aplicação de N nem de P.

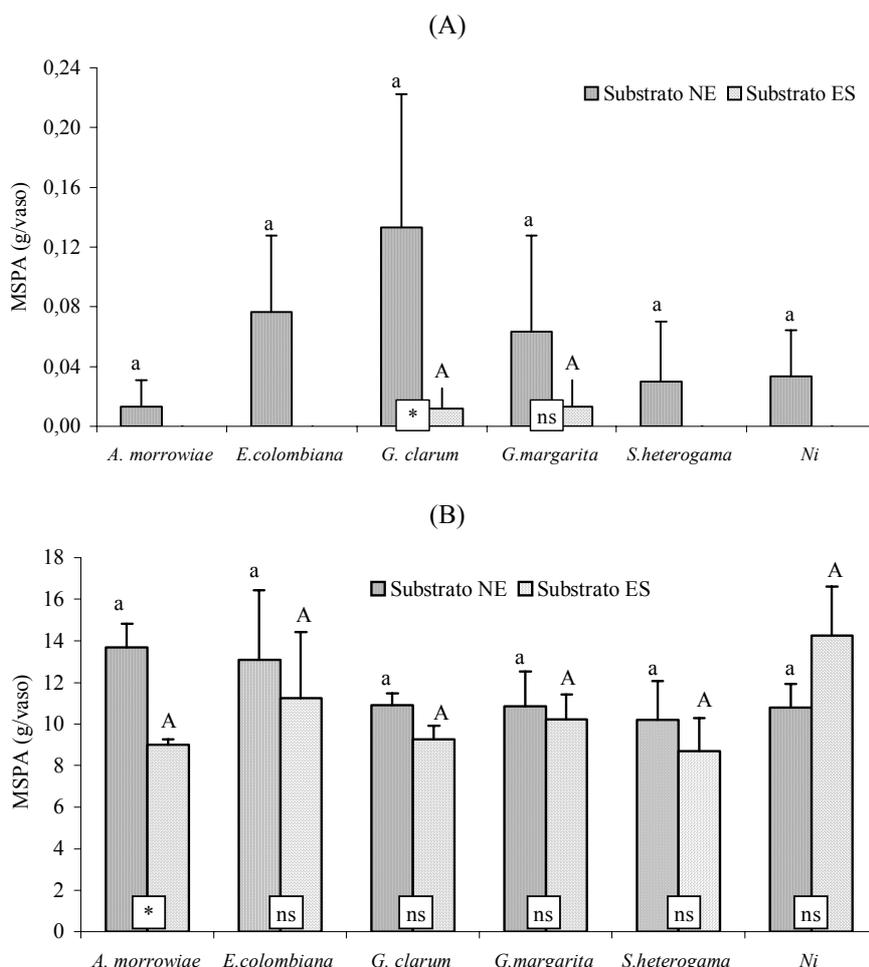


Figura 13. Produção de matéria seca da parte aérea (MSPA) do amendoim forrageiro (A) e da braquiária (B) no quarto corte, em função das espécies de FMAs inoculadas e do controle não inoculado (Ni), em substrato não esterilizado (NE) e esterilizado (ES); letras iguais em um mesmo substrato representam a não existência de diferenças significativas pelo teste de Scott-Knott ($p > 0,05$); * e ns indicam diferenças significativas ou não entre os substratos pelo teste F ao nível de 5 % de probabilidade; as linhas verticais acima das colunas representam o erro padrão da média.

No quarto corte da braquiária (Figura 13B), verificou-se um equilíbrio entre todos os tratamentos de inoculação nos dois substratos, não havendo diferenças significativas entre os tratamentos ($p > 0,05$), confirmando que após o corte e o pleno restabelecimento da braquiária, com seu sistema radicular tomando todo o vaso, a sua capacidade em absorver nutrientes anula o diferencial de eficiência simbiótica entre as espécies de FMAs, que deixam de exercer um papel nutricional significativo para esta gramínea. Neste corte também ocorreu um aumento significativo na produção de MS para todos os tratamentos, observando-se que este incremento é proporcional ao maior intervalo de corte adotado. Ou seja, mesmo que o crescimento estivesse lento pelo esgotamento nutricional do substrato, as plantas foram deixadas crescer por mais tempo, produzindo mais que no terceiro corte.

As propriedades químicas do substrato foram avaliadas após o período de cultivo, sendo verificada uma queda acentuada em sua fertilidade, conforme resultados da análise do solo, expostos a seguir: pH (H_2O)=5,1; Al^{3+} =0,5 $Ca^{+2} + Mg^{+2}$ =1,0 ($cmolc.dm^{-3}$); P=3,9 K=2,0 ($mg.dm^{-3}$); Matéria orgânica=11,0 C=6,4 e N=0,51 ($g.kg^{-1}$). O esgotamento nutricional de alguns elementos, principalmente do K, pode ser constatado na comparação das propriedades químicas do substrato antes do plantio, mostradas na Tabela 10 (subitem 2.1 do capítulo II). O K teve a sua disponibilidade reduzida de 69,0 para 2,0 $mg.dm^{-3}$, sendo provavelmente o fator limitante à permanência do *A. pintoi* no consórcio com a braquiária.

As espécies do gênero *Brachiaria* são consideradas muito promiscuas, sendo boas hospedeiras para um grande número de espécies de FMAs (Howeler et al., 1987; Colozzi-Filho e Balota, 1994a). Desta forma, o efeito da inoculação nas plantas de braquiária somente pôde ser verificado no substrato ES, pois no NE os FMAs autóctones ocuparam os sítios de infecção das raízes antes das espécies introduzidas, as quais não puderam expressar sua possível maior eficiência. Também pode ter havido um outro efeito antagonista aos FMAs inoculados promovido pela microbiota autóctone do solo, conforme sugeriu Sousa Sobrinha (2000). No caso do amendoim forrageiro, as plantas parecem ser mais seletivas e foram transplantadas ao substrato NE com a colonização já estabelecida. Talvez por estes motivos, a espécie *G. clarum* pôde competir mais eficazmente com os FMAs autóctones e contribuir para aumentar o acúmulo de MS também naquele substrato.

As gramíneas, de maneira geral, se caracterizam pela facilidade de adaptação a diferentes condições do meio, principalmente no que se refere ao solo. Isto é devido principalmente ao fato de possuírem amplos sistemas radiculares, concentrados na camada superficial do solo, e um eficiente sistema fotossintético (C4), conferindo-lhes considerável plasticidade adaptativa. No presente estudo, verificou-se uma alta capacidade de crescer em solos pobres, possivelmente ciclando os nutrientes presentes em raízes de cortes anteriores.

Os resultados obtidos no presente estudo estão de acordo com o relatado por Santos et al. (2001), estudando efeito de N, P e micorriza sobre o consórcio de *A. pintoii* com *B. brizantha*. Estes autores verificaram que a inoculação de FMA não favoreceu a participação da gramínea no consórcio. Por outro lado, para a leguminosa, o efeito desse fator foi significativo na ausência de N, como foi o caso do presente estudo.

A acentuada redução na produção de MS nos dois substratos, em relação aos primeiros cortes e a saída do sistema das plantas do amendoim no quarto corte, no substrato ES, pode ser plenamente atribuída ao efeito competitivo e até mesmo de possíveis efeitos alelopáticos da braquiária, conforme já foi encontrado por Fagioli et al. (1997) e Souza et al. (2006).

3.5 Participação das Espécies na Matéria Seca Total Produzida no Consórcio e em Monocultivo

A participação relativa da braquiária e do amendoim forrageiro, na MSPA total produzida pelo consórcio, nos quatro cortes realizados, sob o efeito dos tratamentos de inoculação e do controle Ni, pode ser observada na figura 14.

No substrato NE (Figura 14A), conforme foi verificado na análise de cada corte, destacam-se as plantas de amendoim forrageiro inoculadas com *G. clarum*, as quais tiveram uma participação superior a 10 % da MS total produzida no consórcio, apresentando diferenças significativas ($p < 0,05$) em relação às demais espécies e ao controle Ni, que teve uma participação de cerca de 3,5 % na MS total. No substrato ES (Figura 14B), os melhores tratamentos foram *A. morrowiae*, *E. colombiana* e *G. clarum*, com participações de 14, 11 e 9%, na MS total produzida, não diferindo estatisticamente entre si, mas sendo significativamente superiores aos demais tratamentos ($p < 0,05$). Na análise conjunta dos quatro cortes, a MS produzida pelas plantas de braquiária, em todos os tratamentos de inoculação aplicados, não diferiram significativamente entre si nem do controle Ni, nos dois substratos de cultivo ($p > 0,05$), devido às características desta espécie já discutidas nas seções anteriores.

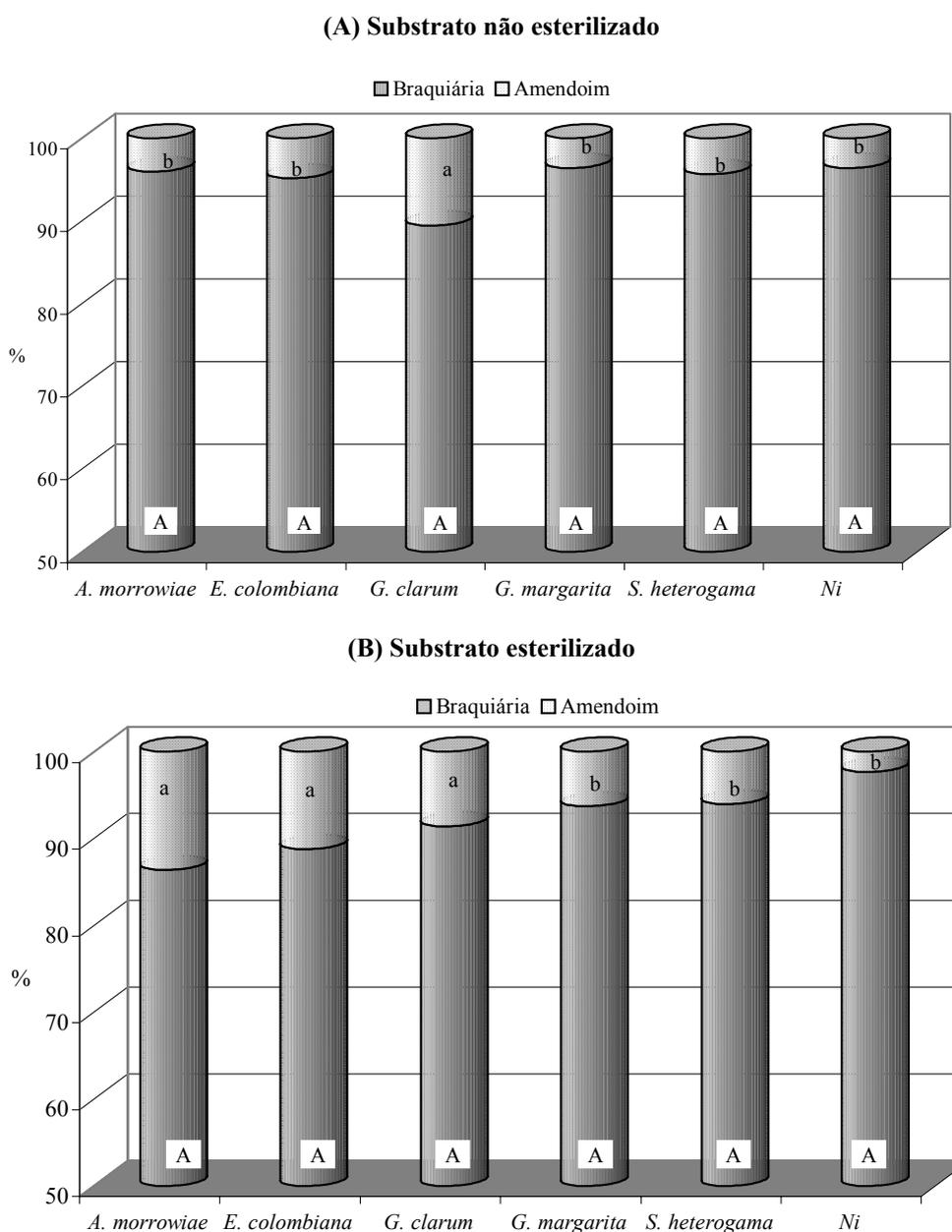


Figura 14. Participação relativa de braquiária e do amendoim forrageiro na matéria seca da parte aérea total produzida em cultivo consorciado, sob o efeito da inoculação de FMAs e do controle não inoculado (Ni), em quatro cortes, nos substrato não esterilizado (A) e esterilizado (B); letras iguais entre cilindros dentro da mesma espécie indicam igualdade pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$).

Os efeitos negativos da competição da braquiária ficam evidentes, quando se analisam as plantas de amendoim que foram cultivadas nas mesmas condições daquelas consorciadas, mas em monocultivo (testemunhas de referência), que continuaram a produzir MS similar ou mesmo maiores que nos primeiros cortes. Isto é mostrado na Tabela 18, onde se constata que no segundo e terceiro cortes, as plantas do amendoim em monocultivo, produziram quantidade de MS de mesma magnitude que a produzida pelo monocultivo da braquiária. O A. pinto em monocultivo produziu mais MS que o consorciado em todos os cortes. O mesmo não se verifica para as plantas de braquiária que, em monocultivo, produziram igual quantidade de MS que no consórcio.

Tabela 18. Matéria seca da parte aérea seca produzida por cada espécie, em consórcio e em monocultivo, estabelecidas em substrato não esterilizado.

Corte	Amendoim forrageiro		Braquiária	
	Monocultivo	Consórcio	Monocultivo	Consórcio
	-----g.vaso ⁻¹ -----			
1°	1,17 cA	0,46 aB	6,19 bA	6,81 bA
2°	2,93 bA	0,50 aB	2,48 cA	2,50 d A
3°	5,33 aA	0,30 aB	2,90 cA	3,28 cA
4°	4,73 aA	0,06 bB	10,27 aA	11,58 aA

Médias seguidas pela mesma letra minúscula, em cada coluna, e maiúscula em cada linha na mesma espécie, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knot e F, respectivamente ($p > 0,05$).

Ainda na Tabela 18, se observa que até o terceiro corte, realizado com 72 dias de intervalo, no cultivo consorciado, as plantas de amendoim produziram MS estatisticamente iguais ($p < 0,05$), seguida de uma queda brusca no quarto corte. Já a produção de MS das plantas de braquiária obedeceu à proporcionalidade dos intervalos de corte, isto é, produziu mais nos maiores intervalos. A queda no rendimento de MS do amendoim forrageiro à medida que foi aumentado o intervalo de corte, sugere que a braquiária, no campo, deve ser submetida a maior pressão de pastejo, para que a proporção desta leguminosa no consórcio se mantenha ou até mesmo aumente, conforme relatam Fisher e Cruz (1995).

Outro aspecto que deve ser levado em consideração é o fato das plantas do amendoim forrageiro necessitarem de maior espaço para crescer do que as gramíneas, devido à constituição anatômica de seu sistema radicular, do tipo pivotante, que em condições naturais chega a atingir até 1,95 m de profundidade no solo (Valentim et al. 2001). Assim, em condições mais favoráveis, como em parcelas de cultivo no campo, o amendoim pode competir de forma mais eficiente com as gramíneas. Nesta condição há menor esgotamento devido, principalmente, à capacidade desta leguminosa de ciclar nutriente das camadas mais profundas do solo para a superfície e à reposição pela solubilização de rochas, entre outros processos. De qualquer modo, a permanência desta leguminosa no sistema consorciado é condicionada à adoção de práticas de manejo que reduzam a competição da gramínea (Andrade et al., 2006ab) e, entre outras práticas recomendadas, a utilização de mudas colonizadas por FMAs eficientes, podem ajudar no estabelecimento e crescimento inicial das plantas do amendoim forrageiro, aumentando a sua capacidade competitiva com as gramíneas.

4 CONCLUSÕES

- Houve benefício da inoculação de FMAs na produção de MS das plantas do amendoim forrageiro, nos substratos com e sem esterilização;
- Na braquiária este benefício ocorreu apenas nas plantas cultivadas no substrato esterilizado e com menor intervalo de corte;
- *G. clarum* foi o fungo mais eficiente para o amendoim forrageiro, nas duas condições de substrato, seguidos de *A. morrowiae* e *E. colombiana* que foram eficientes apenas no substrato esterilizado;
- *S. heterogama* foi o fungo mais eficiente para a braquiária em solo estéril e os fungos autóctones se mostraram tão eficientes quanto os introduzidos, em substrato não esterilizado;
- No cultivo consorciado, intervalos de corte acima de 45 dias foram prejudiciais às plantas de amendoim forrageiro e benéficos para a braquiária, indicando que no manejo das pastagens este aspecto deve ser considerado.

CONCLUSÕES GERAIS

- Em agrossistemas com amendoim forrageiro no Acre, os gêneros de FMAs *Glomus*, *Acaulospora* e *Scutelospora* foram os de maior ocorrência na rizosfera desta leguminosa e *Glomus macrocarpum* foi à espécie de maior frequência e abundância;
- Os índices de diversidade de FMAs na rizosfera do amendoim forrageiro mostraram que, mesmo em monocultivo, esta leguminosa proporciona a ocorrência de comunidades diversificadas, contribuindo para a melhoria da qualidade biológica do solo;
- As mudas do amendoim forrageiro, originadas de sementes ou do enraizamento de estolões, foram colonizadas pelos FMAs inoculados. Entretanto, quando produzidas em bandejas de isopor e sem fertilização adicional, apenas naquelas originadas de sementes foram constatados benefícios da micorrização;
- As espécies *E. colombiana*, *G. margarita*, *G. clarum* e *A. morrowiae* foram mais eficientes em promover o acúmulo de matéria seca da parte aérea e de raízes no amendoim forrageiro;
- A espécie de FMA que proporcionou o maior teor e acúmulo de nutrientes nos tecidos da parte aérea de *A. pintoii* foi *G. clarum*;
- Mudas de amendoim forrageiro micorrizadas, provenientes do enraizamento de estolões respondem ao aumento da disponibilidade de fósforo no solo. *G. clarum* proporcionou maior resposta na condição de disponibilidade subótima de P e *A. morrowiae* foi mais eficiente na maior dose aplicada, quando a disponibilidade do P (Mehlich I) atingiu 104 mg dm^{-3} ;
- O amendoim forrageiro apresenta resposta de pequena magnitude ao P quando não micorrizado e uma forte interação entre o P no solo e a micorrização, com respostas acentuadas a FMAs eficientes, mesmo com alto P disponível, indicando ser uma espécie com alto grau de dependência micorrízica;
- O consórcio de amendoim forrageiro com braquiária foi beneficiado pela inoculação de FMAs. Para o amendoim a espécie mais eficiente foi *G. clarum*, tanto em solo estéril como em não estéril, seguida de *A. morrowiae* e *E. colombiana*, em substrato esterilizado. Para a braquiária, a espécie mais eficiente foi *S. heterogama*, mas apenas em solo estéril;
- A utilização de mudas colonizadas por FMAs eficientes pode ajudar no estabelecimento e crescimento inicial das plantas de amendoim forrageiro, aumentando a sua capacidade competitiva com as gramíneas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGROSOFT LTDA. *Arachis pintoï* Krap. et Greg. Cv. Maní forrajero perene. Reporte de Especie Nº 3. Especies Forrajeras Versión 1.0. Medellín, Colômbia. 12 p. 2000.
- ALFARO-VILLATORO, M.A. **Matéria Orgânica e indicadores biológicos da qualidade do solo na cultura do café sob manejo agroflorestal e orgânico**. Tese de Doutorado em Agronomia-Ciências do Solo. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Seropédica, RJ. 2004. 178f.
- ALVES, G.L.N. **Micorriza vesicular-arbuscular no crescimento e utilização do fósforo do solo pela braquiária e estilosantes**. Lavras: UFLA, 1988. 42p. Dissertação de Mestrado.
- ALVES, B. J. R.; SANTOS, J. C. F.; URQUIARGA, S. BODDEY, R. M. Métodos de determinação do nitrogênio em solo e planta. In: **Manual de métodos empregados em estudos de microbiologia agrícola**. Ed.: ARAÚJO, R. S., HUNGRIA, M. Brasília, p. 449-469, 1994.
- ANDRADE, C. M. S. DE; VALENTIM, J. F. Adaptação, produtividade e persistência de *Arachis pintoï* submetido a diferentes níveis de sombreamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v. 28, n. 3, p. 439-445. 1999.
- ANDRADE, C.M.S. de; GARCIA, R.; VALENTIM, J.F.; PEREIRA, O.G. Grazing management strategies for massagrass-forage peanut pastures: 1. Dynamics of sward condition and botanical composition. **R. Bras. Zootec.**, Viçosa, v. 35, n. 2, p.334-342, 2006a.
- ANDRADE, C.M.S. DE, GARCIA, R., VALENTIM, J.F.; PEREIRA, O.G. Grazing management strategies for massagrass-forage peanut pastures: 3. Definition of sward targets and carrying capacity. **R. Bras. Zootec.**, Viçosa, v. 35, n. 2, p.352-357, 2006b.
- ARAÚJO, C.V. M.; SANTOS, O. M.; ALVES, L. J.; MUNIZ, C. R. R. Fungos micorrízicos arbusculares em espécies de Melastomataceae no Parque Metropolitano de Pituauçu, Salvador, Bahia, Brasil. **Sitientibus série Ciências Biológicas** 3 (1/2): 115–119. 2003.
- ARGEL, P. J.; PIZARRO, E. A. Germplasm case study: *Arachis pintoï*. In: **Pasture for tropical lowlands: CIAT's Contribution**. Cali, Colombia: CIAT, 1992. P. 57-73.
- ARGEL, P. J. Regional experiences with forage *Arachis* in Central America and Mexico. In: Kerridge, P. C.; Hardy, B. **Biology and agronomy of forage *Arachis***. Cali, Colombia: CIAT, 1994. 209. p. 135-143.
- ARGEL, P.; VILLARREAL, M. **Nuevo maní forrajero perenne (*Arachis pintoï* Krap. y Greg.). Cultivar Porvenir (CIAT 18744): Leguminosa herbácea para alimentación animal, el mejoramiento y conservación del suelo y el embellecimiento del paisaje**. San José: Ministério de Agricultura y Ganaderia de Costa Rica (MAG)/Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), 1998. (Boletín Técnico. 32p.).

AVELLANEDA-CEVALLOS, J.; CANSING, P.; VERA, W.; VARGAS, J.; TUAREZ, J.; VIVAS, R.; MONTAÑEZ, O.; ZAMBRANO, S. Uso de maní forrajero (*Arachis pintoi*) y caña de azúcar en la alimentación de terneras Sahiwal x Holstein. **Livestock Research for Rural Development**. Volume 18, Article #129, 2006. Disponível em: <<http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd18/9/avel18129.htm>>. Acesso em 9 Jan. 2007.

AXELROD, R.; HAMILTON, W.D. The evolution of cooperation. **Science**, v. 211, p. 1390-1396, 1981.

AZCÓN-AGUILAR, C.; BAREA, J. M. Applying mycorrhiza biotechnology to horticulture: significance and potentials. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 68, n. 4, p. 1-24, 1997.

BAPTISTA, M.J.; SIQUEIRA, J.O. Efeito de flavonóides na germinação e no crescimento assimbiótico de fungos micorrízicos vesículo-arbusculares. **Rev. Bras. de Fisiologia Vegetal**, Campinas, v.6, n.2, p.127-134, 1994.

BARCELLOS, A. de O.; ANDRADE, R. P. de; KARIA, C. T. et al. Potencial e uso de leguminosas dos gêneros *Stylosanthes*, *Arachis* e *Leucaena*. In: PEIXOTO, A. M. PEDREIRA, C. G. S.; MOURA, J. C. de; FARIA, V. P. de (eds.) SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM: a planta forrageira no sistema de produção, 17. **Anais...**Jaboticabal, SP: FAEALQ. 2000. P. 365-425.

BENNEDETI, T.; ANTONIOLLI, Z. I.; GIRACCA, E. M. N.; STEFFEN, R. B. Diversidade de fungos micorrízicos arbusculares na cultura do milho após uso de espécies de plantas de cobertura de solo. **Rev. de Ciên. Agroveterinárias**, Lages, v.4, n.1, p. 44-51, 2005.

BODDEY, R. M.; RESENDE, C. P.; PEREIRA, J. M.; CANTARUTTI, R. B.; ALVES, B. J. R.; FERREIRA, E.; RICHTER, M.; CADISCH, G.; URQUIAGA, S. Nitrogen cycle in pure grass and grass / legume pastures-evaluation of pasture sustainability. In: NUCLEAR TECHNIQUES IN SOIL-PLANT STUDIES FOR SUSTAINABLE AGRICULTURE AND ENVIRONMENTAL PRESERVATION, 1994. Vienna. Proceedings... Viena: IAEA/FAO, 1995. p. 307-319.

BOGDAN, A. V. **Tropical pasture and fodder plants**. Londres, Inglaterra: Longman Group, 1977. 475 p. (Tropical Agriculture Series).

BOMFIM, E., R., P.; PINTO, J.C.; SALVADOR, N; MORAIS, A.R de.; ANDRADE, I.F.; ALMEIDA, O.C. de. **Efeito do tratamento físico associado à adubação em pastagens degradadas de braquiária, nos teores de proteína bruta, fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido**. Ciênc. agrotec. V.27, N.4, p.912- 920. jul/ago., Lavras / MG. 2003.

BOTH, M.C. **Comportamento e produção de suínos mantidos em pastagens e submetidos a diferentes níveis de restrição alimentar**. Porto Alegre. UFRGS. Tese de doutorado. 2003. 127p.

BRUNDETT, M. Mycorrhizas in natural ecosystems. **Advanced Ecological Research**, v.21, p.171-313, 1991.

CADISH, G.; SCHUNKE, R. M.; GILLER, K. E. Nitrogen cycling in a pure grass pasture and a grass-legume mixture on a red latosol in Brazil. **Tropical Grasslands**, Brisbane, v. 28, n. 1, p. 43-52, 1994.

CANELLAS, L. P.; ESPINDOLA, J. A. A.; REZENDE, C. E. et al. Qualidade da matéria orgânica de um solo cultivado com leguminosas herbáceas perenes. **Sci. agric.** (Piracicaba, Braz.), Piracicaba, v. 61, n. 1, p. 53-61. 2004.

CANTARUTTI, R.B. **Dinâmica de nitrogênio em pastagens de *Brachiaria humidicola* em monocultivo e consorciada com *Desmodium ovalifolium* Cv. Itabela no sul da Bahia.** Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1996. 83p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, 1996.

CARNEIRO, J. da C.; VALENTIM, J. F.; PESSOA, G. N. **Avaliação agrônômica do potencial forrageiro de *Arachis* spp. nas condições ambientais do Acre.** In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37, Viçosa, MG. Anais...Porto Alegre, SBZ, 2000. CD-ROM.

CARNEIRO, M.A.C.; SIQUEIRA, J.O.; CURI, N.; MOREIRA F.M.S. Efeitos da inoculação de fungos micorrízicos arbusculares e da aplicação de fósforo no estabelecimento de forrageiras em solo degradado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.34, p.1669-1677, 1999.

CARNEIRO, M.A.C.; SIQUEIRA, J.O.; VALE, F.R.; CURI, N. Limitação nutricional e efeito do pré-cultivo com *Brachiaria decumbens* e da inoculação com *Glomus etunicatum* no crescimento de mudas de espécies arbóreas em solo degradado. **Ciência e Prática**, Lavras, v. 19, n. 3, p. 281-288, jul./set., 1995.

CARRENHO, R. **Influência de diferentes espécies de plantas hospedeiras e fatores edáficos no desenvolvimento de fungos micorrízicos arbusculares (FMA).** 1998. 227f. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal) – Universidade Estadual de São Paulo, Rio Claro, 1998.

CARRENHO, R., S. F. B. TRUFEM & V. L. R. BONONI. 2001. Fungos micorrízicos arbusculares em rizosferas de três espécies de fitobiontes instaladas em área de mata ciliar revegetada. **Acta Bot. Bras.** 15 (1): 115-124

CARVALHO, M. A. **Caracterização dos componentes agrônômicos da produção de forragem e sementes de *Arachis pintoi* e *Arachis repens* (LEGUMINOSAE).** Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia Agrônômica, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 1996. 117 p.

CARVALHO, M. A.; PIZARRO, E. A.; VALLS, J. F. M. Avaliação agrônômica de 32 acessos de *Arachis* spp. consorciados com *Paspalum atratum* BRA-009610 em LVE de cerrados. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 34, 1997, Juiz de Fora. Anais... Juiz de Fora:SBZ, 1997. p.27-29.

CARVALHO, M.A. **Germplasm Characterization of *Arachis pintoi* krap. and Greg. (*Leguminosae*).** Doctoral thesis. University of Florida. 140 p. 2004.

CARVALHO, S. J. C. **Caracterização dos efeitos alelopáticos de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu no estabelecimento das plantas de *Stylosanthes guianensis* var. vulgaris e cv. Bandeirante.** 1993. 72 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1993.

CHOU, C. H. Allelopathic research of subtropical vegetation in Taiwan. IV. Comparative phytotoxic nature of leachate from four subtropical grasses. **J. Chem. Ecol.**, v. 15, n. 7, p. 2149-2159, 1989.

CIOTTI, E.M.; BERG, C.H.; CAUTELAN, M.E. Efecto del encharcamiento temporario sobre el rendimiento y la nodulación de *Stylosanthes guianensis* y *Arachis pintoi* **Pasturas Tropicales**, Vol. 28 No. 1. 2006. Disponível em: <http://www.ciat.cgiar.org/forrajes/forrajes/pasturas_2006_28_1>. Acesso em: 9 out. 2006.

CLARK, R.B. Arbuscular mycorrhizal adaptation, spore germination, root colonization, and host plant growth and mineral acquisition at low pH. **Plant and Soil**, The Hague, v.192, n.1, p.15-22, May 1997.

COLOZZI-FILHO, A; BALOTA, E.L. Micorrizas arbusculares. In: HUNGRIA, M., ARAÚJO, R.S (Ed). **Manual de métodos empregados em estudos de microbiologia agrícola**. Brasília: Embrapa-SPI, 1994a. p. 383-418

COLOZZI-FILHO, A.; BALOTA, E. L. Potencial de inóculo de fungos micorrízicos arbusculares em solo cultivado com cafeeiro e leguminosas de verão. In: REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 5., 1994, Florianópolis. Resumos....Florianópolis, 1994b. p. 17.

COLOZZI-FILHO, A. & SIQUEIRA, J.O. Micorrizas vesículo-arbusculares em mudas de cafeeiro. I. Efeito da inoculação e adubação fosfatada no crescimento e nutrição. **R. Bras. Ci. Solo**, 10:199-205, 1986.

CONGDON, B.; ADDISON, H. **Optimizing nutrition for productive and sustainable farm forestry systems – pasture legumes under shade**. James Cook University/ Rural Industries Research and Development Corporation: Townsville, Qld. RIRDC Publication No 03/113. 2003. 99p.

COOK B. G. *Arachis pintoi*. In: **Plant Resources of Southeast Asia 4 - Forages** (eds L. R. Manette & R. M. Jones) pp. 48 - 50. Pudoc-DLO, Wageningen, The Netherlands. 1992.

COOK, B. G.; WILLIAMS, R. J.; WILSON, G. P. M.; Register of australian plant cultivars. B. Legumes. 21. *Arachis* (a) *Arachis pintoi* Krap. & Greg. nom. nud. (Pinto peanut) cv. Amarillo. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, Melbourne, v. 30, p. 445-446, 1990.

COSTA, N. DE L.; PAULINO, V.T.; TOWNSEND, C.R; MAGALHÃES, J.A. Resposta de *Arachis pintoi* cv. Amarillo à níveis de fósforo. **Rev. de Biol. e Ciên. da Terra**. Vol. 6- Núm. 1, p. 59-62. 2006.

CRUZ, R. DE LA; SUÁREZ, S.; FERGUSON, J. E. The contribution of *Arachis pintoi* as a ground cover in some farming systems of Tropical America.. In: KERRIDGE, P. C.; HARDY, B. **Biology and agronomy of forage *Arachis***. Cali, Colombia: CIAT, 1994. p. 102-108.

DANDAN, Z., ZHIWEI, Z., Biodiversity of arbuscular mycorrhizal fungi in the hot-dry valley of the Jinsha River, southwest China, **Appl. Soil Ecol.** v. 37, n. 1-2, p. 118-128, 2007.

- DATE, R. A. Inoculation of tropical pasture legumes. In: Vincent, J. M.; Whitney, A. S.; Bose, J. (eds.). **Exploiting the legume-rhizobium symbiosis in tropical agriculture**. University of Hawaii College of Tropical Agriculture Special Publication no. 145. University of Hawaii, Honolulu, HI, E.U.A. 1977. p. 293-311.
- DOMINGUEZ, J. A.; CRUZ, R. de la. Competencia nutricional de *Arachis pintoi* como cultivo de cobertura durante el establecimiento de Pejibaye (*Bactris gasipae* H.P.K.). **Manejo Integrado de Plagas** (Costa Rica). 18:1-7. 1990.
- DOUDS, D. D.; MILLNER, P. D. Biodiversity of arbuscular mycorrhizal fungi in agroecosystems. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 74, p. 77-93, 1999.
- DUDA, G.P.; GUERRA, J.G.M.; MONTEIRO, M.T. et al. Leguminosas herbáceas perenes como cobertura viva do solo e seu efeito no C, N e P da biomassa microbiana. **Sci. agric.** (Piracicaba, Braz.), Piracicaba, v. 60, n. 1, 2003.
- DWYER, G. T.; O'HARE, P. J.; COOK, B. G. *Pintoi's* peanut: a ground cover for orchards. **Queensland Agric. J.** v. 115, n. 3. p. 153-154. 1989.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro, 1997. 212 p.
- ESCUDE, A. M. Q. de. Algumas considerações sobre o papel das leguminosas nas pastagens. **Informe Agropecuário**, v. 6, n. 70, p. 52-57. 1980.
- ESPINDOLA, J.A.A.; GUERRA, J.G.M.; ALMEIDA, D.L. de; TEIXEIRA, M.G.; URQUIAGA, S. Decomposição e liberação de nutrientes acumulados em leguminosas herbáceas perenes consorciadas com bananeira. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, v.30, n.2, Viçosa, 2006a. pp. 321-328.
- ESPINDOLA, J.A.A.; GUERRA, J.G.M.; PERIN, A. TEIXEIRA, M.G, ALMEIDA, D.L. de, URQUIAGA, S; BUSQUET, R.N.B. Bananeiras consorciadas com leguminosas herbáceas perenes utilizadas como coberturas vivas. **Pesq. agropec. bras.**, v. 41, n. 3, Brasília, 2006b. pp. 415-420.
- FAGIOLI, M.; RODRIGUES, T. J. D.; ALMEIDA, A. R. P.; ALVES, P. L. C. A. **Potencial alelopático da *Brachiaria decumbens* Stapf e *B. brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) Stapf na germinação e no vigor de sementes de guandu (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.)**. Informativo ABRATES, Curitiba, v. 7, n. 1/2, p. 243, 1997.
- FERGUSON, J. E.; CARDOSO, C. I.; SÁNCHEZ, M. S. Avances y perspectivas en la producción de semilla de *Arachis pintoi*. **Pasturas Tropicales**, v. 14, n. 2, p. 14-22, 1992.
- FIDALSKI, J.; MARUR, C.J.; AULER, P.A.M.; TORMENA, C.A. Orange yield in orchard floor vegetation management. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v. 41, n. 6, 2006
- FISHER, M. J.; CRUZ, P. Some ecophysiological aspects of *Arachis pintoi*. In: **Biology and Agronomy of Forage *Arachis***. P.C. Kerridge & B. Hardy (ed.). CIAT, Cali, Colombia. 1994. p. 53-70.

FISHER, M. J.; CRUZ., P. Algunos aspectos de la ecofisiología de *Arachis pintoii*. In: KERRIDGE, P. C. (Ed.) **Biología y Agronomía de Especies Forrajeras de *Arachis***. Cali: CIAT, 1995. p. 56-75.

FISHER, M. J.; THORNTON, P. K. Growth and competition as factors in the persistence of legumes in pastures. In: MARTEN, G. C.; MATCHES, A. G.; BARNES, R. F. et al. (Ed.) **Persistence of Forage Legumes**. Madison: ASA/CSSA/SSSA, 1989. p. 293-308.

FRANCIS, R.; READ, D.J. The contribution of mycorrhizal fungi to the determination of plant community structure. **Plant and Soil**, The Hague, v. 159, p. 11-25, 1994.

FRENCH, E.C.; PRINE, G.M.; OCUMPAUGH, W.R.; RICE, R.W. Regional experience with forage *Arachis* in the United States. In: P.C. Kerridge and B. Hardy (ed.). **Biology and Agronomy of Forage *Arachis***, CIAT, Cali, Colombia. 1994. p. 169-186.

GERDEMANN, J.W.; NICOLSON, T.H. Spores of mycorrhizal endogone species extracted from Transaction of the Bristish Mycological Society, soil by wit sieving and decanting. **Trans. Br. Mycol. Soc.**, London, v.46, p.235-244, 1963.

GIMENES, M. A.; LOPES, C. R.; GALGARO, L.; VALLS, J. F. M.; KOCHERT, G. Genetic variation and phylogenetic relationships based on RAPD analysis in section Caulorrhizae, genus *Arachis* (Leguminosae). **Euphytica**, v.116, p.187-195, 2000.

GIOVANNETTI, M.; MOSSE, B. An evaluation of techniques to measure vesicular-arbuscular mycorrhizal infection in roots. **New Phytologist**. Oxford, v. 84, n. 3, p. 484-500, 1980.

GÓIS, S.L.L.; VILELA, L.; PIZARRO, E.A.; CARVALHO, M.A.; RAMOS, A.K.B. Efeito de calcário, fósforo e potássio na produção de forragem de *Arachis pintoii*. **Pasturas Tropicais**, Cali, v.19, p.9-13, 1997.

GRACE, C., STRIBLEY, D. P. A safer procedure for routine staining of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. **Mycological Research**. Cambridge, v.95, n.10, p. 1160-1162, 1991.

GRAVINA, G. A. **Diversidade, densidade de propágulos infectivos e capacidade infectiva de fungos micorrízicos arbusculares (FMA), em solo sob leguminosas herbáceas perenes**. Seropédica: UFRRJ, 1998. 128p. (Tese de Mestrado).

GREGORY, W. C. ; KRAPOVICKAS, A.; GREGORY, M. P. Structure variation and classification of *Arachis*. In: SUMMERFIELD, R. J.; BUNTING, A. H. (eds.). **Advances in Legume Science**. Surrey, England: Royal Botanical Garden, p. 468-481. 1973.

GREGORY, W. C. ;GREGORY, M. P; KRAPOVICKAS, A. Structures and genetic resources of peanuts. In: **PEANUTS: culture and uses**. Sillwater, Okla: American Peanut Research Association, p. 47-134. 1980.

HAMEL, C. Prospects and problems pertaining to the management of arbuscular mycorrhiza in agriculture. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 60, n. 2-3, p. 197-210, 1996.

HARTMANN, H.T.; KESTER, E.D. **Plant propagation**. 2 ed. New Jersey: Prentice Hall, 1968. 702p.

HENDRIX, W., GUO, B. Z.; AN, Z. Q. Divergence of mycorrhizal fungal communities in crop production systems. **Plant and soil**, Hague, v. 170, p.131-140. 1995.

HOAGLAND, D.R.; ARNON, D. I. **The water-culture method for growing plants without soil**. Berkely, CA: Univ. of California, 1951. 32p. (California Agricultural Experiment Station, Circ. n.347).

HODGE, A. Microbial ecology of the arbuscular mycorrhiza. **FEMS Microbiology Ecology**, Amsterdam, v. 32, n. 2, p. 91-96, 2000.

HOWELER, R.H.; SIEVERDING, E.; SAIF, S.R. Practical aspects of mycorrhizal technology in some tropical crops and pastures. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.100, p.249-283, 1987.

HUMPHREYS, L. R. Deficiencies of adaptation of pasture legumes. **Tropical Grasslands**. 14:153-158. 1980.

JANOS, D. P. Mycorrhizae influence tropical succession. **Biotropica**, Washington, v.12, supl.2, p.56-64, 1980. v. 12, p. 56-64, 1980.

JASPER, D.A. Management of mycorrhizas in revegetation. In: **Management of mycorrhizas in agriculture, horticulture and forestry**, Robson, A.D., Abbott, L.K. & Malajczuk, N. (eds.). Amsterdam, Kluwer Academic Publishing, 1994. p. 211-219.

JENKINS, W. R. A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. **Plant Dis. Rep.** 48: 692, 1964.

JOHNS, G.G. Effect of *Arachis pinto* groundcover on performance of bananas in northern New South Wales. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, East Melbourne, v.34, p.1197-1204, 1994.

JOHNSON, N.C. Can fertilization of soil select less mutualistic mycorrhizae? **Ecological Application**, v. 3, n. 4, p. 749-757, 1993.

JORNADA, J. B. J. DA; PEDROSO, C. E. S.; MEDEIROS, R. B.; et al. Participação da biomassa e morfogênese de *Arachis pinto* em resposta à disponibilidade hídrica no solo. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38, Piracicaba, SP. **Anais...** Piracicaba, SBZ, 2001. CD-ROM.

KALIGIS, D. A.; SUMOLANG, C. Forage species for coconut plantations in north Sulawesi. In: **ACIAR Proceedings - Forages for Plantation Crops**, Sanur Beach, Bali, Indonesia (ed. W. W. Stur) pp. 45 - 8. 1990.

KALIGIS D. A., SUMOLANG C., MULLEN B. F. & STUR W. W. Preliminary evaluation of grass legume pastures under coconuts in north Sulawesi. In: **ACIAR Proceedings - Integration of Ruminants into Plantation Systems in Southeast Asia**, Lake Toba, North Sumatra, Indonesia (eds B. F. Mullen & H. M. Shelton) pp. 16 - 20. Australian Centre for International Agricultural Research, Canberra. 1994.

KERRIDGE, P. C. Future prospects for utilization and research in forage *Arachis*. In: Kerridge, P. C.; Hardy, B. (eds.). **Biology and Agronomy of Forage Arachis**. Cali, Colombia: CIAT, 1994. Capítulo 17. p. 199-206.

KOSKE, R. E.; GEMMA, J. N. A modified procedure for staining roots to detect VA mycorrhizas. **Mycological Research**. Cambridge, v.92, n.4, p. 486-488, 1989.

KRAPOVICKAS, A.; GREGORY, W. C. Taxonomia del género *Arachis* (Leguminosae). Bonplandia, **Corrientes**, v. 8, p. 1-186, 1994.

LADEIRA, M. M.; RODRIGUEZ, N.M.; BORGES, I. et al. Evaluation of *Arachis pintoii* hay using in vivo digestibility trial. **R. Bras. Zootec.**, Viçosa, v. 31, n. 6, 2002.

LASCANO, C. E. Valor nutritivo y producción animal del *Arachis* forrajero. In: KERRIDGE, P. C. (Ed.). **Biología y agronomía de especies forrajeras de *Arachis***. Cali: CIAT, 1995. p.117-130.

LASCANO, C.; HOLMANN, F.; ROMERO, F.; HIDALGO, C.; ARGEL, P. Advances in utilization of legume-based feeding systems for milk production in sub-tropical regions. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39., 2002, Recife. **Anais de palestras...** Recife: SBZ: Ed. dos Editores, 2002. p. 19-42.

LEOPOLDINO, W.M.; RODRIGUEZ, N.M.; BENEDETTI, E. et al. **Digestibilidade Efetiva de Dietas Seleccionadas por Vaca Mestiça em Pastos Consorciados ou não com duas Leguminosas Tropicais**. Disponível em: <<http://www.sbz.org.br/anais2000/Ruminantes/963.pdf>> Acesso em: 23 ago. 2006.

LIMA, J.A. DE; PINTO, J.C.; EVANGELISTA, A.R. et al. **Amendoim Forrageiro (*Arachis pintoii* Krap. & Greg.)**. s.d. Disponível em: <http://www.editora.ufla.br/Boletim/pdfextensao/bol_01.pdf>. Acesso em: 30 out. 2006.

LUDLOW, M. M.; WILSON, G. L. Studies of the productivity of tropical pasture plants. II. Growth, photosynthesis, and respiration of 20 species of grasses and legumes in a controlled environment. **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 21, p. 183-194, 1970.

MENDONÇA, M.M.; OLIVEIRA, V.L. de. Micorrizas no Brasil: estado atual das pesquisas e prioridades. In: Alvarez, V.H.; Fontes, L.E.F.; Fontes, M.P.F. **O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado**. Viçosa, MG: SBCS; UFV, DPS, 1996.

MENDRA I. K., RIKI I. K., SUARNA I. M., KACA I. W., MULLEN B. F. & STUR W. W. Grass-legume mixtures for coconut plantations in Bali. In: **ACIAR 64 -Integration of Ruminants into Plantation Systems in Southeast Asia 64** (eds B. F. Mullen & H. M. Shelton.). Australian Centre for International Agricultural Research, Canberra. 1995.

MIRANDA, E.M. DE; SILVA, E.M.R. DA; SAGGIN JR., O.J. Fungos Micorrízicos Arbusculares em Agrossistemas com Amendoim Forrageiro no Acre. In: FERTBIO 2006 (REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 11, Bonito, MS. **Anais...** Dourados, Embrapa Agropecuária Oeste, 2006. CD-ROM (Embrapa Agropecuária Oeste. Documentos, 82/2006)

MONÇATO, L. **Caracterização morfológica de germoplasma de espécies de *Arachis* seção Caulorrhizae, pela análise multivariada**. Dissertação de Mestrado, Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, SP, 1995. 122 p.

- MULLEN, B.F.; RIKI, I.K.; KALIGIS, D.A.; W. W. STÜR A., W.W. Performance Of Grass–Legume Pastures Under Coconuts In Indonesia. Cambridge University Press. **Experimental Agriculture**, 33: 409-423. 1997.
- NEVES, E.J.M.; SANTOS, A.F. DOS; MARTINS, E.G. **Considerações sobre o Amendoim Forrageiro (*Arachis pintoi*) como planta de cobertura de solo em plantios de pupunheira (*Bactris gasipaes*) para palmito**. Colombo, PR: EMBRAPA – CNPF, 2005. 3 p. (EMBRAPA – CNPF. Comunicado Técnico, 131).
- NEWMAN, E. E. J. A method of stimating the total lenght of root sample. **Journal of Applied Ecology**. Oxford, v.3, p.139-145, 1966.
- NIEVES D.; SILVA B.; TERÁN O.; GONZÁLEZ C.; LY J. A note on the chemical composition and feeding characteristics of diets containing *Leucaena leucocephala* and *Arachis pintoi* for growing rabbits. **Livestock Research for Rural Development** Vol. 16, Art. #99. 2004. Disponível em: <<http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd16/12/niev16099.htm>>. Acesso em: 20 out. 2006.
- NIEVES, D.; SANTANA, L.; BENAVENTA, J. Niveles crecientes de *Arachis pintoi* (krap. y Greg.) en dietas en forma de harina para conejos de engorde. **Arch. Latinoam. Prod. Anim.** 5(Supl. 1): 321-323. 1997.
- OELBERMANN, M.; VORONEY, R. P.; KASS, D.C.L. et al. Above and below ground carbon inputs in 19, 10 and 4 year-old Costa Rican Alley cropping systems Agriculture. **Ecosystems and Environment** 105 163–172, 2005.
- OLIVEIRA, C. A. DE; MUZZI, M. R. S.; PURCINO, H. A. et al. Decomposition of *Arachis pintoi* and *Hyparrhenia rufa* litters in monoculture and intercropped systems under lowland soil. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v. 38, n. 9, p. 1089-1095. 2003.
- OLIVEIRA, C. A.; SCOTTI, M. R. M. M. L.; PURCINO, H. A. et al. Decomposition of *Arachis pintoi* litter intercropped with forage grass in “Cerrado” soil in the dry and wet seasons. **Biol Fertil Soils** (2002) 36:405–410.
- OLIVEIRA, F.L. DE; PITARD, R.M.; SOUTO, S.M. **Seleção de estirpes de rizóbio para leguminosas *Arachis pintoi* e *Cratylia argentea***. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, nov. 1998. 19p. (Embrapa-CNPAB. Documentos, 53).
- OLIVEIRA, M. A. P.; VALLS, J. F. M. Morphological characterization and reproductive aspects in genetic variability studies of forage peanut. **Scientia Agricola**, v.60, n.2, p.299-304. 2003.
- OLIVEIRA, M. A. P.; VALLS, J. F. M. Produção de híbridos de amendoim forrageiro por meio de hibridação artificial. **Pesq. agropec. bras.**, vol.37, no.6, p.885-888. 2002.
- OLIVEIRA, N.G. DE; DE-POLLI; H., ALMEIDA, D.L. de et al. Lettuce cultivated directly in poultry manure beds using grass and perennial peanut as living mulch. **Hortic. Bras.**, Brasília, v. 24, n. 1, 2006a.
- OLIVEIRA, N.G. DE.; DE-POLLI, H.; ALMEIDA, D.L. et al. Feijão-vagem semeado sobre cobertura viva perene de gramínea e leguminosa e em solo mobilizado, com adubação orgânica. **Pesq. agropec. Bras.**, Brasília, v.41, n.9, p.1361-1367, 2006b.

PAGANELLA, M.B.; VALLS, J.F.M. Morphological characterization of cultivars and selected accessions of *Arachis pintoi* Krapov. & Gregory. **Pasturas Tropicales** 24:22-29. 2002.

PEOPLES, M. B.; FAIZAH, A. W.; RERKASEM, B.; HERRIDGE, D. F. **Methods for evaluating nitrogen fixation by nodulated legumes in the field**. Australian Centre for International Agricultural Research (ACIAR). Canberra, Australia. 1989. 76 p.

PEREIRA, J. M. Produção e persistência de leguminosas em pastagens tropicais. In: SIMPÓSIO FORRAGICULTURA E PASTAGENS: Temas em evidência, 2., 2001, Lavras. **Anais...** Lavras:UFLA, 2001. p.111-141.

PEREIRA, J.M; REZENDE, C. DE P. MORENO-RUIZ, M.A. **Desenvolvimento e Adoção do Amendoim Forrageiro (*Arachis Pintoi* Krapov & Gregory) Cultivar Belmonte**. Itabuna: Ceplac/Cepec. s.d. Disponível em: <<http://www.ceplac.gov.br/radar/adocaocultivarbelmonte.htm>>. Acesso em: 6 Nov. 2006.

PÉREZ, L. Evaluación de introducciones de *Arachis pintoi* como plantas de cobertura viva en banano, cv. 'Gran enano' (*Musa AAA*). **Revista semestral de la Corporación Bananera Nacional (CORBANA S.A.)**, Costa Rica, 22(48): 77-88. 1997.

PEREZ, N.B.; PIZARRO, E.A. **Potencial Forrajero del Género *Arachis* en el Trópico Americano**. IX Seminário de Pastos y Forrajes. 2005. Disponível em: <http://www.avpa.ula.ve/eventos/ix_seminario_pastosyforraje/Conferencias/C2-NaylosBastiani.pdf>. Acesso em: 28 nov. 2006.

PERIN, A. **Avaliação do potencial produtivo de leguminosas herbáceas perenes e seus efeitos sobre alguns atributos físicos do solo**. Seropédica: UFRRJ, 2001. 125p. (Tese de Mestrado).

PERIN, A.; GUERRA, J.G.M.; TEIXEIRA, M.G. **Efeito da Morfologia Radicular de Leguminosas Herbáceas Perenes na Umidade de um Argissolo**. Embrapa CNPAB: Seropédica. 2000a. 8p. (Embrapa CNPAB. Comunicado Técnico, 44);

PERIN, A.; FONTANA, A.; PEREIRA, M.G; TEIXEIRA, M.G.; GUERRA, J.G.M. Teor de Carbono Orgânico e estabilidade de agregados de um Argissolo com cobertura viva de Leguminosas herbáceas Perenes. **In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS**, 24; **REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS**, 8; **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO**, 6; **REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO**, 3, ut. 2000, Santa Maria. Resumos Expandidos...Santa Maria: UFSM/SBCS/SBM, 2000b.

PERLA, H.A. KASS, D. IBRAHIM, M. JIMÉNEZ, F. Productividad y capacidad de reciclar fósforo de diferentes accesiones de *Arachis pintoi* asociados com *Acacia mangium* en Guápiles, Costa Rica. **Agroforestería en las Américas** v. 8 n. 30, 2001.

PIZARRO, E. A. Novel grasses and legumes germplasm: Advances and perspectives for tropical zones. In: International Grassland Congress, 19, 2001, Piracicaba. **Proceedings**. Piracicaba, Brazil, 2001a. CD-ROM.

PIZARRO, E. A.; RINCÓN, A. Regional experience with forage *Arachis* in south America. In: KERRIDGE, P. C.; HARDY, B. (Eds.) **Biology and agronomy of forage *Arachis***. Cali: CIAT, 1994. p. 144-157.

PIZARRO, E.A.; VALLS, J.F.M.; CARVALHO, M.A.; CHARCHAR, M.J. *Arachis* spp.: Introduction and evaluation of new accessions in seasonally flooded land in the Brazilian Cerrado. In: **Proceedings** of the XVII International Grassland Congress. Palmerston North, New Zealand. 1993. Pp. 2146-2148.

PRINE, G. M.; DUNAVIN, L. S.; MOORE, J. E.; ROUSH, R. D. **'Florigraze' rhizoma peanut, a perennial forage legume**. Florida: University of Florida-Agriculture Experimental Station, 22 p. (Circ. S-275) 1981.

PRINE, G. M.; DUNAVIN, L. S.; GLENNON, R. J.; ROUSH, R. D. **Arbrook rhizoma peanut, a perennial forage legume**. Florida: University of Florida-Agriculture Experimental Station, 16 p. (Circ. S-332) 1986.

PURCINO, H. M. A.; SÁ, N. M. H.; VIANA, M. C. M. et al. Response of *Arachis pintoi* to inoculation with selected rhizobia strains in Brazilian Cerrado soils under field conditions. **Pasturas Tropicales**, Vol. 25 No. 2, 2003. Disponível em: <http://www.ciat.cgiar.org/forrajes/forrajeses/pasturas_2003_25_2.htm>. Acesso em: 28 nov. 2006.

PURCINO, H.M.A.; VARGAS, M.A.P.; SÁ N.M.H.; SCOTT, M.R.; VASCONCELOS, C.A.; ELKAN, G.H. Efeito da inoculação com *Bradyrhizobium* e fungos micorrízicos em *Arachis pintoi* em solo de cerrado. CONGRESSO BASILEIRO DE MICROBIOLOGIA, 20. **Resumos...** Soc. Bras. de Microbiologia. P.290, 1999.

READ, D. The ties that bind. **Nature**, London, v. 388, p. 517-518, 1997.

REDECKER, D.; MORTON, J.B.; BRUNS, T.D. Ancestral lineages of arbuscular mycorrhizal fungi. **Molecular Phylogenetics and Evolution**, 14:276-284, 2000.

REMY, W.; TAYLOR, T.N.; HASS, H.; KERP, H. Four hundred-million-year-old vesicular arbuscular mycorrhizae. **Proc. Natl. Acad. Sci USA** Vol. 91, pp. 11841-11843, 1994.

REYNOLDS S. G. **Pasture-Cattle-Coconut Systems**. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Bangkok, Thailand. 1995.

RIKA I. K., MENDRA I. K., GUSTI O. M. et al. New forage species for coconut plantations in Bali. In: **ACIAR Proceedings** - Forages for Plantation Crops, Sanur Beach, Bali, Indonesia (ed. W. W. Stur) pp. 41 - 4. Australian Centre for International Agricultural Research, Canberra. 1990.

ROJAS, L.A.; MORA, B.V. DE LA; GALLEGOS, E.C. et al. Dinámica de población de plantas de *Arachis pintoi* CIAT 17434, asociada a gramas nativas en pastoreo, en el trópico húmedo de México. **Téc. Pecu. Méx.** 43(2):275-286. 2005.

ROMERO, A.G. F.; SIQUEIRA J.O. Atividade de flavonóides sobre esporos do fungo micorrízico *Gigaspora gigantea* in vitro. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v. 37, n. 7. p. 517-522, 1996.

SAGGIN-JUNIOR, O. J.; SIQUEIRA, J.O. Micorrizas arbusculares em cafeeiro. In: Siqueira, J.O. (ed) **Avanços em fundamentos e aplicações de micorrizas**. Universidade Federal de Lavras, MG, Lavras, p. 203-254, 1996.

SANTANA, J. R. de; PEREIRA, J. M.; RESENDE, C. de P. Avaliação da consorciação de *Brachiaria dictyoneura* Stapf com *Arachis pintoii* Krapov & Gregory sob pastejo. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35, Porto Alegre, RS. **Anais...** Porto Alegre, SBZ, 1998. CD-ROM.

SANTOS, I.P.A.; PINTO, J.C.; SIQUEIRA, J.O.; MORAIS, A.R.; CURI, N.; EVANGELISTA, A.R. Resposta a Fósforo, Micorriza e Nitrogênio de Braquiário e Amendoim Forrageiro Consorciados. 1. Rendimento de Matéria Seca da Parte Aérea e da Raiz. **Cienc. Agrotec.**, Lavras, v.25, n.5 p.1206-1215, 2001.

SANTOS, I.P.A.; PINTO, J.C.; SIQUEIRA, J.O.; MORAIS, A.R.; SANTOS, C.L. Influência do Fósforo, Micorriza e Nitrogênio no Conteúdo de Minerais de *Brachiaria brizanta* e *Arachis pintoii* Consorciados. **R. Bras. Zootec.**, v.31, n.2 p. 605-616, 2002.

SCHENCK, N.C; PÉREZ, Y. **Manual of the identification of VA mycorrhizal fungi**. 2ª ed. INVAN. University of Florida. Gainesville, Florida. 1988. 241p.

SCHUNKE, R. M. **Qualidade, decomposição e liberação de nutrientes da liteira de quatro cultivares de *Panicum maximum* Jacq.** 1998. 111 p. Tese (Doutorado em Ciências do Solo). Departamento de Solos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.

SCHUNKE, R.M.. **Alternativas de Manejo de Pastagem para Melhor Aproveitamento do Nitrogênio do Solo**. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2001. 26 p. (Embrapa Gado de Corte. Documentos, 111).

SCHÜBLER, A.; SCHWARZOTT, D.; WALKER, C. A new fungal phylum, the *Glomeromycota*: phylogeny and evolution. **Mycological Research** 105(12): 1413-1421, 2001.

SCOTT, A.J.; KNOTT, M. Cluster-analysis method for grouping means in analysis of variance. **Biometrics**, Washington D.C., v.30, n.3, p.507-512, 1974

SEGUY, L.; BOUZINAC, S.; MARONEZZI, A.C. **Plantio direto e resistência das culturas às doenças**. Piracicaba: POTAFOS, 1999. 20p. (POTAFOS: Informações Agronômicas, 88).

SIEVERDING, E. **Vesicular-arbuscular mycorrhiza management in tropical agrosystems**. Eschborn: GTZ, 1991. 371p.

SIMPSON, D.; DAFT, M. J. Spore production and mycorrhizal development in various tropical crop host infected with *Glomus clarum*. **Plant and Soil**, Hague, v. 121, p. 171-178, 1990.

SILVA, C. F da; PEREIRA, M. G.; SILVA, E. M R. da; CORREIA, M. E. F; SAGGIN JUNIOR, O. J. Fungos Micorrízicos Arbusculares Em Áreas no Entorno do Parque Estadual da Serra do Mar em Ubatuba (Sp). **Caatinga** (Mossoró,Brasil), v.19, n.1, p.01-10, 2006.

SILVA JÚNIOR, J. P. **Comunidades de Fungos Micorrízicos Arbusculares Associadas à Pupunha e ao Cupuaçu em Sistema Agroflorestal e em Monocultivo na Amazônia Central**. Piracicaba, SP: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2004. 95p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2004

SILVA, F. C. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Embrapa Solos/Embrapa Informática Agropecuária. Brasília, 1999.

SIQUEIRA, J.O. Micorrizas Arbusculares. In: ARAUJO, R. S.; HUNGRIA, M. (Eds). **Microrganismos de importância agrícola**. EMBRAPA: SPI, 1994. p. 151-194.

SIQUEIRA, J.O.; FRANCO, A.A. **Biotechnology do solo: Fundamentos e Perspectivas**. Lavras: MEC/ABEAS, 1988. 236 p.

SIQUEIRA, J.O.; COLOZZI FILHO, A.; OLIVEIRA, E. Ocorrência de micorrizas vesicular-arbusculares em agro e ecossistemas do Estado de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.24, n.12, p.1499-1506, dez. 1989.

SIQUEIRA, J.O.; MOREIRA, F.M.S. Microbiologia do solo e a sustentabilidade agrícola: enfoque em fertilidade do solo e nutrição vegetal. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, XXII. Manaus/AM, 1996. Palestras, Manaus, SBCS, p. 1-14, 1996.

SIQUEIRA, J.O.; SAGGIN-JUNIOR, O. J. The importance of mycorrhizae association in natural in low fertility. In: MACHADO, A.T.; MAGNAVACA, R.; PANDEY, S; SILVA, A.F. (eds). Poc. Int. Symposium on Environmental Stress: maize in perspective. **Anais...** Sete Lagoas: EMBRAPA, 1995. p. 240-280.

SIQUEIRA, J. O.; KLAUBERG-FILHO, O. Micorrizas arbusculares: a pesquisa brasileira em perspectiva. p. 235-264. In: R. F. Novais, V. H. Alvarez & C. E. G. R. Schaefer. (Ed.). **I Tópicos em ciências do solo**. SBCS, Viçosa. 352 p, 2000.

SIQUEIRA, J. O.; SAGGIN JUNIOR, O. J. Dependency on arbuscular mycorrhizal fungi and responsiveness of some Brazilian native woody species. *Mycorrhiza*, **Heidelberg**, v. 11, p. 245-255, 2001.

SMITH, S.E.; GIANINAZZI-PEARSON, V.; KOIDE, R.; CAIRNEY, J.W.G. Nutrient transport in mycorrhizas: structure, physiology and consequences for efficiency of the symbiosis. **Plant and Soil**, v.159, p.103-113, 1994.

SOUSA SOBRINHA, M. da C. **Levantamento dos fungos micorrízicos arbusculares associados a braquiárias em solo sob cerrado e o efeito de FMA e fósforo no desenvolvimento e nutrição destas espécies**. Seropédica, RJ: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2000. 48f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2000.

SOUZA FILHO, A. P. S.; RODRIGUES, L. R. A.; RODRIGUES, T. J. D. Potencial alelopático de forrageiras tropicais: efeitos sobre invasoras de pastagens. **Planta Daninha**, v. 15, n. 1, p. 53-60, 1997.

SOUZA FILHO, A.P.S.; PEREIRA, A.A.G.; BAYMA, J.C. Aleloquímico Produzido Pela Gramínea Forrageira *Brachiaria humidicola*. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 23, n. 1, p. 25-32, 2005.

SOUZA, L.S., VELINI, E.D., MARTINS, D.; ROSOLEM, C.A. Efeito Alelopático de Capim-Braquiária (*Brachiaria decumbens*) Sobre o Crescimento Inicial de Sete Espécies de Plantas Cultivadas. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 24, n. 4, p. 657-668, 2006.

STAVIER, C. H. *Arachis pintoi* como cobertura en el cultivo del café: resultados de investigación y experiencia con productores en Nicaragua. En: P. J. Argel y A. Ramírez P. (eds.). **Experiencias regionales con *Arachis pintoi* y planes futuros de investigación y promoción de la especie en México, Centroamérica y el Caribe**. CIAT, Cali, Colombia. Documento de Trabajo No. 159. 1996. p. 150 - 170.

STUR W. W. Screening forage species for shade tolerance - a preliminary report. In: ACIAR Proceedings - **Forages for Plantation Crops**, Sanur Beach, Bali, Indonesia (ed. W. W. Stur) Australian Centre for International Agricultural Research, Canberra. 1990.

SUÁREZ-VÁSQUEZ, S.; WOOD, M.; NORTCLIFF, S. Crescimento y fijación de nitrógeno por *Arachis pintoi* establecido con *Brachiaria decumbens*. 1992. **Cenicafe**, 43:14-21.

TEIXEIRA NETO, J. F.; SIMÃO NETO, M.; COUTO, W. S.; DIAS FILHO, M. B.; SILVA, A. M. de B.; DUARTE, M. de L.; ALBUQUERQUE, F. C. de. **Prováveis causas da morte do capim-braquiarião (*Brachiaria brizantha* cv. Marandu) na Amazônia Oriental: Relatório Técnico**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2000. 20 p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 36).

THOMAS, R. J. The role of the legume in the nitrogen cycle of productive and sustainable pastures. **Grass and Forage Science**, Oxford, v. 47, p. 133-142, 1992.

THOMAS, R.J. Rhizobium requirements, nitrogen fixation, and nutrient cycling in forage *Arachis*. In: P.C. Kerridge and B. Hardy (ed.). **Biology and Agronomy of Forage *Arachis***, CIAT, Cali, Colombia. 1994. p. 84-94.

VALENTIM, J. F. **Effect of environmental factors and management practices on nitrogen fixation of rhizoma peanut and transfer of nitrogen from the legume to an associated grass**. Florida. E.U.A. University of Florida, 1987. 125 p. Tese de Doutorado.

VALENTIM, J. F. **Potencial forrageiro de acessos de *Arachis* sp. nas condições ambientais do Acre**. Rio Branco, AC: EMBRAPA – CPAF/AC, 1996. 28 p. (EMBRAPA – CPAF/AC. Boletim de Pesquisa, 10).

VALENTIM, J. F.; CARNEIRO, J. C.; VAZ, F. A.; SALES, M. F. L. **Produção de mudas de *Arachis pintoi* cv. Belmonte no Acre**. Rio Branco, AC: EMBRAPA – CPAF/AC, 2000. 4 p. (EMBRAPA – CPAF/AC. Instruções Técnicas, 33).

VALENTIM, J. F.; CARNEIRO, J. da C.; SALES, M. F. L. **Amendoim Forrageiro cv. Belmonte: Leguminosa para a Diversificação das Pastagens e Conservação do Solo no Acre**. Rio Branco, AC: Embrapa – CPAF/AC, 2001. 18 p. (Embrapa – CPAF/AC. Circular Técnica, 43).

VALLS, J. F. M. Origem do germoplasma de *Arachis pintoi disponível* no Brasil. In: REUNIÓN SAVANAS, 1, 1992, Brasília. **Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales – RIEPT**. Cali: CIAT, Brasília: EMBRAPA-CPAC, 1992. p. 81-96.

VALLS, J. F. M.; MAAS, B. L.; LOPES, C. R. Genetic resources of wild *Arachis* and genetic diversity. In: **Biology and agronomy of forage *Arachis***. KERRIDGE, P. C.; HARDY, B. H. (Eds.). Cali: CIAT, 1994. p. 28-42 (CIAT Publication, 240).

VALLS, J. F. M.; PIZARRO, E. A. Collection of wild *Arachis* germplasm. In P. C. Kerridge e B. Hardy, eds., **Biology and Agronomy of Forage *Arachis***, Cali: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), 1994. Chapter 2. p. 19-27.

VALLS, J. F. M.; SIMPSON, C.E. Taxonomy, natural distribution, and attributes of *Arachis*. In P. C. Kerridge e B. Hardy, eds., **Biology and Agronomy of Forage *Arachis***, Cali: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), 1994. Chapter 1. p. 1-18.

VASCONCELLOS, C.A.; PURCINO, H.; MELO VIANNA, M.C.; MOURA FRANÇA, C.C. Resposta do *Arachis pintoi* a fósforo e a calcário em Latossolo Vermelho Escuro da região de Sete Lagoas, MG, Brasil. **Pasturas Tropicales**, Cali, v.20, n.3, p.22-25, 1998.

VILLARREAL, M.; COCHRAN, R.C.; VILLALOBOS, L.; ROJA-BOURRILLON, A.; RODRIGUEZ, R.; WICKERSHAM, T.A. Dry-matter yields and crude protein and rumen degradable protein concentrations of three *Arachis pintoi* ecotypes at different stages of regrowth in the humid tropics. In: **Grass and Forage Science**. Blackwell Publishing Ltd., 60, 237–243. 2005.

WALKLEY, A.; BLACK, I. A. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. **Soil Science**, Baltimore, v. 37, p. 29-38, 1934.

WARD, J.H. Hierarchical Grouping to Optimize an Objective Function. **Journal of the American Statistical Association**, 58, p. 236-244, 1963.

WILKINSON, D.M. The evolutionary ecology of mycorrhizal networks. **OIKOS**, Buenos Aires, v. 82, n. 2, p. 407-410, 1998.

WINCKLER CALDEIRA, M. V., SILVA, E. M. R.; FRANCO, A. A.; ZANON, M. L. B. Efeito de fungos micorrízicos arbusculares no desenvolvimento de duas leguminosas arbóreas. **Ciência Florestal**, v9, n1, p 63-70, 1999a.

WINCKLER CALDEIRA, M. V., SILVA, E. M. R.; FRANCO, A. A.; ZANON, M. L. B. Comportamento de mudas de leguminosas arbóreas inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares. **Ciência Florestal**, v9, n1, p 135-142, 1999b.

ZELADA, E. E.; IBRAHIM, M. A. Tolerancia a la Sombra de Especies Forrajeras Herbáceas en el Trópico Húmedo de Costa Rica. **Arch. Latinoam. Prod. Anim.** 5 (Supl. 1): 42-44. 1997.

ZIMMER, H.A.; EUCLIDES FILHO, K. As Pastagens e a Pecuária de Corte Brasileira. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUÇÃO ANIMAL EM PASTEJO, 1. 1997, Viçosa. Anais...Viçosa: 1997.