

BRUNO TOMIO GOTO

**TAXONOMIA DE GLOMEROMYCOTA: REVISÃO MORFOLÓGICA,
CHAVES DICOTÔMICAS E DESCRIÇÃO DE NOVOS TÁXONS**

**RECIFE
2009**

**Universidade Federal de Pernambuco
Centro de Ciências Biológicas
Departamento de Micologia
Pós-Graduação em Biologia de Fungos
(Nível Doutorado)**

**TAXONOMIA DE GLOMEROMYCOTA: REVISÃO MORFOLÓGICA,
CHAVES DICOTÔMICAS E DESCRIÇÃO DE NOVOS TÁXONS**

Tese apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Biologia de Fungos da Universidade Federal de Pernambuco, como parte das exigências para obtenção do grau de Doutor.

Área de concentração: Micologia Básica

Orientadora: Dra. Leonor Costa Maia

Co-orientador: Dr. Gladstone Alves da Silva

**Recife
Fevereiro/2009**

TAXONOMIA DE GLOMEROMYCOTA: REVISÃO MORFOLÓGICA,
CHAVES DICOTÔMICAS E DESCRIÇÃO DE NOVOS TÁXONS

BRUNO TOMIO GOTO

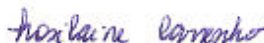
Tese defendida e aprovada pela banca examinadora




Dra. Leonor Costa Maia - (UFPE)



Dra. Adriana Mayumi Yano Melo
(UNIVASF)



Dra. Rosilaine Carrenho
(UEM)



Dra. Sandra Farto Botelho Trufem
(Universidade São Marcos)



Dr. Francisco Adriano de Souza
(Embrapa-Agrobiologia)

Aprovada em 15/02/2009

Aos meus Pais Chouji Goto e Amilce Goto.
À Esposa Rebeca Garrett e Filha Júlia
Goto.

Aos verdadeiros mestres Leonor Maia,
Sandra Trufem, Maria Auxiliadora, José
Luiz Bezerra e Fritz Oehl.

Dedico e ofereço

AGRADECIMENTOS

Agradeço

À Profa. Sandra Farto Botelho Trufem pela paciência e disponibilidade em ensinar-me os primeiros passos na taxonomia desse grupo de fungos;

À Profa. Maria Auxiliadora de Queiroz Cavalcanti pelos ensinamentos, estímulos e disposição em ensinar taxonomia de fungos;

À Profa. Adriana Mayumi Yano Melo por ter me iniciado nas pesquisas em taxonomia;

Ao Prof. Gladstone Alves da Silva, co-orientador, consultor e amigo pela disponibilidade em ajudar e discutir os tópicos da tese;

À Profa. Uided Maaze Tiburcio Cavalcanti pelos ensinamentos e principalmente pela paciência no dia-a-dia do laboratório;

À Profa. Laize de Holanda Cavalcanti pelo estímulo ao projeto de tese e principalmente nos conselhos para a formulação das chaves de identificação;

Ao Prof. José Luiz Bezerra pelos ensinamentos e pelo envio de materiais importantes para o desenvolvimento da tese;

Ao Prof. Fritz Oehl pela disposição, paciência para me ensinar taxonomia de FMA e principalmente pelas dicas e vislumbres nesse interessante grupo de fungos;

À Dra. Renata Gomes de Souza pela ajuda, paciência e principalmente pela disposição em fazer taxonomia de FMA;

Aos colegas Angelo, Nicácio, Moacir, Araeska, Heloísa, Camila, João, Thiago, Vilma, Indra, Érika, Cláudia do laboratório de micorrizas pela ajuda e momentos de descontração;

Aos colegas Ricardo, Paul, Felipe, Jadergudson e Allyne do laboratório de taxonomia de fungos pela amizade e ensinamentos em taxonomia dos outros grupos de fungos que contribuíram bastante para a construção de meu conhecimento;

À Profa. Elaine Malosso pelos momentos de inspiração para encontrar encantamento nos estudos moleculares;

Aos pesquisadores Vagner Cortéz, Luiz Gusmão; Iuri Baseia, Ricardo Berbara, Francisco de Souza, Rosilaine Carrelho, Sidney Stürmer, Milene Moreira, Camila Nobre e Natoniél Franklin de Melo pelo envio de material biológico, incentivo e discussões valiosas durante o meu amadurecimento científico;

Aos meus pais Chouji Goto, Amilce Goto e ao irmão Teruo Goto pelo companheirismo e principalmente pelos estímulos durante a caminhada acadêmica;

Aos meus amigos Joaquim Otto, Diego Diêgues, Isabela Alcantara, Regina Melo, Reginaldo Lima Neto pela paciência devido a minha ausência durante o desenvolvimento da tese;

A minha esposa Rebeca Garrett e filha Júlia Goto por compreenderem a minha ausência durante a minha jornada acadêmica.

E finalmente à CAPES pela bolsa de doutorado e a Pós-Graduação em Biologia de Fungos.

SUMÁRIO

| | Pág. |
|--|-------------|
| Agradecimentos | V |
| Lista de Figuras | X |
| Lista de Tabelas | XIV |
| Resumo | XV |
| Abstract | XVI |
| Introdução Geral | 17 |
| Capítulo 1 – Revisão de Literatura | 19 |
| Micorrizas arbusculares - aspectos gerais | 20 |
| História da classificação dos FMA | 20 |
| Diversidade de Fungos Micorrízicos | 32 |
| Nomes e epítetos no filo Glomeromycota | 35 |
| Evolução dos nomes da estrutura reprodutiva básica “o esporo” | 47 |
| Aspectos morfológicos para identificação de FMA | 49 |
| Esporocarpo | 52 |
| Coloração dos esporocarpos | 54 |
| Perídio | 55 |
| Tamanho e forma dos esporocarpos | 56 |
| Hifas do plexo central do esporocarpo | 57 |
| Estrutura da parede | 57 |
| Tipos de camada da parede do esporo | 60 |
| Evanescente | 60 |
| Laminada | 62 |
| Unitária | 63 |
| Flexível | 64 |
| Amorfa | 65 |
| Expansiva | 67 |
| Germinativa | 68 |
| Chanfranulada | 69 |
| Grau de separação das camadas | 69 |
| Ornamentação da parede | 70 |
| Coloração dos glomerosporos | 71 |

| | |
|--|------------|
| Efeito da resina sobre os glomerosporos | 75 |
| Dimensão dos glomerosporos | 77 |
| Forma do glomerosporo | 79 |
| Hifa de sustentação | 79 |
| Número de hifas por esporo | 79 |
| Sáculo esporífero | 80 |
| Bulbo suspensor | 80 |
| Estruturas especializadas de germinação (placas germinativas e orbs) | 81 |
| Reação em Melzer | 88 |
| Problemas de interpretação dos caracteres morfológicos | 91 |
| Chaves para identificação de FMA | 93 |
| Conceito de espécie no filo Glomeromycota | 94 |
| Material e Métodos | 103 |
| Capítulo 2 – Resultados e Discussão | 106 |
| Revisão dos caracteres morfológicos | 109 |
| Esporocarpos | 109 |
| Glomerosporos | 113 |
| Placa germinativa e orb | 129 |
| Chaves dicotômicas para gêneros e espécies de FMA | 139 |
| Descrições de algumas espécies de FMA | 155 |
| Conclusões | 253 |
| Perspectivas para a taxonomia do Filo Glomeromycota | 253 |
| Referências Bibliográfica | 254 |
| Glossário | 269 |
| Anexos | 275 |
| Goto, B.T. & Maia, L.C. 2005. Sporocarpic species of arbuscular mycorrhizal fungi (Glomeromycota), with a new report from Brazil. Acta Botanica Brasilica 19(3): 633-637 | 276 |
| Goto, B.T. & Maia, L.C. 2006. Glomerospores: a new denomination for the spores of Glomeromycota, a group molecularly distinct from the Zygomycota. Mycotaxon 96: 129 - 132 | 281 |
| Goto, B.T. & Maia, L.C. 2006. Contribution to the study of <i>Endogonales</i> in Brazil: the first record of <i>Peridiospora tatachia</i> . Mycotaxon 96: 327 - 332. | 285 |
| Goto, B.T.; Moreira, M.; Tsai, S.M.; Cardoso, E.J.B.N.; Maia, L.C. 2008. Notas sobre <i>Acaulospora bireticulata</i> Rothwell & Trappe e primeiro registro de <i>Acaulospora koskei</i> Blaszk. para o Brasil. Acta Botanica Brasilica 22(2): 579-583 | 291 |
| Goto, B.T.; Maia, L.C & Oehl, F. <i>Ambispora brasiliensis</i> , a new ornamented | |

| | |
|---|------------|
| species in the arbuscular mycorrhiza forming <i>Glomeromycetes</i> . Mycotaxon 105 : 11-18. | 296 |
| Goto, B.T.; Costa, C.M.C. & Maia, L.C. First record of <i>Glomus halonatum</i> Rose & Trappe (Glomeromycota) in South America - comments on the morphological characteristics of the species (Mycotaxon). | 304 |
| Goto, B.T.; & Maia, L.C. <i>Pacispora velloziensis</i> , a new species of arbuscular mycorrhiza-forming <i>Glomeromycetes</i> from Brazil (Mycotaxon) | 308 |
| Goto, B.T.; Mergulhão, A.C.E.S. & Maia, L.C. Notas sobre <i>Acaulospora excavata</i> Ingleby & Walker com revisão dos padrões de ornamentação em Acaulosporaceae. (Acta Botanica Brasilica). | 312 |
| Goto, B.T.; Maia, L.C & Oehl, F. <i>Racocetra intraornata</i> and <i>Dentiscutata colliculosa</i> , two new species in the Glomeromycetes from Northeastern Brazil with diagnostic spore wall ornamentations (Mycologia). | 332 |
| Goto, B.T.; Silva, G.A.; Trufem, S.F.B. & Maia, L.C. <i>Glomus granulatum</i> , a new species of arbuscular mycorrhizal fungus from Brazil. (Mycotaxon) | 356 |

LISTA DE FIGURAS

| | Pág. |
|--|------|
| Figura 1. Árvore filogenética com base em dados morfológicos e moleculares proposta por Morton & Redecker (2001). (Fonte: http://invam.caf.wvu.edu) | 23 |
| Figura 2. Árvore filogenética mostrando um clado com os representantes dos fungos micorrízicos arbusculares definitivamente separados dos <i>Zygomycetes</i> (fonte: Schuessler et al. 2001). | 25 |
| Figura 3. Detalhe das quatro ordens e das sete famílias que compõem o novo filo <i>Glomeromycota</i> (Fonte: Schuessler et al. 2001). | 25 |
| Figura 4. Árvore filogenética com inclusão da família Pacisporaceae (http://www.lrz-muenchen.de/~schuessler/amphylo/). | 26 |
| Figura 5. Árvore filogenética mostrando a clado correspondente à família <i>Ambisporaceae</i> (Fonte: Walker et al. 2007). | 30 |
| Figura 6 – Tipos de parede (<i>sensu</i> Walker 1983). G – Germinativa, P – Perídio, X – Expansivo, E – Evanescente, L – laminada, U – Unitária, M – Membranosa, C – Coriácea, A – Amorfa, R – Chafranulada. | 50 |
| Figura 7 A-G. Diversidade de esporocarpos em espécies de <i>Glomus</i> . A – Detalhe da organização dos esporos no esporocarpo de <i>Gl. coremioides</i> . B – Esporocarpo de <i>Gl. clavisporem</i> . C – Corte transversal de esporocarpos de <i>Gl. cuneatum</i> . D – Parte do esporocarpo de <i>Gl. fulvum</i> . E – Esporocarpos de <i>Gl. aureum</i> . F – Esporocarpo de <i>Gl. antarcticum</i> . G – Esporocarpo de <i>Gl. glomerulatum</i> . | 112 |
| Figura 8 A-F. Diversidade estrutural do perídio. A – Perídio de <i>Gl. coremioides</i> . B – Hifas ponteagudas no perídio de <i>Glomus</i> sp. C – Hifas em paliçada em <i>Gl. liquidambaris</i> . D – Perídio frouxamente arranjado em <i>Gl. macrocarpum</i> . E – Hifas sinuosas em <i>Gl. sinuosum</i> . F – Hifas entrelaçadas e coradas de <i>Gl. cuneatum</i> . | 113 |
| Figura 8. A-F Tipos de parede em glomerosporos. A- Laminada em <i>Scutellospora</i> sp1. B- Laminada expansiva em <i>De biornata</i> . C- Unitária em <i>Scutellospora</i> sp2. D- Flexível ou membranosa, em <i>Ac. morrowiae</i> . E- Evanescente expansiva, em <i>Gl. halonatum</i> . F- Amorfa, em <i>Ac. foveata</i> . | 115 |
| Figura 10 A-O. A- <i>Acaulospora alpina</i> . B- <i>Ac. undulata</i> . C- <i>Ac. excavata</i> . D- <i>Ac. foveata</i> . E- <i>Ac. bireticulata</i> . F- <i>Acaulospora</i> sp. G- <i>Ac. denticulata</i> . H- <i>Ac. rehmi</i> . I- <i>Ac. tuberculata</i> . J- <i>Scutellospora biornata</i> . K- <i>Scutellospora</i> sp1. L- <i>Scutellospora</i> sp2. M- <i>Sc. gregaria</i> . N- <i>Sc. verrucosa</i> . O- <i>Glomus multiforum</i> . | 123 |
| Figura 11 A-F. Variação na coloração dos glomerosporos. A- <i>Ac. undulata</i> . B- <i>Gl. tortuosum</i> . C- <i>Gl. clavisporem</i> . D- <i>Gl. australe</i> . E- <i>Gl. constrictum</i> . F- <i>Gl. badium</i> . | 129 |
| Figura 12 A-F. Diversidade de placas germinativas em glomerosporos gigasporóides. A – Placa germinativa complexa em <i>De. biornata</i> . B – Detalhe da placa germinativa complexa em <i>Dentiscutata</i> sp. C – Placa germinativa de <i>De. scutata</i> . D - Placa de complexidade média em <i>Ra. castanea</i> . E – Detalhe da placa de média complexidade em <i>De. cerradensis</i> . F – Detalhe de uma placa simples em <i>Fu. heterogama</i> . (GT) Tubo germinativo. | 132 |
| Figura 13 A-D. Complexidade das placas germinativas em <i>Racocetraceae</i> , <i>Scutellosporaceae</i> e <i>Dentiscutataceae</i> . A – Placa germinativa simple com apenas um lóbulo em <i>Sc. pernambucana</i> . B – Placa germinativa simples em <i>Fuscutata heterogama</i> . C – Placa germinativa de média complexidade em <i>Racocetra castanea</i> . D - Placa de alta complexidade em <i>Dentiscutata biornata</i> . | 133 |
| Figura 14. Glomerosporos de <i>Acaulospora lacunosa</i> (isolado BEG 78). A. | |

Aspecto geral; B. detalhe da estrutura da parede, com a mais interna corada em Melzer; C. Detalhe do *orb*; D. Detalhe do *orb* e do tubo germinativo. 134

Figura 15 A-F. *Acaulospora birreticulata*. A. Aspecto geral do esporo ainda com sáculo esporífero aderido (Sac). B. Detalhe do ponto de inserção da hifa no esporo. C. Detalhe da parede externa (PE) do esporo com duas camadas (PEC1 e PEC2). D. Detalhes da estrutura da parede do esporo distribuída em três grupos (PE, PM e PI). E. Detalhe das camadas que compõem as paredes internas. F. Detalhe da ornamentação (Orn). (PE= Parede externa; PM= Parede média e PI= Parede interna). 228

Figura 16 A-D. *Acaulospora denticulata*. A. Aspecto geral do esporo ainda com sáculo esporífero aderido (Sac). B. Detalhe das camadas da parede do sáculo esporífero (C1 e C2). C. Aspecto geral da estrutura da parede distribuída em três paredes (PE, PM e PI) dos glomerosporos quebrados em Reagente de Melzer. D. Detalhe da ornamentação (Orn). 229

Figura 17 A-D. *Acaulospora foveata*. A. Detalhe da ornamentação (Orn). B. Detalhe da estrutura da parede distribuída em três grupos (PE, PM e PI). C. Aspecto geral da estrutura da parede em glomerosporos quebrados em Reagente de Melzer. D. Detalhe da camada amorfa (PIC2) em glomerosporos quebrados em PVLG. 230

Figura 18 A-D. *Acaulospora myriocarpa*. A. Aspecto geral do esporo formados em um agregado frouxamente arranjado. B. Detalhe do sáculo esporífero (Sac) ainda preso ao glomerosporo. C. Detalhe da cicatriz. D. Detalhe da estrutura da parede do glomerosporo (PEC1, PEC2 e PI). 231

Figura 19 A-D. *Acaulospora rehmii*. A. Aspecto geral do esporo quebrado em PVLG. B. Detalhe da hifa do sáculo esporífero ainda presa ao glomerosporo. C. Aspecto geral da estrutura da parede distribuída em três paredes (PE, PM e PI) em glomerosporos quebrados no Melzer. D. Detalhe da ornamentação (Orn). 232

Figura 20 A-D. *Acaulospora tuberculata*. A. Detalhe da parede do sáculo esporífero com duas camadas (C1 e C2). B. Detalhe do ponto de inserção da hifa no glomerosporo (Cicatriz). C. Detalhe da estrutura da parede distribuída em três paredes (PE, PM e PI) dos glomerosporos quebrados em Reagente de Melzer. D. Detalhe da ornamentação (Orn). 233

Figura 21 A-D. *Ambispora appendicula*. A. Detalhe do pedicelo geralmente observado nos glomerosporos. B. Aspecto geral da parede distribuída em três grupos (PE, PM e PI). C. Detalhe das camadas da parede média (PMC1 e PMC2) ornamentadas (Orn). D. Detalhe da parede interna com duas camadas (PIC1 e PIC2). 234

Figura 22 A-D. *Entrophospora infrequens*. A. Aspecto geral do esporo com sáculo esporífero (Sac) ainda preso ao esporo. B. Aspecto geral da parede do glomerosporo. C. Aspecto geral do sáculo esporífero (Sac) em reagente de Melzer. D. Aspecto geral do ponto de inserção do sáculo esporífero no esporo. 235

Figura 23 A-D. *Gigaspora albida*. A. Detalhe do bulbo suspensor (Bulbo) ainda preso ao glomerosporos. B. Detalhe da ornamentação (Orn) da camada germinativa. C. Detalhe da parede com duas camadas evidentes (PEC1 e PEC2). D. Detalhe da fratura na camada mais externa da parede (PEC1). 236

Figura 24 A-F. *Glomus australe*. A. Aspecto geral do esporo ainda presos ao perídio (perídio) no esporocarpo. B. Detalhe de glomerosporos abortados. C. Aspecto geral do glomerosporo. D. Detalhe do perídio recobrindo o glomerosporo. E – F. Detalhe da hifa de sustentação com duas camadas (PEC1 e PEC2). 237

- Figura 25 A-D. *Glomus badium*.** A-B. Aspecto geral dos esporos formados a partir de um plexo central no pequeno esporocarpo característico da espécie. C. Detalhe das finas hifas que formam o plexo central. D. Detalhe da estrutura da parede do esporo com duas camadas (PEC1 e PEC2). 238
- Figura 26 A-D. *Glomus clavisorum*.** A-B. Aspecto geral dos esporos formados radialmente a partir do plexo central de hifas. C. Detalhe da hifa de sustentação. D. Detalhe da parede do esporo com apenas uma camada (PEC1). 239
- Figura 27 A-D. *Glomus constrictum*.** A. Aspecto geral do esporo. B. Detalhe da inserção da hifa de sustentação no esporo. C. Detalhe da hifa de sustentação constricta D. Detalhe da parede com duas camadas (PEC1 e PEC2). 240
- Figura 28 A-I. *Glomus cuneatum*.** A. Detalhe das diferentes hifas que compõem o esporocarpo (HI= Hifa interna e HE= Hifa externa). B. Detalhe das hifas do perídio. C. Detalhe do esporo imerso no esporocarpo (HI, HE e HP= Hifa pigmentada). D. Detalhe das hifas pigmentadas (HP) quando próximas do esporo. E. Detalhe da hifa generativa com três camadas (CE= Camada externa, CM= Camada média e CI= Camada interna). F-G. Detalhe da hifa de sustentação (HS) com duas camadas (PEC1 e PEC2). H-I. Detalhe da parede composta por cinco camadas (PEC1, PEC2, PEC3, PEC4 e PEC5). 241
- Figura 29 A-D. *Glomus fulvum*.** A. Aspecto geral do esporo no esporocarpo. B. Detalhe das hifas do perídio. C. Detalhe da hifa de sustentação. D. Detalhe da parede com duas camadas (PEC1 e PEC2). 242
- Figura 30 A-F. *Glomus mosseae*.** A. Aspecto geral do glomerosporo ainda com peridiosporo. B. Detalhe das hifas do perídio. C. Detalhe da hifa de sustentação na forma de funil. D. Detalhe da segunda camada da parede (PEC2). E-F. Detalhe da estrutura da parede com duas camadas (PEC1 e PEC2). 243
- Figura 31 A-F. *Glomus rubiforme*.** A-B. Aspecto geral do glomerosporo ainda presos ao plexo central de hifas. C-D. Detalhe da hifa de sustentação cilíndrica com tubo germinativo emergindo. E-F. Detalhe da estrutura da parede com duas camadas (PEC1 e PEC2). 244
- Figura 32 A-F. *Glomus tortuosum*.** A. Aspecto geral do glomerosporo ainda com peridiosporo. B. Detalhe das hifas do peridiosporo. C-D. Detalhe da hifa de sustentação. E-F. Detalhe da estrutura da parede mostrando apenas o peridiosporo e a segunda camada da parede (PEC2). 245
- Figura 33 A-F. *Dentiscutata biornata*.** A-B. Aspecto geral placas germinativas jovens (A) e maduras (B) com os tubos germinativos (TG). C. Detalhe do ponto de inserção do bulbo suspensor com o esporo evidenciando o septo formado pela terceira camada ornamentada da parede (PEC3). D. Detalhe do tubo germinativo emergindo através da parede externa. E. Detalhe da dupla ornamentação. F. Detalhe da estrutura da parede. 246
- Figura 34 A-D. *Dentiscutata cerradensis*.** A. Aspecto geral do glomerosporo com placa germinativa (PG) e bulbo suspensor pigmentados. B. Aspecto geral da parede do esporo (PE, PM e PI). C. Detalhe da estrutura da parede em esporos quebrados em PVLG. D. Detalhe da placa germinativa (PG) sendo formada entre as paredes internas do esporo (PM e PI). 247
- Figura 35 A-D. *Dentiscutata* sp1.** A-B. Detalhe da parede do esporo ornamentada (PEC1, PEC2 e PEC3) e bulbo suspensor. C. Detalhe das paredes internas (PM e PI). 4. Detalhe do tubo germinativo (TG) emergindo a partir da placa germinativa. 248
- Figura 36 A-D. *Racocetra castanea*.** A-B. Detalhe da estrutura da parede distribuída em dois grupos (PE e PI). C. Detalhe da placa germinativa. D.

- Detalhe do tubo germinativo emergindo através da parede externa. **249**
- Figura 37 A-D. *Racocetra verrucosa*.** A. Detalhe do bulbo suspensor preso ao esporo ornamentado (Orn). B. Detalhe da estrutura da parede do esporo distribuída em dois grupos (PE e PI). 3-4. Detalhe da ornamentação verrucosa (Orn) da camada mais externa da parede (PEC1). **250**
- Figura 38 A-D. *Racocetra* sp1.** A. Aspecto geral da parede do glomerosporos distribuída em dois grupos (PE e PI). B. Detalhe da ornamentação (Orn) na superfície interna segunda camada da parede (PEC2). C. Detalhe da parede externa distribuída com três camadas (PEC1, PEC2 e PEC3). D. Detalhe da placa germinativa (PG). **251**
- Figura 39 A-D. *Scutellospora pernambucana*.** A. Aspecto geral do glomerosporo. B. Detalhe do bulbo suspensor. C. Detalhe da parede distribuída em dois grupos (PE e PI). D. Detalhe da placa germinativa orbital com o poro que origina a placa (PG). **252**

LISTA DE TABELAS

| | Pág. |
|---|------|
| Tabela 1. Caracteres morfológicos que delimitam gêneros com glomerosporos formados a partir de um sáculo esporífero. | 28 |
| Tabela 2. Espécies de fungos micorrízicos arbusculares descritas na literatura com respectivos sinônimos, autores e bibliografias. | 37 |
| Tabela 3. Gêneros e espécies extintas (fósseis). | 47 |
| Tabela 4. Espécies de <i>Glomus</i> que formam esporocarpos com diferentes graus de complexidade. | 54 |
| Tabela 5. Características das placas germinativas (<i>orbs</i>) em espécies de <i>Acaulospora</i> , <i>Ambispora</i> , <i>Archaeospora</i> e <i>Kuklospora</i> , conforme dados disponíveis na literatura ou neste trabalho. | 84 |
| Tabela 6. Características das placas germinativas em glomerosporos de <i>Scutellospora</i> conforme dados disponíveis na literatura ou neste trabalho. | 85 |
| Tabela 7. Lista de espécies avaliadas para a revisão dos caracteres morfológicos. | 107 |
| Tabela 8. Quadro comparativo entre representantes de <i>Acaulospora</i> . | 128 |

RESUMO GERAL

A taxonomia dos fungos micorrízicos arbusculares (FMA) vem sofrendo grandes alterações durante os últimos 20 anos e isso é facilmente evidenciado pelas mudanças na classificação desses fungos que deixaram de ser meros representantes da família Endogonaceae, passando para Ordem Glomales, ainda dentro dos Zygomycetes, e finalmente culminando no filo Glomeromycota onde foram definitivamente segregados dos Zygomycota. Todas essas alterações na classificação estão relacionadas às mudanças na interpretação agregada aos caracteres relacionados exclusivamente aos glomerosporos onde toda a taxonomia morfológica está embasada e também aos dados moleculares. Essas mudanças têm sido incorporadas à taxonomia do grupo, com as descrições de novas famílias, gêneros e espécies que incluíram evidências morfológicas adicionais já dentro do novo filo. Apesar dessas alterações recentes, nenhuma análise morfológica detalhada foi realizada desde a proposta do filo Glomeromycota, o que torna a taxonomia do grupo mais frágil considerando que a maior parte das propostas de novas famílias e gêneros estão baseadas quase que exclusivamente em dados moleculares. Por essa razão, o objetivo deste trabalho foi revisar os caracteres morfológicos com base em evidências disponíveis na literatura assim como nas espécies herborizadas, mantidas em coleções de germosplasma e principalmente em esporos de campo onde a maior parte das espécies tem sido descritas com intuito de fornecer análises detalhadas desses caracteres usados para a identificação, incorporar à taxonomia do grupo novas abordagens morfológicas e elaborar chaves para facilitar a identificação de gêneros e espécies de Glomeromycota. Para isso, todas as descrições de espécies foram analisadas desde a descrição de *Glomus macrocarpum* e *Gl. microcarpum* em 1844. Além disso, glomerosporos provenientes de coleções de cultura viva (EMBRAPA, UFPE, UFRRJ) e herborizadas (FL Herbarium, FH, Universidad de Havanna, Universidad de Buenos Aires e material da coleção pessoal do prof. Fritz Oehl) foram avaliadas. A principal fonte de dados foram os glomerosporos provenientes de amostras de campo de diversos ecossistemas brasileiros e alguns da América Latina. Glomerosporos provenientes de amostras de campo foram extraídos do solo por peneiramento úmido seguido de centrifugação em água e sacarose a 40%. Após a extração os glomerosporos foram separados por cor e tamanho e montados entre lamina e laminula com PVLG e PVLG + Reagente de Melzer (1:1 v/v) para posterior análise em microscópio composto. Culturas armadilhas com solo nativo e *Sorghum bicolor* (L.) foram mantidas por três meses em média para captura das espécies de FMA. No total foram avaliadas 106 espécies de FMA pertencentes a todos os gêneros exceto *Otospora*, incluindo cinco novas espécies para a ciência, abrangendo todos os modos de desenvolvimento encontrado no filo Glomeromycota. Os caracteres morfológicos avaliados foram: cor, forma, tamanho dos esporocarpos, perídio e plexo central (cor, tamanho e forma); cor, tamanho, forma e modo de desenvolvimento dos glomerosporos; espessura, tipo e estrutura da parede, reação ao Melzer ou a resina (PVLG) e as estruturas especializadas de germinação (orbs e placas germinativas). Conclui-se que o único caráter morfológico compartilhado entre todos os representantes do filo Glomeromycota é a estrutura da parede, sendo assim os caracteres morfológicos considerados primários (mais úteis para a identificação das espécies de FMA) são: estrutura da parede, tipo de camada e ornamentação enquanto cor, forma, tamanho e reação ao Melzer ou resina são considerados secundários para a identificação de espécies.

Palavras-chave: Glomeromycetes, taxonomia, FMA

ABSTRACT

The taxonomy of the arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) has undergone major changes over the past 20 years and this is easily evidenced by changes in the classification of these fungi that ceased to be mere representatives of the family Endogonaceae, to Order Glomales, even within the Zygomycetes, and finally culminating in the phylum Glomeromycota where they were finally separated the Zygomycota. All these changes in classification are related to changes in interpretation of aggregate characters related only to glomerosporos where the whole is based morphological taxonomy and molecular data. These changes have been incorporated into the taxonomy of the group, with descriptions of new families, genera and species that included additional morphological evidence already in the new phylum. Despite these recent changes, no detailed morphological analysis was performed since the proposal of the phylum Glomeromycota, which makes the taxonomy of the group more fragile whereas most of the proposals of new families and genera are based almost exclusively on molecular data. Therefore, the objective of this study was to review the morphological characters based on evidence available in literature and on herbarium species held in collections of spores germosplasma and mainly in the field where most of the species have been described in order to provide Detailed analysis of these characters for the identification, taxonomy of the group to incorporate new approaches and develop morphological keys to facilitate the identification of genera and species of Glomeromycota. To do this, descriptions of all species were analyzed from the description of *Glomus macrocarpum* and *Gl. microcarpum* in 1844. Moreover, glomerosporos from culture collections of living (EMBRAPA, UFPE, UFRRJ) and herbarium (Herbarium FL, FH, University of Havana, University of Buenos Aires and material from personal collection of prof. Fritz Oehl) were evaluated. The main data source were glomerosporos from field samples of several Brazilian ecosystems and some of Latin America. Glomerosporos from field samples were extracted from soil by wet sieving followed by centrifugation in water and sucrose at 40%. After extracting the glomerosporos were separated by color and size and mounted between slide and laminula with PVLG and PVLG + Melzer's reagent (1:1 v / v) for subsequent analysis in compound microscope. Trap crops with native soil and *Sorghum bicolor* (L.) were kept for three months on average to catch the species of fungus. In total 106 species were evaluated for AMF belonging to all genres except *Otospora*, including five species new to science, covering all modes of development found in the phylum Glomeromycota. The morphological characters were evaluated: color, shape, size of sporocarpic, peridio plexus and central (color, size and shape), color, size, form and development of glomerosporos, thickness, type and structure of the wall, or reaction to Melzer the resin (PVLG) and the specialized structures of germination (germ orbs and plates). It is concluded that the only morphological character shared by all representatives of the phylum Glomeromycota is the structure of the wall, thus the morphological characters considered primary (most useful for identification of species of AMF) are: the structure of the wall, kind of layer and ornamentation as color, shape, size and reaction to Melzer or resin are considered secondary for the identification of species.

Keywords: Glomeromycetes, taxonomy, AMF

INTRODUÇÃO GERAL

Os fungos micorrízicos arbusculares (FMA) são organismos do solo que vivem como simbioses obrigatórios formando associação com raízes da maioria dos vegetais terrestres e contribuindo para a regulação dos principais ecossistemas terrestres por aumentar a zona de absorção de fósforo e permitir maior crescimento e tolerância a estresses bióticos e abióticos do ambiente, sendo, por consequência, de grande importância para a manutenção dos mesmos. Esses atributos ecológicos enfatizam sua importância para práticas agrícolas sustentáveis e também para a recuperação de áreas impactadas.

Apesar dos estudos taxonômicos terem se iniciado em 1844 com as descrições das duas primeiras espécies (*Glomus macrocarpum* Tul. & Tul. e *Gl. microcarpum* Tul. & Tul.) hoje reconhecidamente formadoras de associação micorrízica, apenas em 1990 que os FMA receberam tratamento especial, sendo agrupados na ordem Glomales, independentes dos Endogonales, onde eram anteriormente incluídos.

Antes da última revolução na classificação, esses organismos pertenceram à Mucorales, passando por Endogonales e Glomales, todas dentro dos Zygomycetes. Nesse período, a base para a classificação eram evidências morfológicas (semelhança de caracteres). Atualmente os FMA constituem o filo Glomeromycota, grupo reconhecidamente distinto dos Zygomycota e mais próximos dos Ascomycota e Basidiomycota, sendo essa nova classificação baseada apenas em evidências moleculares.

Nos últimos 30 anos, os avanços na taxonomia do grupo tiveram marcantes contribuições durante as décadas de 70, com a revisão de Gerdemann & Trappe (1974), de 80, com descrições de muitas espécies novas, de 90, com os estudos ontogenéticos e no início do século 21 com a inclusão de dados moleculares.

Todos os dados taxonômicos nesse grupo de fungos estão relacionados unicamente à estrutura de reprodução, denominada glomerosporo, que tem origem assexuada, sendo a delimitação de táxons assexuados extremamente conflitante e, em muitos casos, considerada especulativa.

Seria portanto de extrema significância para a taxonomia do grupo a revisão dos caracteres morfológicos relacionados à classificação e identificação de gêneros e espécies. Nesse contexto, este trabalho teve por objetivos (1) revisar os caracteres morfológicos usados na taxonomia do filo Glomeromycota; (2) adicionar novas abordagens morfológicas e (3) fornecer chaves para a identificação de gêneros e espécies. A literatura referente a aspectos

gerais da associação micorrízica e a história relacionada à evolução da taxonomia dos fungos que formam micorriza arbuscular foi revisada no Capítulo I. Os caracteres morfológicos, com base em dados disponíveis na literatura além de análises de materiais correspondentes a espécies dos diferentes gêneros de FMA foram abordados no Capítulo II. No Capítulo II são apresentadas chaves para identificação de gêneros e espécies de FMA. Em anexo são apresentados artigos oriundos de parte do trabalho executado.

(CAPÍTULO I)
REVISÃO DE LITERATURA

Fungos micorrízicos arbusculares: aspectos gerais

Os fungos micorrízicos arbusculares (FMA) formam simbiose obrigatória com raízes de um vasto número de famílias vegetais, promovendo o crescimento e até a tolerância/resistência aos vegetais afetados por estresses ambientais por melhorar a absorção de íons de baixa mobilidade no solo, como o fósforo. Caracterizam-se por produzir, no córtex das raízes hospedeiras, estruturas ramificadas responsáveis pela troca de nutrientes entre os simbiontes, conhecidas como arbúsculos (Smith & Read 1997). Além disso, produzem estruturas reprodutivas típicas, de natureza assexual, denominadas glomerosporos, que apresentam alta diversidade estrutural (Goto & Maia 2006a), relacionada principalmente com a parede, que geralmente varia em número de camadas, em aparência, cor e espessura (Morton 1988).

Estudos com FMA são problemáticos, pois esses organismos, como simbiontes obrigatórios, não crescem em meios de culturas tradicionais, o que dificulta muito os trabalhos taxonômicos (morfológicos e moleculares) e fisiológicos.

Apesar das dificuldades, pesquisas sobre esses organismos têm crescido bastante, tanto no aspecto básico, com descrições de novas espécies levando a mudanças frequentes na classificação, quanto no aspecto aplicado, visando entender melhor o papel desses organismos nos ecossistemas e seu potencial biotecnológico, principalmente para utilização em sistemas de interesse econômico, que buscam a diminuição dos custos de produção e melhoria de aspectos fitossanitários.

História da classificação dos FMA

O primeiro gênero dos fungos hoje conhecido como micorrízico arbuscular, descrito por Tulasne & Tulasne em 1844, foi *Glomus*, com as espécies *G. macrocarpum* e *G. microcarpum*. Sete anos depois, os mesmos autores transferiram essas espécies para *Endogone*. *Sclerocystis*, segundo gênero reconhecido entre os FMA, foi criado por Berkeley & Broome, em 1873. Esses gêneros foram descritos na ordem Mucorales, antes da proposta do nome micorriza, por Frank (1885), 41 anos depois da descrição de *Glomus*.

Esse período inicia a era dos esporocarpos, ou seja, foi o período onde houve apenas descrições de espécies esporocárpicas. Junto com essas novas espécies veio a descrição de

muitos gêneros, hoje sinonimizados, devido principalmente à dificuldade de comunicação entre os pesquisadores. Nesse período muitas modificações, com novas combinações, também ocorreram. Um exemplo é a espécie hoje classificada como *Glomus pubescens* (Gerdemann & Trappe 1974), descrita originalmente como *Sphaerocreas pubescens* por Saccardo & Ellis, em 1882, transferida a seguir para *Stigmatella pubescens* (Saccardo 1886), depois *Sclerocystis pubescens* (Höhnelt 1910), e posteriormente voltando a *Sphaerocreas pubescens* (Thaxter 1922), antes de ser transferida para *Endogone* (Zycha 1935). Atualmente tem sido classificada como *Glomus pubescens* (Gerdemann & Trappe 1974).

Thaxter (1922) realizou a primeira revisão taxonômica de Endogonaceae (Mucorales), onde eram incluídos fungos hoje reconhecidos como micorrízicos arbusculares, considerando como membros os gêneros: *Endogone*, *Glaziella*, *Sclerocystis* e *Sphaerocrea*. Nesse período, *Endogone* incluía espécies que atualmente são reconhecidas como pertencentes ao gênero *Glomus*. *Glaziella* foi transferida inicialmente para “Deuteromycetes” (Gibson 1984) porque, embora apresentando corpos de Woronin nos septos das hifas, não havia dados sobre o teleomorfo. Mais tarde, com base em estudos ultraestruturais complementares, Gibson et al. (1986) transferiram *Glaziella* definitivamente para Glaziellales (Ascomycota). Von Höhnelt (1910) sinonimizou *Sphaerocreas* com *Sclerocystis*, contudo os seus argumentos não foram aceitos por Thaxter (1922) que, na revisão de Endogonaceae, considerou os dois gêneros separadamente.

Durante 52 anos, a classificação de Thaxter permaneceu inalterada até que, em 1974, Gerdemann & Trappe, revisando Endogonaceae, propuseram as bases até hoje utilizadas para a identificação e a classificação dos FMA. Além de excluir do grupo as espécies de *Glomus* de *Endogone*, os autores descreveram *Acaulospora* e *Gigaspora*, incluindo-os também em Endogonaceae. Assim, a partir de 1974 os FMA foram representados pelos gêneros *Acaulospora*, *Gigaspora*, *Glomus* e *Sclerocystis*. Cinco anos depois, Ames & Schneider (1979) propuseram a criação de *Entrophospora*, com a transferência de *Glomus infrequens* Hall para o novo gênero, tomando como base o modo de desenvolvimento dos esporos.

Em 1986, Walker & Sanders segregaram alguns representantes de *Gigaspora* que apresentavam glomerosporos com parede interna (germinativa *sensu* Morton) e placa germinativa para um novo gênero (*Scutellospora*), considerando como principal característica o modo de germinação. Assim, *Scutellospora* foi caracterizado por apresentar uma parede interna com uma estrutura típica para germinação, denominada placa germinativa e em *Gigaspora* permaneceram as espécies cujos glomerosporos não possuíam parede interna, nem placa típica para germinação.

Com base em registros fósseis de esporos glomóides, Pirozynski & Dalpé (1989) criaram a família *Glomaceae*, incluindo os gêneros *Glomus* e *Sclerocystis* devido ao modo similar de formação dos glomerosporos, que parecia ser um caráter preservado há milhares de anos. Morton (1990) admitiu que *Glomus*, *Sclerocystis*, *Acaulospora*, *Entrophospora*, *Gigaspora* e *Scutellospora* formavam um grupo monofilético que apresentava pouca relação com os representantes de *Endogonales*. Com base nesses dados, Morton & Benny (1990) erigiram a ordem *Glomales* para agrupar todos os fungos que formavam micorriza do tipo arbuscular, caracterizada pela formação de arbúsculos no córtex das raízes hospedeiras, com duas subordens, *Glomineae* com duas famílias *Glomaceae* e *Acaulosporaceae*, e *Gigasporinae* com apenas uma família *Gigasporaceae*. As subordens foram separadas com base na formação de vesículas no córtex das raízes das plantas e pela capacidade dos fungos em apresentar apenas o micélio (*Glomineae*) enquanto *Gigasporineae* caracterizava-se basicamente pela ausência de vesículas no córtex das raízes e presença de células auxiliares ao longo do micélio no solo.

Revisando o gênero *Sclerocystis*, Almeida & Schenck (1990) consideraram que apenas *Sclerocystis coremioides* Berkeley & Broome era representante legítimo do gênero e transferiram as demais espécies para *Glomus*. No entanto, os aspectos morfológicos adotados por Almeida & Schenck (1990b) foram contestados por Wu (1993), em estudos sobre o desenvolvimento dos esporocarpos, o que o levou a propor a manutenção das espécies em questão em *Sclerocystis*. A discussão foi aparentemente sanada sete anos depois, quando Redecker et al. (2000), utilizando dados moleculares, propuseram a transferência de *Sclerocystis coremioides* para *Glomus coremioides* (Berkeley & Broome) Morton & Redecker. Desde então, as espécies esporocárpicas de FMA não representam mais um gênero à parte, sendo todas incluídas em *Glomus*.

Utilizando também registros fósseis, Taylor et al. (1995) propuseram o gênero *Glomites*, com *Glomites rhyniensis* Taylor, Remy, Hass & Kerp como espécie tipo. No ano seguinte, Phipps & Taylor (1996) descreveram um novo gênero, ancestral de *Gigaspora*, denominado *Gigasporites*, com a espécie *Gigasporites myriamycetes* Phipps & Taylor, além de descreverem mais uma espécie de *Glomites*, denominada *Gl. cycestris* Phipps & Taylor. Esses registros fósseis representam os ancestrais dos atuais gêneros *Glomus* e *Gigaspora*.

Morton & Redecker (2001) criaram as famílias *Archaeosporaceae* e *Paraglomaceae*, com os gêneros *Archaeospora* Morton & Redecker e *Paraglomus* Morton & Redecker respectivamente, com base em dados moleculares e morfológicos (Figura 1). No entanto, os aspectos morfológicos indicados pelos autores não caracterizam de modo efetivo os

representantes dessas famílias, principalmente em *Paraglomus*, por não haver caracteres, no glomerosporo, que os diferenciem de *Glomus*. No caso, a principal evidência para distinção é a intensidade da coloração das hifas intraradiciais com Azul de Tripiano.

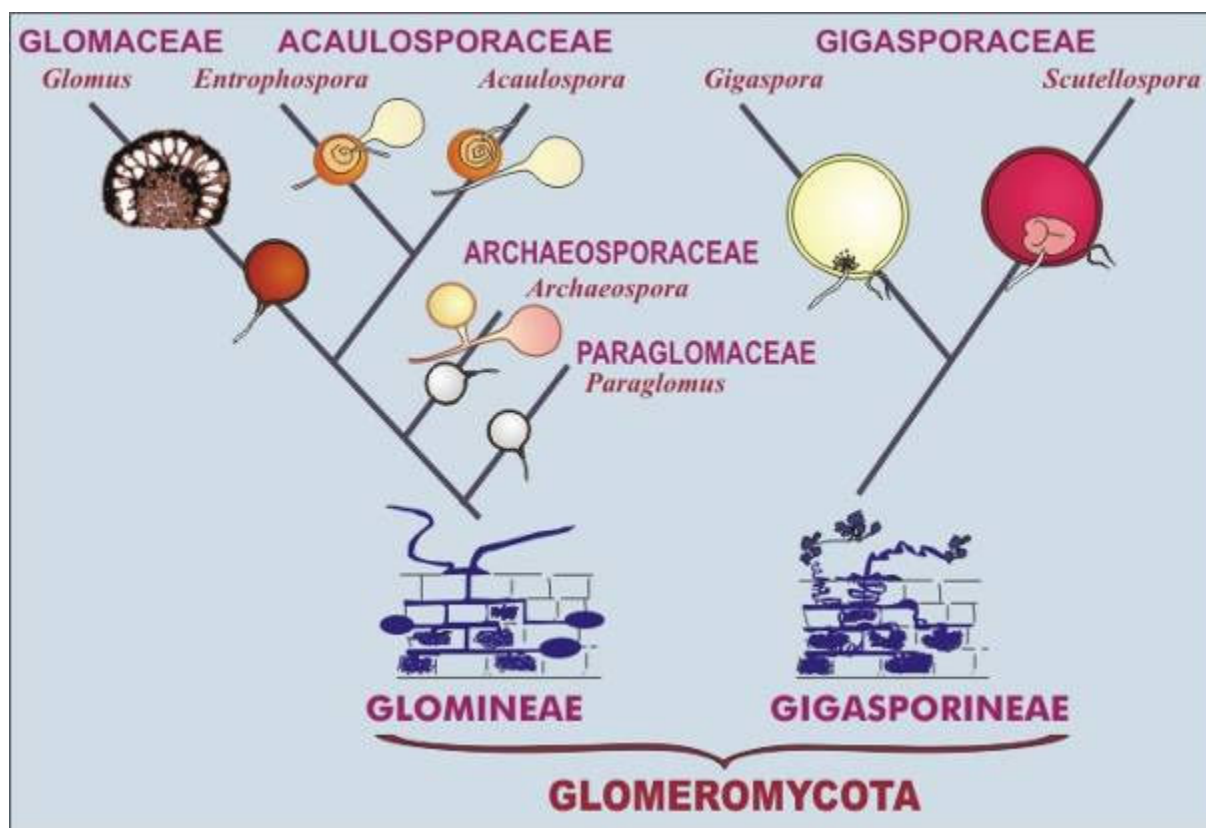


Figura 1. Árvore filogenética proposta por Morton & Redecker (2001) tendo como base dados morfológicos e moleculares. (Fonte: <http://invam.caf.wvu.edu>).

A evolução da classificação dos FMA culminou com a criação do filo *Glomeromycota* (monofilético) proposta por Schuessler et al. (2001), constituído por uma classe *Glomeromycetes* e quatro ordens: *Diversisporales* (*Acaulosporaceae*, *Diversisporaceae*, *Gigasporaceae*) *Archaeosporales* (*Archaeosporaceae*, *Geosiphonaceae*), *Paraglomerales* (*Paraglomeraceae*) e *Glomerales* (*Glomeraceae*). Essa classificação foi baseada no sequenciamento de apenas na subunidade menor do DNA ribossomal e estudos filogenéticos posteriores, onde se utilizou sequenciamento de outros genes (James et al., 2006; Hibbett et al. 2007), confirmaram as evidências apontadas por Schuessler et al. (2001) (Figuras 2 e 3).

Contudo, Schuessler et al. (2001) incluíram em *Glomeromycota* a família *Geosiphonaceae*, com *Geosiphon piriforme* (Kütz) Wettst, que difere das demais pelo tipo de estruturas formadas e pela associação simbiótica com cianobactérias (Schuessler et al. 1994).

O clado composto pelos representantes de Paraglomerales (Schuessler et al. 2001) foi baseado apenas em dados moleculares de duas espécies: *Glomus occultum* e *G. brasilianum*, as primeiras espécies transferidas por Morton & Redecker (2001) para a família *Paraglomeraceae*, como *Paraglomus occultum* e *P. brasilianum*. Esses autores argumentaram que a fraca coloração das estruturas intraradiculares em Azul de Tripiano seria uma característica relevante para a distinção do grupo. Porém, na morfologia dos esporos não há evidências que permitam distinguir *P. occultum* e *P. brasiliensis* das demais espécies de FMA com esporos glomóides.

Recentemente, Renker et al. (2007) transferiram *Glomus laccatum* para *Paraglomus laccatum* com base na sequência do rDNA, o que mostra a necessidade de se avaliar outras espécies de FMA para melhor estruturação do filo Glomeromycota, que apresenta muitos casos de simpliomorfia nos diferentes clados propostos por Schuessler et al. (2001).

Considerando dados morfológicos e também o modo de germinação dos esporos, Oehl & Sieverding (2004) propuseram a criação de *Pacispora* Sieverd. & Oehl, incluindo-o em *Glomeraceae*. *Pacispora* caracteriza-se por apresentar esporos glomóides (esporos similares aos formados tipicamente pelo gênero *Glomus*), com hifa de sustentação efêmera, parede germinativa (*sensu* Morton) e germinação diretamente pela parede do esporo, a partir de uma estrutura compartimentalizada de germinação, similar ao que ocorre em outros gêneros como *Acaulospora*, *Scutellospora* e *Entrophospora*. Com base nessas características, os autores revisaram *Glomus scintillans*, *Gl. dominikii* e *Gl. chimonobambusae* transferindo-os para *Pacispora*, e descreveram mais quatro espécies: *Pacispora franciscana*, *Pa. robigina*, *Pa. coraloidea* e *Pa. boliviana*.

No mesmo ano, utilizando as mesmas espécies (*Gl. scintillans* e *Gl. dominikii*) e os mesmos argumentos morfológicos Walker et al. (2004) criaram o gênero *Gerdemannia* e a família *Gerdemanniaceae*.

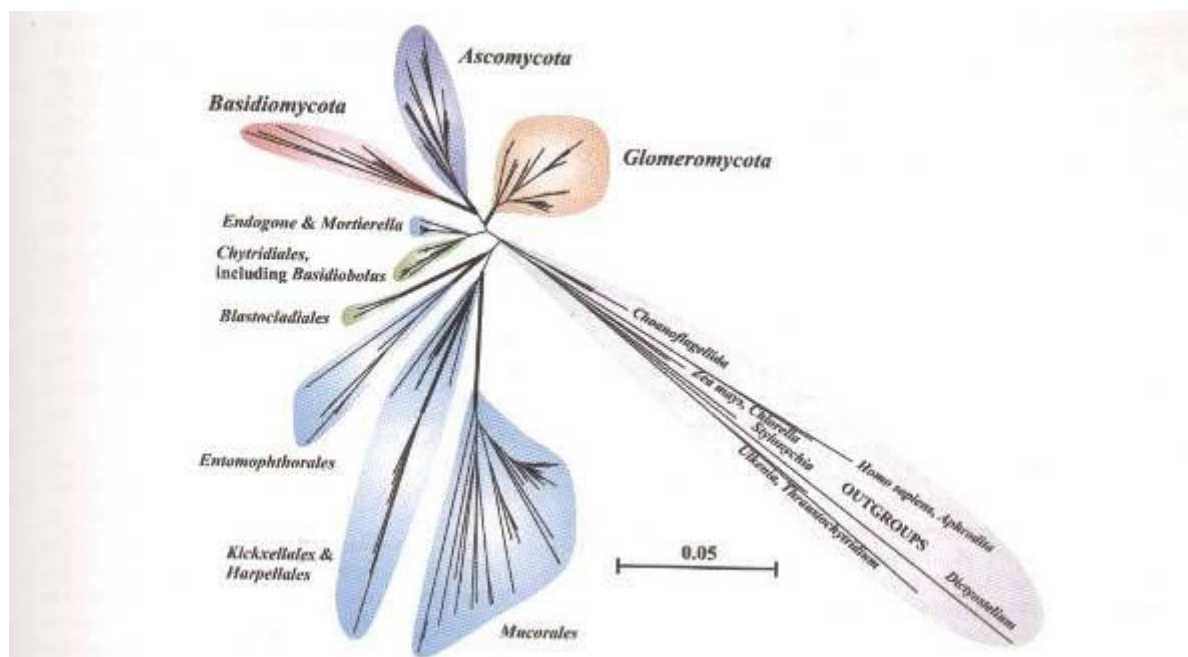


Figura 2. Árvore filogenética mostrando um clado com os representantes dos fungos micorrízicos arbusculares definitivamente separados dos *Zygomycetes* (fonte: Schuessler et al. 2001)

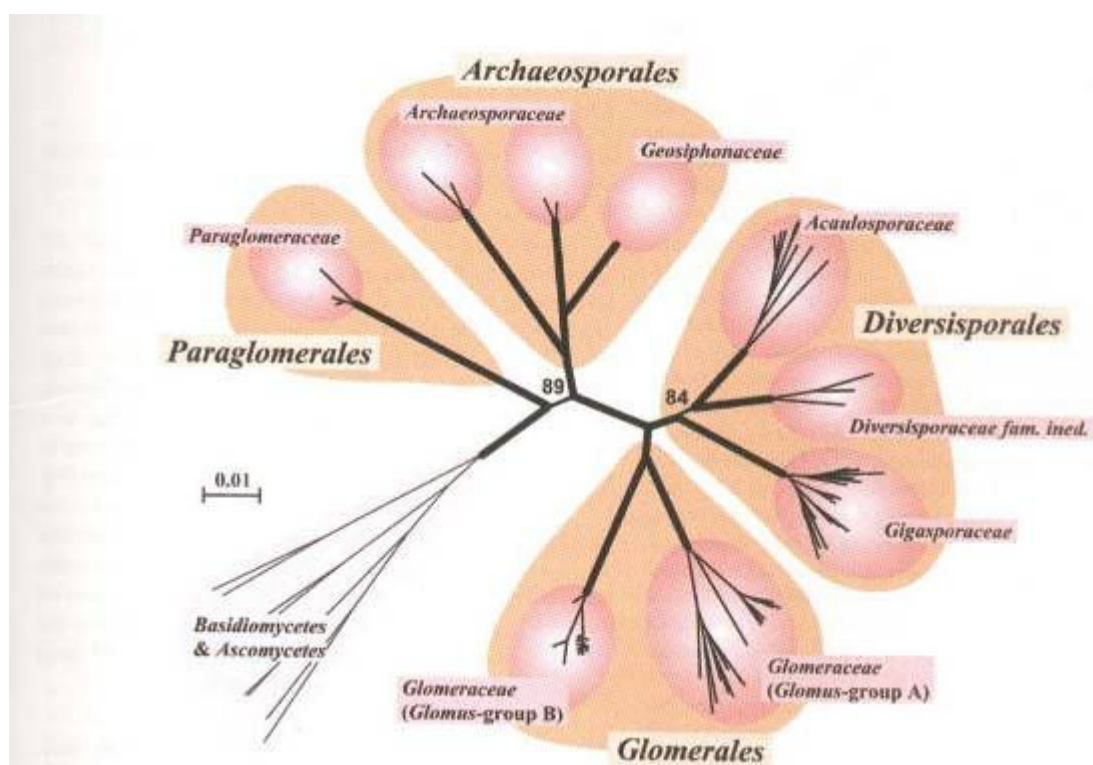


Figura 3. Detalhe das quatro ordens e das sete famílias propostas para o filo *Glomeromycota* (Fonte: Schuessler et al. 2001)

As mesmas espécies (*Glomus scintillans*, *Gl. dominikii* e *Gl. chimonobambusae*) foram transferidas de *Glomus* para *Gerdemannia*, porém com uma pequena diferença: *Gl. scintillans* e *Gl. dominikii* foram consideradas coespecíficas, ou seja, os isolados (tipos) dessas espécies são muito semelhantes, e desta forma *Gl. dominikii* foi considerada sinônimo de *Gl. scintillans*. Walker et al. (2004) observaram maior afinidade nos dados moleculares de *G. scintillans* com os de membros de *Gigasporaceae* do que com os de *Glomeraceae*, como anteriormente proposto por Oehl & Sieverding (2004), criando por isso a família *Gerdemanniaceae* (Figura 4; citada como *Pacisporaceae*). Entretanto, *Gerdemanniaceae* está baseada na evidência molecular de apenas uma espécie, *Gl. scintillans*, sendo necessários estudos moleculares com outras espécies que compõem o gênero, como as descritas por Oehl & Sieverding (2004), para melhor entendimento desse clado.

Apesar dos avanços na classificação intrafilo, um problema taxonômico foi gerado. *Pacispora* é considerado gênero válido, por ter sido publicado antes de *Gerdemannia*, mas não deve permanecer em *Glomeraceae* por ter mais afinidade com membros de *Gigasporaceae* (Walker et al. 2004).

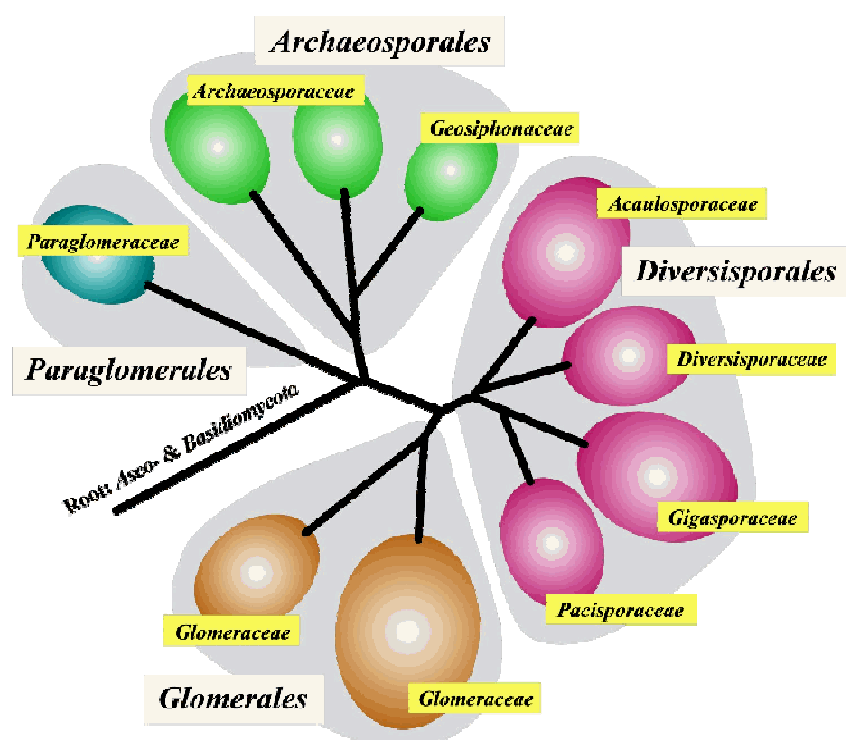


Figura 4. Árvore filogenética com inclusão da família *Pacisporaceae* (<http://www.lrz-muenchen.de/~schuessler/amphylo/>).

Além disso, o Código Internacional de Nomenclatura Botânica (McNeill et al. 2006), diz no Art. 18.1 que “*o nome da família é formado de um genitivo singular de um nome legítimo*”. Desta forma o nome da família *Gerdemanniaceae* também está em desacordo com o código, considerando que *Gerdemannia* não foi mantido.

Com base nessas prerrogativas, Walker & Schuessler (2004) propuseram a criação da família *Pacisporaceae*, substituindo a inválida *Gerdemanniaceae*. Além disso, validaram a ordem *Diversisporales* e a família *Diversisporaceae*, transferindo *Glomus spurcum* Pfeiffer, Walker & Bloss para *Diversispora spurca* (Pfeiffer, Walker & Bloss) Walker & Schuessler, com base em dados moleculares.

Segundo a interpretação de Redecker et al. (2007), Walker & Schuessler (2004) argumentaram que *Glomus spurcum* apresentava glomerosporos com uma camada interna membranosa que poderia ser usada para caracterizar *Diversispora spurca* (presente na descrição em latim). Porém, essa interpretação é dúbia, visto que Walker & Schuessler (2004) descrevem *Diversispora* como “*possuem esporos glomóides com parede consistindo de uma fina parede externa, uma parede estrutural laminada e uma parede interna flexível que não reage em Melzer*”. Essa descrição engloba diversidade enorme de espécies de *Glomus* (*sensu* morfológico). Por essa razão, pode-se afirmar que a descrição de *Diversispora* é basicamente estruturada em dados moleculares, sendo os caracteres morfológicos inconsistentes para definir o gênero.

Recentemente, Sieverding & Oehl (2006) propuseram a criação da família *Entrophosporaceae* mantendo apenas *Entrophospora baltica* e *En. infrequens* no gênero e transferiram as demais espécies para dois novos gêneros, *Intraspora* e *Kuklospora*. *Entrophospora schenckii* foi transferida para *Intraspora*, gênero incluído em *Archaeosporaceae*, enquanto *Entrophospora colombiana* e *En. kentinensis* foram transferidas para *Kuklospora* Oehl & Sieverd., novo gênero de *Acaulosporaceae* (tabela 1).

A criação de *Entrophosporaceae* também foi baseada em dados morfológicos e moleculares. Segundo Sieverding & Oehl (2006), *Entrophospora* caracteriza-se por apresentar (i) esporos com duas paredes (*sensu* Morton), uma externa e uma interna, (ii) ausência de uma camada “beaded”, (iii) parede interna relativamente espessa e (iv) presença de um “plug” no ponto de inserção da hifa, enquanto *Acaulospora* apresenta (i) três paredes, (ii) camada “beaded”, (iii) parede interna relativamente mais fina e (iv) ausência de “plug” no ponto de inserção da hifa.

Tabela 1. Caracteres morfológicos utilizados para a distinção de gêneros com glomerosporos acaulosporóides (baseado em Sieverding & Oehl 2006).

| | <i>Acaulospora</i> | <i>Entrophospora</i> | <i>Intraspora</i> | <i>Kuklospora</i> |
|-----------------------------------|--------------------|----------------------|-------------------|-------------------|
| Duas cicatrizes | - | X | X | X |
| Camada “beaded” | X | - | - | X |
| “Plug” na inserção da hifa | - | X | X | X |
| Duas paredes | -* | X | - | - |

* Algumas espécies de *Acaulospora* (*A. sporocarpica* e *A. myriocarpa*) também apresentam apenas duas paredes, mas esta não é a regra para o gênero.

Análises moleculares realizadas por Millner et al. (2001), Rodriguez et al. (2001) e Wubet et al. (2003) mostraram que *Entrophospora* (*sensu* Morton & Benny 1990) não está relacionada filogeneticamente com *Acaulospora*. Rodriguez et al. (2001) afirmam que nenhuma das sequências extraídas de múltiplos ou de um único esporo foram relacionadas com as de membros de *Acaulospora*, pareando apenas com membros de *Gigasporaceae* (tanto *Gigaspora* quanto *Scutellospora*) e *Glomeraceae*.

O gênero *Kuklospora*, incluído por Sieverding & Oehl (2006) em *Acaulosporaceae*, difere de *Acaulospora* apenas por apresentar glomerosporos formados dentro da hifa do sáculo esporífero, enquanto no último gênero o esporo é formado lateralmente a hifa que dá origem ao sáculo esporífero.

Intraspora, incluída em *Archaeosporaceae*, difere de *Archaeospora* pela formação do glomerosporo dentro do pescoço (“neck”) da hifa do sáculo esporífero, considerando que em *Archaeospora* a formação é na lateral do pescoço da hifa que dá origem ao sáculo esporífero. Além disso, hifas de *Intraspora* e *Archaeospora* apresentam baixa afinidade ao Azul de Tripiano, sem nenhuma reação ou apenas corando fracamente (Morton & Redecker 2001; Sieverding & Oehl 2006).

Apesar da semelhança dos caracteres morfológicos de *Intraspora schenckii* e dos membros de *Archaeosporaceae*, ainda faltam evidências moleculares que confirmem tal agrupamento. Além disso, outras espécies descritas como *Acaulospora* (*Ac. miryocarpa* e *Ac. sporocarpia*) podem ser futuramente transferidas para *Archaeospora* usando o mesmo critério de Sieverding & Oehl (2006).

Recentemente, algumas espécies de *Archaeosporaceae* foram transferidas para o novo gênero *Appendicispora*, criado por Spain et al. (2006), com base em dados morfológicos. Os autores defendem que, das espécies incluídas em *Archaeospora*, apenas *Ar. trappei* realmente pertence ao gênero, e por isso transferiram *Archaeospora leptoticha* e *A. gerdemannii* para *Appendicispora* (*A. appendicula* e *A. gerdemannii*). Designaram também *Appendicispora jimgerdemannii* para transferir *Acaulospora gerdemannii*, erroneamente interpretada como sinônimo de *Archaeospora leptoticha* (Spain et al. 2006) por apresentar semelhanças na disposição e estrutura da parede dos esporos. Morton et al. (1997) haviam sinonimizado *Acaulospora gerdemannii* com *Ac. appendicula*, e *Gl. fecundisporum* com *Gl. leptotichum*, com base nas semelhanças morfológicas entre essas espécies. Posteriormente, Morton & Redecker (2001) transferiram *Acaulospora appendicula*, *Ac. gerdemannii* e *Ac. trappei* juntamente com seus sinanórmfos glomóides para *Archaeosporaceae*.

Pouco tempo depois, Spain (2003) informou que *Archaeospora trappei*, espécie tipo do gênero, também apresentava um sinanórmfo glomóide, característica não observada por Morton & Redecker (2001). No entanto, a autora não obteve sucesso na multiplicação desses esporos glomóides.

Acompanhando a mesma linha de raciocínio de Spain et al. (2006), Walker et al. (2007a) destacaram que as espécies de *Archaeospora* apresentavam diferenças significantes na composição da parede dos glomerosporos e disponibilizaram uma base taxonômica mais consistente, propondo uma nova família, *Ambisporaceae* (Figura 5), novas espécies e novas combinações para esse recente clado. A criação de *Ambisporaceae* foi baseada em dados morfológicos e moleculares que a incluem em *Archaeosporales*, caracterizada pela presença simultânea de esporos dimórficos (glomóides e acaulosporóides), porém as espécies que constituem essa ordem exibem significantes diferenças morfológicas entre as espécies.

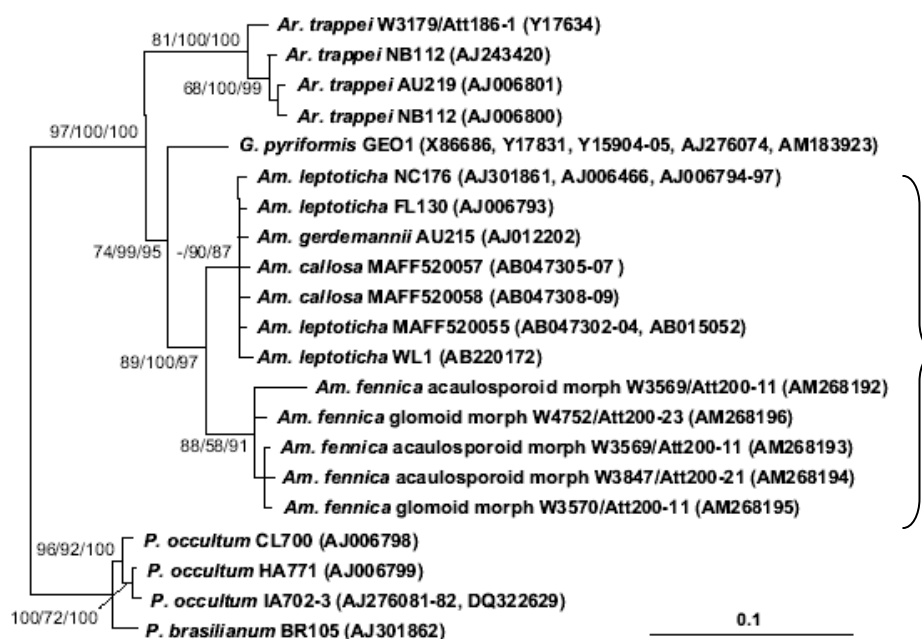


Figura 5. Árvore filogenética do clado correspondente à família *Ambisporaceae* (Fonte: Walker et al. 2007)

Considerando que o artigo da Spain et al. (2006) foi efetivamente distribuído no final de 2006, e o artigo de Walker et al. (2007a) foi publicado apenas em fevereiro de 2007, o nome *Appendicispora* foi considerado válido, segundo o princípio da prioridade. Com isso, Walker et al. (2007b) criaram a família *Appendicisporaceae* C. Walker, Vestberg & Schuessler com base na legitimidade do gênero *Appendicispora* (Spain et al. 2006) sobre *Ambispora* (Walker et al. 2007a). Walker (2008) observou que o nome *Appendicispora* é um homônimo de *Appendicospora* proposto por Hyde (1995) para um Ascomiceto e por essa razão o nome *Ambispora* é atualmente considerado legítimo.

Em estudos moleculares usando o sequenciamento de três genes (ITS, SSU e LSU), Renker et al. (2007) demonstraram que *Glomus laccatum* pertence à ordem Paraglomerales, e não a Glomerales, como anteriormene proposto por Blaszkowski em 1988, e transferiram-na para o gênero *Paraglomus*.

Palenzuela et al. (2008) propuseram a criação de mais um gênero *Otospora* no filo Glomeromycota, caracterizado por apresentar glomerosporos acaulosporóides e proximidade filogenética com *Diversisporaceae*, família onde foi incluído, formando um clado junto com *Diversispora spurca* e *Glomus versiforme*.

Oehl et al. (2008), somando dados moleculares e morfológicos, como número de paredes e complexidade das estruturas de germinação (placas germinativas), revisaram todas as espécies de *Scutellospora* descritas e concluíram que maioria desses representantes poderia ser transferida para cinco novos gêneros, permanecendo o gênero *Scutellospora* agora apenas com dez espécies. As demais espécies foram agrupadas nos seis gêneros que foram distribuídos em três novas famílias *Scutellosporaceae* (*Scutellospora*), *Racocetraceae* (*Racocetra* e *Cetraspora*) e *Dentiscutataceae* (*Fuscutata*, *Dentiscutata* e *Quatunica*).

Toda essa mudança na classificação dos FMA mostra que muito ainda está para ser elucidado. Por hora, esses fungos estão distribuídos em quatro ordens (*Archaeosporales*, *Diversisporales*, *Paraglomerales* e *Glomerales*) com dez famílias (*Geociphonaceae*, *Archaeosporaceae*, *Diversisporaceae*, *Paraglomeraceae*, *Glomeraceae*, *Acaulosporaceae*, *Entrophosporaceae*, *Gigasporaceae*, *Pacisporaceae* e *Ambisporaceae*) e 19 gêneros: *Acaulospora*, *Diversispora*, *Entrophospora*, *Archaeospora*, *Gigaspora*, *Scutellospora*, *Pacispora*, *Paraglomus*, *Intraspora*, *Kuklospora*, *Glomus*, *Ambispora*, *Otospora*, *Racocetra*, *Fuscutata*, *Cetraspora*, *Quatunica*, *Dentiscutata* e *Geosiphon* (Schuessler et al. 2001; Oehl et al. 2006b; Oehl et al. 2008; Palenzuela et al. 2008; Walker 2008; Silva et al. 2008). Este último é o único que não forma típica associação micorrízica arbuscular, vivendo em simbiose com cianofíceas (Schuessler 1998).

Mesmo essa classificação mais recente é preliminar, pois novas evidências devem surgir modificando a posição das espécies e dos gêneros de FMA, principalmente aqueles que constituem hoje gêneros com maior número de espécies, tais como *Glomus*, *Scutellospora* e *Acaulospora* como recentemente evidenciado por Oehl et al. (2008) e Silva et al. (2008).

A evolução da classificação taxonômica dos FMA a partir do trabalho de Schuessler et al. 2001 é notória e, com base nas evidências históricas, pode-se distinguir cinco etapas principais: (1) a “pré-história” da taxonomia, onde a base da identificação estava relacionada a aspectos macroscópicos do esporocarpo (1844 – 1962); (2) estudos sobre as espécies ectocárpicas, a partir de 1963, e culminando com a revisão de Gerdemann & Trappe (1974); (3) fase iniciada com a proposta nomenclatural considerando os diferentes tipos de “parede” dos glomerosporos (Walker 1983), que permitiu o detalhamento da sua estrutura, facilitando a diferenciação entre gêneros e espécies; (4) com os trabalhos de Morton e colaboradores (Bentivenga & Morton 1994; Morton 1995; Stürmer & Morton 1997, 1999;), evidências ontogenéticas foram incluídas nas descrições de espécies de FMA, contribuindo para maior conhecimento de semelhanças e diferenças entre os táxons (5) a utilização de técnicas moleculares veio, a partir de 2000 com a sinonimização de *Sclerocystis* em *Glomus* (Morton

& Redecker 2000), implementando as descrições, a classificação das espécies e a compreensão sobre as relações filogenéticas dentro de Glomeromycota.

Diversidade de fungos micorrízicos arbusculares

A estimativa, amplamente aceita, da diversidade de fungos no mundo é de 1,5 milhões de espécies (Hawksworth 1991). Essa estimativa está baseada na riqueza de espécies de plantas fanerogâmicas no mundo que é de 300.000 espécies aproximadamente (Hawksworth 2004; Raven 2004). Contudo, ainda há certa contradição entre os dados de diversidade. Por exemplo, segundo Hawksworth (2004), cerca de 65% das espécies de fungos descritas podem ser sinônimos, ou seja, cerca de 105.000 espécies de fungos já podem ser conhecidas, considerando apenas dados contidos em Kirk et al (2001). Por outro lado, novas espécies de alguns grupos de fungos como os *Basidiomycetes*, considerado um dos mais estudados, continuam sendo descritas. Recentemente, Ryvarden (2004) descreveu um novo gênero com 20 novas espécies de *Aphylllophorales* em ambientes tropicais. Entre 2002 e 2006, quatro novas espécies de *Gasteromycetes* (*Basidiomycota*) foram descritas no Brasil (Baseia & Milanez 2002; Baseia et al. 2003; Baseia & Calonge 2005 e 2006) e novas espécies de Glomeromycota estão sendo descritas (Goto et al. 2008b; Silva et al. 2008).

Fortalecendo a idéia de que se conhece pouco da diversidade de fungos, Claridge et al. (2000) comentaram que das 209 espécies de fungos hipógeos encontrados na Austrália, 152 eram novos para a ciência. Hyde (2001) enfatizou que em uma década o número de espécies conhecidas para Hong Kong quadruplicou, o que na verdade reflete esforços de coleta e estudos taxonômicos em áreas específicas.

A diversidade de FMA ainda é incerta. A última compilação de descrições foi feita por Schenck & Pérez (1990), com dados sobre 149 espécies, distribuídas em seis gêneros: *Acaulospora* (28), *Entrophospora* (3), *Gigaspora* (7), *Glomus* (75), *Sclerocystis* (13) e *Scutellospora* (23). Desde então, muitas novas espécies foram descritas e outras passaram a sinonímias (Almeida & Schenck 1990; Walker & Vestberg 1998; Oehl et al. 2002 e 2003).

Atualmente são conhecidas aproximadamente 205 espécies de FMA (de Souza et al. 2008), distribuídas em 18 gêneros, 50% pertencentes a *Glomus* (Tabela 2). Essa diversidade parece ainda subestimada, pois muitos habitats permanecem inexplorados, principalmente em ecossistemas tropicais. Além disso, há certa escassez de profissionais especializados para descrever espécies já depositadas em coleções, e isso ocorre tanto para os fungos de forma

geral (Hawksworth & Rossman 1997), como para os mantidos apenas em associação com raízes de vegetais, como é o caso daqueles que formam micorriza do tipo arbuscular.

Hawksworth (2004) e Peixoto et al. (2006) afirmam que são necessárias revisões sobre fungos para melhor se entender a diversidade desses microrganismos. As revisões feitas com representantes de FMA foram realizadas primeiramente por Thaxter (1922) e depois por Gerdemann & Trappe (1974), que incluíram muitos Zigomicetos, Almeida & Schenck (1990), que avaliaram espécies de *Sclerocystis*; Morton & Bentivenga (1995), avaliando espécies de *Gigaspora* e, mais recentemente, Sieverding & Oehl (2006), que revisaram espécies de *Entrophospora*. Antes disso, Morton (1988) havia revisado a base taxonômica dos FMA, discutindo sobre os caracteres morfológicos usados na identificação das espécies.

Atualmente dados moleculares de vários genes têm demonstrado estreito parentesco dos FMA (Glomeromycota) com os Ascomycota e Basidiomycota (Schussler et al. 2001; James et al. 2006 e Hibbett et al. 2007), porém não há semelhanças morfológicas entre esses organismos que permitam inferir relacionamentos filogenéticos.

Segundo Raczkowski & Wenzel (2007), a distribuição de espécies por região está relacionada principalmente pela quantidade de taxonomistas trabalhando nas áreas e também pela visão do que é espécie para cada taxonomista. Delimitar espécie parece ser tarefa fácil, porém muitos trabalhos têm mostrado a dificuldade em criar um conceito de espécie que seja aplicado a organismos de modo geral (Hey 2001; Rosselló-Mora & Amann 2001). O esforço amostral, bem como o número de taxonomistas relacionados à pesquisa, pode aumentar significativamente o número de espécies registradas em uma região ou país.

Outro fato importante que deve ser discutido em trabalhos de levantamento e distribuição de espécies em diferentes ecossistemas é o fator endemismo, ainda pouco documentado para microrganismos, embora já tenha sido considerado também para estimar diversidade global em fungos (Mueller & Schmidt 2007). Alguns fungos estão associados a determinadas espécies de plantas de forma específica, o que permite especular se, estando estreitamente relacionado com uma espécie de planta endêmica, o fungo também pode ser endêmico. Para FMA é extremamente difícil especular sobre o assunto, considerando que não apresentam especificidade. Contudo, dados recentes como os referentes a *Otospora bareai*, recentemente descrito por Palenzuela et al. (2008), mostram que ocorre na rizosfera de uma espécie endêmica da Espanha. Além disso, algumas espécies de FMA só foram citadas uma vez na descrição original e não mais documentadas, sendo possível que sejam endêmicas.

Relacionar história evolutiva entre esses grupos irmãos (Glomeromycota, Ascomycota e Basidiomycota) poderia trazer novos conceitos e reflexões sobre a diversidade desses

organismos. Primeiramente se conhece apenas 205 espécies de FMA, e em contrapartida os Ascomycota apresentam 32.739 espécies e os Basidiomycota 29.914 espécies (Kirk et al. 2001).

Mueller & Schmit (2007) estimam que a diversidade global de Endogonales e Glomales seria de 1.000 espécies. Contudo, esses dados são extremamente conservativos e não levam em consideração a biologia e a história evolutiva desses organismos. Além disso, não se pode inferir relacionamento entre Endogonales e Glomales, pois atualmente os fungos que formam micorriza arbuscular formam filo distinto dos Zygomycota.

Segundo de Souza (2007), a aparente pequena riqueza de espécies conhecidas no filo Glomeromycota é paradoxal, principalmente pela origem ancestral desses fungos, a alta diversidade de plantas às quais estão associados, ao longo período da co-evolução da simbiose micorrízica e à ampla distribuição dos FMA nos ecossistemas terrestres. Todos esses argumentos indicam diversificação muito maior do que a conhecida para esse filo. Entretanto, para melhor entender os mecanismos que regem a diversificação de um grupo de organismo é necessário entender a biologia do grupo e os processos relacionados à especiação em Glomeromycota que serão discutidos no tópico referente à conceituação de espécie.

Tomando por base os dados obtidos por Bever et al. (2001) em estudos realizados em área de 1 hectare, com 50 espécies de plantas, onde foram encontradas 37 espécies de FMA, das quais 1/3 ainda não conhecidas para a ciência, de Souza et al. (2008) estimaram a diversidade de FMA entre 37.000 e 78.000 espécies. Sendo assim, atualmente apenas 0,05% das espécies desse grupo de fungos são conhecidas, tomando como base a suposta existência de 37.000 espécies.

Segundo Peixoto et al. (2006), um terço da diversidade biológica brasileira é conhecida e apenas 20% do total de espécies do planeta são citadas no Brasil. Por isso, é plausível estimar elevada diversidade de FMA também no Brasil.

A dificuldade na estimativa da diversidade dos Glomeromycota está relacionada ao difícil acesso ao fungo, que se deve basicamente ao micotrofismo obrigatório e à natureza hipógea, além da falta de amplo conhecimento sobre a ecologia e a biologia desses fungos (Bever et al. 2001; de Souza et al. 2008). Além disso, as descrições das espécies estão baseadas em evidências morfológicas dos glomerosporos extraídos do solo nativo ou de cultivos, porém há espécies que não são observadas na forma de esporos (Clapp et al. 2002). Todos esses problemas relacionados à diversificação desse grupo promovem também dificuldades conceituais sérias. Definir espécie para FMA ainda é uma tarefa difícil tendo em

vista as limitações morfológicas (com ampla diversificação em uma mesma espécie) e também as moleculares (que mostram a segregação de espécies consideradas similares).

Portanto, dada a escassez de reavaliação de espécies, é necessário reestruturar as bases taxonômicas, utilizando critérios mais recentes para melhor entender a diversidade morfológica nesse grupo de fungos.

Nomes e epítetos no filo Glomeromycota

O latim botânico teve origem nos escritos romanos sobre plantas, por volta de 23 – 79 D.C. Porém foi Linnaeus, em seus célebres trabalhos (*Genera Plantarum* 1737, 5º ed.; 1754, 6º ed.; *Flora Lapponica*, 1737; *Hortus Cliffortianus*, 1738), que fixou o latim como língua oficial das diagnoses de plantas na Europa, no século XVIII (Stearn 2000).

Desde então, muitas espécies foram descritas e novos nomes e caracteres têm sido propostos, porém às vezes sem o devido critério, o que contribui para a ocorrência de epítetos ou nomes com problemas de declinação ou com erros ortográficos. Apesar da taxonomia dos FMA ser recente (aproximadamente 40 anos) alguns problemas nomenclaturais têm ocorrido.

Almeida (1989) propôs a mudança do nome de um gênero e de alguns epítetos específicos de FMA com base no Artigo 73.8 do Código Internacional de Nomenclatura Botânica (CINB), o qual estipula que erros ortográficos decorrentes de uma forma composta incorreta (Ex *Scutell-o-spora*) devem ser corrigidos (*Scutell-i-spora*) (Stafleu et al. 1988).

Morton & Benny (1990) aceitaram a mudança do gênero *Scutellospora* para *Scutellispora*, sem uma análise crítica dessa mudança (Walker 1991), assim como Schenck & Pérez (1990) aceitaram as mudanças nos epítetos específicos, como se verifica no respectivo manual de identificação.

Walker (1991), discordando da alteração do nome para *Scutellispora*, restabeleceu o antigo nome, com base no Artigo 20.1 do CINB (Greuter et al. 1988), que diz: “o nome de um gênero pode ser dado de qualquer fonte e pode ser composto de forma arbitrária” (como adotado por Walker & Sanders, 1986). Walker (1991) justifica que no trabalho onde foi publicado o novo gênero (Walker & Sanders, 1986) a escolha do -o- ao invés do -i- decorreu da eufonia; segundo os autores, o nome *Scutellospora* tem um som de melhor pronúncia do que *Scutellispora*, justificando assim o uso da vogal -o- conectando as palavras de origem grega e latina.

O nome do gênero não deve ser alterado mesmo que haja erros ortográficos provenientes da declinação das palavras que formam esse nome (Artigo 20.1 do CINB), porém o epíteto específico deve ser modificado se houver esse tipo de erro (McNeill et al., 2006).

Com base nas mudanças dos epítetos específicos propostas por Almeida (1989), Walker & Trappe (1993) redefiniram esses epítetos com base no artigo 6.3 do código, onde se considera que o nome que está em concordância com o regulamento não deve ser alterado. Ainda segundo o Artigo 73.3 do Código (CINB), a liberdade de corrigir nomes deve ser usada com reserva.

Portanto será adotada a proposta feita por Walker & Trappe (1993), sendo adicionados os nomes das espécies mais recentes com as respectivas sinônimas (Tabela 1), sem correções, seguindo o Artigo 73.3 do CINB (McNeill et al., 2006).

McGee (1996) afirma que *Glomus tubaeforme* Tandy foi erroneamente modificado para *Glomus tubiforme* por Walker & Trappe (1993), pois Tandy (1975), em seu protólogo, referia-se à forma de trompete “trumpet shaped” e não à forma de tubo “tube shaped”.

Walker et al. (2007b) validaram alguns nomes de representantes de *Pacisporaceae*, família proposta por Walker & Schuessler (2004) com base no novo gênero *Pacispora* (Oehl & Sieverding 2004), os quais apresentavam erros na data dos basionimos, o que está em desacordo com o Art. 33.3 do CINB, tornando o nome *Pacispora* inválido. No caso, o nome do gênero era considerado validamente publicado, porém o nome da espécie-tipo que dava origem ao gênero (*Pacispora scintillans*) ainda estava seguindo o antigo gênero *Glomus*, causando uma situação taxonômica curiosa (Walker et al. 2007).

Recentemente J. Spain foi informada por P. Kirk que o nome do gênero *Appendicispora* tem um homônimo (*Appendicospora*) descrito por Hyde, em 1995 (Oehl, comunicação pessoal). Apesar do Artigo 20.1 do CINB mencionar que “o nome de um gênero pode ser dado de qualquer fonte e pode ser composto de forma arbitrária”, este não pode ser igual, segundo o Art. 53.1: “o nome de uma família, um gênero ou uma espécie, a menos que conservado ou sancionado, é ilegítimo se é um homônimo posterior, ou seja, se é soletrado exatamente da mesma forma que um nome baseado em um tipo diferente que foi prévia e validamente publicado para um táxon de mesmo nível” McNeill et al. (2006).

Ainda segundo o Art. 53.3 do CINB: “quando dois ou mais nomes genéricos ou específicos, baseados em tipos diferentes, são tão semelhantes entre si, a ponto de poderem ser confundidos (porque são aplicados a táxons relacionados ou por qualquer razão) eles devem ser tratados como homônimos. Se a prática estabelecida tem sido tratar dois nomes

semelhantes como homônimos, esta prática deve ser continuada se for do interesse da estabilidade nomenclatural”.

Em vista dessas regras, *Appendicispora* é considerado homônimo de *Appendicospora*, mesmo em se tratando de organismos em filos distintos, Glomeromycota e Ascomycota, respectivamente. Assim, *Appendicospora* tem prioridade sobre *Appendicispora*, o qual, conseqüentemente, é considerado ilegítimo. Neste caso, *Appendicispora* deveria sofrer mudança de nome e o mais prudente seria nomear *Ambispora*, nome designado por Walker et al. (2006), para agrupar as mesmas espécies que Spain et al. (2006) usaram para eleger *Appendicispora*. Além disso, Walker et al. (2006) apresentaram uma base molecular para as espécies de *Ambispora*, o que torna a circunscrição do gênero filogeneticamente mais precisa. Seguindo o Art. 18.1 do CINB (McNeill et al. 2006) onde é mencionado que “o nome da família é formado de um genitivo singular de um nome legítimo” e considerando que o nome prioritário não é mais *Appendicispora*, o nome da família teria, conseqüentemente, que ser alterado para *Ambisporaceae*.

Walker (2008) solucionou essa questão divulgando a ilegitimidade de *Appendicispora* por ser homônimo de *Appendicospora* e revalidando o nome *Ambispora* e a família *Ambisporaceae*.

Tabela 2. Espécies de Fungos Micorrízicos Arbusculares descritas na literatura com respectivos sinônimos, autores e referências.

Acaulospora Gerdemann & Trappe

| ESPÉCIES | REFERÊNCIAS |
|---|---|
| <i>A. alpina</i> Oehl, Sykorova & Sieverd. | Oehl et al. (2006) |
| <i>A. appendicula</i> Spain, Sieverd. & N.C. Schenck = <i>Archaeospora leptoticha</i> = <i>Appendicispora appendicula</i> | Schenck et al. (1984). |
| <i>A. bireticulata</i> F.M. Rothwell & Trappe | Rothwell & Trappe (1979). Blaszkowski (1997a). |
| <i>A. capsicula</i> Blaszk. | Blaszkowski (1990) |
| <i>A. cavernata</i> Blaszk. | Blaszkowski (1989) |
| <i>A. colossica</i> P.A. Schultz, Bever & J.B. Morton | Schultz et al (1999) |
| <i>A. delicata</i> C. Walker, C.M. Pfeiffer & Bloss | Walker et al. (1966) |
| <i>A. denticulata</i> Sieverd. & S. Toro | Sieverding & Toro (1987a) |
| <i>A. dilatata</i> J.B. Morton | Morton (1986) |
| <i>A. elegans</i> Trappe & Gerd. | Gerdemann & Trappe (1974) |

| | |
|---|------------------------------|
| <i>A. entreriana</i> M.S. Velázquez & Cabello | Velázquez et al. (2008) |
| <i>A. excavata</i> Ingleby & C.Walker | Ingleby et al. (1994) |
| <i>A. foveata</i> Trappe & Janos | Janos & Trappe (1982) |
| <i>A. gedanensis</i> Blaszk. | Blaszkowski (1988b) |
| <i>A. gerdemannii</i> N.C. Schenck & T.H. Nicholson = <i>A. leptoticha</i> = <i>Appendicispora jimgerdemannii</i> | Nicolson & Schenck (1979) |
| <i>A. koskei</i> Blaszk. | Blaszkowski (1995a) |
| <i>A. lacunosa</i> J.B. Morton | Morton (1986) |
| <i>A. laevis</i> Gerd. & Trappe | Gerdemann & Trappe (1974) |
| <i>A. longula</i> Spain & N.C. Schenck | Schenck et al. (1984) |
| <i>A. mellea</i> Spain & N.C. Schenck | Schenck et al. (1984) |
| <i>A. morrowiae</i> Spain & N.C. Schenck | Schenck et al. (1984) |
| <i>A. myriocarpa</i> Spain, Sieverd. & N.C. Schenck | Schenck et al. (1986) |
| <i>A. nicolsonii</i> C. Walker, L.E. Reed & E. Sanders | Walker et al. (1984) |
| <i>A. paulineae</i> Blaszk. | Blaszkowski (1988b) |
| <i>A. polonica</i> Blaszk. | Blaszkowski (1988b) |
| <i>A. rehmi</i> Sieverd. & S. Toro | Sieverding. & Toro (1987) |
| <i>A. rugosa</i> J.B. Morton | Morton (1986) |
| <i>A. scrobiculata</i> Trappe | Trappe (1977) |
| <i>A. spinosa</i> C. Walker & Trappe | Walker & Trappe (1981) |
| <i>A. splendida</i> Sieverd., Chaverri & I. Rojas | Sieverding, et al. (1988) |
| <i>A. sporocarpia</i> S.M. Berch | Berch (1985) |
| <i>A. taiwania</i> H.T. Hu | Hu (1988) |
| <i>A. terricola</i> Swarupa, Kunwar & Manohar. | Swarupa Rani et al. (2003) |
| <i>A. thomii</i> Blaszk. | Blaszkowski (1988b) |
| <i>A. trappei</i> R.N. Ames & Liedermann = <i>Archaeospora trappei</i> | Ames & Linderman (1976) |
| <i>A. tuberculata</i> Janos & Trappe | Janos & Trappe (1982) |
| <i>A. undulata</i> Sieverd. | Sieverding (1968) |
| <i>A. walkeri</i> Kramad. & Hedger | Kramadibrata & Hedger (1990) |

***Archaeospora* Morton & Redecker**

| ESPÉCIES | REFERÊNCIAS |
|--|--------------------------|
| <i>A. leptoticha</i> (S.L. Rose, B.A. Daniels & Trappe) J.B. Morton & D. Redecker = <i>A. appendicula</i> = <i>Ap. appendicula</i> e <i>Ap. jimgerdemannii</i> | Morton & Redecker (2001) |
| <i>A. gerdemannii</i> = <i>G. gerdemannii</i> (N.C. Shenck & G.S. Sm.) J.B. Morton & D. Redecker = <i>Ap. gerdemannii</i> | Morton & Redecker (2001) |
| <i>A. trappei</i> (R.N. Ames & Linderman) J.B. Morton & D. Redecker emend. Spain | Morton & Redecker (2001) |

Appendicispora* Spain, Oehl & Sieverding *nomen illegitimum

| ESPÉCIES | REFERÊNCIAS |
|---|-----------------------|
| <i>A. appendicula</i> (Spain, Sieverd., N.C. Schenck) Spain, Oehl & Sieverd. | Spain et al. (2006) |
| <i>A. callosa</i> (Sieverd.) C. Walker, Vestberg & Schuessler | Walker et al. (2007b) |
| <i>A. fecundispora</i> (N.C. Schenck & G.S. Sm.) C. Walker, Vestberg & Schuessler | Walker et al. (2007b) |
| <i>A. fennica</i> (C. Walker, Vestberg & Schuessler) C. Walker, Vestberg & Schuessler | Walker et al. (2007b) |
| <i>A. gerdemannii</i> (S.L. Rose, B.A. Daniels & Trappe) Spain, Oehl & Sieverd. | Spain et al. (2006) |
| <i>A. jimgerdemannii</i> (N.C. Schenck & T.H. Nicolson) Spain, Oehl & Sieverd. | Spain et al. (2006) |
| <i>A. leptoticha</i> (NC Schenck & GS Sm.) C Walker, Vestberg & Schuessler | Walker et al. (2007b) |

***Ambispora* Walker, Vestberg & Schuessler**

| ESPÉCIES | REFERÊNCIAS |
|--|---------------------|
| <i>A. appendicula</i> (Spain, Sieverd., N.C. Schenck) Spain, Oehl & Sieverd. | Walker (2008) |
| <i>A. brasiliensis</i> B.T. Goto, L.C. Maia & Oehl | Goto et al. (2008b) |
| <i>A. callosa</i> (Sieverd.) C Walker, Vestberg & Schuessler | Walker (2008) |
| <i>A. fecundispora</i> (NC Schenck & GS Sm.) C Walker, Vestberg & Schuessler | Walker (2008) |
| <i>A. fennica</i> C. Walker, Vestberg & Schuessler = <i>Appendispora fennica</i> | Walker (2008) |
| <i>A. gerdemannii</i> (S.L. Rose, B.A. Daniels & Trappe) Walker, Vestberg & Schuessler = <i>Appendicispora gerdemannii</i> | Walker (2008) |
| <i>A. jimgerdemannii</i> (N.C. Schenck & T.H. Nicolson) Spain, Oehl & Sieverd. | Walker (2008) |
| <i>A. leptoticha</i> (N.C. Schenck & T.H. Nicolson) Walker, Vestberg & Schuessler = <i>Appendicispora leptoticha</i> | Walker (2008) |

***Diversispora* Walker & Schuessler**

| ESPÉCIES | REFERÊNCIAS |
|---|---------------------------|
| <i>D. spurca</i> (C.M. Pfeifer, C. Walker & Bloss) C. Walker & A. Schüssler | Walker & Schüssler (2004) |

***Entrophospora* Ames & Schneid. emend. Oehl & Sieverd.**

| ESPÉCIES | REFERÊNCIAS |
|--|--|
| <i>E. baltica</i> Blaszk., Madej & Tadych | Blaszkowski et al. (1998) |
| <i>E. colombiana</i> Spain & N.C. Schenck = <i>Kuklospora colombiana</i> | Schenck et al. (1984) |
| <i>E. infrequens</i> (I.R. Hall) R.N. Ames & Schneid. emend. Oehl & Sieverd. | Hall (1977) Ames & Schneider (1979) Sieverding & Oehl (2006) |
| <i>E. kentinensis</i> C.G. Wu & Y.S. Liu = <i>Kuklospora kentinensis</i> | Wu & Liu (1995) |
| <i>E. schenckii</i> Sieverd. & S. Toro = <i>Intraspora schenckii</i> | Sieverding & Toro (1987b) |

***Gigaspora* Gerdemann & Trappe emend. Oehl, de Souza & Sieverd.**

| ESPÉCIES | REFERÊNCIAS |
|--|-----------------------------|
| <i>G. albida</i> N.C. Schenck & G.S. Sm. | Schenck & Smith (1982) |
| <i>G. aubourantii</i> Chou | Chou et al. (1991) |
| <i>G. candida</i> Brattacharjee, Mukerji, J.P. Tewari & Skoropad = <i>G. rosea</i> | Bhattacharjee et al. (1982) |
| <i>G. decipiens</i> I.R. Hall & L.K. Abbott | Hall & Abbott (1984) |
| <i>G. gigantea</i> (T.H. Nicholson & Gerd.) Gerd. & Trappe | Nicolson & Gerdemann (1968) |
| <i>G. margarita</i> W.N. Becker & I.R. Hall | Becker & Hall (1976) |
| <i>G. ramisporophora</i> Spain, Sieverd. & N.C. Schenck | Spain et al. (1989) |
| <i>G. rosea</i> T.H. Nicolson & N.C. Schenck | Nicolson & Schenck (1979) |

***Intraspora* Oehl & Sieverd.**

| ESPÉCIES | REFERÊNCIAS |
|---|---------------------|
| <i>I. schenckii</i> (Sieverd. & Oehl) Oehl & Sieverd. | Oehl et al. (2006b) |

***Kuklospora* Oehl & Sieverd.**

| ESPÉCIES | REFERÊNCIAS |
|---|---------------------|
| <i>K. colombiana</i> (Spain & N.C. Schenck) Oehl & Sieverd. | Oehl et al. (2006b) |
| <i>K. kentinensis</i> (Wu & Liu) Oehl & Sieverd. | Oehl et al. (2006b) |

***Glomus* Tul. & Tul.**

| ESPÉCIES | REFERÊNCIAS |
|---|------------------------|
| <i>G. aggregatum</i> N.C. Schenck & G.S. Sm. emend. | Schenck & Smith (1982) |

| | |
|--|--|
| Koske | |
| <i>G. albidum</i> C. Walker & L.H. Rhodes | Walker & Rhodes (1961) |
| <i>G. ambisporum</i> G.S. Sm. & N.C. Schenck | Smith & Schenck (1985) |
| <i>G. antarcticum</i> Cabello | Cabello et al. (1994) |
| <i>G. arborenses</i> McGee | McGee (1986) |
| <i>G. arenarium</i> Blaszk. Tadych & Madej | Blaszkowski et al. (2001) |
| <i>G. atrovula</i> McGee & Pattinson | McGee & Trappe (2002) |
| <i>G. aurantium</i> Blaszk., Blanke, Renker & Buscot | Blaszkowski et al. (2004) |
| <i>G. aureum</i> Oehl & Sieverd. | Oehl et al. (2003) |
| <i>G. australe</i> (Berck.) S.M. Berch | Berch & Fortin (1983) |
| <i>G. avelingiae</i> R.C. Sinclair | Sinclair et al. (2000) |
| <i>G. badium</i> Oehl, D. Redecker & Sieverd. | Oehl et al., 2005 |
| <i>G. bagyarajii</i> V.S. Mehrotra | Mehrotra (1997) |
| <i>G. boreale</i> (Thaxt.) Trappe & Gerd. | Thaxter (1922) |
| <i>G. botryoides</i> F.M. Rothwell & Victor | Rothwell & Victor (1984) |
| <i>G. brasilianum</i> Spain & J. Miranda = <i>Paraglomus brasilianum</i> | Spain (1996) |
| <i>G. brohultii</i> Sieverd. & Herrera | Herrera-Peraza et al. (2003) |
| <i>G. caesaris</i> Sieverd. & Oehl | Oehl et al. (2002) |
| <i>G. caledonium</i> (T.H. Nicolson & Gerd.) Trappe & Gerd. | Gerdemann & Trappe (1974) |
| <i>G. callosum</i> Sieverd. = <i>Appendicispora callosa</i> | Sieverding (1988) Walker et al. (2007b) |
| <i>G. canadense</i> (Thaxt.) Trappe & Gerd. | Thaxter (1922) Gerdemann & Trappe (1974) |
| <i>G. canum</i> McGee | McGee & Trappe (2002) |
| <i>G. cerebriforme</i> McGee | McGee (1986) |
| <i>G. chimonobambusae</i> C.G. Wu & Y.S. Liu = <i>P. chimonobambusae</i> | Wu & Liu (1996) |
| <i>G. citricola</i> D.Z. Tang & M. Zang | Tang & Zang (1984) |
| <i>G. claroideum</i> N.C. Schenck & G.S. Sm. emend. Walker & Vestberg | Schenck & Smith (1982) Walker & Vestberg (1998) |
| <i>G. clarum</i> T.H. Nicolson & N.C. Schenck | Nicolson & Schenck (1979) |
| <i>G. clavisporum</i> (Trappe) R.T. Almeida & N.C. Schenck | Trappe (1977) Almeida & Schenck (1990) |
| <i>G. constrictum</i> Trappe | Trappe (1977) |
| <i>G. convolutum</i> Gerd. & Trappe | Gerdemann & Trappe (1974) |
| <i>G. coronatum</i> Giovann. | Giovannetti et al. (1991) |
| <i>G. coremioides</i> (Berk. & Broome) D. Redecker & J.B. Morton | Gerdemann & Trappe (1974) |
| <i>G. corymbiforme</i> Blaszk. | Blaszkowski (1995b) |
| <i>G. cuneatum</i> McGee & A. Cooper | McGee & Trappe (2002) |
| <i>G. delhiense</i> Mukerji, Bhattacharjee & J.P. Tewari | Mukerji et al. (1983) |
| <i>G. deserticola</i> Trappe, Bloss & J.A. Menge | Trappe et al. (1984) |
| <i>G. diaphanum</i> J.B. Morton & C. Walker | Morton & Walker (1984) |
| <i>G. dimorphicum</i> Boyetchko & J.P. Tewari | Boyetchko & Tewari (1986) |
| <i>G. dolichosporum</i> M.Q. Zhang & You S. Wang | Zhang & Wang (1997) |
| <i>G. dominikii</i> Blaszk. = <i>P. dominikii</i> | Blaszkowski (1988a) |
| <i>G. drummondii</i> Blaszk. & Renker | Blaszkowski et al. (2006) |

| | |
|---|---|
| <i>G. eburneum</i> L.J. Kenn., J.C. Stutz & J.B. Morton | Kennedy et al. (1999) |
| <i>G. epigaeum</i> B.A. Daniels & Trappe = <i>versiforme</i> | Daniels & Trappe (1979) |
| <i>G. etunicatum</i> W.N. Becker & Gerd. | Becker & Gerdemann (1977) |
| <i>G. fasciculatum</i> (Thaxt.) Gerd. & Trappe emend. C. Walker & Koske | Walker & Koske (1987) Gerdemann & Trappe (1974) |
| <i>G. fecundisporum</i> N.C. Schenck & G.S. Sm. = <i>Appendicispora fecundispora</i> | Schenck & Smith (1982) Walker et al. (2007b) |
| <i>G. fistulosum</i> Skou & I. Jakobsen = <i>G. claroideum</i> | Skou & Jakobsen (1989). |
| <i>G. flavisporum</i> (M. Lange & E.M. Lund) Trappe & Gerd. | Lange & Lund (1955) Gerdemann & Trappe (1974) |
| <i>G. formosanum</i> C.G. Wu & Z.C. Chen | Wu & Chen (1986) |
| <i>G. fragile</i> (Berk. & Broome) Trappe & Gerd. = <i>Paurocotylis fragilis</i> Berk. & Broome | Gerdemann & Trappe (1974) |
| <i>G. fragilistratum</i> Skou & I. Jakobsen | Skou & Jakobsen (1989) |
| <i>G. fuegianum</i> (Speg.) Trappe & Gerd. | Thaxter (1922) Gerdemann & Trappe (1974) |
| <i>G. fulvum</i> (Berk. & Broome) Trappe & Gerd. | Thaxter (1922) Gerdemann & Trappe (1974) |
| <i>G. geosporum</i> (T.H. Nicolson & Gerd.) C. Walker | Nicholson & Gerdemann (1968) Gerdemann & Trappe (1974) |
| <i>G. gerdemannii</i> S.L. Rose, B.A. Daniels & Trappe = <i>Archaeospora gerdemannii</i> = <i>Ap. gerdemannii</i> | Rose et al. (1979) |
| <i>G. gibbosum</i> Blaszk. | Blaszkowski (1997b) |
| <i>G. globiferum</i> Koske & C. Walker | Koske & Walker (1986a) |
| <i>G. glomerulatum</i> Sieverd. | Sieverding (1987) |
| <i>G. halonatum</i> S.L. Rose & Trappe | Rose & Trappe (1980) |
| <i>G. heterosporum</i> G.S. Sm. & N.C. Schenck | Smith & Schenck (1985) |
| <i>G. hoi</i> S.M. Berch & Trappe | Berch & Trappe (1985) |
| <i>G. hyderabadensis</i> Swarupa, Kunwar, G.S. Prasad & Manohar | Swarupa Rani et al. (2004) |
| <i>G. insculptum</i> Blaszk. | Blaszkowski et al. (2004) |
| <i>G. intraradices</i> N.C. Schenck & G.S. Sm. | Schenck & Smith (1982) |
| <i>G. infrequens</i> I.R. Hall = <i>E. infrequens</i> | Hall (1977) |
| <i>G. invermaium</i> I.R. Hall | Hall (1977) |
| <i>G. irregulare</i> Blaszk., Wubet, Renker & Buscot | Blaszkowski et al. (2008) |
| <i>G. kerguelense</i> Dalpé & Strullu | Dalpé et al. (2002) |
| <i>G. laccatum</i> Blaszk. = <i>Paraglomus laccatum</i> | Blaszkowski (1988a) |
| <i>G. lacteum</i> S.L. Rose & Trappe | Rose & Trappe (1980) |
| <i>G. lamellosum</i> Dalpé, Koske & Tews | Dalpé et al. (1992) |
| <i>G. leptotichum</i> N.C. Schenck & G.S. Sm. = <i>Ambispora leptoticha</i> | Schenck & Smith (1982) |
| <i>G. liquidambaris</i> (C.G. Wu & Z.C. Chen) R.T. Almeida & N.C. Schenck ex Y.J. Yao | Wu & Chen. (1986) Almeida & Schenck (1990) |
| <i>G. luteum</i> L.J. Kenn., J.C. Stutz & J.B. Morton | Kennedy et al. (1999) |
| <i>G. macrocarpum</i> Tul. & C. Tul. | Thaxter (1922) Berch & Fortin (1983) |
| <i>G. maculosum</i> Miller & Walker = <i>G. claroideum</i> | Miller & Walker (1986) |
| <i>G. magnicaule</i> Hall | Hall (1977) |

| | |
|---|--|
| <i>G. manihotis</i> Howeler, Sieverd. & N.C. Schenck | Schenck et al. (1984) |
| <i>G. merredum</i> Porter & Hall (nome inválido) | Hall (1984) |
| <i>G. megalocarpum</i> D. Redecker | Redecker et al. (2007) |
| <i>G. melanosporum</i> Gerd. & Trappe | Gerdemann & Trappe (1974) |
| <i>G. microaggregatum</i> Koske, Gemma & P.D. Olexia | Koske & Gemma (1986) |
| <i>G. microcarpum</i> Tul. & C. Tul. | Thaxter (1922) Gerdemann & Trappe (1974) |
| <i>G. minutum</i> Blaszk., Tadych & Madej | Blaszkowski et al. (2000) |
| <i>G. monosporum</i> Gerd. & Trappe | Gerdemann & Trappe (1974) |
| <i>G. mortonii</i> Bentiv. & Hetrick | Bentivenga & Hetrick (1991) |
| <i>G. mosseae</i> (T.H. Nicolson & Gerd.) Gerd. & Trappe | Nicolson & Gerdemann (1968) Gerdemann & Trappe (1974) |
| <i>G. multicaule</i> Gerd. & B.K. Bakshi | Gerdemann & Bakshi (1976) |
| <i>G. multiformum</i> Tadych & Blaszk. | Blaszkowski. & Tadych (1997) |
| <i>G. multisubstensum</i> Mukerji, Bhattacharjee & J.P. Tewari = <i>G. claroideum</i> | Mukerji et al. (1983) |
| <i>G. nanolumem</i> Koske & Gemma | Koske & Gemma (1989) |
| <i>G. occultum</i> C. Walker = <i>Paraglomus occultum</i> | Walker (1982) |
| <i>G. pallidum</i> I.R. Hall | Hall 1977) |
| <i>G. pansihalos</i> S.M. Berch & Koske | Berch (1986) |
| <i>G. patagonicum</i> Novas & Franchia = <i>Pacispora patagônica</i> | Novas et al. (2005) Walker et al. (2007b) |
| <i>G. pellucidum</i> McGee & Pattinson | Mcgee & Trappe (2002) |
| <i>G. proliferum</i> Dalpé & Declerck | Declerck et al. (2000) |
| <i>G. przelewicensis</i> Blaszk. | Blaszkowski (1988a) |
| <i>G. pubescens</i> (Sacc. & Ellis) Trappe & Gerd. | Gerdemann & Trappe (1974) |
| <i>G. pulvinatum</i> (Henn.) Trappe & Gerd. | Thaxter (1922) Tandy (1975) |
| <i>G. pustulatum</i> Koske, Fries, C. Walker & Dalpé | Koske et al. (1986) |
| <i>G. radiatum</i> (Thaxt.) Trappe & Gerd. | Thaxter (1922) Gerdemann & Trappe (1974) |
| <i>G. reticulatum</i> Bhattacharjee & Mukerji | Bhattacharjee & Mukerji (1980) |
| <i>G. rubiforme</i> (Gerd. & Trappe) R.T. Almeida & N.C. Schenck | Gerdemann & Trappe (1974) Almeida & Schenck (1990) |
| <i>G. scintillans</i> S.L. Rose & Trappe = <i>P. scintillans</i> | Rose & Trappe (1980) |
| <i>G. segmentatum</i> Trappe, Spooner & Ivory | Trappe (1979) |
| <i>G. sinuosum</i> (Gerd. & B.K. Bakshi) R.T. Almeida & N.C. Schenck | Gerdemann & Bakshi (1976) |
| <i>G. spinosum</i> H.T. Hu | Hu (2002) |
| <i>G. spinuliferum</i> Sieverd. & Oehl | Oehl et al. (2003) |
| <i>G. spurcum</i> C.M. Pfeiffer, C. Walker & Bloss = <i>Diversispora spurcum</i> | Pfeiffer et al. (1996) |
| <i>G. taiwanense</i> (C.G. Wu & Z.C. Chen) R.T. Almeida & N.C. Schenck ex Y.J. Yao | Wu & Chen (1987) |
| <i>G. tenebrosum</i> (Thaxt.) S.M. Berch | Thaxter (1922) Berch & Fortin (1983) |
| <i>G. tenerum</i> P.A. Tandy emend. McGee | Tandy (1975) |
| <i>G. tenue</i> (Greenall) I.R. Hall = <i>Rhizophagus tenuis</i> | Hall (1977) |
| <i>G. tortuosum</i> N.C.Schenck & G.S. Sm. | Schenck & Smith (1982) |

| | |
|--|-----------------------------|
| <i>G. trimurales</i> Koske & Halvorson | Koske & Halvorson (1989) |
| <i>G. tubaeforme</i> Tandy = <i>Densospora tubaeformis</i> | Tandy (1975) |
| <i>G. velum</i> Porter & Hall (nome inválido) | Hall (1984) |
| <i>G. versiforme</i> (P. Karst.) S.M. Berch = <i>G. epigaeum</i> | Berch & Fortin (1983) |
| <i>G. verruculosum</i> Blaszk. | Blaszkowski & Tadych (1997) |
| <i>G. vesiculiferum</i> (Thaxt.) Gerd & Trappe | Gerdemann & Trappe (1974) |
| <i>G. viscosum</i> T.H. Nicolson | Walker et al. (1995) |
| <i>G. xanthium</i> Blaszk., Blanke, Renker & Buscot | Blaszkowski et al. (2004) |
| <i>G. zaozhuangianum</i> F.Y. Wang & R.J. Liu | Wang & Liu (2002) |
| <i>G. warcupii</i> McGee | McGee (1986) |
| <i>G. walkeri</i> Blaszk. & Renker | Blaszkowski et al. (2006) |

Otospora Oehl, J. Palenzuela & N. Ferrol

| ESPÉCIES | REFERÊNCIAS |
|--|--------------------------|
| <i>O. bareai</i> J. Palenzuela, N. Ferrol & Oehl | Palenzuela et al. (2008) |

Pacispora Sieverd. & Oehl

| ESPÉCIES | REFERÊNCIAS |
|---|---|
| <i>P. boliviana</i> Sieverd. & Oehl | Oehl & Sieverding (2004) |
| <i>P. chimonobambusae</i> (C.G. Wu & Y.S. Liu) Sieverd. & Oehl ex C Walker, Vestberg & Schuessler | Oehl & Sieverding (2004) Walker et al. (2007b) |
| <i>P. coralloidea</i> Sieverd. & Oehl | Oehl & Sieverding (2004) |
| <i>P. dominikii</i> (Blaszk.) Sieverd. & Oehl = <i>P. scintillans</i> | Oehl & Sieverding (2004) Walker et al. (2004) |
| <i>P. franciscana</i> Sieverd. & Oehl | Oehl & Sieverding (2004) |
| <i>P. patagonica</i> (Novas & Francchia) C Walker, Vestberg & Schüssler | Walker et al. (2007b) |
| <i>P. robigina</i> Sieverd. & Oehl | Oehl & Sieverding (2004) |
| <i>P. scintillans</i> (S.L. Rose & Trappe) Sieverd. & Oehl ex C Walker, Vestberg & Schuessler | Oehl & Sieverding (2004) Walker et al. (2007b) |

Paraglomus Morton & Redecker

| ESPÉCIES | REFERÊNCIAS |
|--|--------------------------|
| <i>P. brasilianum</i> (Spain & J. Miranda) J.B. Morton & D. Redecker = <i>G. brasilianum</i> | Morton & Redecker (2001) |
| <i>P. occultum</i> (C. Walker) J.B. Morton & D. Redecker = <i>G. occultum</i> | Morton & Redecker (2001) |
| <i>P. laccatum</i> (Blasz.) C. Renker, Blaszk. & F. Buscot | Renker et al. (2007) |

***Scutellospora* (Walker & Sanders) emend. Oehl, F.A. de Souza & Sieverd.**

| ESPÉCIES | REFERÊNCIAS |
|---|------------------------------|
| <i>S. arenicola</i> Koske & Halvorson | Koske & Halvorson (1989) |
| <i>S. armeniaca</i> Blaszk. | Blaszkowski (1992) |
| <i>S. aurigloba</i> (I.R. Hall) C.Walker & F.E. Sanders | Hall (1977) |
| <i>S. calospora</i> (T.H. Nicolson & Gerd.) C. Walker & F.E. Sanders | Koske & Walker (1986b) |
| <i>S. crenulata</i> R.A. Herrera-Peraza, Cuenca & C. Walker | Herrera-Peraza et al. (2001) |
| <i>S. dipapillosa</i> (C. Walker & Koske) C. Walker & F.E. Sanders | Koske & Walker (1985) |
| <i>S. dipurpurescens</i> J.B. Morton & Koske | Morton & Koske (1988) |
| <i>S. nodosa</i> Blaszk. | Blaszkowski (1991) |
| <i>S. pernambucana</i> Oehl, D.K Silva, N. Freitas & L.C. Maia | Silva et al. 2008 |
| <i>S. projecturata</i> Kramad. & C. Walker | Kramadibrata et al. (2000) |
| <i>S. tricalypta</i> (R.A. Herrera & Ferrer) C. Walker & F.E. Sanders | Ferrer & Herrera (1980) |

***Racocetra* Oehl, F.A de Souza & Sieverd.**

| ESPÉCIES | REFERÊNCIAS |
|--|--|
| <i>R. alborosea</i> (Ferrer & R.A. Herrera) Oehl, F.A. de Souza & Sieverd. | Ferrer & Herrera (1980) Oehl et al. (2008) |
| <i>R. castanea</i> (C. Walker) Oehl, F.A. de Souza & Sieverd. | Walker et al. (1993) Oehl et al. (2008) |
| <i>R. coralloidea</i> (Trappe, Gerd. & I. Ho) Oehl, F.A. de Souza & Sieverd. | Koske & Walker (1985) Gerdemann & Trappe (1974) Oehl et al. (2008) |
| <i>R. fulgida</i> (Koske & C. Walker) Oehl, F.A. de Souza & Sieverd. | Koske & Walker (1986b) Oehl et al. (2008) |
| <i>R. gregaria</i> (N.C. Schenck & T.H. Nicolson) Oehl, F.A. de Souza & Sieverd. | Nicolson & Schenck (1979) Oehl et al. (2008) |
| <i>R. minuta</i> (Ferrer & R.A. Herrera) Oehl, F.A. de Souza & Sieverd. | Ferrer & Herrera (1980) Oehl et al. (2008) |
| <i>R. persica</i> (Koske & C. Walker) Oehl, F.A. de Souza & Sieverd. | Koske & Walker (1985) Oehl et al. (2008) |
| <i>R. verrucosa</i> (Koske & C. Walker) Oehl, F.A. de Souza & Sieverd. | Koske & Walker (1985) Oehl et al. (2008) |
| <i>R. weresubiae</i> (Koske & C. Walker) Oehl, F.A. de Souza & Sieverd. | Koske & Walker (1986b) Oehl et al. (2008) |

***Cetraspora* Oehl, F.A de Souza & Sieverd.**

| ESPÉCIES | REFERÊNCIAS |
|---|---|
| <i>C. armeniaca</i> (Blaszk.) Oehl, F.A. de Souza & Sieverd. | Blaszkowski (1992) Oehl et al. (2008) |
| <i>C. gilmorei</i> (Trappe & Gerd.) Oehl, F.A. de Souza & Sieverd. | Gerdemann & Trappe (1974) Oehl et al. (2008) |
| <i>C. pellucida</i> (T.H. Nicolson & N.C. Schenck) Oehl, F.A. de Souza & Sieverd. | Nicolson & Schenck (1979) Oehl et al. (2008) |
| <i>C. spinosissirna</i> (C. Walker & Cuenca) Oehl, F.A. de Souza & Sieverd. | Walker et al. (1998) Oehl et al. (2008) |
| <i>C. striata</i> Cuenca & R.A. Herrera | Cuenca & Herrera-Peraza (2008) |

***Fuscutata* Oehl, F.A de Souza & Sieverd.**

| ESPÉCIES | REFERÊNCIAS |
|--|--|
| <i>F. heterogama</i> (T.H. Nicolson & Gerd.) Oehl, F.A. de Souza, L.C. Maia & Sieverd. | Koske & Walker (1985) Oehl et al. (2008) |
| <i>F. rubra</i> (Stürmer & J.B. Morton) Oehl, F.A. de Souza & Sieverd. | Sturmer & Morton (1999a) Oehl et al. (2008) |
| <i>F. savannicola</i> (R.A Herrera & Ferrer) Oehl, F.A. de Souza & Sieverd. | Ferrer & Herrera (1980) Oehl et al. (2008) |
| <i>F. trirubiginopa</i> (X.L. Pan & G.Yun Zhang) Oehl, F.A. de Souza & Sieverd. | Pan & Zhang (1997) Oehl et al. (2008) |

***Dentiscutata* Oehl, F.A de Souza & Sieverd.**

| ESPÉCIES | REFERÊNCIAS |
|--|--|
| <i>D. biornata</i> (Spain, Sieverd. & S. Toro) Oehl, F.A. de Souza & Sieverd. | Spain et al. (1989) Oehl et al. (2008) |
| <i>D. cerradensis</i> (Spain & J. Miranda) Oehl, F.A. de Souza & Sieverd. | Spain & Miranda (1996) Oehl et al. (2008) |
| <i>D. hawaiiensis</i> (Koske & Gemma) Oehl, F.A. de Souza & Sieverd. | Koske & Gemma (1995) Oehl et al. (2008) |
| <i>D. heterogama</i> (T.H. Nicolson & Gerd.) Oehl, F.A. de Souza & Sieverd. | Koske & Walker (1985) Oehl et al. (2008) |
| <i>D. nigra</i> (J.F. Readhead) Oehl, F.A. de Souza & Sieverd. | Nicolson & Schenck (1979) Oehl et al. (2008) |
| <i>D. reticulata</i> (Koske, D.D. Miller & C. Walker) Oehl, F.A. de Souza & Sieverd. | Koske et al. (1983) Oehl et al. (2008) |
| <i>D. scutata</i> (C. Walker & Dieder.) Oehl, F.A. de Souza & Sieverd. | Walker & Diederichs (1989) Oehl et al. (2008) |

***Quatunica* Oehl, F.A de Souza & Sieverd.**

| ESPÉCIES | REFERÊNCIAS |
|---|---|
| <i>Q. erythropha</i> (Koske & C. Walker) Oehl, F.A. de Souza & Sieverd. | Koske & Walker (1984) Oehl et al. (2008) |

Tabela 3. Gêneros e espécies extintas (fósseis)

| GÊNEROS/ESPÉCIES | REFERÊNCIAS |
|---|------------------------|
| <i>Glomites</i> Taylor, Remy, Hass & Kerp | Taylor et al. (1995) |
| <i>G. rhyniensis</i> T.N. Taylor, W. Remy, Hass & Kerp | Taylor et al. (1995) |
| <i>G. cycestris</i> Carnie J. Phipps & T.N. Taylor | Phipps & Taylor (1996) |
| | |
| <i>Palaeoglomus</i> Redecker, Kodner & Graham | Redecker et al. (2002) |
| <i>P. grayi</i> Redecker, Kodner & Graham | Redecker et al. (2002) |
| | |
| <i>Gigasporites</i> Phipps & Taylor | Phipps & Taylor (1996) |
| <i>G. myriamycetes</i> Carlie J. Phipps & T.N. Taylor | Phipps & Taylor (1996) |
| | |
| <i>Scutellosporites</i> Dotzler, M. Krings, T.N. Taylor & Agerer | Dotzler et al (2006) |
| <i>S. devonicus</i> Dotzler, M. Krings, T.N. Taylor & Agerer | Dotzler et al (2006) |

Evolução dos nomes da estrutura reprodutiva básica, o “esporo”

Durante a evolução da classificação dos FMA, o nome dos esporos foi muitas vezes designado de acordo com a opinião dos diversos autores (Goto & Maia 2006a) e principalmente pela classificação na qual esses organismos estavam inseridos no momento da descrição.

Em sua revisão, Thaxter (1922) comenta que “o verdadeiro relacionamento do grupo em relação a outras famílias de fungos tem sido há muito tempo uma matéria de conjecturas, como é evidente pelos termos – asco, esporângio, cisto, vesícula, etc... que têm sido aplicado por vários autores apenas para os clamidósporos”.

Muito da confusão gerada para a terminologia das estruturas reprodutivas dentro de *Endogoneae* (*sensu* Thaxter 1922) deve-se à “considerável diversificação de formas dentro

do grupo” e também a confusões quando estruturas assexuadas (clamidósporos) e sexuadas (zigósporos) eram encontradas no mesmo esporocarpio, o que era comum em *Endogone incrassata* Thaxter e *En. tuberculosa* Lloyd. (Thaxter 1922).

Devido a essa característica, algumas espécies que apresentavam apenas estruturas assexuadas, como algumas de *Glomus*, foram descritas como *Endogone* por Thaxter (1922), que de modo geral considerou clamidósporos e zigósporos como terminologia principal para as estruturas reprodutivas formadas nos esporocarpos de *Endogonaceae*. Na revisão dessa família Gerdemann & Trappe (1974) admitiram os termos clamidósporos, zigósporos e azigósporos para descrever estruturas reprodutivas em espécies de *Endogone*, *Glomus*, *Sclerocystis*, *Acaulospora* e *Gigaspora*.

A terminologia adotada de forma generalizada para as estruturas reprodutivas denominadas esporos, nos diversos grupos de fungos, é assunto controverso, pois durante a história da taxonomia são diversos os casos de confusão na nomenclatura adotada pelos autores, gerando até conclusões errôneas quanto à verdadeira classificação do organismo. Um exemplo é o gênero *Glaziella*, sucessivamente alterado de filo, ora sendo agrupado com os Ascomycetes (Berkeley & Curtis 1869; Berkeley 1879, *apud* Gibson et al. 1986), em seguida sendo classificado como Zygomycota (von Höhnelt 1913), depois tratado como “Deuteromycetes” (Gibson 1984) e definitivamente transferido para Ascomycetes por Gibson et al. (1986), com base em estudos ultraestruturais.

Walker & Sanders (1986) sugeriram o uso do termo genérico “esporo” ao invés de clamidósporos ou zigósporos, pois a verdadeira natureza das estruturas reprodutivas permanecia sem resolução. Embora considerando que essa terminologia não chamava atenção para a diversificação de formas encontradas nos diferentes gêneros de FMA, Morton (1988) admitiu não haver informação suficiente para se adotar uma denominação específica e por essa razão, na revisão dos caracteres morfológicos, utilizou apenas o termo “esporos” para designar as estruturas reprodutivas dos FMA.

Assim, durante muitos anos a denominação dos esporos de FMA ficou em aberto, pois a verdadeira natureza dessas estruturas não havia sido desvendada e a morfologia sempre havia sido comparada com a de outros grupos de fungos, gerando essas confusões. Porém, com a estabelecida natureza assexuada dos esporos de FMA e após a criação do filo Glomeromycota (Schuessler et al. 2001) e sua posterior confirmação (James et al. 2006; Hibbet et al. 2007), foi aberto precedente para a definição de um termo mais apropriado para designação dos esporos de FMA.

Nesse contexto, a determinação de nomenclatura específica para os esporos de FMA culminou com a proposta de Goto & Maia (2006a), os quais denominaram “glomerosporo” a estrutura reprodutiva mais típica dos fungos que compreendem o grupo filético Glomeromycota. Dessa forma, a atual diversidade morfológica conhecida para o grupo foi reconhecida, tornando-se homogênea a forma de citação dos esporos nas descrições de espécies.

Aspectos morfológicos para identificação de FMA

Desde o início dos estudos taxonômicos, um dos critérios utilizados para a classificação dos FMA era o modo de desenvolvimento ou a gênese dos esporos (formação assexuada), distinta de outros fungos do solo, como *Endogone*, por exemplo. Tulasne & Tulasne (1845) ao descreverem o gênero *Glomus*, tomaram como base principalmente a morfologia dos esporocarpos e dos esporos. Em sua revisão, Thaxter (1922) agrupou gêneros hoje incluídos entre os FMA em *Endogonaceae*, baseado na semelhança entre os esporocarpos de *Endogone* e *Sclerocystis*.

Entretanto, foi só em 1974 que Gerdemann & Trappe criaram a base morfológica utilizada até hoje pelos taxonomistas para os estudos taxonômicos dos FMA. Como critérios para identificação desses fungos foram adotados: forma, coloração e dimensão dos esporos; forma de inserção da hifa no esporo, número, espessura e coloração das camadas da parede do esporo. Além desses caracteres, comum a todos os FMA, os autores adotaram também, para espécies que formavam esporocarpos, a forma, a dimensão e a coloração, além do arranjo dos esporos nessa estrutura.

Nove anos após essa célebre revisão, foi criada a base para estudos mais detalhados da parede dos esporos de FMA. Walker (1983) propôs a sistematização para descrições de espécies de FMA, criando denominações e descrevendo quatro tipos de “parede” (= camada) do glomerosporo: evanescente, laminada, unitária e membranosa. Além dessa terminologia, o autor propôs ainda um esquema representativo para cada tipo de parede e seu arranjo no esporo, denominando de murografia, que desde então foi amplamente usado pelos taxonomistas para a descrição de novas espécies, quando também foram sugeridas novas “paredes” características no grupo (figura 6).

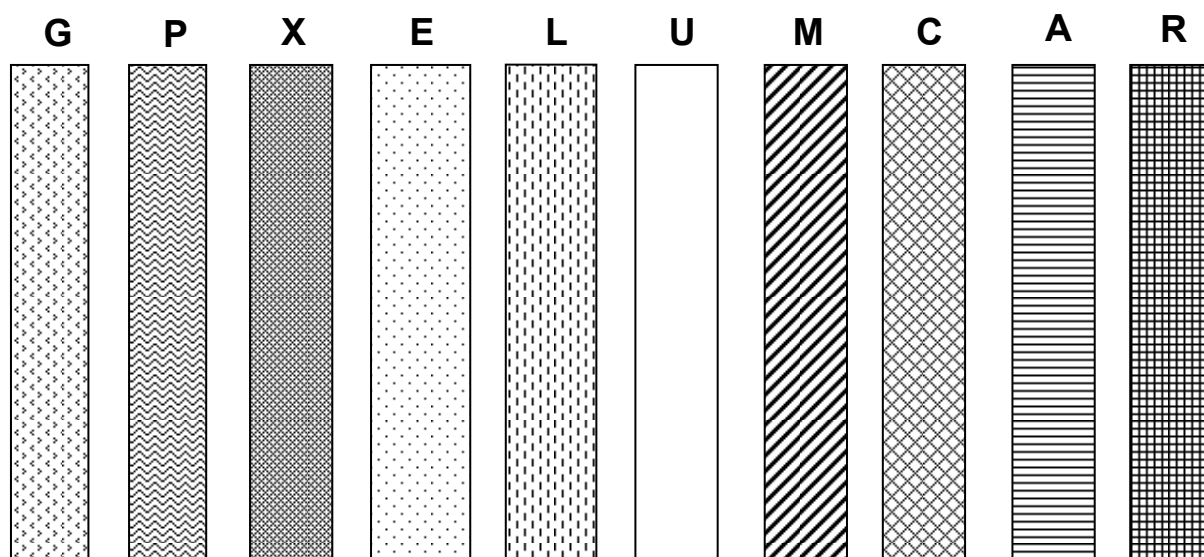


Figura 6 – Atualmente são reconhecidos 9 tipos de parede (*sensu* Walker 1983). G – Germinativa, P – Perídio, X – Expansivo, E – Evanescente, L – laminada, U – Unitária, M – Membranosa, C – Coriácea, A – Amorfa, R – Chanfrada.

Berck & Koske (1986), Walker (1986) e Morton (1986) descreveram, respectivamente, a parede expansiva, a coriácea e a amorfa. Com exceção da parede coriácea (menos afetada), as demais caracterizam-se por apresentar forte reação à resina (álcool polivinílico lactoglicerol - PVLG) utilizada para preservar os glomerosporos (Koske & Tessier 1983).

Em revisão sobre os caracteres morfológicos dos glomerosporos, Morton (1988) admitiu certa confusão na interpretação da parede, causada pelo uso da resina e de preservantes e mostrou a variação da reação promovida por essas substâncias, deixando duvidosos alguns aspectos relacionados a essa estrutura, tais como a distinção entre as “paredes” coriácea, amorfa, unitária e membranosa, além da dimensão variável dessas camadas.

A reação à resina também foi observada na camada laminada de *Scutellospora biornata* Spain, Sieverd. & Toro (Spain et al. 1989b), que se expande em contato com o PVLG. Tal reação não havia sido mencionada anteriormente para nenhuma espécie de FMA.

Spain et al. (1989a) descreveram a “parede” germinativa, encontrada apenas em *Gigaspora*, e caracterizada por formar papilas na parte interna da parede do esporo. É nessa camada que surgem os tubos germinativos, como detalhado em estudo ultraestrutural de *G. albida* Schenck & Smith (Maia et al. 1994). Spain et al. (1989a) afirmaram ainda que em

esporos de *Gigaspora* há distinta separação entre as camadas germinativa e laminada. Porém, essa camada é contestada por outros autores (Redecker et al. 2007).

Alguns tipos de parede, assim como a descrição de espécies de FMA, foram contestados por Spain (1990). Segundo a autora, a reação à resina ou preservantes altera a verdadeira morfologia das “paredes” dos glomerosporos, os quais deveriam ser observados também em água e não apenas em PVLG. Embora essa sugestão não tenha sido amplamente aceita pelos taxonomistas, ela é procedente porque permite a visualização do aspecto morfológico real das paredes e até de camadas não observadas com a preparação do material em resina (Spain 2003).

Um novo tipo de parede, denominada chanfrada ou “notching wall”, caracterizada por formar chanfraduras na superfície (similar a estrias) e na borda de esporos quebrados, com fissuras em forma de “V”, foi descrita por Koske & Gemma (1995). Desde então, essa parede foi referida apenas em *Scutellospora hawaiiensis* Koske & Gemma.

Além dos estudos morfológicos tradicionais que normalmente constituem as descrições de novas espécies (Oehl et al. 2002; 2003; 2004), reavaliações daquelas já descritas (Blaszkowski 1997; Goto et al. 2008), novos gêneros (Sieverding & Oehl 2004; Palenzuela et al 2008), estudos de ultraestrutura (Maia 1995; Maia & Kimbrough 1993; Maia et al. 1994; Mosse 1970a; Mosse 1970b) e ontogenéticos (Franke & Morton 1994, Bentivenga & Morton 1995, Morton 1995, Stürmer & Morton 1999; Stürmer & Morton 2000, de Souza et al. 2005) têm contribuído extensamente para o entendimento das estruturas subcelulares da parede dos esporos de FMA. Esses estudos estendem-se da avaliação do desenvolvimento de espécies esporocárpicas (Almeida & Schenck 1990b; Wu 1993) até a de espécies ectocárpicas (Giovannetti et al. 1991; Franke & Morton 1994; Bentivenga & Morton 1995; Morton 1995; Stürmer & Morton 1997 e 1999; Dalpé et al. 2002). Essas informações foram usadas por Morton (<http://invam.caf.wvu.edu>) para propor nova terminologia para descrição de espécies de FMA.

Os esporos de FMA podem apresentar duas paredes (= grupos de parede *sensu* Walker 1983); parede do espora “spore wall”, e parede interna ou germinativa ou “inner wall” ou “germinal wall” respectivamente (Stürmer & Morton (1999); <http://invam.caf.wvu.edu>). Recentemente, Sieverding & Oehl (2006) sugeriram uma mudança nessa terminologia: parede do espora (spore wall *sensu* Morton) foi designada parede externa do espora ou “outer spore wall”; a camada central da parede foi denominada parede média ou “middle wall” e a mais interna foi designada parede interna ou “inner wall”.

Essa diversificada terminologia para descrições dos FMA tem causado certa confusão entre os pesquisadores, principalmente aqueles que não estão familiarizados com esse específico grupo de fungos. Um exemplo pode ser visto na descrição de *Archaeospora trappei* feita por Morton (<http://invam.caf.wvu.edu>), onde se destaca o termo “endosporo” para designar a camada interna da parede dessa espécie. Por outro lado, Blaszkowski (<http://www.lrz-muenchen.de/~schuessler/amphylo/>) afirma que *Archaeospora trappei* apresenta uma parede germinativa, ao invés de um endosporo.

Endosporo é um termo usado pelos micologistas para designar uma estrutura geralmente fina e tardiamente formada durante a esporogênese, enquanto parede germinativa é o termo designado para as paredes que apresentam função de germinação. Segundo Jeffries et al. (2007), a forte associação das camadas flexíveis internas com a formação da placa germinativa consolida a preferência do uso do termo “parede germinativa”. Porém, em ambos os casos, a germinação está implícita, o que torna os termos praticamente sinônimos funcionais.

Esporocarpo

O termo esporocarpo significa (esporo = semente e carpo = fruto) ou semente originada do fruto, ou seja, esporos oriundos de um corpo de frutificação (Kirk et al. 2001). Morton & Benny (1990) definiram esporocarpo como esporos embebidos em compactas hifas entrelaçadas ou em torno de plexo central de hifas, sendo encontrado apenas em *Glomeraceae*. Afirmam ainda que o hábito esporocárpico é altamente variável em algumas espécies de *Glomus* e deve ser interpretado com cautela. Alexopoulos et al. (1996) definem esporocarpo como uma estrutura típica, mas não exclusivamente hipógea, contendo zigósporos, esporângios, ou clamidósporos encobertos por uma rede de hifas. Essa definição abrange tanto os esporocarpos de Endogonales quanto os de Glomeromycota.

Segundo Kirk et al. (2001), o termo esporocarpo tem sido amplamente utilizado em Acrasiomycota, Myxomycota e em Endogonaceae. A família Endogonaceae é composta atualmente por fungos que formam zigósporos em esporocarpos geralmente hipógeos e podem formar associação ectomicorrízica. Alguns autores têm utilizado o termo esporocarpo também para membros de Basidiomycota que formam ectomicorriza (Liang et al. 2007).

Em Glomeromycota (Schuessler et al. 2001) o esporocarpo é utilizado para alguns representantes do gênero *Glomus* e para duas espécies de *Acaulospora*. A não inclusão do filo na lista de grupos que formam esporocarpos deve-se provavelmente à sua publicação

relativamente recente. Por outro lado, a ordem *Glomales*, proposta por Morton & Benny (1990) deveria ter sido incluída entre os grupos de fungos formadores de esporocarpo.

O termo esporocarpo tem enquadrado ampla variedade de formas e arranjos, agrupando espécies com estrutura mais complexas com outras de menor complexidade, devido à falta de limite conceitual para o termo. Por essa razão, espécies que ao esporular formam agregados de esporos também são incluídas entre as que formam esporocarpos, embora seja frequente nestes casos, encontrar esporos isolados no solo.

Apesar do avanço nos estudos de aspectos morfológicos de Glomeromycetes, nenhuma avaliação comparando a complexidade de esporocarpos entre espécies foi feita para permitir ampla interpretação desse caráter.

Goto & Maia (2005) admitiram três graus de complexidade em esporocarpos: (1) complexos, com glomerosporos densamente arranjados, formando uma camada a partir de um plexo central de hifas; (2) de média complexidade, com arranjo menos denso (porém nesse caso os esporos não são formados isoladamente no solo, ocorrendo apenas nessa estrutura esporocárpica), (3) de baixa complexidade, que seriam aquelas cujos glomerosporos são encontrados em grupos ou isolados no solo.

Esse variado grau de arranjos nos esporocarpos não permite acurada separação desse caráter em uma chave, devido ao número de espécies que se enquadram nesse grupo (Tabela 4). Propõe-se então, delimitação do termo, assim como definição de graus de complexidade para auxiliar a implementar chaves.

Segundo Gerdemann & Trappe (1974) os esporocarpos mais organizados são os de *Sclerocystis* (= *Glomus*), considerando que os esporos estão em uma simples camada em torno de um plexo central de hifas. Morton & Bentivenga (1994) afirmam ainda que *Sclerocystis coremioides* (= *Gl. coremioides*) apresenta o mais alto grau de especialização do esporocarpo devido à formação organizada dos esporos ao redor do plexo central de hifas.

McGee & Trappe (2002) observaram que esporocarpos de *Gl. cuneatum* apresentam arranjo similar ao de *Gl. coremioides*, com uma estipe na base do esporocarpo, apresentando forma similar a de um basidioma cortado transversalmente.

Além de estudos comparativos, é necessária uma redefinição do termo para separar espécies que apresentam esporocarpos daquelas que formam apenas um agrupamento de esporos, permitindo a formulação de chaves de identificação acuradas para espécies de *Glomus*, atualmente o mais representativo gênero de FMA.

Tabela 4. Espécies de *Glomus* que formam esporocarpos com diferentes graus de complexidade.

| Baixa | Média | Alta |
|-------------------------|----------------------------|--------------------------|
| <i>Gl. aggregatum</i> | <i>Gl. arboreense</i> | <i>Gl. clavisporum</i> |
| <i>Gl. ambisporum</i> | <i>Gl. atrouva</i> | <i>Gl. coremioides</i> |
| <i>Gl. antarcticum</i> | <i>Gl. aureum</i> | <i>Gl. liquidambaris</i> |
| <i>Gl. caledonium</i> | <i>Gl. australe</i> | <i>Gl. rubiforme</i> |
| <i>Gl. coronatum</i> | <i>Gl. botryoides</i> | <i>Gl. segmentatum</i> |
| <i>Gl. dimorphicum</i> | <i>Gl. canum</i> | <i>Gl. sinuosum</i> |
| <i>Gl. epigaeum</i> | <i>Gl. cerebriforme</i> | <i>Gl. taiwanensis</i> |
| <i>Gl. fasciculatum</i> | <i>Gl. convolutum</i> | |
| <i>Gl. formosanum</i> | <i>Gl. corymbiforme</i> | |
| <i>Gl. halonatum</i> | <i>Gl. cuneatum</i> | |
| <i>Gl. heterosporum</i> | <i>Gl. fuegianum</i> | |
| <i>Gl. invermaium</i> | <i>Gl. fulvum</i> | |
| <i>Gl. melanosporum</i> | <i>Gl. gibbosum</i> | |
| <i>Gl. monosporum</i> | <i>Gl. glomerulatum</i> | |
| <i>Gl. mortonii</i> | <i>Gl. macrocarpum</i> | |
| <i>Gl. mosseae</i> | <i>Gl. microaggregatum</i> | |
| <i>Gl. pansihalos</i> | <i>Gl. microcarpum</i> | |
| <i>Gl. spinosum</i> | <i>Gl. nanolumen</i> | |
| | <i>Gl. pallidum</i> | |
| | <i>Gl. pellucidum</i> | |
| | <i>Gl. pubescens</i> | |
| | <i>Gl. pulvinatum</i> | |
| | <i>Gl. radiatum</i> | |
| | <i>Gl. tenerum</i> | |
| | <i>Gl. versiforme</i> | |
| | <i>Gl. vesiculiferum</i> | |
| | <i>Gl. canadense</i> | |

Coloração dos esporocarpos

A coloração dos esporocarpos em membros de Glomeromycota é característica bastante variável, assim como ocorre na coloração dos glomerosporos. Vários fatores, como

estádio de desenvolvimento do esporocarpo (ontogenético), presença de partículas de solo aderidas, hábito (hipógeo ou epígeo), presença ou ausência de hifas do perídio podem influenciar na coloração dos esporocarpos, caráter secundário que pode ser utilizado para segregar grupos de espécies.

Perídio

Segundo Kirk et al. (2001), perídio significa uma parede ou membrana limite de um esporângio ou de outro corpo de frutificação. Porém, em fungos micorrízicos é um emaranhado de hifas que não perdem a individualidade e recobrem esporocarpos ou, excepcionalmente, esporos. Para esse caso, alguns autores usam o termo manto. Por outro lado, manto tem sido usado para a rede de hifas que recobre raízes na associação ectomicorrízica (Kirk et al. 2001).

Wu & Chen (1997) propuseram o gênero *Peridiospora* para agrupar espécies de *Endogonales* com perídio recobrindo seus esporos. O termo peridiosporo ao invés de manto poderia ser adotado para designar a rede de hifas que cobre apenas os glomerosporos.

A presença do peridiosporo é comum apenas em glomerosporos do gênero *Glomus*. No entanto, *Entrophospora baltica* também apresenta glomerosporos com peridiosporo (Blaszkowski et al. 1998).

Giovannetti et al. (1991) observaram a formação de manto hifálico em esporos de *Gl. coronatum* e *Gl. mosseae* a partir de ramificação da hifa de sustentação. Porém, essa rede de hifas é formada tardiamente quando comparada com a de *Gl. mosseae*, apesar do padrão de formação do peridiosporo ser similar em ambas as espécies.

Avaliando aspectos ontogenéticos de *Gl. globiferum*, Wu & Sylvia (1993) observaram padrão de formação do peridiosporo similar ao observado em *Gl. mosseae* e *Gl. coronatum* (Giovannetti et al. 1991). Porém, em *Gl. globiferum* as hifas que compõem o manto têm a capacidade de formar vesículas que, posteriormente, apresentam espessamento da parede e funcionam como esporo, com total capacidade de germinar. Esse recrescimento do esporo a partir do peridiosporo parece ser um caráter único dentre os *Glomeromycetes*. Swarupa Rani et al. (2004) observaram em *Gl. hyderabadensis* o recrescimento de esporos diretamente da parede do glomerosporo. Essa mesma característica foi registrada também em alguns esporos de *Pacispora* sp. coletados em áreas de campos rupestres no Brasil (ver descrição de *Pacispora* sp.).

Apesar de estudos ontogenéticos abordando o desenvolvimento da rede de hifas que recobre os esporos de FMA, esta tem pouca relevância taxonômica visto que a maioria das

espécies apresenta hifas hialinas e entrelaçadas recobrimdo os glomerosporos, com exceção de *Gl. corymbiforme* que apresenta hifas hialinas ramificadas dicotomicamente (Blaszkowski 1995b).

Segundo Almeida & Schenck (1990b), apenas *Glomus coremioides* (= *Sclerocystis coremioides*) apresenta recrescimento a partir das hifas do perídio em esporocarpos mais velhos, podendo em alguns casos, haver uma cadeia desses esporocarpos. A formação de esporos ou de outro esporocarpo a partir da parede de esporos, do manto hifálico ou do perídio é típica do gênero *Glomus*.

Aspectos ontogenéticos de esporocarpos são restritos para algumas espécies: *Gl. sinuosum*, *Gl. coremioides*, *Gl. rubiformis*, *Gl. taiwanensis* e *Gl. clavispurum* (Wu 1993b). Estudos com as demais espécies esporocárpicas poderiam ajudar a elucidar alguns caracteres usados na taxonomia do grupo (Morton 1988), como arranjo das hifas do plexo central (anastomosadas ou não), número de hifas de sustentação por esporo, presença ou ausência de esporóforos e até modo de formação do plexo central.

A diversidade estrutural do perídio ainda é pouco documentada, o que impossibilita especular sobre as variações morfológicas dessa estrutura nas espécies do gênero *Glomus*.

Tamanho e forma do esporocarpo

Os esporocarpos de FMA podem ser globosos, subglobosos, elipsóides, irregulares, irregularmente lobados, coremióides, convolutos e até estipetados (Schenck & Pérez 1990; Wu 1993 a,b; McGee & Trappe 2002; Redecker et al. 2007). Tanto a forma quanto o tamanho do esporocarpo são características variáveis sendo descritas, rotineiramente, de material coletado no campo (Schenck & Pérez 1990b) e não há dados suficientes em potes de cultura sobre a estabilidade desse caráter (Morton 1988). Assim, a forma do esporocarpo apresenta aparente pouca importância taxonômica. Contudo, em algumas espécies, como *Gl. coremioides* a forma hemiesférica e com espesso plexo central de hifas (Almeida & Schenck 1990b; Wu 1993 a,b) é amplamente citada, parecendo ser estável mesmo sob diferentes condições ambientais. Mesmo assim, em alguns casos esporocarpos de *Gl. coremioides* podem ser confundidos com os de *Gl. sinuosum* sob lupa (Goto & Maia 2005), mostrando que a forma realmente não deve ser usada para discriminar espécies esporocárpicas. Por outro lado, *Gl. sinuosum* pode apresentar grande variação na dimensão do esporocarpo, na forma e na espessura do perídio (Almeida & Schenck 1990b), o que dificulta a identificação dessa espécie.

Hifas do plexo central do esporocarpio

Poucas são as informações sobre o plexo central de hifas que podem ser adicionadas para separar espécies. As hifas de *Gl. coremioides*, *Gl. clavisporem* e *Gl. taiwanensis* são entrelaçadas e apresentam parede espessa. Com exceção de *Gl. rubiforme*, que apresenta hifas com parede espessa, porém não entrelaçadas, os glomerosporos se originam de uma hifa que se assemelha a uma vesícula (Wu 1993 a,b). Esta encontrada em *Gl. rubiforme*, também foi observada em *Gl. fuegianum* (Yao et al. 1992) e em *Gl. corymbiforme* (Blaszkowski et al. 1995b). Em *Gl. fuegianum* os glomerosporos estão imersos em uma rede de hifas com parede fina que preenche todo o esporocarpio. Em *Gl. corymbiforme* os glomerosporos são dispostos em “clusters” no esporocarpio como observado também em *Gl. fuegianum* e *Gl. atrouva* (Yao et al. 1992; McGee & Trappe 2002).

O plexo central pode exsudar substâncias que eventualmente auxiliam na identificação de espécies. *Glomus convolutum* apresenta uma substância amarelada liberada pelo lúmen de esporos quebrados (Gerdemann & Trappe 1974; Morton 1988). *Glomus pallidum* e *Gl. aureum* apresentam uma massa gelatinosa entre os esporos, no esporocarpio, e nessa última espécie, a massa gelatinosa reage fortemente em Melzer, adquirindo coloração púrpura (Oehl et al. 2003b).

Detalhes do plexo central de hifas do esporocarpio como arranjo das hifas, tipo de hifa que origina os esporos (vesicular ou não), presença ou ausência de exsudatos e reação em Melzer desses exsudatos podem ser de interesse para a taxonomia, visto que em *Glomus* as espécies são difíceis de identificar por apresentar em poucas características distintas.

Estrutura da Parede

Os glomerosporos apresentam grande diversidade estrutural, compreendendo desde esporos com apenas uma camada na parede (*Gl. aggregatum* e *Gl. brohultii*) até aqueles com nove camadas (*Quatunica erytropa* e *Acaulospora* sp1.), sendo essas camadas, diferentes na aparência, distinguíveis apenas ao microscópio de luz.

Essa diversidade estrutural começou a ser tratada detalhadamente quando Walker (1983) caracterizou quatro tipos de parede de acordo com a aparência, as quais foram denominadas: parede laminada, unitária, evanescente e membranosa. Essas camadas foram distribuídas em grupos de parede, de acordo com o grau de separação.

O termo “estrutura da parede” pode ser interpretado de duas formas: (1) considerando grupos de camadas de parede (*sensu* Walker); (2) considerando apenas o número de camadas

de parede. No caso de *Dentiscutata cerradensis*, por exemplo, seriam três grupos de parede na primeira proposta ou 8 camadas de parede na segunda forma de interpretação.

Antes da proposta de Walker (1983) as descrições das espécies não detalhavam as propriedades das paredes desses esporos, característica constante, geralmente não afetada pelo ambiente (Morton 1988; Franke & Morton, 1994).

Walker (1983) denominou de “parede” cada estrutura discernível que compunha a parede do glomerosporo, porém Berch & Koske (1986) propuseram a mudança do nome para camadas. Segundo o autor, a “camada” (=parede) é definida como a unidade básica da parede do esporo que se separa em esporos quebrados. Morton (1988) contestou o uso do termo introduzido por Walker (1983), pois admitiu que não existiam evidências suficientes sobre a natureza dos esporos dos FMA, fato também comentado por Walker & Vestberg (1998). Maia & Kimbrough (1993) propuseram o termo “zona” ao invés de parede para definir grupos de camadas, considerando que a parede é uma só estrutura. Morton (1993) afirmou que os grupos de parede propostos por Walker (1983) são arbitrários e sujeitos a considerável variação causada por diferenças nas condições dos esporos, processos de montagem e grau de experiência dos investigadores. Porém, toda essa discussão foi resolvida com os estudos ontogenéticos realizados posteriormente (Franke & Morton 1994; Morton 1995; Sturmer & Morton 1999, 2000; de Souza et al. 2005).

Franke & Morton (1994) reestruturaram a terminologia referente à parede do esporo dos FMA com base no padrão de desenvolvimento de duas espécies de *Scutellospora*. Esses autores admitem que o esporo seja composto por três paredes, a parede do esporo (spore wall) e duas paredes internas (inner wall 1 e 2), compostas por camadas. Por outro lado, Walker & Vestberg (1998) chamam essas camadas de componentes da parede, considerando-os como entidades que compõem a parede do esporo. Porém, essa última proposta não altera a discussão, podendo “componente” ser considerado apenas sinônimo de camada.

Morton 2007 (<http://invam.caf.wvu.edu>) admite que “inner wall” (parede interna) seria a mesma coisa que parede germinativa (germinal wall), usando uma terminologia associada à função e não somente à posição, como sugerido por Franke & Morton (1994). Essas denominações são designadas para espécies de *Acaulospora*, *Ambispora*, *Archaeospora*, *Entrophospora*, *Kuklospora*, *Intraspora* e *Scutellospora* e, mais recentemente, em *Pacispora*, pois todos esses gêneros apresentam paredes internas formadas *de novo* durante o processo de desenvolvimento do glomerosporo e associadas à germinação.

O processo de diferenciação das “paredes” (*sensu* ontogenético) é um caráter primário e tem implicação na delimitação de gêneros. *Kuklospora*, *Entrophospora*, *Intraspora*,

Racocetra, *Fuscutata*, *Cetraspora*, *Dentiscutata*, *Scutellospora* e *Quatunica* são exemplos de gêneros reestruturados por inferências ontogenéticas. Glomerosporos de *Kuklospora* apresentam três paredes, sendo que as duas mais internas são formadas *de novo* durante o desenvolvimento do esporo. *Entrophospora* e *Intraspora* apresentam apenas duas paredes compondo o esporo, porém *Entrophospora* permanece em Diversisporales enquanto *Intraspora* foi transferida para Archaeosporales devido à semelhanças com *Archaeospora trappei*.

Essa diversidade morfológica das camadas da parede vem sendo incrementada com as descobertas de novas espécies, como as descritas por Morton (1986a), e redescrições de outras que não haviam sido avaliadas com base nos atuais critérios morfológicos, como algumas espécies de *Scutellospora* (Koske & Walker 1986). Após a descrição dos quatro tipos de parede por Walker (1983) novos tipos foram propostos: as paredes amorfa (Morton 1986a), coriácea (Walker 1986), expansiva (Berch & Koske 1986) e germinativa (Spain et al. 1989).

Revisando os caracteres morfológicos dos FMA, Morton (1988) observou que a parede coriácea difere da parede membranosa pela consistência mais firme e maior espessura, porém essas duas paredes são dificilmente discerníveis, principalmente porque a espessura das camadas é variável, dependendo do isolado, tornando inconsistente uma definição. Morton (1988) admite que essas duas camadas podem ser denominadas parede flexível.

Schenck & Pérez (1990) definiram sete tipos de parede: laminada, amorfa, evanescente, membranosa, coriácea, expansiva e germinativa, todas com as respectivas representações murográficas (*sensu* Walker 1983).

Após essa revisão, Koske & Gemma (1995) descreveram a parede chanfrada “notching wall” em *Scutellospora hawaiiensis*, caracterizada pela presença de rachaduras. Dalpé et al. (2002) descreveram uma zona espongiforme “spongiforme zone” desenvolvida na parede laminada durante a maturação do glomerosporo. Essa zona espongiforme tem aparência granular e dificulta a observação das lamina sobrepostas que caracteriza a parede laminada (fig. B em Dalpé et al. 2002) principalmente em baixa magnitude.

Além da aparência das camadas de parede, a espessura tem sido amplamente documentada e usada como um dos critérios de separação das espécies, porém as próprias descrições admitem ampla variação nesse caráter. Ao propor a parede coriácea, Walker (1986) utilizou como critérios a dimensão e a aparência da camada que basicamente distinguia da camada membranosa geralmente fina e flexível. Morton (1988) afirmou que existe sobreposição em cor e espessura das camadas da parede entre as espécies, por esta

razão ambos são considerados caracteres secundários na identificação das espécies. Walker & Vestberg (1998) observaram variação na espessura das camadas de parede dos glomerosporos de diferentes isolados, enfatizando a variabilidade intraespecífica.

Tipos de camada da parede do glomerosporo

Evanescente

O termo evanescente refere-se a estruturas que desaparecem com o desenvolvimento do glomerosporo, ou seja, são estruturas efêmeras. Essa camada caracteriza-se pela diminuição da espessura ou desaparecimento total na maturidade do glomerosporo. Porém, existem distintas interpretações para essa camada, de acordo com diferenças na aparência. Redescrições ou trabalhos descritivos que relatam novas ocorrências tem mostrado maior detalhamento da morfologia dessa camada (Blaszkowski 1990, Blaszkowski 1994 Walker & Vestberg 1998).

A caracterização detalhada e a observação de aspectos do desenvolvimento da camada evanescente tem sido possível a partir de dados obtidos com espécimes estabelecidos em potes de cultura pura (Morton 1993), que são avaliados em diferentes estádios de desenvolvimento dos glomerosporos (Stürmer & Morton 1997 e 1999b; Franke & Morton 1994; de Souza et al. 2005).

Algumas espécies podem produzir exudatos gelatinosos que se depositam na superfície externa da parede do esporo, os quais, segundo Walker & Vestberg (1998), podem ser decorrentes da ação de microrganismos do solo, tornando a camada evanescente mais espessa, como a observada em isolados de *Gl. clarioideum*. Relatos dessa substância gelatinosa são restritos, deixando lacunas referentes à função e aparência dos mesmos. Embora esse exudato não tenha sido devidamente documentado, mas alguns trabalhos têm detalhado as propriedades da camada evanescente (Giovannetti et al. 1991; Oehl et al. 2002).

Esporos de *Gl. halonatum* apresentam camada evanescente com aparência laminar quando observada em maior aumento (1000x); essas lâminas são embebidas em uma matriz gelatinosa similar à observada por Maia & Kimbrough (1994a) em *Gl. intraradices*. Bentivenga & Hetrick (1991) observaram lâminas embebidas em uma matriz gelatinosa em uma das camadas da parede dos esporos de *Gl. mortonii*, porém esta, por ser persistente, foi interpretada como laminada.

A superfície da camada evanescente tem aparência granular tanto em *Gl. coronatum* (Giovannetti et al. 1991) quanto em *Gl. caesaris* (Oehl et al. 2002); no primeiro, essa camada

pode reagir em PVLG, formando estrias radiais, enquanto no segundo não há reação. Assim, *Gl. coronatum* e *Gl. caesaris* apresentam semelhanças quanto à camada evanescente do glomerosporo, e ambas têm superfície granulosa decorrente da espessa camada evanescente. Porém, as descrições apresentam diferentes interpretações. *Glomus caesaris* tem uma única camada, onde a superfície é granular, e em nenhum momento existe separação evidente entre essa camada e as demais. Por outro lado, *Gl. coronatum* apresenta uma camada evanescente que produz colunas radiais em PVLG, diferindo do que ocorre nos glomerosporos de *Gl. caesaris*.

A camada evanescente pode (Oehl et al. 2003a) ou não (Schenck & Pérez 1990; Dalpé et al. 2002; McGee & Trappe 2002; Oehl et al. 2002) expandir em resina, reagir (Sürmer & Morton 1997) ou não (Rose & Trappe 1980) em Melzer.

Ao descreverem *Gl. aureum*, Oehl et al. (2003b) afirmaram que a superfície do glomerosporo é composta por uma camada unitária que se degrada e desaparece com a maturidade do esporo. Essa efemeridade é a principal característica que distingue a camada evanescente da unitária, como sugerido por Oehl et al. (2003b).

Algumas espécies de FMA podem apresentar mais de uma camada evanescente (*Gl. claroideum*, *Gl. fistulosum*, *Gl. intraradices*, *Gl. luteum* e *Gl. multiforum*), que são dificilmente observadas. A visualização de uma dupla camada evanescente, em algumas dessas espécies, foi realizada apenas com estudos ontogenéticos (Stürmer & Morton 1997). Em nenhuma dessas espécies a dupla camada evanescente foi mencionada nas descrições originais.

A camada evanescente é comum em glomerosporos de espécies de *Glomus*, podendo ocorrer em *Acaulospora* Morton (<http://invam.caf.wvu.edu>) e *Scutellospora* (Walker et al. 1998) e não foi observada em *Archaeospora* (sinanomorfo acaulosporóide), *Intraspora*, *Gigaspora* e *Pacispora*.

Avaliando o padrão de desenvolvimento de quatro espécies de *Glomus*, Stürmer & Morton (1997) sugeriram que o termo parede evanescente agrupa camadas fenotipicamente distintas que têm histórias de desenvolvimento diferentes, estando atreladas a diferentes ancestrais.

Dentiscutata cerradensis apresenta, na superfície do glomerosporo, uma camada ornamentada (<http://invam.caf.wvu.edu>), com aspecto diferente do encontrado nas demais espécies do grupo. A ornamentação produzida parece ser resultado de uma camada flexível (semi-rígida), fina, que se fragmenta durante o desenvolvimento (aumento em dimensão) do glomerosporo formando ornamentações irregulares que podem se desprender em esporos

mais velhos. Porém é normal a observação da ornamentação em esporos maduros, com a placa germinativa desenvolvida (Franke & Morton 1994). Essa camada externa de *De. cerradensis* pode ser interpretada como evanescente, visto que em alguns esporos está ausente, como referido por Morton (<http://invam.caf.wvu.edu>).

Ao descrever *Cetraspora spinosissima*, Walker et al. (1998) comentaram a existência de uma camada evanescente difícil de visualizar, porém admitem que essa camada pode ser efeito da densa ornamentação do esporo, considerando que alguns espécimes não apresentaram essa camada. A microscopia eletrônica não foi capaz de mostrar essa camada nos esporos avaliados. Resquícios dessa camada deveriam ser visualizados imersos entre as ornamentações do glomerosporo ou próximos ao ponto de inserção do bulbo suspensoróide.

A camada evanescente pode apresentar aparências distintas: (1) mucilaginosa; (2) granulosa; (3) unitária; (4) espessada pela matriz gelatinosa.

A correta interpretação dessa camada tem sido problema para algumas espécies de FMA, pois uma superfície rugosa ou granular nem sempre corresponde a uma camada evanescente. Por esta razão, é necessária, em alguns casos, a utilização de culturas armadilhas para manter essas espécies e comprovar a efemeridade dessa camada (Morton 1988).

Laminada

Essa camada parece ser uma das mais conservadas e morfológicamente discerníveis em diferentes espécies de FMA. Normalmente é pigmentada, sendo consequentemente responsável pela coloração do esporo, como ocorre com *Gl. clarum* cuja terceira camada do glomerosporo é laminada (Bentivenga et al. 1997).

A aparência laminada não é influenciada pela resina ou reagente usado, exceto em glomerosporos de *Dentiscutata biornata*, que se expande em PVLG (Spain et al. 1989b), sendo facilmente distinguida em qualquer condição.

A espessura da camada laminada é variável intra e interespecificamente, não sendo caráter expressivo para a separação de espécies (Morton 1988; Walker & Vestberg 1998). Ainda segundo Stürmer & Morton (1997), essa camada é formada por subcamadas que são aderentes (*G. glomerulatum*) ou separáveis (*G. intraradices*), de acordo com a pressão exercida sobre o esporo, variando em espessura e número.

A microscopia tradicional de luz tem revelado poucos detalhes da camada laminada, sendo distinguíveis apenas espécies que possuem laminações mais evidentes. A camada laminada pode apresentar dois aspectos: (1) laminações separáveis, dando impressão de haver

mais de uma camada laminada, como em *Gl. intraradices* e (2) laminações aderentes não separáveis (maioria das espécies de *Glomus*).

Dalpe et al. (2002) mencionaram a existência, em *Gl. kerguelense*, de uma zona espongiiforme na camada laminada, formada durante o desenvolvimento do glomerosporo, e facilmente observada em esporos maduros. Essa característica, referida pela primeira vez em esporos de FMA, mostra variação na estrutura da camada laminada durante o amadurecimento do glomerosporo. Aspectos ontogenéticos da camada laminada têm sido pouco estudados. Em observações ultra-estruturais Maia & Kimbrough (1994a) mostram que esporos jovens de *Gl. intraradices* apresentam uma camada laminada mais compacta, enquanto na maturidade apresentam as subcamadas menos aderentes, em alguns casos dando a impressão de haver mais de uma camada laminada. Por outro lado, Maia & Kimbrough (1998) não observaram essa variação em esporos de uma espécie de *Glomus* (similar a *Glomus etunicatum*), o que mostra variabilidade interespecífica.

Unitária

Essa camada da parede de glomerosporos, proposta por Walker (1983), caracteriza-se pela aparência consistente como a da camada laminada, porém sem laminações ou efemeridade, normalmente compacta e difícil de quebrar.

Muitas espécies de FMA apresentam uma camada descrita como unitária, porém menos rígida que a tradicionalmente conhecida, chamadas em alguns casos de semi-rígida, ou em outros casos interpretadas como flexível (= membranosa). *Acaulospora rugosa* foi descrita com uma camada externa unitária, porém menos rígida, deixando o esporo com aparência rugosa, o que é atípico em espécies de FMA (Morton 1986a). Mais tarde, Morton (1988) reinterpretou essa camada como membranosa (=flexível) e não unitária. Outro problema relevante na morfologia dos glomerosporos dessa espécie é que em alguns esporos essa primeira camada é ausente, o que caracteriza a efemeridade típica de uma camada evanescente, tornando difícil a interpretação desse caráter, admitido como principal para separar *Ac. rugosa* de *Ac. morrowiae*.

Segundo Morton (1986a), *Ac. rugosa* difere de *Ac. morrowiae* por apresentar elasticidade em uma das camadas do componente germinativo, quando em PVLG, o que não ocorre em glomerosporos de *Ac. morrowiae*. Por outro lado, Schenck et al. (1984) pode não ter observado elasticidade nessa camada em *Ac. morrowiae* porque os esporos foram montados em lactofenol. Nesse trabalho os autores afirmaram que a parede dos esporos de *Ac. morrowiae* era composta por três camadas no componente estrutural, sendo a primeira

evanescente e as demais unitárias, enquanto o componente germinativo era composto por uma unitária e uma membranosa. Porém, Morton (<http://invam.caf.wvu.edu>) reinterpretou essa característica morfológica dos glomerosporos afirmando que o componente germinativo apresenta duas camadas flexíveis aderentes (unitária segundo Schenck et al. 1984) e duas camadas mais internas: a primeira granulosa na superfície (“beaded”) e aderida a uma camada interna amorfa (membranosa, em Schenck et al. 1984).

A camada unitária tem sido descrita em todos os gêneros que compreendem os FMA, segundo a revisão de Schenck & Pérez (1990). Porém algumas espécies foram reavaliadas e redescritas, e em certos casos essa camada foi reinterpretada tomando como base nomenclatura mais atual. Essas reinterpretações têm facilitado a identificação de algumas espécies de *Acaulospora* que não possuem parede ornamentada e mostram o verdadeiro aspecto de algumas camadas, principalmente as hialinas, que apresentam aparência flexível (=membranosa) e unitária.

Segundo Morton (1988), a aparência unitária é comum em espécies de *Scutellospora*, especialmente no componente estrutural do glomerosporo. Porém, Schenck & Pérez (1990), ao interpretar as descrições de FMA, mostraram que um grande número de espécies de *Acaulospora* apresenta glomerosporos com uma camada unitária fazendo parte do componente germinativo.

A camada unitária parece ser consistente, assim como a camada laminada, porém em alguns casos, é confundida, principalmente quando a superfície é densamente ornamentada, como em *Ac. bireticulata*. Segundo Blaszkowski (1997a), a laminação dessa camada ornamentada é facilmente observada em microscópio com contraste de fase Normaski.

Ao descreverem quatro novas espécies de FMA no novo gênero *Pacispora*, Oehl & Sieverding (2004) evitaram ressaltar a aparência de algumas camadas que compõem a parede, dificultando a interpretação da morfologia dos glomerosporos. Porém, aparentemente, algumas das camadas que fazem parte do componente germinativo apresentam aparência unitária, similar ao observado em espécies de *Acaulospora*.

Flexível

Morton (1988) sugeriu que a parede membranosa (Walker 1983) e a coriácea (Walker 1986) fossem consideradas paredes flexíveis, caracterizadas pela flexibilidade, colapsando (membranosa) ou não (coriácea) em esporos quebrados. Essa camada com aparência flexível é observada no componente germinativo de espécies de *Scutellospora*, *Acaulospora* (Schenck & Pérez 1990) e, mais recentemente, em *Pacispora* (Oehl & Sieverding 2004). Porém, a

descrição de *Acaulospora rugosa* menciona uma camada flexível no componente estrutural (Morton 1988).

A camada flexível tem sido extensivamente observada em espécies de *Glomus* com duas ou mais camadas compondo a parede do glomerosporo, como em *Gl. glomerulatum* (Sieverding 1987). Entretanto, algumas espécies, como *Gl. caledonium*, não apresentam camada flexível (Morton 1996).

Como destacado por Morton (1988) em alguns trabalhos o termo “parede semi-rígida” é usado para caracterizar uma camada com aparência intermediária entre flexível e unitária.

Walker (1986) propôs a camada coriácea com base na espessura e na aparência, mais resistente que a da parede membranosa. Segundo Schenck & Pérez (1990), essa camada coriácea define-se por ser robusta, vigorosa, flexível, com aparência de couro, apresentando uma das superfícies (externa) com aspecto granuloso (ou rugoso) e a superfície interna lisa.

Amorfa

Essa camada do componente germinativo, caracterizada pela plasticidade em meio com pH ácido ou resinas como o PVLG e espessura que varia de 1,3 a 200 µm, foi descrita por Morton (1986a) em *Acaulospora rugosa* e *Ac. dilatata*. Em esporos preservados em formalina essa camada pode ser facilmente confundida com uma unitária (Morton 1986b).

Apesar de ter sido originalmente descrita em espécies de *Acaulospora*, a camada amorfa também foi observada em espécies scutelosporóides como, por exemplo: *Scutellospora arenicola* (Koske & Halvorson 1989), *Dentiscutata scutata* (Walker & Diederichs 1989), *Sc. nodosa* (Błaszkowski 1991), *Cetraspora armeniaca* (Błaszkowski 1992), *De. hawaiienses* (Koske & Gemma 1995), *Sc. projecturata* (Kramadibrata et al. 2000) e *Sc. crenulata* (Herrera-Peraza et al. 2001).

A redescritção de algumas espécies como *Acaulospora foveata*, *Ac. mellea* e *Ac. longula* (<http://invam.caf.wvu.edu>) tem evidenciado a natureza plástica da camada amorfa, não descrita nos respectivos protólogos.

A camada amorfa (plástica) tem sido descrita apenas no componente germinativo de esporos de *Scutellospora*, *Acaulospora* e *Entrophospora*, não sendo referida em todos os gêneros que compreendem os FMA.

Descrições mais recentes de espécies scutelosporóides têm deixado algumas dúvidas quanto à verdadeira natureza amorfa, principalmente devido à semelhança, em alguns casos, com a camada coriácea (*sensu* Walker 1986). Glomerosporos de um mesmo isolado podem

apresentar ampla variação nessa camada, que ora se expande e ora não se expande, podendo gerar dúvidas quanto à aparência.

Esporos de *Ac. bireticulata* apresentam, no componente germinativo, uma camada espessa interpretada por Blaszkowski (1997a) como coriácea. A observação da camada coriácea nessa espécie pode ser uma resposta ao uso da resina. Se interpretado desta forma, essa camada é amorfa, e não coriácea. Para definir a verdadeira natureza dos esporos de *Ac. bireticulata* será necessário manter cultivos puros para posterior montagem de lâminas com glomerosporos em água e em resina (PVLG).

Variações na espessura de camadas de parede não são válidas como forte critério na separação de espécies de FMA (Morton 1988), sendo este considerado caráter terciário (Franke & Morton 1994) e isso se deve à alta variabilidade desse caráter em isolados de uma mesma espécie (Walker & Vestberg 1998). Devido à variação na espessura das camadas de parede dos glomerosporos, a definição para a “parede coriácea” de Walker (1986) não é funcional e, conseqüentemente, tornou-se raramente descrita.

Por outro lado, ao revisar os tipos de parede Schenck & Pérez (1990) aceitaram a proposta de Walker (1986), para a camada coriácea, porém não mencionam nenhum aspecto relativo à sua espessura, enfatizando apenas a aparência.

A plasticidade pode variar em decorrência dos estádios de maturação da parede do glomerosporo. Em *Fuscutata heterogama* os glomerosporos apresentam plasticidade nos estádios iniciais de desenvolvimento de uma camada que tem aparência laminada em esporos maduros (Franke & Morton 1994).

Dois aspectos principais são observados na aparência da camada amorfa: (1) pode ou não expandir em resina (Morton 1986b); (2) pode apresentar maior (*Ac. delicata*) ou menor espessamento (*Sc. hawaiiensis*). Essa plasticidade é uma propriedade decorrente de arranjo molecular que varia durante os diferentes estádios de desenvolvimento do esporo. Por esta razão, foi possível observar plasticidade na “futura” camada laminar de *Fuscutata heterogama*, explicando as variações observadas por Morton (1986b) em glomerosporos de *Ac. delicata* sob a mesma condição.

As camadas amorfa, coriácea e membranosa apresentam aparência que se sobrepõem, principalmente quando se compara descrições de diferentes autores. Blaszkowski (1997a) admite que *A. bireticulata* apresenta uma camada coriácea, porém Morton (<http://invam.caf.wvu.edu>) a interpreta como membranosa, por não haver espessamento. A interpretação dessa camada torna-se difícil principalmente pela falta de descrições em meios mais fluidos, como água ou glicerina, os quais permitem uma interpretação da verdadeira

natureza das camadas de parede dos glomerosporos (Spain 1990). Assim, sugere-se uma avaliação em água e glicerina quando as espécies estudadas apresentarem plasticidade em uma de suas camadas, como proposto por Spain (1990).

As diferentes interpretações sobre as camadas da parede do glomerosporo mostram os problemas na taxonomia e a necessidade de uma revisão das espécies e dos critérios taxonômicos.

Expansiva

A camada expansiva, que ocorre apenas no componente estrutural, foi descrita por Berch & Koske (1986) em *Glomus pansihalos* e caracteriza-se pela expansão em resina, formando colunas radiais com superfície ornamentada. Segundo os autores, essa camada é lisa em água e se expande em PVLG, alcançando 3 a 15µm de espessura, tornando-se granular e às vezes se dissolvendo totalmente.

Duas importantes evidências na descrição mostram que essa camada: (1) apresenta plasticidade; (2) é efêmera. A primeira característica está relacionada com a camada discutida anteriormente como amorfa, pois ambas apresentam plasticidade em glomerosporos maduros, porém localizam-se em pontos diferentes na parede. A amorfa é encontrada no componente germinativo, enquanto a expansiva é parte do componente estrutural. Portanto, possuem diferentes origens por estarem em grupos de parede distintas (Morton & Benny 1990; Schuessler et al 2001). Além disso, ocorrem em gêneros distintos. *Acaulospora* e *Scutellospora* apresentam glomerosporos com uma camada amorfa, enquanto a expansiva é encontrada em espécies de *Glomus*. A outra particularidade descrita, a efemeridade, é típica da camada evanescente.

Segundo Berch & Koske (1986), a camada externa expansiva de *Gl. pansihalos* em PVLG tem aparência de uma coroa. Interpretação similar foi feita em *Gl. coronatum* por Giovannetti et al. (1991), porém nessa espécie a camada externa não é efêmera. Em ambas as espécies as propriedades da camada externa são semelhantes, porém em *Gl. coronatum* essa camada é mais persistente que em *Gl. pansihalos*. É necessária comparação dessa camada nas duas espécies para redefinição conceitual.

Interpretando a descrição de Berch & Fortin (1983), Schenck & Pérez (1990) admitiram que a camada externa de *Gl. macrocarpum* é expansiva, porém não apresenta a mesma propriedade vista em *Gl. coronatum* e *Gl. pansihalos*, pois não forma colunas radiais. Contudo, pode estar relacionada com uma matriz amorfa (gelatinosa) que pode alterar a espessura da parede, como em *Gl. intraradices* (Maia & Kimbrough 1993).

Rose & Trappe (1980) afirmaram que a camada externa de *Gl. halonatum* apresenta elasticidade, como observado na camada expansiva. A elasticidade da camada externa de *Gl. halonatum* e *Gl. caesaris* parece apresentar a mesma propriedade expansiva. Nas duas espécies a superfície granular não parece constituir uma camada à parte, como proposto por Oehl et al. (2002) em *Gl. caesaris*. A superfície granular parece ser decorrente de exudados do próprio esporo, assim como do atrito com partículas do solo, ou pode até mesmo ser efeito da resina.

A aparência da camada expansiva pode ser similar à de uma camada laminada ou evanescente, mas algumas vezes é designada amorfa ou flexível. As ornamentações formadas pela expansão dessa camada podem ser do tipo colunar, granular ou com formação de protuberâncias delgadas, similares a cabelos.

Recentemente Hu (2002) observou uma substância gelatinosa, formando protuberâncias que atingem até 15µm de altura na superfície de *Gl. spinosum*. Abaixo dessas ornamentações existe uma camada unitária também hialina. Porém, a natureza da ornamentação não foi descrita no protólogo, o que não permite distinguir a verdadeira natureza da estrutura, se é realmente característica da espécie ou se decorre de uma reação à resina, como em *Gl. pansihalos* e *Gl. coronatum*.

A camada expansiva tem sido documentada exclusivamente para a família *Glomeraceae*, com exceção de *Sc. alborosea*, que foi originalmente descrita por Ferrer & Herrera (1980) com uma espessa camada hialina externa, similar à camada expansiva de representantes de *Glomus*.

Germinativa

A camada germinativa foi originalmente descrita em *Gigaspora ramisporophora*, (Spain et al. 1989). A denominação “parede germinativa” está relacionada com a função exercida. Segundo Bentivenga & Morton (1995), essa camada é a última a se formar, ocorrendo apenas em glomerosporos maduros. As projeções em forma de papila que caracterizam essa camada não estão distribuídas uniformemente na superfície interna, podendo, em alguns casos, estar concentradas na área de formação do tubo germinativo.

As papilas são morfológicamente heterogêneas, adquirindo muitas vezes conformação mais pontiaguda como um espinho, rombuda, ou até achatada, não havendo em Glomeromycota ornamentação similar nos glomerosporos. A designação dessa camada é associada à sua função, considerando que os tubos germinativos são formados entre as

papilas. Trabalhos ultraestruturais mostram que a camada germinativa é distinta (eletrendensa), quando comparada com a laminada (Maia & Kimbrough 1994).

Chanfrada

Essa camada caracteriza-se pela aparência angular, regular, da margem da parede em glomerosporos quebrados, com formação de fraturas na forma de “V” ou em ângulos de 90°. A camada chanfranulada foi descrita em *De. hawaiiensis* (Koske & Gemma 1995) e faz parte do componente germinativo dos glomerosporos dessa espécie, principalmente quando os glomerosporos são submetidos a maior pressão para a quebra. Essa camada pode ser confundida com uma camada membranosa ou coriácea, com variação apenas no padrão de quebra.

Grau de separação das camadas

Para uma acurada identificação das camadas que compõem a parede do glomerosporo é necessária a quebra dos glomerosporos, sendo sugerido apenas uma suave pressão para que haja o rompimento da parede (Schenck & Pérez 1990) e a separação dessas camadas, cuja separação pode ser influenciada pelo meio mais ou menos fluido em que os glomerosporos estão sendo quebrados.

Além do efeito causado pelas resinas, a pressão aplicada ao esporo pode influenciar o grau de separação de algumas dessas camadas (Morton 1988), podendo gerar artefatos, que levam à interpretação errônea da estrutura da parede do esporo e, conseqüentemente, podem causar erros na identificação. Na revisão dos caracteres morfológicos, Morton (1988) não discutiu a influência do grau de separação das camadas de parede na taxonomia dos FMA, enfatizando apenas a definição dos grupos de parede de Walker (1983).

O grupo de paredes é uma agregação de camadas (=paredes *sensu* Walker 1983) que permanecem próximas mesmo depois do esporo quebrado. Esses grupos são basicamente restritos a representantes de *Acaulospora*, *Kuklospora*, *Entrophospora*, *Scutellospora*, *Racocetra*, *Cetraspora*, *Fuscutata*, *Quatunica* e *Pacispora*, que possuem um componente germinativo distinto, formado tardiamente durante o desenvolvimento do esporo (Stürmer & Morton 1999).

Em geral, há uma separação entre as camadas que fazem parte do componente estrutural e as que fazem parte do componente germinativo. Porém, nem sempre é evidente uma separação dos grupos de parede (*sensu* Walker 1983) do componente germinativo.

Esporos de *Gl. intraradices*, por exemplo, quando quebrados sob maior pressão podem evidenciar mais que três camadas devido à separação de algumas lâminas da camada laminada. Talvez essa separação das laminações seja consequência do material amorfo observado por Maia & Kimbrough (1993) na camada laminada dessa espécie.

A definição das camadas pode não estar relacionada com uma distinta separação da parede. O componente estrutural de *De. cerradensis* é formado por quatro camadas, com a primeira e a quarta sendo facilmente destacadas, enquanto a segunda e a terceira camadas são distinguíveis apenas com auxílio do Reagente de Melzer, pois uma delas reage fortemente, adquirindo coloração púrpura (terceira camada) enquanto a outra não reage (segunda). Fato semelhante ocorre em *Ce. pellucida* (Morton <http://invam.caf.wvu.edu>).

Considerando que a parede dos glomerosporos é influenciada pela pressão de quebra, o que acarreta variação na separação das camadas, deve-se analisar com cautela essa característica, para a distinção de espécies de FMA. Assim, a quebra é mais útil como ferramenta para se observar as camadas que compõem a parede do esporo e não a separação destas.

Ornamentação da parede

As ornamentações podem ser classificadas de acordo com a localização, podendo ser encontradas na camada externa ou em uma das camadas internas (na segunda ou na terceira camada da parede do glomerosporo) ou de acordo com o tipo, podendo ser projeções (espinhos, verrugas, papilas, tubérculos e cones) ou depressões (circulares, irregulares, labirintiforme, hexagonais e pentagonais).

Variações na ornamentação da parede do glomerosporo não são frequentemente documentadas (Morton 1988), porém esporos de *Ac. tuberculata* apresentaram variação em altura (1 µm em esporos jovens até 2,5 µm em esporos maduros). Desta forma, a ornamentação da parede de esporos de FMA pode eventualmente ser influenciada pelo desenvolvimento do esporo.

Morton (1988) afirmou que apenas as camadas com aparência laminada, unitária e membranosa apresentam ornamentação. No entanto, de modo geral as ornamentações ocorrem nas camadas laminadas e unitárias, sendo uma exceção em camadas flexíveis. Segundo Hu (2002), a primeira camada dos glomerosporos de *Gl. spinosum* é coberta por protuberâncias similares a cabelos. Essa camada é similar à encontrada nos glomerosporos de

Gl. pansihalos e *Gl. coronatum*. Uma comparação dessas espécies poderia ajudar a elucidar a natureza da camada externa de *Gl. spinosum*.

Glomerosporos de *Glomus insculptum* e *Gl. verruculosum* apresentam ornamentação distinta das demais espécies de FMA (Blaszkowski et al. 2004; Blaszkowski & Tadych 1997), que ocorrem na superfície interna da segunda camada e da terceira camada da parede do esporo, respectivamente. Em *Gl. insculptum* são observados perfurações na superfície interna dando a impressão que a ornamentação é similar à observada em glomerosporos de *Ac. scrobiculata*. Em *Gl. verruculosum* os glomerosporos apresentam verrugas na superfície interna da terceira camada da parede.

Recentemente, Cuenca & Herrera-Peraza (2008) descreveram uma nova espécie de *Scutellospora* com padrão de ornamentação distinto, semelhante a uma impressão digital, na superfície dos glomerosporos de *Sc. striata* o que constitui um novo padrão de ornamentação para esse diversificado grupo de fungos.

Coloração dos glomerosporos

A coloração é uma característica amplamente usada e que tem papel decisivo na taxonomia de muitos fungos, principalmente Ascomycota e Basidiomycota. Nesse fungos os ascocarpos e ascósporos, basidiocarpos e basidiósporos são as principais estruturas avaliadas quanto à coloração, definida geralmente com auxílio de cartas de cores, como a de Munsell (1975). Porém, mesmo nesses grupos a coloração é tratada com cautela, sendo os espécimes avaliados no momento da coleta, devido à alteração causada pela secagem e pelo manuseio do material, como é comum em Agaricales (Rossman et al. 1998; Guerreiro & Homrich 1999).

A cor também é influenciada pela forma como a luz passa pelos glomerosporos, mas as descrições de novas espécies geralmente não especificam em que condição a cor foi observada, se com luz incidente (estereomicroscópio) ou transmitida (microscópio de luz), dificultando a posterior comparação do caráter (Morton 1988). A inclusão, nas descrições das espécies, de informações evidenciando as variações na coloração implementaria dados para a identificação.

Tem sido registrada ampla variação na coloração dos esporos dos FMA, muitas vezes difíceis de identificar, principalmente considerando as espécies do gênero *Glomus*, por apresentarem poucas características morfológicas distintas.

A coloração dos glomerosporos dos FMA pode estar relacionada à pigmentação da parede (principalmente do componente estrutural) ou ao material citoplasmático, sendo o último caso menos frequente.

Avaliando espécimes de *Gl. fulvum* de vários países, Thaxter (1922) observou ampla variação na coloração dos esporocarpos e considerou que esta pode ser atribuída ao ambiente onde o esporocarpo se desenvolveu, sendo os glomerosporos mais escuros quando o desenvolvimento ocorria sem incidência de luz e em húmus. Assim, a matéria orgânica também poderia desempenhar papel relevante na determinação da coloração.

Redecker et al. (2007) observaram denso material citoplasmático em glomerosporos de *Glomus fulvum* coletados em Guadalupe, Caribe. A coloração do material citoplasmático dessa espécie ajudou a distingui-la de *Gl. pulvinatum* e *Gl. megalocarpum* essas últimas apresentando material citoplasmático hialino, como facilmente observado na figura 2, em Redecker et al. (2007). Esporocarpos de *Gl. fulvum* encontrados em floresta estacional semidecidual no sul do Brasil apresentaram esporos com material citoplasmático amarelo e denso, similar ao descrito por Redecker et al. (2007), porém, não foi possível examinar material fresco. O processo de secagem pode alterar alguns aspectos morfológicos, principalmente a coloração dos esporocarpos e, conseqüentemente, do glomerosporo. Análise de material fresco poderia ser mais informativa quanto à coloração do material citoplasmático.

As primeiras espécies com dimorfismo (*Glomus ambisporum*, *Glomus heterosporum* e *Glomus dimorphicum*) descritas por Smith & Schenck (1985) e Boyetchko & Tewari (1986), apresentam variação na coloração mesmo considerando o isolado de uma espécie. Essas espécies são problemáticas para estudos taxonômicos com material de campo, possivelmente cada morfotipo sendo identificado como uma espécie distinta.

Sinanomorfismo no filo Glomeromycota pode ser observado em *Archaeospora* e *Ambispora*, que podem apresentar esporos glomóides e acaulosporóides em um mesmo micélio. A variação na coloração dos glomerosporos nesses gêneros é mais frequente no sinanomorfo acaulosporóide provavelmente porque há mais registros de ocorrência deste do que do glomóide. *Acaulospora appendicula* (= *Ambispora appendicula*) descrita por Schenck et al. (1984) apresenta glomerosporos cuja coloração varia de branco-opaco a laranja.

A sinanomorfia em esporos de *Archaeospora* e *Ambispora* foi observada em quase todas as espécies, exceto em *Am. gerdemannii* e *Ar. trappei* (Morton & Redecker 2001) (*sensu* Spain et al. 2006). A variação no sinanomorfo glomóide tem sido pouco documentada,

porém os registros indicam variação entre hialino a amarelado na cor do glomerosporo (Morton et al. 1997; Spain et al. 2006; <http://invam.caf.wvu.edu>).

Almeida & Schenck (1990a) citam a ocorrência de glomerosporos albinos em isolados de algumas espécies de *Scutellospora* (*Sc. nigra*, *Sc. heterogama*, *Sc. gregaria*), comentam que a tentativa de isolar tais fungos foi falha e sugerem que esses glomerosporos, além de perder a coloração, podem ter perdido também a capacidade de formar associação com os vegetais. O insucesso na confirmação dessa característica, pois não há outros registros similares, é limitante para novas citações desse caráter.

A observação de Almeida & Schenck (1990a) sobre o albinismo em alguns isolados de FMA pode não estar relacionado a um erro genético, representando simplesmente a contaminação das culturas em pote. Porém, são necessárias observações mais detalhadas do material estudado por esses autores para confirmação da característica mencionada.

Scutellospora weresubiae e *Sc. alborosea* apresentam glomerosporos de cor rosa ou levemente rosada, porém em *Sc. weresubiae* essa cor é perdida quando os esporos são colocados em lactofenol, formalina ou álcool polivinílico. A coloração pode ser preservada por alguns dias em gel de glicerina, o que permite observar a mudança na coloração (Koske & Walker 1986b).

Observações semelhantes podem ser feitas com relação a outras espécies de FMA. *Scutellospora fulgida*, *Sc. aurigloba* e *Sc. castanea*, por exemplo, apresentam pequena variação na coloração de seus esporos quando avaliadas em água (estereomicroscópio) e em lamina (em microscópio de luz). Os glomerosporos dessas espécies geralmente são hialinos a brancos em água, com exceção de *Sc. castanea* que é amarelada, e tornam-se amarelos esverdeados quando em PVLG.

A resina representa um marco para o estudo taxonômico dos FMA por preservar o material por longos períodos, mas tem mostrado efeitos diversos sobre algumas características morfológicas dos glomerosporos, entre as quais a coloração.

Examinando um isolado de *Glomus clarum*, Bentivenga et al. (1997) observaram que coloração e tamanho tinham correlação genética, com esporos hialinos apresentando dimensões menores, enquanto os mais escuros eram maiores. Com base nesse estudo, esses autores afirmaram que a camada laminada mais interna (terceira camada) é responsável pela coloração do espora e que as condições ambientais podem influenciar esses caracteres.

Fatores genéticos ligados à coloração dos glomerosporos precisam ser mais estudados, porém a produção de pigmento pode estar relacionada à proteção contra radiação, sendo a regulação genética o mecanismo usado pelo organismo para proteger seu material genético.

Assim, dependendo das condições ambientais é possível encontrar diferenças entre isolados da mesma espécie.

Se a coloração dos glomerosporos de algumas espécies de FMA está relacionada à camada de parede, consequentemente o estágio de desenvolvimento do glomerosporo pode influenciar a coloração, visto que algumas camadas (as mais internas) são formadas tardiamente. Isso foi confirmado por Stürmer & Morton (1997; 1999b), ao estudarem a ontogenia de quatro espécies de *Glomus*, duas de *Acaulospora* e uma de *Entrophospora*.

Examinando diferentes isolados de *Glomus claroideum* e espécies similares Walker & Vestberg (1998) avaliaram a coloração dos glomerosporos em material tipo e em potes de cultura com 14 a 44 ou mais semanas, e afirmaram que a coloração dos glomerosporos pode variar entre e dentro de um mesmo isolado, podendo ser influenciada ainda pelas técnicas de estocagem e preservação, as quais alteram também a camada externa de parede. Durante o estudo esses autores comentam que a coloração é útil apenas para separar *Glomus diaphanum* e *Glomus albidum* de *Gl. claroideum*, *Gl. fistuosum* e *Gl. maculosum*, por apresentarem esporos com parede hialina enquanto as demais apresentavam glomerosporos com parede pigmentada.

Schenck & Pérez (1988 e 1990) disponibilizaram uma tabela para identificação de FMA onde a coloração foi um dos critérios para a separação das espécies, porém algumas apresentam variação muito grande nesse caráter, acarretando sobreposição com muitas outras espécies dentro da chave.

Do ponto de vista histórico, a coloração teve papel decisivo na evolução da taxonomia sendo, consequentemente, de forte influência no processo de formação de um taxonomista (pois está fortemente relacionada à taxonomia de fungos macroscópicos, onde a cor tem papel decisivo na delimitação de táxons) e por essa razão é constantemente usada em chaves de identificação e principalmente na distinção de espécies onde as informações mais importantes, como estrutura da parede (filó Glomeromycota), são insuficientes para delimitar o táxon.

Algumas espécies de FMA são nomeadas pelos caracteres morfológicos, como ornamentação da parede do glomerosporo (*Acaulospora scrobiculata*, *Ac. spinosa*, *Ac. tuberculata*, *Glomus spinuliferum*, *Gl. spinosum*, *Scutellospora biornata*, *Sc. reticulata*, *Sc. projecturata*) e outras pela sua coloração (*Ac. mellea*, *Gl. albidum*, *Gl. pallidum*, *Gl. diaphanum*, *Gl. scintillans*, *Gl. clarum* e *Sc. alborosea*), mas essa característica não determina a espécie. *Acaulospora mellea*, por exemplo, foi designada por apresentar glomerosporos cor de mel, porém a tonalidade é extremamente variável, entre tons de

amarelo até marrom. Esse tipo de epíteto específico deve ser evitado na designação de novas espécies, por não corresponder a um caráter estável.

Existe tendência em acreditar que as características descritas para *A. scrobiculata* na verdade podem corresponder a um grupo de espécies. Oehl et al. (2006) descreveram *Acaulospora alpina* que apresenta glomerosporos ornamentados com perfurações arredondadas, similares às observadas em *A. scrobiculata*, porém com esporos mais escuros e menores. Além disso, esses dados morfológicos são apoiados por dados moleculares, o que enfatiza a diversidade nesse provável grupo de espécies. *Acaulospora paulinae*, *Ac. cavernata*, *Ac. scrobiculata*, *Ac. alpina* e *Ac. undulata* são morfológicamente próximas e se diferenciam, em alguns casos, apenas por caracteres secundários, como cor e tamanho e, principalmente, pela forma e distribuição da ornamentação.

Assim, a coloração isoladamente é caráter que não permite distinguir espécies de FMA (exceto em casos específicos, como em *Gigaspora*), pois a interpretação da cor pode variar de acordo com o observador, porém como característica secundária e, em conjunto com outros caracteres, pode ajudar a identificar grupo de espécies.

Efeito da resina sobre os glomerosporos

Berch & Koske (1986) descreveram as paredes amorfa e expansiva com base na variação dessas estruturas em diferentes resinas. Estas têm desempenhado papel importante na análise taxonômica dos FMA, principalmente por serem amplamente usadas como método de preservação dos esporos, assim como a formalina e o glutaraldeído (Morton 1986b). Como exemplo, a resina pode alterar a coloração dos esporos de *Scutellospora weresubiae* os quais, normalmente hialinos a rosados, tornam-se completamente hialinos em PVLG (Koske & Walker 1986). Com base nessas observações, Morton (1986b) avaliou o efeito de algumas resinas e da reação no Melzer sobre as características da parede dos esporos de FMA. Assim, observou que a espessura da parede é afetada significativamente pela presença de fenol. A camada laminada se apresenta mais fina na ausência desse composto, porém a aparência das laminações não é alterada em nenhum tipo de resina ou mesmo em água. Por outro lado, a camada “beaded”, característica de espécies de *Acaulospora*, não é influenciada pela presença do fenol. Em glomerosporos de *Ac. dilatata* e *Ac. rugosa* essa camada é observada em água ou glicerina e às vezes em PVL formalina, ou lactofenol, sendo influenciada depois que os glomerosporos são tratados com glutaraldeído por 15 dias (Morton 1986b).

A camada amorfa também pode apresentar aparências diversas, dependendo das circunstâncias. Quando em pH < 2,0 se expande e em pH > 2,5 essa camada tem aparência

unitária. Porém, quando tratada com formalina ou glutaraldeído perde a capacidade elástica, que pode ser observada em espécies como *Ac. mellea*, *Ac. foveata*, *Ac. delicata*, e algumas espécies de *Scutellospora* (<http://invam.caf.wvu.edu>).

A camada expansiva apresenta características semelhantes à amorfa, ou seja, corresponde a uma reação à resina. Contudo, a camada expansiva localiza-se no componente estrutural da parede do glomerosporos, enquanto a camada amorfa ocorre apenas no componente germinativo. São poucos os relatos referentes a essa camada, que é restrita a glomerosporos de alguns representantes de *Glomus* (*Gl. pansihalos*, *Gl. coronatum*, *Gl. spinuliferum* e *Gl. spinosum*), e são facilmente observada nessas espécies.

Além das camadas amorfa e expansiva, a camada laminada também pode ser influenciada pela resina. Spain et al. (1989b) observaram que em glomerosporos de *Dentiscutata biornata* a parede laminada tem plasticidade em PVLG, expandindo até 55 µm. A plasticidade é interpretada como a capacidade da parede de expandir em PVLG, porém, além da expansão, a camada mais externa da parede de *De. biornata* apresenta consistência mais flexível do que a de uma camada unitária típica.

A resina influencia ainda o grau de separação das paredes do glomerosporo, modificando a interpretação dos grupos de paredes (*sensu* Walker) (Morton 1986). Blaszkowski (1997) descreveu sete camadas na parede de *Ac. bireticulata*, enquanto Rothwell & Trappe (1979) descrevem apenas três camadas e não comentam em que tipo de resina os glomerosporos foram montados. Em isolado encontrado em áreas de Floresta de Araucária, em São Paulo, foram observados apenas seis camadas compondo a parede de glomerosporos dessa espécie (Goto et al. 2008b). Essa confusão frequentemente ocorre na distinção da terceira camada da parede de glomerosporos de *Acaulospora*, *Scutellospora*, *Racocetra*, *Cetraspora*, *Fuscutata*, *Dentiscutata*, *Quatunica*, *Kuklospora* e *Ambispora*, onde em algumas espécies essa terceira camada está ligada ao componente germinativo e, em outros casos, pode estar próxima ao componente estrutural. A verdadeira natureza da camada só pode ser confirmada quando se observa o ponto de inserção da mesma na cicatriz (*Acaulospora* e *Kuklospora*), pedicelo (*Ambispora*) ou plug (*Scutellospora*, *Cetraspora*, *Racocetra*, *Fuscutata*, *Dentiscutata* e *Quatunica*).

A sugestão de Spain (1990) de avaliar a parede dos glomerosporos em água tem sido pouco utilizada pelos taxonomistas tornando quase impossível avaliar o próprio efeito da resina sobre a parede do esporo. Contudo, a ampla utilização do PVLG como preservante, permite comparar as diferentes descrições.

A avaliação dos glomerosporos em água realmente pode ser ferramenta útil para entender a estrutura da parede. Na descrição da emenda de *Archaeospora trappei*, Spain (2003) mostrou que a avaliação em água propiciou a observação de mais quatro camadas na parede germinativa do esporo enquanto nos montados em PVLG apenas duas camadas são evidentes. Morton (<http://invam.caf.wvu.edu>) e Blaszkowski (<http://www.lrz-muenchen.de/~schuessler/amphylo/>) afirmam que *A. trappei* apresenta apenas duas camadas na parede germinativa e em ambos os casos os esporos foram avaliados apenas em PVLG. Pela descrição original, feita por Ames & Linderman (1976), os glomerosporos de *Ar. trappei* apresentam apenas uma camada compondo a parede, ou seja, nenhuma camada interna foi observada.

Dimensão dos glomerosporos

Os esporos de Glomeromycota são os maiores do reino Fungi principalmente se comparados com os de Basidiomycetes e Ascomycetes (Goto & Maia 2006a). Os maiores glomerosporos são encontrados principalmente em *Gigaspora*, *Scutellospora*, *Racocetra*, *Cetraspora*, *Fuscutata*, *Dentiscutata* e *Quatunica*, enquanto os demais gêneros em geral são menores.

Existe grande variação interespecífica (10 – 1050 µm) e intraespecífica, com isolados de uma mesma espécie apresentando ampla variação na dimensão dos glomerosporos. Bentivenga et al. (1997) mostraram que após pressão de seleção (ambiental), um mesmo isolado de *Glomus clarum* produziu esporos menores e maiores. Mosse & Bowen (1968) já afirmavam que a dimensão dos esporos não é caráter para separar espécies, porque isolados de diferentes localidades variam enormemente na dimensão. Trappe & Schenck (1982) reforçaram a afirmação, discutindo sobre os caracteres morfológicos para separação de espécies em *Endogonaceae*, grupo morfológicamente similar aos *Glomeromycetes* e onde os FMA estavam anteriormente incluídos.

A dimensão dos glomerosporos não deve ser usada para diferenciar espécies, por não haver homogeneidade nesse caráter nas descrições. Alguns autores descrevem a variação entre o maior e o menor esporo, enquanto outros citam a variação da maioria dos glomerosporos colocando os extremos entre parênteses, porém na maioria das vezes o número de glomerosporos avaliados não é mencionado. Morton (1988) afirma que existe uma sobreposição intergenérica e interrespecífica entre espécies de dois gêneros (*Gigaspora* e *Scutellospora*), indicando que o tamanho não é uma característica forte para a identificação.

Estudando diferentes isolados de *Glomus claroideum* e espécies semelhantes como *Glomus maculosum* e *Glomus multisubstensum*, Walker & Vestberg (1998) admitiram que a dimensão de esporo é proveniente de um processo mecânico, sendo consequentemente, mais acurado que o julgamento da coloração do esporo. Afirmam ainda que esse caráter pode ser influenciado pelas condições ambientais. Esses autores observaram que um isolado de *Glomus claroideum* proveniente da Carolina do Sul poderia ser facilmente separado dos demais isolados estudados por apresentar esporos significativamente maiores que os demais.

Variação intraespecífica na dimensão de esporos pode estar relacionada à estratégia de vida. Segundo de Souza et al. (2008) uma espécie dimórfica de *Glomus* apresenta um tipo de esporo pequeno, e em maior número do que os maiores, que requerem maior gasto energético para a sua produção, porém esses últimos podem persistir por mais tempo no ambiente. Nesse sentido, os esporos maiores podem ser considerados “K” estrategistas enquanto os menores e mais numerosos seriam “r” estrategistas (de Souza et al. 2008). Ao descrever *Glomus constrictum*, Trappe (1977) afirmou que os esporos variavam de 150 – 330 μm , enquanto Blaszkowski (1990), avaliando solos de diferentes localidades na Polônia, encontrou esporos de *Gl. constrictum* com dimensão variando de (100-) 160 (-220) μm mostrando grande variação entre esses isolados. Estudando um isolado de *Glomus clarum* da Polônia, Blaszkowski (1994) observou variação menor na dimensão em glomerosporos globosos (70-) 106 (-150) μm do que em irregulares 90 – 100 x 140 – 180 μm . Morton (<http://invam.caf.wvu.edu>) descreve uma variação maior (100 – 260 μm) para a mesma espécie. Essa variação no tamanho dos esporos pode ser observada em diferentes isolados de *Acaulospora bireticulata*. Rothwell & Trappe (1979) encontraram esporos dessa espécie variando de 150 – 155 μm , porém Blaszkowski (1997a) encontrou na Polónia esporos variando de (150-) 190 (-210) μm quando globosos e 130 – 180 x 170 – 230 μm quando irregulares. Fato similar ocorreu com diferentes isolados de *Acaulospora koskei*. Ao descrever a espécie, Blaszkowski (1995a) comentou que os glomerosporos variaram de (80-) 183 (-340) μm quando globosos e 140 – 210 x 200 – 260 μm quando irregulares. Por outro lado, Morton (<http://invam.caf.wvu.edu>) afirma que o tamanho dos glomerosporos nessa espécie varia de 120-240 μm .

Gigaspora gigantea recebeu esse epíteto específico devido à dimensão dos seus glomerosporos (até 800 μm), porém algumas espécies de *Gigasporaceae* apresentam glomerosporos ainda maiores, como *Scutellospora nigra* (1084 μm) (Nicolson & Schenck 1979).

Forma dos glomerosporos

A forma dos glomerosporos é extremamente variável entre gêneros e espécies de Glomeromycota, indo de globosos a irregulares, passando por elípticos a clavados.

Esse caráter é limitado, mas pode ser útil, assim como a cor e o tamanho, sendo restrito a espécies que apresentam formas mais típicas ou características como *Gl. clavisporum* e *Gl. taiwanensis* (Trappe 1977; Wu & Chen 1987).

Hifa de sustentação

A hifa de sustentação é observada exclusivamente em esporos glomóides e isso inclui *Glomus*, *Paraglomus*, *Diversispora*, *Pacispora*, *Ambispora* e *Archaeospora*, sendo considerada caráter secundário para a delimitação de espécie devido à variação observada nas descrições originais e redescrições das espécies. Os trabalhos mostram que a forma da hifa de sustentação varia desde cilíndrica até irregular, passando por forma de funil e constrita na base.

O poro pode estar aberto ou ocluso por uma das camadas da parede do glomerosporo, e nesse caso, o septo geralmente é formado pela camada mais interna. A formação de septo na oclusão do poro também é caráter secundário para identificação de espécies, uma vez que há variabilidade e, em muitos casos, ausência de informação para essa característica.

Explorar melhor essas características da hifa de sustentação pode ser útil para melhor delimitação dos táxons descritos (principalmente os mais antigos) e também para os novos para que haja homogeneidade nas descrições, permitindo melhores comparações.

Número de hifas por esporo

É comum entre os Glomeromycetes encontrar apenas uma hifa presa aos glomerosporos. Porém, algumas espécies de *Glomus* podem apresentar várias hifas de sustentação. Em *Glomus glomerulatum* geralmente há duas hifas de sustentação por glomerosporo.

Em *Glomus*, os glomerosporos podem apresentar até quatro hifas de sustentação e a inserção pode ser oposta ou aleatoriamente distribuída, como em *Gl. multicaule*, *Gl. glomerulatum*, *Gl. fasciculatum*, *Gl. formosanum* e *Gl. multisubstensum* (Schenck & Pérez 1990). A formação dos glomerosporos deve ocorrer com o espessamento da parede no ponto de ramificação dessas hifas.

Sieverding (1987) distinguiu *Gl. glomerulatum* das demais espécies de *Glomus* principalmente pela presença de duas hifas de sustentação em todos os glomerosporos do esporocarpo.

Outras espécies de *Glomus* podem apresentar duas hifas de sustentação (*Gl. heterosporum*, *Gl. etunicatum* e *Gl. clarum*), contudo, essa característica não é frequente, sendo de menor importância taxonômica (Morton 1988).

Sáculo esporífero

O sáculo esporífero é encontrado exclusivamente em esporos acaulosporóides e entrofosporóides (*Acaulospora*, *Archaeospora*, *Intraspora*, *Kuklospora*, *Entrophospora*, *Ambispora* e *Otospora*) (Gerdemann & Trappe 1974; Palenzuela et al. 2008; Sieverding & Oehl 2006; Spain et al. 2006; Morton & Redecker 2001). A variação morfológica dessa estrutura está na coloração (caráter secundário para glomerosporos) e número de camadas da parede (caráter primário para glomerosporos).

O sáculo esporífero não tem sido detalhadamente descrito, o que torna impossível julgar a estabilidade dos caracteres presentes nesta estrutura para a delimitação de espécie sendo, conseqüentemente, atribuído valor taxonômico secundário ao mesmo. Descrições detalhadas podem ser observadas apenas em *E. infrequens*, onde o sáculo apresenta duas camadas evanescentes mucilaginosas que reagem fortemente em Melzer (<http://invam.caf.wvu.edu>) e *Am. brasiliensis*, onde o sáculo é hialino, membranoso e não reage em Melzer (Goto et al. 2008b).

A maioria das espécies de FMA produz sáculos esporíferos hialinos como, por exemplo, *Ac. scrobiculata* (Trappe 1977), *Ac. koskei* (Błaszkowski 1995), *Ac. lacunosa* (Morton 1986), *Ac. spinosa* (Walker & Trappe 1981), *Ac. alpina* (Oehl et al. 2006), *Ac. myriocarpa* (Schenck et al. 1986), *Ac. foveata* (Janos & Trappe 1982), *Ac. excavata* (Ingleby et al. 1994), *Ac. birreticulata* (Rothwell & Trappe 1979), *Am. brasiliensis* (Goto et al. 2008b), exceto *Ac. tuberculata* e *Otospora bareai* que apresentam sáculo esporífero amarelo-amarronzado a marrom (Janos & Trappe 1982; Palenzuela et al. 2008; <http://invam.caf.wvu.edu>). O número de camadas na parede do sáculo esporífero varia de uma a duas apenas, porém em algumas espécies não há dados sobre essa característica nas descrições.

Bulbo suspensor

O bulbo suspensor ou célula suspensoróide é comum apenas a glomerosporos gigasporóides formado nos gêneros *Gigaspora*, *Scutellospora*, *Racocetra*, *Cetraspora*, *Fuscutata*, *Dentiscutata* e *Quatunica*.

As descrições em geral não detalham bem a célula suspensoróide. A principal variação nessa estrutura está relacionada à coloração, que pode ser a mesma do glomerosporo ou similar à da placa germinativa. Além disso, o número de camadas que compõem a parede do bulbo suspensor também varia de uma a duas camadas, assim como no sáculo esporífero de glomerosporos acaulosporóides.

Estruturas especializadas de germinação (placa germinativa e orb)

As estruturas especializadas de germinação têm recebido pouca atenção dos taxonomistas, embora a sua presença venha, há muito, sendo mencionada. Mosse (1970); Siqueira et al. (1985), por exemplo, citaram que “compartimentos periféricos” relacionados à germinação ocorriam em glomerosporos de *A. laevis*, *Gigaspora* (= *Scutellospora*) *aurigloba*, *G.*(= *S.*) *gilmorei* e (= *S.*) *G. nigra*. A presença de tais estruturas foi crucial para separar *Scutellospora* de *Gigaspora*. Na ocasião, Walker & Sanders (1986) anteviam que “a placa germinativa pode ter valor taxonômico ao nível de espécie no futuro e deve ser descrita e ilustrada sempre que possível na descrição de espécies.” Apesar da ênfase desses autores sobre a importância da placa germinativa, ainda são escassas as informações sobre a forma dessas estruturas, mesmo em algumas espécies de *Scutellospora*.

A despeito dos estudos posteriormente realizados (Jeffries et al. 2007), sabe-se menos ainda sobre o processo de formação dessas placas germinativas que, com a atual expansão do filo Glomeromycota também é útil como caráter taxonômico.

Recentemente, Oehl & Sieverding (2004) transferiram algumas espécies de *Glomus* para um novo gênero, *Pacispora*, com base na estrutura da parede e também pela forma de germinação, similar à encontrada em membros de *Acaulosporaceae*, onde é formada uma placa germinativa ou “orb”. Em *Acaulospora*, este orb se forma entre as paredes germinativas, com os tubos germinativos emergindo da placa e passando para o exterior diretamente através da parede (Blaszkowski 1994). Em *Ambispora* (Spain et al. 2006) e *Kuklospora* (Spain 1992) também há evidências mostrando a similaridade da estrutura da placa germinativa com a encontrada em *Acaulosporaceae* (Spain 1992).

Atualmente são reconhecidos doze gêneros, em oito famílias (Acaulosporaceae: *Acaulospora* e *Kuklospora*; Ambisporaceae: *Ambispora*; Archaeosporaceae: *Archaeospora*;

Entrophosporaceae: *Entrophospora*; Scutellosporaceae: *Scutellospora*; Racocetraceae: *Racocetra* e *Cetraspora*; Dentiscutataceae: *Dentiscutata*, *Fuscutata* e *Quatunica*; Pacisporaceae: *Pacispora*, das ordens Archaeosporales e Diversisporales), que apresentam estruturas compartimentalizadas de germinação globosas, subglobosas, cardióides, elipsóides, em forma de violino ou irregulares, geralmente lobadas e com multi-compartimentos. Esses gêneros apresentam glomerosporos dos tipos acaulosporóide, entrofosporóide, glomóide ou scutellosporóide.

Do ponto de vista evolutivo, as placas germinativas são estruturas antigas, com relato de ocorrência desde o período devoniano, como observado em *Scutellosporites devonicus* Dotzler, M. Krings, T.N. Taylor & Agerer, espécie fóssil similar às do gênero *Scutellospora* (Dotzler et al. 2006). A placa germinativa descrita por esses autores mostra alta complexidade, pelo número de lóbulos e compartimentalização, o que indica a formação de estruturas especializadas para germinação ainda no princípio da evolução desses fungos. Contudo, não há relato do número de tubos germinativos que emergiam da placa, o que poderia comprovar a alta eficiência para colonização, demonstrada pela complexidade estrutural.

Spain (1992) realizou o único estudo sobre placa germinativa em representantes de Acaulosporaceae, considerando *Acaulospora scrobiculata* Trappe, *A. rehmi* Sieverd. & S. Toro, *A. tuberculata* Janos & Trappe e *Kuklospora colombiana* (como *E. colombiana*). A formação da placa germinativa em membros de *Acaulosporaceae* apresenta diferenças significantes e pode ser potencialmente utilizada para segregar grupos de espécies dentro dos gêneros. Em *Acaulospora*, a placa ou *orb* parece ser formada apenas durante o processo de germinação, por isso é tão difícil observar a estrutura germinativa em membros desse gênero (Oehl, comunicação pessoal). Atualmente, além das mencionadas, apenas em *A. delicata*, *A. laevis*, *A. morrowiae* e *A. mellea* foi registrada a presença da placa (*orb*), porém em alguns casos não há detalhamento da estrutura (Tabela 1).

Acaulospora scrobiculata e *A. rehmi* apresentam padrão de placa muito semelhante e, segundo Spain (1992), não foi possível separar as espécies apenas com base nessa estrutura. *Acaulospora tuberculata* e *Kuklospora colombiana* por outro lado, apresentam modos distintos de formação da placa, sendo a mais simples encontrada em *Ku. colombiana*, cujos glomerosporos formam uma estrutura orbital, a mais complexa sendo observada em *Ac. tuberculata*, com a formação de uma estrutura multi-compartimentada durante a germinação dos glomerosporos.

Ambispora representa um caso particular, por possuir um sinanomorfo glomóide e outro acaulosporóide (Spain et al. 2006; Goto et al. 2008b). Com isso o processo germinativo é característico para cada sinanomorfo. Glomerosporos acaulosporóides apresentam placa germinativa compartimentalizada, com pregas acentuadas na borda e emissão de um ou mais tubos germinativos, enquanto nos glomóides o tubo germinativo emerge a partir da hifa de sustentação ou diretamente através da parede. Spain et al. (2006) observaram placa germinativa em glomerosporos acaulosporóides de *Am. appendicula* e essa placa mostrou-se extremamente lobada e compartimentada, com formação aparentemente de apenas um tubo germinativo. Neste caso, a germinação foi iniciada na parede interna, com o tubo germinativo emergindo de uma estrutura com seis a sete lóbulos, abaixo do colar do pedicelo, e passando através deste para ramificar a certa distância do glomerosporo. No entanto, em *Ambispora brasiliensis* (Goto et al. 2008b), onde a germinação foi observada apenas uma vez no glomerosporo acaulosporóide, três tubos germinativos foram registrados.

Em *Scutellospora* a placa é originada durante o desenvolvimento das paredes germinativas do glomerosporo, o que ocorre após a diferenciação da parede estrutural (Franke e Morton, 1994; Jeffries et al. 2007). Jeffries et al. (2007) comentam, inclusive, que as paredes germinativas em *Scutellospora* são especializadas na formação da placa germinativa, não tendo como principal função a proteção, como ocorre na parede estrutural. Para os autores, a associação das paredes internas flexíveis com a formação da placa consolida o uso correto do termo “paredes germinativas”, que vem sendo aplicado (INVAM, 2008). De fato, uma camada elétron-densa separa as duas paredes germinativas e nessa região é formada a placa. Pela descrição, essa camada se forma na superfície da parede germinativa mais interna ao mesmo tempo em que a placa é desenvolvida.

As descrições das espécies de *Scutellospora* mostram uma interessante diversificação morfológica que pode ser usada para caracterizá-las apenas com base no número de paredes e forma da placa germinativa nos glomerosporos (Tabela 2). Silva et al. (2005) utilizaram entre outros caracteres, o número de paredes como base para a formulação de uma chave de identificação para membros de *Gigasporaceae*, e certamente dados sobre a placa germinativa poderiam ser adicionados para melhor diferenciar as espécies.

Pelo observado, a estrutura das placas germinativas varia em forma, cor, número de compartimentos e complexidade (Figura 3), podendo ser caracterizada desde simples, como em glomerosporos de *S. projecturata* Kramad. & C. Walker, passando por média complexidade, com poucos compartimentos (*S. castanea* C. Walker), até muito complexa,

com muitos lóbulos produzidos pela compartimentalização e formação de múltiplos tubos germinativos (*S. biornata* Spain, Sieverd. & S. Toro).

Recentemente Fritz et al. (2008) segregaram cinco gêneros e três famílias a partir de espécies de *Scutellospora* utilizando o número de paredes internas e a complexidade das placas germinativas. A forma, a compartimentalização dos lóbulos e o número de possíveis tubos germinativos produzidos ou número de compartimentos potencialmente produtores de tubos germinativos podem ser futuramente usados como informação taxonômica valiosa para separar também espécies em *Acaulospora*.

Glomerosporos de *Pacispora scintillans* e *P. franciscana* apresentam placa circular, elipsoidal ou irregular, com margem sinuosa, localizada na superfície da parede germinativa interna (<http://www.agro.ar.szczecin.pl/~jblaszkowski.html>; Oehl e Sieverding, 2004), em geral desaparecendo em esporos mais maduros.

Ainda não há dados consistentes sobre o processo de germinação de *Entrophospora*, *Intraspora* e *Otospora*. Embora apresentem componente germinativo simples, esses gêneros estão distribuídos em clados distintos e é possível que o processo germinativo apresente diferenças significantes.

A questão taxonômica das placas germinativas também passa por uma vertente técnica, que é a utilização da resina PVLG como meio de montagem de lâminas. Mais uma vez, o modo de preservação dos esporos pode ter sido responsável pela limitação de dados sobre as placas germinativas em membros de *Acaulosporaceae*. Segundo Spain (1992), a água é o melhor meio de montagem para estudos de placas germinativas nessa família ou, de forma mais ampla, para fungos micorrízicos que apresentem glomerosporos acaulosporóides, entrofosporóides e, mais raramente, em membros com esporos glomóides como *Pacispora*.

Tabela 5. Características das placas germinativas (*orbs*) em espécies de *Acaulospora*, *Ambispora*, *Archaeospora* e *Kuklospora*, conforme dados disponíveis na literatura ou neste trabalho.

| ESPÉCIES | PLACA GERMINATIVA |
|---|---|
| <i>Acaulospora tuberculata</i> Janos & Trappe | Muito lobada, complexa (Spain 1992) |
| <i>A. rehmsii</i> Sieverd. & S. Toro | Muito lobada, complexidade média (Spain 1992) |
| <i>A. scrobiculata</i> Trappe | Muito lobada, complexidade média (Spain 1992) |

| | |
|--|--|
| <i>A. dilatata</i> J.B. Morton | Ovóide, pouco lobada, simples (INVAM, 2008) |
| <i>A. laevis</i> Gerd. & Trappe | Ovóide, visível apenas em esporos mais velhos (INVAM 2008) |
| <i>A. lacunosa</i> J.B. Morton | Ovóide, segmentada (ver <i>Ac. lacunosa</i>) |
| <i>A. koskei</i> Blaszk. | Ovóide, visível apenas em esporos mais velhos (INVAM 2008) |
| <i>Archaeospora trappei</i> (R.N. Ames & Linderman) J.B. Morton & D. Redecker emend. Spain | Pouco lobada, simples (Spain 2003) |
| <i>Ambispora appendicula</i> (Spain, Sieverd., N.C. Schenck) Spain, Oehl & Sieverd. | Muito lobada, complexidade média (Spain et al. 2006) |
| <i>Ambispora brasiliensis</i> B.T. Goto, L.C. Maia & Oehl | Com 6-7 lóbulos, simples (Goto et al. 2008) |
| <i>Kuklospora colombiana</i> (Spain & N.C. Schenck) Oehl & Sieverd. | Pouco lobada, simples (Spain 1992) |

Tabela 6. Características das placas germinativas em glomerosporos de *Scutellospora* conforme dados disponíveis na literatura ou neste trabalho.

| ESPÉCIES | PLACA GERMINATIVA |
|---|--|
| <i>Scutellospora alborosea</i> (Ferrer & R.A. Herrera) C. Walker & F.E. Sanders | Sem informação (Ferrer & Herrera, 1980) |
| <i>S. arenicola</i> Koske & Halvorson | Amarelo-marrom, cardióide a irregular, pouco lobada, simples (Koske & Halvorson, 1989) |
| <i>S. armeniaca</i> Blaszk. | Amarelo claro, cardióide a irregular, muitas pregas, simples (Blaszkowski, 1992). |
| <i>S. aurigloba</i> (I.R. Hall) C.Walker & F.E. Sanders | Forma e coloração não informadas. Placa formada entre as paredes internas e ocupando às vezes 1/3 da circunferência do glomerosporo. (Hall, 1977). |
| <i>S. biornata</i> Spain, Sieverd. & S. Toro | Marrom escuro, globosa a subglobosa, muito |

| | |
|--|---|
| | lobada, complexa (Spain et al., 1989). |
| <i>S. calospora</i> (T.H. Nicolson & Gerd.) C. Walker & F.E. Sanders | Hialina a amarela, oval, pouco lobada (Koske & Walker 1986b). |
| <i>S. castanea</i> C. Walker | Hialina a amarela, globosa a subglobosa, muito lobada, complexidade média (Walker et al., 1993). |
| <i>S. cerradensis</i> Spain & J. Miranda | Amarelo claro a marrom, em forma de “V” ou “Y”, muito lobada, complexa (Spain & Miranda, 1996) |
| <i>S. coralloidea</i> (Trappe, Gerd. & I. Ho) C. Walker & F.E. Sanders | Marron clara, oblonga (INVAM, 2008) |
| <i>S. crenulata</i> R.A. Herrera-Peraza, Cuenca & C. Walker | Hialina, globosa a subglobosa, pouco lobada, simples (Herrera-Peraza et al., 2001) |
| <i>S. dipapillosa</i> (C. Walker & Koske) C. Walker & F.E. Sanders | Forma oval; outros dados não informados (Koske & Walker, 1985) |
| <i>S. dipurpurescens</i> J.B. Morton & Koske | Hialina a amarela, globosa a subglobosa, pouco lobada, simples (Morton & Koske, 1988). |
| <i>S. erythropha</i> (Koske & C. Walker) C. Walker & F.E. Sanders | Marron escura, globosa a subglobosa, muito lobada, complexa (Koske & Walker, 1984). |
| <i>S. fulgida</i> Koske & C. Walker | Hialina a amarela, subglobosa a irregular, muito lobada, complexidade média (Koske & Walker, 1986b) |
| <i>S. gilmorei</i> (Trappe & Gerd.) C. Walker & F.E. Sanders | Sem informação sobre cor, forma e complexidade. (Gerdemann & Trappe, 1974) |
| <i>S. gregaria</i> (N.C. Schenck & T.H. Nicolson) C. Walker & F.E. Sanders | Amarelo claro a amarelo escuro, ovóide, levemente ornamentada, simples (Nicolson & Schenck, 1979). |
| <i>S. hawaiiensis</i> Koske & Gemma | Laranja marrom, elipsóide, muito lobada, complexidade média (Koske & Gemma, 1995). |
| <i>S. heterogama</i> (T.H. Nicolson & Gerd.) C. Walker & F.E. Sanders | Hialina a amarela, forma de violino, pouco lobada, simples (Koske & Walker, 1985). |
| <i>S. minuta</i> (Ferrer & R.A. Herrera) C. Walker & F.E. Sanders | Sem informação (Ferrer & Herrera, 1980) |

| | |
|--|---|
| <i>S. nigra</i> (J.F. Readhead) C. Walker & F.E. Sanders | Sem informação (Old et al. 1973; Nicolson & Schenck, 1979) |
| <i>S. nodosa</i> Blaszk. | Amarela claro, cardióide a irregular, pouco lobada, complexidade média (Blaszkowski 1991). |
| <i>S. pellucida</i> (T.H. Nicolson & N.C. Schenck) C. Walker & F.E. Sanders | Oval e margens com invaginações (Koske & Walker, 1986); Hialina a amarela pálida, com dobras acentuadas, formando 4-7 lóbulos, com margem lisa (Blaszkowski 2008) |
| <i>S. persica</i> (Koske & C. Walker) C. Walker & F.E. Sanders | Cor não informada; circular a subcircular, com dobras irregulares (Koske & Walker, 1985) |
| <i>S. projecturata</i> Kramad. & C. Walker | Hialina a amarela, cardióide, pouco lobada, simples (Kramadibrata et al., 2000). |
| <i>S. reticulata</i> (Koske, D.D. Miller & C. Walker) C. Walker & F.E. Sanders | Amarelo-marrom, circular a reniforme, compartimentalizada, complexa (Koske et al. 1983; de Souza et al. 2005) |
| <i>S. rubra</i> Stürmer & J.B. Morton | Hialina a amarela, forma de violino, pouco lobada, simples (Sturmer & Morton, 1999a). |
| <i>S. savannicola</i> (R.A Herrera & Ferrer) C. Walker & F.E. Sanders | Sem informação (Ferrer & Herrera, 1980). |
| <i>S. scutata</i> C. Walker & Dieder. | Marron escuro, circular a oval ou cardióide, muito lobada, complexa (Walker & Diederichs, 1989). |
| <i>S. spinosissima</i> C. Walker & Cuenca | Hialina, globosa a subglobosa, muito lobada, complexidade média (Walker et al., 1998). |
| <i>S. tricalypta</i> (R.A. Herrera & Ferrer) C. Walker & F.E. Sanders | Sem informação (Ferrer & Herrera, 1980). |
| <i>S. trirubiginopa</i> X.L. Pan & G.Yun Zhang | Informação não disponível (Pan et al. 1997). |
| <i>S. verrucosa</i> (Koske & C. Walker) C. Walker & F.E. Sanders | Hialina a amarela, subglobosa a irregular, complexidade média (Koske & Walker, 1985). |
| <i>S. weresubiae</i> Koske & C. Walker | Cor não informada; cardióide, com margens lisas, tubos germinativos rosa brilhante, |

emergindo de cada um dos lóbulos (Koske & Walker, 1986).

Scutellosporites devonicus Dotzler, M. Krings, T.N. Taylor & Agerer Registro Fóssil. Placa germinativa oval, vários lóbulos compartimentalizados e muitas dobras na borda (Dotzler et al., 2006)

Reação em Melzer

Melzer (1924) desenvolveu um reagente para auxiliar a visualização da ornamentação na parede de espécies de *Russula*. Desde então, os testes com esse reagente têm demonstrando ampla variação na coloração das estruturas fúngicas, auxiliando a separação de representantes de Ascomycetes e Basidiomycetes (Morton 1988).

O reagente de Melzer ganhou importância também na taxonomia dos *Glomeromycota*, particularmente em *Acaulospora*, *Scutellospora* e *Gigaspora* (Morton 1986b). Hoje, além de Gigasporaceae e Acaulosporaceae, a reação ao Melzer tem importância nas famílias Entrophosporaceae, Pacisporaceae, Ambisporaceae e Glomeraceae. Glomerosporos de representantes de Archaeosporaceae, Paraglomeraceae, Diversisporaceae e Geosiphonaceae não reagem em Melzer.

Dois tipos básicos de reação têm sido descritos na literatura micológica: amilóide e dextrinóide. A reação amilóide deixa a estrutura fúngica azulada, caráter não observado em membros do filo Glomeromycota (Morton 1988) exceto por Almeida & Schenck (1990b) que, em revisão do gênero *Sclerocystis*, observaram que esporocarpos de *G. coremioides* (= *S. coremioides*) apresentavam reação amilóide.

A reação dextrinóide é comum em espécies de FMA, principalmente aquelas que apresentam componente germinativo como em Acaulosporaceae (*Acaulospora* e *Kuklospora*), Gigasporaceae (*Scutellospora*, *Racocetra*, *Cetraspora*, *Fuscutata*, *Dentiscutata*, *Quatunica*) e Pacisporaceae (*Pacispora*). Contudo, pode ocorrer com frequência no componente estrutural, principalmente em Glomeraceae (*Glomus*), Ambisporaceae (*Ambispora*) e Gigasporaceae (*Gigaspora*).

Em *Glomus* os glomerosporos podem apresentar ausência de reação (tons amarelos a rosados) ou forte reação ao Melzer (tons avermelhados). A reação é mais comum em espécies ectocárpicas e se restringe geralmente à camada evanescente, exceto em *Gl. fasciculatum* (<http://invam.caf.wvu.edu>), *Gl. caesaris* (Oehl et al. 2002) e *Gl. pansihalos* (Berch & Koske 1986), onde a reação ocorre na camada laminada. Entre as espécies ectocárpicas desse gênero

(*Gl. clavisporum*, *Gl. taiwanensis*, *Gl. sinuosum* e *G. glomerulatum*) normalmente não se observa a reação.

As descrições mais antigas não relatam se as espécies reagem na presença do Melzer, impedindo a comparação para esse caráter, principalmente na construção de chaves.

Para delimitação de espécies, também é importante saber qual das camadas de parede reage na presença do Melzer. As camadas que possuem plasticidade em resina, tais como a expansiva e a amorfa parecem apresentar características bioquímicas distintas. A reação em Melzer na camada amorfa é geralmente forte, com as camadas adquirindo coloração vermelho púrpura escuro, porém o estágio de desenvolvimento do esporo pode interferir na intensidade de coloração, visto que os glomerosporos jovens de *K. colombiana* podem apresentar fraca ou mesmo nenhuma reação. No caso da camada expansiva, a reação pode ser ausente (*Gl. pansihalos* e *Gl. spinuliferum*) ou presente (*Gl. caesaris* e *Gl. coronatum*), mostrando que a constituição química desta última camada é distinta da amorfa.

O gênero com menor número de caracteres morfológicos para identificação é *Glomus* e a reação ao Melzer, quando presente, é mais frequente na camada evanescente, como em *Gl. clarum* e *Gl. etunicatum* (Stürmer & Morton 1997), ausente na camada interna membranosa e rara na camada laminada (ex. *Gl. fasciculatum*).

Em relato mais recente, Oehl & Sieverding (2004) descreveram uma nova espécie esporocárpica, *Glomus aureum*, mencionando que uma substância amorfa (gelatinosa) presente entre os glomerosporos, no esporocarpo, reage fortemente em Melzer, adquirindo coloração púrpura. Essa substância amorfa reagindo ao Melzer apresenta-se como nova característica em representantes de Glomeromycota.

Relatos mais detalhados são mencionados para espécies de Acaulosporaceae e Gigasporaceae. A reação ao Melzer é freqüente nas camadas internas da parede do glomerosporo, principalmente no componente germinativo (*Ac. scrobiculata*; *Ac. foveata*; *Ac. mellea*; *Ac. excavata*; *Ac. bireticulata*; *Ac. tuberculata*), raramente ocorrendo no componente estrutural (*Ambispora appendicula*; *Acaulospora koskei*; *Scutellospora cerradensis* e *Sc. pellucida*). Em outras espécies não há reação evidente (*Acaulospora myriocarpa*, *Intraspora schenckii*, *Archaeospora trappei*).

Como a reação em Acaulosporaceae está normalmente ligada à camada mais interna do componente germinativo, a intensidade da reação depende da fase de desenvolvimento do esporo (Stürmer & Morton 1999a), por isso, esporos jovens reagem fracamente ou não reagem. Morton (1986a; 1986b) observou que a resina e preservantes modificavam a cor e a intensidade com que o reagente atuava na parede amorfa de *Ac. delicata*.

Na família Gigasporaceae (*sensu* Morton & Benny 1990), espécies de *Gigaspora* e *Scutellospora* estão atualmente bem documentadas quanto à reação ao Melzer. Morton (<http://invam.caf.wvu.edu>) descreve isolados de algumas espécies de *Gigaspora*, e em todas os glomerosporos reagem fortemente (vermelho – púrpura) em Melzer, não existindo variação interespecífica que possa ser usada como caráter para separação dessas espécies.

A reação ao Melzer pode ser influenciada por fatores ambientais, como hiperparasitismo (Morton 1988), principalmente quando ocorre no componente estrutural. Glomerosporos de representantes de *Glomus* são exemplos da variação de tons na camada evanescente.

Membros de Racocetraceae, Dentiscutataceae e Scutellosporaceae se assemelham a representantes de Acaulosporaceae pela estrutura da parede do glomerosporo, apresentando reação forte em Melzer, principalmente na camada mais interna do componente germinativo. Apenas em *A. koskei* a reação ao Melzer ocorre na terceira camada da componente estrutural. Porém, também pode ser observada reação no componente estrutural de muitos representantes gigasporóides: *Dentiscutata cerradensis* (Spain & Miranda 1996), *Racocetra weresubiae* (Koske & Walker 1986b), *Ra. fulgida* (Koske & Walker 1986b), *Ra. persica* (<http://invam.caf.wvu.edu>), *Ra. verrucosa* (<http://invam.caf.wvu.edu>), *R. castanea* (Walker et al. 1993), *Cetraspora pellucida* (Koske & Walker 1986b), *Ce. armeniaca* (Błaszkowski 1992), *Scutellospora arenicola* (Koske & Halvorson 1989), *Sc. nodosa* (Błaszkowski 1991), *Fuscutata heterogama* (Oehl et al., 2008) e *Fu. rubra* (Stürmer & Morton 1999b).

Koske & Walker (1986b) afirmaram que nem todos os glomerosporos de *Sc. weresubiae* e *Sc. pellucida* reagem ao Melzer. Existem duas possibilidades para explicar esse fato; (1) a cor foi usada para agrupar os glomerosporos e representantes de outras espécies podem ter sido incluídas na amostra (2) os glomerosporos poderiam estar em diferentes estádios de desenvolvimento, com os mais jovens não reagindo ao Melzer.

A maioria dos glomerosporos nas espécies de *Scutellospora* reage ao Melzer no componente germinativo, normalmente entre a quarta e a sétima camadas, assim como ocorre em espécies de *Acaulospora*.

A camada amorfa apresenta forte reação em Melzer (Morton 1986a) e essa característica deve-se provavelmente ao acúmulo de compostos que reagem ao iodo do reagente. Glomerosporos de *Dentiscutata biornata* apresentam uma camada laminada no componente estrutural que se expande no PVLG e quando esses glomerosporos são colocados em PVLG + Reagente de Melzer há forte reação nessa camada o que muitas vezes dificulta ou impede a observação das camadas mais internas da parede.

Berch (1986) observou isolados de uma mesma espécie diferindo na reação ao Melzer e mencionou que a variabilidade pode estar relacionada a alterações fisiológicas, causadas por estresse ambiental, acumulação de compostos de amônio, como mencionado também em Basidiomycetes e Ascomycetes (Morton 1988). Entretanto, a reação em Melzer tem sido usada para delimitar espécies de FMA. Blaszkowski et al. (2004) usaram a reação para distinguir *Gl. fasciculatum* de *Gl. aurantium* e *Gl. intraradices* de *Gl. xanthium*. Essas são comparações restritas, tendo em vista a ampla diversidade encontrada em *Glomerales*.

Problemas de interpretação dos caracteres morfológicos

Apesar dos avanços nos estudos morfológicos de FMA, mesmo com a contribuição tanto de dados ontogenéticos quanto ultraestruturais, algumas lacunas permanecem abertas, visto que em alguns casos a interpretação de algumas estruturas que compõem a parede dos esporos de FMA varia, dependendo da experiência de cada avaliador (Morton 1988).

As interpretações dos tipos de parede (*sensu* Walker), principalmente aquelas que são distinguíveis por características que podem apresentar grande variação, como: dimensão, coloração e consistência, além da elasticidade, causada pela resina, têm tornado confusa a identificação dessas estruturas, impedindo em alguns casos que se chegue a um consenso.

Por outro lado, as “paredes” evanescente, amorfa, unitária, membranosa e coriácea têm tido discrepantes interpretações pelos pesquisadores porque se mostram variáveis em isolados distintos ou até mesmo em um isolado (Walker & Vestberg 1998; Morton 1986 a, b; Morton 1988; Blaszkowski 1997). Morton (1988) afirma que *Acaulospora rugosa* Morton possui uma camada externa membranosa, e não unitária, como descrito anteriormente (Morton 1986a); além disso, essa camada é ausente em alguns esporos maduros, o que pode, em alguns casos, levar à interpretação de que se trata de uma camada evanescente.

Além dos problemas causados por diferentes interpretações, algumas descrições mais antigas precisam ser refeitas com base em critérios atuais, para facilitar os estudos taxonômicos. Reavaliando *Acaulospora bireticulata*, Blaszkowski (1997) observou que os glomerosporos dessa espécie apresentam uma camada coriácea na “parede” germinativa, enquanto a descrição original de Rothwell & Trappe (1979) menciona apenas a aparência flexível dessa estrutura. Morton (1988) observou que esporos fixados em PVLG apresentavam de duas a três “paredes”; contudo, Walker & Sanders (1986) encontraram seis “paredes” em *Scutellospora pellucida*.

Em 1991, Bentivenga & Hetrick mencionaram que esporos de *Glomus mortonii* Bentivenga & Hetrick apresentavam uma camada laminada imersa em material gelatinoso, caráter até então observado apenas nessa espécie. Mais tarde, quando Oehl & Sieverding (2004) descreveram *Glomus caesaris* Sieverd. & Oehl, afirmaram que a segunda camada laminada da parede dos esporos parecia apresentar essa característica.

Os trabalhos ontogenéticos complementam dados morfológicos sobre as espécies estudadas e servem também como base para uma nova proposta terminológica a ser usada nas descrições de novas espécies, principalmente para representantes de Acaulosporaceae e Gigasporaceae, sendo referida em estudos de desenvolvimento com espécies de *Scutellospora* por Franke & Morton (1994) e em Acaulosporaceae por Stürmer & Morton (1999b). Além disso, têm contribuído para elucidar a natureza da parede dos glomerosporos, esporocarpos e até do perídio em diferentes representantes de Glomeromycota, tais como: *Acaulospora*, *Entrophospora* (Stürmer & Morton 1997), *Gigaspora* (Franke & Morton 1994), *Glomus* (Giovannetti et al. 1991; Wu 1993; Wu & Sylvia 1993; Wu et al. 1995; Stürmer & Morton 1999b; de Souza & Berbara 1999), *Scutellospora* (Bentivenga & Morton 1995; Morton 1995; de Souza et al. 2005) e mais recentemente em *Archaeospora* (Hafeel 2001).

Morton & Redecker (2001) consideraram como semiflexíveis todas as camadas da parede dos glomerosporos de *Archaeospora trappei* (Ames & Lindermann) Morton & Redecker. Estudando aspectos ontogenéticos dessa espécie, Hafeel (2004) afirmou que a parede era composta de uma camada evanescente, unitária, e mais internamente, de uma camada coriácea, comentando que esporos velhos retêm a camada externa da parede, que pode, portanto, ser chamada de semipermanente.

Apesar dos avanços na taxonomia decorrentes de estudos ontogenéticos, alguns problemas foram encontrados em estudos posteriores, como por exemplo, a existência de algumas camadas na parede dos esporos de *Kuklospora colombiana* e *Scutellospora pellucida* (Stürmer & Morton 1999; <http://invam.caf.wvu.edu>), não referidas nos estudos de desenvolvimento dos glomerosporos efetuados por Stürmer & Morton (1999b) e Franke & Morton (1994). Em *E. colombiana* Stürmer & Morton (1999b) afirmaram que a parede do esporo (spore wall) é constituída apenas por duas camadas. Porém, Morton (<http://invam.caf.wvu.edu> – ano2007) afirmou que glomerosporos dessa espécie apresentam três camadas formando a parede estrutural. O mesmo pode ser observado com relação a *S. pellucida*. Enquanto Franke & Morton (1994) afirmaram que o componente estrutural é composto de duas camadas, Morton (<http://invam.caf.wvu.edu> - ano2007) confirma a existência de três camadas.

Estudos ontogenéticos e ultraestruturais ainda podem contribuir para a taxonomia, visto que aspectos morfológicos de algumas camadas de parede de certas espécies de FMA precisam ser elucidados, principalmente daquelas descritas antes das recomendações de Walker (1983).

Um dos principais problemas relacionados com os caracteres morfológicos é a interpretação de cada autor. Um exemplo recente pode ser visto no artigo de Oehl & Sieverding (2004), os quais afirmam que *Pacispora scintillans* e *P. dominikii* são espécies distintas, separadas morfológicamente pela espessura de uma das camadas da parede do glomerosporo. Por outro lado, Walker et al. (2004a) mencionam que as duas espécies na verdade são sinônimos, não havendo base morfológica que sustente essa separação. Entretanto, também observaram alta variação genética entre isolados dessas espécies e admitiram que a diversificação na sequência de *Pacispora scintillans* seria interespecífica. Se na interpretação não se levasse em conta essa idéia, provavelmente poderiam ser aceitas as duas espécies, que para Oehl (comunicação pessoal) continuam sendo distintas por características da parede.

A conclusão de Walker et al. (2004) parece ser mais fundamentada, visto que os argumentos mostrados por Oehl & Sieverding (2004) não são suficientes para delimitar espécies dentro de Glomeromycota, devido principalmente à plasticidade que esses organismos podem apresentar (Walker & Vestberg 1998). Ao validar o nome de *Pacispora scintillans*, Walker et al. (2007b) confirmaram *P. dominikii* como sinônimo. A sinonimização de *P. dominiki* com *P. scintillans* ainda é prematura, sendo necessários mais estudos moleculares para comprovar tais evidências.

Chaves para a identificação de espécies de FMA

Embora constituído por número reduzido de espécies, o filo Glomeromycota apresenta ampla diversidade estrutural. Porém, mesmo depois dos avanços, a identificação das espécies permanece tarefa difícil, exigindo muita experiência do observador, como destacado por Morton (1988) há 20 anos. Além disso, há carência de trabalhos que reúnam informações sobre as variações encontradas em representantes de uma mesma espécie, contribuindo para a construção de chaves de identificação acuradas.

Schenck & Pérez publicaram, em 1990, um manual que compila grande número de espécies, com chaves para identificação. Contudo, inúmeras descrições de novas espécies

foram disponibilizadas desde então. Além disso, as chaves incluídas no manual não apresentam, para muitas espécies, a estrutura da parede do esporo, considerada um dos mais importantes critérios morfológicos para identificação de FMA (Morton 1988).

Atualmente, as maiores bases de dados morfológicos, usando estudos a partir de fungos mantidos em potes de culturas vivas são disponibilizadas por Morton na página da International Culture Collection of Vesicular Arbuscular Mycorrhizal Fungi INVAM (<http://invam.caf.wvu.edu/taxonomy>) e por Blaszkowski (<http://www.agro.ar.szczecin.pl/~jblaszkowski/>). Porém, nenhuma chave de identificação está disponível para consulta nessas páginas eletrônicas.

Na literatura são encontradas algumas chaves restritas, tratando apenas de gêneros (Silva et al. 2005) ou espécies referidas em estudos ecológicos, ou comparativos entre novas espécies e as demais, morfológicamente próximas (Tandy 1975; Nicolson & Schenck 1979; Gerdemann & Trappe 1973; Walker & Trappe 1981; Berch & Fortin 1983; Schenck et al. 1984; Koske & Walker 1985; McGee 1986; Zhang & Wang 1991, Wu 1993; Oehl & Sieverding 2004; Oehl et al. 2006; Goto & Maia 2006b), faltando chaves mais amplas, como as formuladas por Hall (1984) e Schenck & Pérez (1990), que estão desatualizadas. A chave de identificação publicada por Hall (1984) envolve muitos gêneros que não formam micorriza do tipo arbuscular, e utiliza basicamente critérios que agrupam fungos semelhantes quanto à morfologia.

Assim, problemas para identificação de espécies de FMA persistem, principalmente porque técnicas moleculares vêm sendo usadas como base para a distinção de novos gêneros, tais como: *Archaeospora*, *Ambispora*, *Paraglomus*, *Pacispora*, *Diversispora* e *Otospora* (Morton & Redecker 2001; Oehl & Sieverding 2004; Walker & Schußler 2004; Walker 2008; Palenzuela et al. 2008), com espécies nem sempre morfológicamente distintas.

É evidente a dispersão dos dados taxonômicos e a falta de chaves para distinguir táxons de Glomeromycota, além da ausência de atualizações nos critérios morfológicos que podem, se incorporados em chaves amplas, ajudar a identificar de forma mais efetiva os gêneros e espécies desse diversificado grupo de fungos.

Conceito de espécie no Filo Glomeromycota

A discussão sobre o que é espécie passa por vários grupos de organismos desde procariontes (Rosselló-Mora & Amann 2001) até eucariontes com diferentes níveis de organização (Taylor et al. 2000; Mayr 2004). Há muito tempo o conceito de espécie tem sido explorado e discutido na biologia, principalmente no âmbito da Zoologia, onde a maior parte da base teórica foi construída (Mayr 1996; Mayr 2004). A botânica também fez contribuições valiosas na discussão dos diferentes conceitos de espécie por tratar grupos de espécies com naturezas distintas dos animais, contribuindo fortemente para a discussão dos conceitos de espécie para o reino Fungi.

Existem vários conceitos de espécie que exploram diversas características dos organismos, desde o morfológico até o filogenético, para tentar formar uma idéia concreta do que é uma espécie e que limites podem ser assumidos para que se torne um conceito aplicado aos estudos de campo. Essa tarefa, historicamente, tem sido bastante complicada, pois os diferentes conceitos têm apresentado “falhas” ou contra-argumentos que os tornam pouco acessíveis a estudos aplicados. Para exemplificar melhor essa problemática, há mais de 22 conceitos para definir espécie (Mayden 1997) e todos têm em comum apenas a capacidade de englobar informações restritas adequadas apenas a um ramo específico de estudo. Isso pode estar relacionado a um complexo questionamento levantado por Mayr (2004): “*será que diferentes tipos de organismos têm diferentes tipos de espécie?*”. Para Mayr (2004) isso parece particularmente verdadeiro já que parece clara a existência de espécies que se reproduzem assexuadamente e aquelas que são sexuadas. Se isso estiver correto, os diferentes conceitos empregados para espécie constituem um caminho plausível, pois explicariam naturezas diferentes para espécies com naturezas distintas, mas isso também acarreta uma consequente ausência de unificação, tantas vezes buscada pelos cientistas para essa unidade que compõe a diversidade.

Os conceitos tipológico e fenético, amplamente usados por taxonomistas considerados clássicos, têm sido usados para acessar a diversidade morfológica, e separar ou delimitar espécies, e essa prática é a mais freqüente também para os estudos com os FMA. Porém, tanto para animais (Mayr 2004) quanto para microrganismos parece claro que a variabilidade intraespecífica, em alguns casos, parece mais evidente do que a variação entre táxons reconhecidamente distinguíveis. Consequentemente, o conceito tipológico ou morfológico apresenta grande limitação teórica, mas geralmente tem sido o conceito mais operacional, ou seja, é o mais amplamente empregado para estudos de diversidade.

As discussões sobre conceito de espécie no filo Glomeromycota são recentes, pois além de haver poucos trabalhos que tratam especificamente desse assunto, esse grupo de

organismos apresenta várias peculiaridades, como reprodução exclusivamente assexual e glomerosporos multinucleados, sendo alguns desses núcleos geneticamente distintos (Hijri & Sanders 2005). O pioneiro nesse assunto foi Morton (1990), que considerou espécies de FMA como “*entidades evidentes, reconhecidas pela distribuição de caracteres fenéticos bem definidos e relacionados a descendentes comuns*”. O autor comenta ainda que “*espécies são consideradas entidades históricas com populações clonais como unidades fundamentais das mudanças evolucionárias*”. Essas correspondem às únicas definições de espécie para FMA até o momento, mostrando o quase completo desinteresse em se definir o que é uma espécie no filo Glomeromycota. Porém as definições empregadas por Morton (1990) agregam apenas dois conceitos de espécie: o fenético e o evolucionário.

Morton (1990) relacionou os principais e mais amplos conceitos de espécie (biológico, ecológico, fenético e evolucionário), com as características dos FMA. Dentro desse contexto, afirmou: o conceito biológico de espécie não se aplica aos FMA pela ausência de reprodução sexuada no grupo; o conceito ecológico é aplicável, pois esses fungos ocupam um nicho coletivo ou uma zona adaptativa, porém atualmente há dados que inferem forte relacionamento dos FMA com *Geosiphon*, fungo que forma simbiose com cianofíceas, e consequentemente essa teoria não parece mais aplicável ao grupo; o conceito fenético é comumente utilizado no grupo (que tem base conceitual tipológica), pois foi e é usado como base para a taxonomia do grupo; e o conceito evolucionário é amplo, aplicável aos FMA, porém sem nenhuma influência prática para os estudos dentro do grupo. De todos os conceitos abordados por Morton (1990), apenas o fenético e o evolutivo parecem abrigar a natureza desses organismos.

Alguns argumentos utilizados por Morton (1990) podem hoje ser mais discutidos, principalmente se comparados com novos dados filogenéticos. Morton afirmou que (i) o mutualismo se originou entre plantas terrestres que se reproduziam assexuadamente e Zygomycetes, porém, atualmente tem sido aceito que os FMAs, recentemente no Filo Glomeromycota, tiveram origem em um ancestral comum com os Ascomycetes e Basidiomycetes ao invés de um Zygomycetes; (ii) a especiação dos FMA ocorreu enquanto o mutualismo evoluiu e se espalhou entre as linhagens de plantas em radiação; o problema nesse caso é interpretar como se deu essa especiação uma vez que especificidade de hospedeiro não é comum nesse grupo de fungos; (iii) espécies persistiram através do tempo, da origem até os dias atuais, relativamente sem mudança no fenótipo dos esporos e com taxa de extinção zero; essa especulação parece particularmente verdadeira uma vez que a estabilidade fenotípica é evidente; além disso, a segregação dos principais gêneros parece ter

ocorrido durante o início do processo evolutivo do grupo (Taylor et al. 1995; Philipps & Taylor 1996; Redecker et al. 2002; Dotzler et al. 2006). Por outro lado, taxa de extinção zero significa dizer que durante os milhares de anos de evolução do grupo praticamente não houve perda genética.

Esses argumentos devem ser confrontados com os dados moleculares, fisiológicos e morfológicos que atualmente têm papel determinante na sistemática do grupo. Além disso, é essencial discutir, no contexto atual, o conceito filogenético de espécie, já que a classificação adotada pela comunidade científica é baseada, exclusivamente, na sequência do rDNA (Schuessler et al. 2001; Silva et al. 2006; James et al. 2006; Hibbet et al. 2007).

Algumas espécies de *Gigaspora* podem, inclusive, ter surgido a partir do cruzamento de duas espécies distintas, já que algumas das diferentes linhagens de genes ribossomais encontradas eram semelhantes em mais de duas espécies (de Souza et al. 2004; de Souza 2005). Considerar a assexualidade no filo Glomeromycota é o mesmo que confrontar a teoria evolutiva já que organismos clonais teriam taxa de extinção acelerada (Judson & Normark 1996). Esses dados parecem mostrar que há intercruzamento entre representantes de Glomeromycota, abrindo espaço para a discussão do conceito biológico de espécie. Porém, essa possível recombinação pode não ser determinante para o grupo já que são restritos os dados em outros gêneros (Giovanetti et al. 2003).

A ausência de especificidade de hospedeiro quanto à formação da simbiose micorrízica dá uma falsa idéia de que o grupo seria pouco diverso já que o mecanismo de especificidade poderia ser co-responsável pelo processo de especiação na história evolutiva, principalmente durante a radiação das plantas terrestres. Porém, de Souza et al. (2008) acreditam que o desempenho tem papel determinante dentro do processo evolutivo do filo Glomeromycota como na seleção natural e no mecanismos básicos de evolução. Se isso realmente for usado como mecanismo base para a especiação do grupo então o que hoje é considerado espécie (nesse caso seguindo o conceito morfológico) será invalidado e os isolados com desempenhos (performances) diferentes quanto à resposta ao hospedeiro terão papel determinante na ampliação da diversidade desse grupo de fungos, pois hoje está evidente que isolados considerados da mesma morfoespécie podem apresentar comportamento distinto em relação à mesma planta. Sendo assim, caberia inferir um conceito de espécie baseado no desempenho, o que também recairia na problemática geral de enquadrar um ramo específico de classificação, também deixando de unificar o conceito de espécie.

Cracraft (1983) definiu filogeneticamente a espécie como “o *menor grupo diagnosticável de organismos individuais dentro dos quais existe um padrão de ancestralidade e descendência*”. Parece muito mais simples agrupar espécies dessa forma, pois os agrupamentos usados parecem concisos e as mudanças na sequência dos genes podem ser reconhecidas antes de ocorrer a alteração de comportamento ou morfológica, porém o problema está na subjetividade dos parâmetros para delimitar esses organismos (Taylor et al. 2000).

Considerar o conceito filogenético de espécie significa agregar valor irrestrito à informação contida no DNA, então se conclui que espécie nada mais é do que a informação contida nessa molécula. Sendo assim, espécie pode ser considerada a unidade evolutiva que carrega a informação genética que a caracteriza, independente de um critério tipológico, uma vez que o tipo nada mais é do que a representação morfológica de um organismo em um determinado momento dentro do espaço e do tempo.

Se o DNA é a molécula que define a espécie, e que sofre as alterações, sendo dinâmica do ponto de vista evolutivo, então o conceito filogenético é o mais correto, pois infere a informação contida no DNA durante um período do processo evolutivo. Além disso, seguindo essa premissa os outros conceitos de espécie refletem apenas o que é regido pelo código genético. Outro ponto de vista a ser levado em consideração é que o DNA carrega a história evolutiva do organismo relacionada a fatos históricos evolucionários, abrindo espaço para agregar o critério evolucionário ao filogenético de espécie, sendo o primeiro extremamente amplo e de pouca aplicabilidade prática (Mayr 2004).

Nesse contexto, o conceito de cronoespécie também pode ser aplicado pois as espécies ou táxons filogenéticos podem potencialmente mudar ao longo do tempo, e essas mudanças podem gerar um novo táxon específico. Porém, esse conceito está basicamente ligado a uma evolução filética não necessariamente relacionada a um processo específico de especiação, mas apenas na mudança genética (intrínseca) de uma linhagem. A grande discussão nesse conceito está em como inferir os limites entre uma linhagem antiga (espécie) de uma nova (novo táxon). Registros fósseis podem ser considerados exemplos de cronoespécies, pois não há como saber se a linhagem que existia anteriormente é ou não ser similar às atuais e assim arbitrariamente são criadas novas espécies e até novos gêneros para classificar esses organismos. No filo Glomeromycota existem registros fósseis com morfologias muito semelhantes às dos principais gêneros atuais como *Glomytes* e *Palaeoglomus* (= *Glomus*), *Gigasporitis* (= *Gigaspora*), *Scutellosporitis* (= *Scutellospora*) (Taylor et al. 1995; Phipps & Taylor 1996; Redecker et al. 2002; Doztler et al. 2006).

Entender e confrontar dados sobre espécies, além de inferir aplicabilidade desses conceitos para estudos ecológicos, genéticos, filogenéticos é extremamente difícil no momento. Hull (1970) já afirmava que nenhuma definição de espécie complementa utilidades teóricas e operacionais para descrever uma completa variação de fenômenos biológicos e isso parece se refletir até hoje (Taylor et al. 2000), podendo ser considerado ainda mais agravado pelo advento das técnicas filogenéticas, considerando que isolados de uma mesma espécie fenética têm mostrado diferenças genéticas marcantes (Schuessler et al. 2001).

A conceituação de espécie no filo Glomeromycota parece estar atualmente relacionada ao princípio filogenético, contudo as diferentes linhagens de genes ribossomais em um único glomerosporo (espécie fenotípica) constituem indicação de que a complexidade nesse grupo parece ser muito maior do que a observada morfológicamente. Entretanto, sugerir que o conceito filogenético é aplicável ao filo não significa corroborar a hipótese de que a diversidade morfológica no grupo é restrita, mas concordar que esta tem de ser tratada de forma ampla, em uma taxonomia integrativa, como sugerido por Dayrat (2005), objetivando incorporar subsídios práticos para delimitação de espécies ou das unidades do processo evolutivo.

Uma proposta teórica recente tem sugerido que os organismos com reprodução clonal (assexuada) não apresentam unidades ou indivíduos e nem propriamente espécies, constituindo uma coleção de microespécies com cada unidade ou indivíduo propagando sua própria linhagem (Coyne & Orr 2004). Isso parece ser uma solução pouco eficiente para o reino Fungi de modo geral, pois os princípios empregados são similares para a conceituação de espécie, porém em uma escala menor. Ainda relacionado a essa hipótese, a espécie corresponde apenas a um conjunto de indivíduos que apresentam características próprias que os tornam reconhecíveis de outras espécies, e a perpetuação ou a manutenção em um sistema é representada pelas unidades que compõem essa entidade (espécie) e que tem o papel biológico de manter-se vivas. A designação de “coleção de microespécies” parece apenas um novo sinônimo para indivíduo, pois há papel similar para os indivíduos em organismos com reprodução sexual. Além disso, essa teoria implica em agregar grande importância, no processo evolutivo do grupo, à capacidade adaptativa dessas unidades dentro da longa história evolutiva, o que também é contraditório, uma vez que organismos clonais são considerados escândalos evolutivos (Judson & Normark 1996). Se confrontada com a hipótese de Morton (1990) o qual considerou que a taxa de extinção seria igual a zero então o que teríamos hoje seria um cenário muito mais diverso do que o observado, pois haveria uma quantidade muito maior de linhagens que tiveram muito tempo, devido à longa história

evolutiva do grupo, para que as modificações genéticas fossem incorporadas ao desempenho e à morfologia. Caso o cenário seja inverso, ou seja, não haja grande capacidade adaptativa dessas unidades ou linhagens (microespécies) por um longo período, devido a uma baixa taxa de mutação (por ser um organismo clonal) e, conseqüentemente, a taxa de extinção não seja a postulada por Morton (1990), então a diversidade talvez seja realmente próxima à observada atualmente.

Do ponto de vista prático, o conceito de microespécie proposto por Coyne & Orr (2004) pode ser extrapolado para o Filo Glomeromycota, onde cada glomerosporo pode desempenhar um papel similar ao de uma população cuja unidade básica seria o núcleo. Se há diversidade, ou seja, um conjunto de núcleos aparentemente diferentes dentro de cada glomerosporo, então parece possível que um único esporo seja responsável pela manutenção de várias linhagens (nesse caso de núcleos) e não apenas de uma (Rosendahl 2008; Coyne & Orr 2004), que podem eventualmente ser selecionadas dentro do processo evolutivo. Se isso for possível (considerando os Glomeromycetes como organismos exclusivamente assexuados) então as questões que devem ser levantadas são: Como ocorre o processo de especiação nuclear? Como os núcleos com mutações deletérias são excluídos do conjunto genômico? Quais genes são passíveis de mutação já que está claro que os genes envolvidos na formação da simbiose micorrízica são estáveis e aparentemente preservados?

Toda a problemática referente ao conceito de espécie nesse caso se dá pela assexualidade dos Glomeromycetes, impossibilitando a aplicação do conceito biológico de espécie. Mayr (2004) afirma que espécies clonais são organismos classificados arbitrariamente com base exclusivamente fenética o que ainda é uma verdade, apesar de haver evidências moleculares que tem confirmado dados morfológicos. Nesse contexto, seria plausível pensar em um conceito que abrigue espécies sexuadas e assexuadas. Entretanto, Mayr (2004) é categórico em sua afirmação de que *“qualquer tentativa de propor um conceito aplicável para organismos sexuais e assexuais perderá a característica que rege o conceito biológico de espécie que é a manutenção do acervo harmonioso dos genes”*.

É evidente que organismos clonais são evolutivamente um mistério, principalmente os FMA (Glomeromycota) que aparentemente evoluíram clonalmente durante um longo período de tempo (Rosendahl 2008). Porém, Morton (1990) evidencia algumas vantagens que o desenvolvimento clonal pode ter causado a esse grupo particular de fungos, entre as quais a manutenção de organismos que preservaram e fixaram um genótipo eficiente para a formação da simbiose, somada à natureza assexuada das plantas durante o período de colonização do ambiente terrestre (hipótese de surgimento do filo Glomeromycota), o que pode estar

relacionado à alta eficiência desses organismos na formação da simbiose. Essa hipótese parece plausível uma vez que as plantas aparentemente formam um grupo monofilético (Bateman et al. 1998) e apenas algumas das famílias com origem mais recente não formam associação micorrízica (Smith & Read 1997; Moreira & Siqueira 2006).

Essa discussão parece consistente, pois dados recentes têm mostrado que vegetais incapazes de fotossintetizar também formam micorriza com fungos Glomeromycota, enfatizando ainda mais a capacidade adaptativa desses fungos e a alta estabilidade dos genes responsáveis pela formação da simbiose (Merkx & Bidartondo 2008).

As questões agora são: caracteres morfológicos não são válidos ou não podem ser correspondentes a táxons distintos? De forma geral os dados moleculares atuais estão corroborando o conceito morfológico de espécie, com poucas divergências. Também é evidente que os caracteres morfológicos podem perder a força com a exploração da filogenia, principalmente com o estudo de organismos chaves tais como os que apresentam morfologia similar e genética distinta. Apesar da discussão tender a uma visão filogenética do conceito de espécie, para fungos de forma geral, parece distante uma conclusão principalmente para Glomeromycota, considerado inclusive um grupo misterioso (Rosendahl 2008) cuja particularidade morfológica e genética parece reacender a discussão do que pode e do que não pode ser uma espécie.

Parece claro que a alta diversificação dos organismos vivos também é evidente nos FMA e consequentemente uma definição do conceito de espécie que solucione questões teóricas e práticas ainda está distante de ser estabelecida. Mas, por outro lado, fica evidente que a pergunta feita por Mayr (2004): “organismos distintos representam espécies distintas?” parece plausível e uma conceituação de espécie que utilize como base a biologia desses fungos também parece consistente.

Os processos relacionados à evolução, como a especiação, estão fortemente relacionados com a conceituação de espécie e têm implicações evidentes nas práticas taxonômicas. As descrições de novas espécies (para fungos), com base em um conceito morfológico, têm empregado apenas o método descritivo, sem explorar ramos interessantes da ocorrência das espécies, o que permitiria discutir aspectos biogeográficos que são uma base sólida para entender processos evolutivos, como a especiação.

Entender esses processos pode ser útil na descoberta de espécies chaves ou grupos chaves que estejam sob processo de especiação. Um exemplo prático é a descrição de subespécies que podem eventualmente se tornar espécies de fato (Mayr 2004). Descrições de pequenas variações fenéticas podem indicar uma expressão de genes modificados ou em

processo de mudança, o que seria equivalente à primeira etapa do “quantum evolutivo” (Morton 1990), onde um grupo de organismo pode entrar em desequilíbrio com os demais representantes do grupo (espécie). Por consequência essa subespécie pode vir a se tornar uma espécie legítima, distinta da linhagem parental. Essas indicações podem originar uma discussão mais detalhada do processo de especiação principalmente para fungos. Isso se aplicaria de forma mais reducionista para os FMA, pois subespécies não são comuns nesse grupo; porém, pequenas variações morfológicas são observadas para isolados geograficamente distintos (Walker & Vestberg 1998; Blaszkowski 1997; Goto et al. 2008). Nesse contexto, a discussão anterior sobre o desempenho também pode trazer novas informações no âmbito evolutivo.

As recentes mudanças taxonômicas no filo Glomeromycota levam às seguintes conclusões: (1) descrever novas espécies, principalmente com glomerosporos glomóides, tornou-se tarefa difícil, devido à diversificação dessa morfologia glomóide aparentemente primitiva estar relacionada a dados moleculares divergentes; (2) descrições de novas espécies, excetuando aquelas com esporos glomóides, podem ser publicadas com base em dados morfológicos apenas devido à geral concordância entre dados morfológicos e moleculares, porém esses últimos são essenciais para inferir filogenia; (3) essas dificuldades podem subestimar ainda mais a diversidade nesse filo, visto que muitas áreas, principalmente em países tropicais ou com características endêmicas, ainda estão em processo de exploração; (4) novas mudanças serão propostas devido aos avanços nos estudos dos caracteres morfológicos e principalmente dos genes; (5) a segregação de novos gêneros será acompanhada de argumentos morfológicos mais detalhados, com raras exceções, como em *Diversispora*; (6) construir chaves para identificação de espécies é uma tarefa difícil e pouco esforço tem sido feito nesse sentido, sendo necessário agrupar maior número de dados para a construção dessas chaves; (7) definição de famílias com base apenas em dados morfológicos como Entrophosporaceae não terá espaço na classificação do filo Glomeromycota; (8) a exploração de novas fronteiras como regiões montanhosas, pantanosas, áridas, semi-áridas ou com comunidades de plantas endêmicas é potencialmente relevante para o conhecimento da diversidade desse filo; (9) a descoberta de novas espécies e gêneros ampliará a visão sobre os caracteres morfológicos que serão explorados na taxonomia do grupo; (10) nas descrições de novas espécies devem ser usados nomes que caracterizem morfológicamente os fungos, a menos que o nome para o principal caráter da espécie descrita já tenha sido utilizado; (11) conceituar espécie no filo Glomeromycota parece ser uma tarefa ainda mais difícil do que nos

demais grupos de fungos, pois há uma série de particularidades que dificultam o emprego eficiente de um dos conceitos atuais.

Segundo Oehl (comunicação pessoal) em breve as estruturas especializadas de germinação encontradas em muitos gêneros (*Acaulospora*, *Archaeospora*, *Kuklospora*, *Intraspora*, *Entrophospora*, *Pacispora*, *Otospora* e *Scutellospora*) terão papel decisivo na classificação e identificação genérica do filo Glomeromycota como, por exemplo, a segregação de cinco gêneros e três famílias a partir de espécies de *Scutellospora* (Oehl et al. 2008). Essa mesma tendência deve se refletir para membros de Acaulosporaceae, Entrophosporaceae, Archaeosporaceae, Diversisporaceae e Ambisporaceae uma vez que todas apresentam espécies com estruturas especializadas de germinação denominadas “orb”. Porém, nessas famílias a dificuldade será ainda maior juma vez que os orbs são de difícil observação e poucos dados estão disponíveis.

Material e métodos

Foram examinados espécimens representantes de todas as ordens que compreendem o filo Glomeromycota e para isso utilizou-se material coletado aleatoriamente em diversos ecossistemas, principalmente no Brasil, porém material proveniente da Argentina, Venezuela, Cuba e Suíça também foram estudados ao longo dos últimos cinco anos. Além do material coletado em campo, culturas armadilhas, cultivos puros em potes ou cultivos *in vitro* provenientes de coleções (UFPE e EMBRAPA-Agrobiologia) além de material herborizado foram também examinados.

Áreas de coleta: As coletas de solo foram oriundas de áreas de dunas impactadas por mineração (Mataraca, Paraíba), áreas de Floresta de Araucária (SP), áreas de Caatinga impactadas por mineração em Belo Jardim (PE), áreas de Caatinga preservada (Buíque, Caruaru, Serra Talhada, Petrolina, Araripina (PE); Senhor do Bonfim (BA) Seridó (RN); Parque Nacional das Sete Cidades (PI), áreas de Mata Atlântica (Usina São José, Igarassu, Mata de Gurjaú, Jaboatão dos Guararapes (PE), áreas de Campos Rupestres (Serra do Cipó, MG), áreas cultivadas com mangabeira (Goiana, PE), cajueiro (CE), cana-de-açúcar (Igarassu, PE), algodão (Dois Irmãos, PE), Batata Doce (Dois Irmãos, PE), Maracujá amarelo (Limoeiro, PE).

Material analisado: Foram avaliados ainda materiais herborizados cedidos como, por exemplo: *Gl. australe* e *Gl. fasciculatum* cedidos pelo FH (Fallow Herbarium), *Gl. liquidambaris* emprestado Herbário da University of Florida (FL), *Gl. antarcticum* proveniente do Herbário da Universidad de Buenos Aires, *Gl. spinuliferum* cedido pelo herbário da University of Basel (Z+ZT). Além disso, materiais herborizados e cedidos por outros grupos de pesquisa no Brasil também fizeram parte das análises, como por exemplo: esporocarpos de *Gl. coremioides* cedido pelo Prof. José Luiz Bezerra e provenientes de áreas Mata Atlântica adjacentes a plantações de Cacau (CEPLAC, Bahia), *Gl. fulvum* enviado pelo pesquisador Vagner Cortez (Rio Grande do Sul) e provenientes de Mata Atlântica Semi-decidual, *Acaulospora koskei* e *Ac. birreticulata* enviadas por Milene Moreira (IAC) provenientes de áreas de Floresta de Araucária em São Paulo. Além disso, glomerosporos da coleção pessoal do Prof. Fritz Oehl foram determinantes para ampliar as análises dentre eles estão: *Gl. spinuliferum*, *Gl. badium*, *Gl. constrictum*, *Gl. etunicatum*, *Gl. fasciculatum*, *Gl. macrocarpum*, *Gl. rubiforme*, *Gl. verruculosum*, *Gl. clarum*, *Gl. coronatum*, *Gl. aureum*, *Gl. sinuosum*, *Pa. franciscana*, *Pa. robigina*, *Pa. boliviana*, *Ac. alpina*, *Ac. birreticulata*, *Ac. lacunosa*, *Ac. cavernata*, *Ac. elegans*, *Ac. koskei*, *Ac. paulinae*, *Ac. scrobiculata*, *Am. appendicola*, *Ku. colombiana*, *Ku. kentinensis*, *En. infrequens*, *En. baltica*, *Qu. erytropa*, *Ra. castanea*, *Ra. gregaria*, *Fu. heterogama* e *De. nigra*, Espécies de *Glomus* (*Gl. atrouva*, *Gl. cuneatum* e *Gl. pellucidum*) da Austrália provenientes da coleção do Prof. Peter McGee também foram analisadas. Material tipo de *Scutellospora minuta*, *Sc. alborosea*, *Sc. trycalipta*, *Sc. savvanicola*, *Sc. crenulata* e *Gl. brohultii* emprestados pela Universidad de Havanna (HAC) também foram analisados. *Glomus proliferum*, *Gl. clarum* e *De. reticulata* são espécies avaliadas a partir de cultivos *in vitro*. *Glomus proliferum* foi cedido por Ricardo Luis Louro Berbara da UFRRJ durante visita em 2008. *Glomus clarum* e *De. reticulata* foram cedidos por Francisco Adriano de Souza da Embrapa Agrobiologia do Rio de Janeiro durante visita técnica em 2008.

Extração dos esporos e montagem das laminas: Glomerosporos foram extraídos do solo por peneiramento úmido (Gerdemann & Nicolson 1963) seguido por centrifugação em água e sacarose (50%) (Jenkins 1964). Após a extração os glomerosporos foram separados em estereomicroscópio (Zeiss 320x de aumento) sob luz incidente e transmitida por diferenças em cor e tamanho e montados entre lâmina e laminula com água, PVLG (Álcool polivinílico e lactoglicerol) ou PVLG + Reagente de Melzer (Schenck & Pérez 1990). Após a montagem as laminas identificadas eram acondicionadas em caixas fechadas ou bandejas cobertas sob

temperatura ambiente para posterior análises. A quebra dos glomerosporos para as análises da estrutura da parede era realizada após 48 horas em média para proporcionar melhor secagem e facilitar a manipulação das lamínulas sem que houvesse transbordamento da resina (PVLG), principalmente quando misturada ao Reagente de Melzer. Em geral, após análises dos glomerosporos as lamínulas não eram celadas com esmalte para facilitar análises futuras caso houvesse secagem da resina. Apenas as laminas depositadas no herbário URM da Universidade Federal de Pernambuco foram celadas com esmalte incolor. A análise dos glomerosporos foi realizada em microscópio de luz da Zeiss modelo Axioskop 40 e as fotomicrografias no mesmo microscópio com camera de 10megapixel Canon PowerShot A640.

Culturas armadilhas: Foram preparadas culturas armadilhas para a captura e isolamento de algumas espécies de FMA provenientes de diferentes áreas. Em geral, potes plásticos com capacidade para 500 mL com amostras de solo do campo foram levados a casa de vegetação do laboratório de Micorrizas da Universidade Federal de Pernambuco por 4 meses, tendo como plantas hospedeiras o amendoim (*Arachis hypogaea* L.) e o sorgo granífero (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) cultivar IPA-7301011. Geralmente três ciclos de multiplicação dessas culturas em casa de vegetação, cada um entre três ou quatro meses, durante esse período as plantas foram regadas em dias alternados.

Chaves de identificação de gêneros e espécies

As espécies de FMA incluídas nas chaves foram selecionadas por apresentar caracteres morfológicos suficientes para sua distinção das demais. As informações morfológicas de cada espécie foram obtidas, quando possível, dos sites <http://invam.caf.wvu.edu/taxonomy> e <http://www.agro.ar.szczecin.pl/~jblaszkowski/>, com intuito de homogeneizar os dados. Para espécies que não constavam desses bancos de informações, os caracteres foram retirados do Manual de Identificação de Schenck & Pérez (1990) ou consultando os trabalhos originais. Não constam nas chaves as espécies cuja descrição não inclui a estrutura da parede do esporo, ou outra característica marcante para distingui-la das demais. Devido ao fato das mudanças na classificação do filo Glomeromycota estarem baseadas em dados moleculares, alguns gêneros não são separados por características morfológicas e por essa razão as chaves disponibilizadas para esses táxons são restritas.

Caracteres morfológicos adotados nas chaves

Os principais caracteres adotados para separar as espécies de FMA na chave seguiram uma ordem de estabilidade, sendo caracteres primários: ornamentação (presença, ausência e tipo) e estrutura da parede do esporo (presença ou ausência de componente germinativo, número e aparência de camadas e seu arranjo na parede do glomerosporo). Como caracteres secundários, assim designados por apresentar maior variação, foram considerados: dimensão dos esporos e esporocarpos e das camadas que compõem a parede do esporo (geralmente adotados quando não havia sobreposição entre as espécies avaliadas, ou quando as médias eram distintas, ou ainda quando não havia outros caracteres primários para distinção entre espécies); coloração dos esporos e esporocarpos, (geralmente usados para separar grupos menores dentro das chaves). A coloração foi utilizada quando eram distintas, por exemplo, quando comparados esporos hialinos a amarelados com esporos marrons a pretos, com exceção apenas do gênero *Gigaspora*, onde os caracteres primários se sobrepõem.

Grupos taxonômicos dentro do gênero *Glomus*

As sugestões de grupos dentro de *Glomus* têm como objetivo facilitar a identificação de espécies às vezes morfológicamente semelhantes. A seleção desses grupos é artificial e meramente prática, sem cunho filogenético; os dados foram baseados em caracteres morfológicos estáveis, compartilhados por alguns representantes do gênero, com o intuito de restringir o número de espécies em cada grupo. Apesar dessa tentativa de agrupamento discriminatório entre espécies, algumas podem ser encontradas em grupos distintos, principalmente quando o caráter selecionado para separar o grupo for facultativo na espécie.

Resultados e discussão

Foram examinados no total 105 espécies de fungos micorrízicos arbusculares, com representantes de todas as ordens e famílias do filo Glomeromycota, com exceção apenas de *Geosiphonaceae* (Tabela 07). Na família *Acaulosporaceae* foram examinados isolados de 22 espécies, sendo duas de *Kuklospora* e 20 de *Acaulospora*. Em *Gigasporaceae* e *Scutellosporaceae* representantes de três e quatro espécies foram examinadas,

respectivamente. De *Racocetraceae* e *Dentiscutataceae* foram estudados, respectivamente, 11 e 10 representantes. Em *Diversisporaceae* e *Archaeosporaceae* foram observados isolados de *Diversispora spurca* e *Archaeospora trappei*. Em *Paraglomeraceae*, foram estudados exemplares de *Paraglomus brasilianum* e *Pa. occultum* e em *Ambisporaceae* foram examinados representantes de três espécies. De *Pacisporaceae* foi estudado material de quatro espécies e *Glomeraceae* foi a família mais representada, com o exame de isolados de 40 espécies.

Tabela 07. Lista de espécies cujos caracteres morfológicos foram revisados.

ESPÉCIES

Acaulosporaceae

Acaulospora alpina Oehl, Sykorova & Sieverd.

Ac. bireticulata F.M. Rothwell & Trappe

Ac. cavernata Blaszk.

Ac. delicata C. Walker, C.M. Pfeiffer & Bloss

Ac. denticulata Sieverd. & S. Toro

Ac. elegans Trappe & Gerd.

Ac. excavata Ingleby & C. Walker

Ac. foveata Trappe & Janos

Ac. koskei Blaszk.

Ac. lacunosa J.B. Morton

Ac. longula Spain & N.C. Schenck

Ac. mellea Spain & N.C. Schenck

Ac. morrowiae Spain & N.C. Schenck

Ac. myriocarpa Spain, Sieverd. & N.C. Schenck

Ac. paulineae Blaszk.

Ac. rehmi Sieverd. & S. Toro

Ac. scrobiculata Trappe

Ac. spinosa C. Walker & Trappe

Ac. tuberculata Janos & Trappe

Ac. undulata Sieverd.

Acaulospora sp1.

Acaulospora sp2.

Kuklospora colombiana (Spain & N.C. Schenck) Oehl & Sieverd.

Ku. kentinensis (Wu & Liu) Oehl & Sieverd.

Ambisporaceae

Ambispora appendicola (Spain, Sieverd., N.C. Schenck) Spain, Oehl & Sieverd.

Am. gerdemannii (N.C. Schenck & T.H. Nicholson) Spain, Oehl & Sieverd.

Am. brasiliensis B.T. Goto, L.C. Maia & Oehl

Archaeosporaceae

Archaeospora trappei (R.N. Ames & Lindeman) J.B. Morton & Redecker emend. Spain

Diversisporaceae

Diversispora. spurca (C.M. Pfeifer, C. Walker & Bloss) C. Walker & A. Schüssler

Entrophosporaceae

Entrophospora baltica Blaszk., Madej & Tadych

En. infrequens (I.R. Hall) R.N. Ames & Schneid. emend. Oehl & Sieverd.

Gigasporaceae

Gigaspora albida N.C. Schenck & G.S. Sm.

Gi. decipiens I.R. Hall & L.K. Abbott

Gi. gigantea (T.H. Nicholson & Gerd.) Gerd. & Trappe

Glomeraceae

Glomus aggregatum N.C. Schenck & G.S. Sm. emend. Koske

Gl. ambisporum G.S. Sm. & N.C. Schenck

Gl. antarcticum Cabello

Gl. atrouva McGee & Pattinson

Gl. aureum Oehl & Sieverd.

Gl. australe (Berck.) S.M. Berch

Gl. badium Oehl, D. Redecker & Sieverd.

Gl. brohultii Sieverd. & Herrera

Gl. caledonium (T.H. Nicolson & Gerd.) Trappe & Gerd.

Gl. clarum T.H. Nicolson & N.C. Schenck

Gl. clavisporum (Trappe) R.T. Almeida & N.C. Schenck

Gl. constrictum Trappe

Gl. coronatum Giovann.

Gl. coremioides (Berk. & Broome) D. Redecker & J.B. Morton

Gl. cuneatum McGee & A. Cooper

Gl. etunicatum W.N. Becker & Gerd.

Gl. fasciculatum (Thaxt.) Gerd. & Trappe emend. C. Walker & Koske

Gl. fulvum (Berk. & Broome) Trappe & Gerd.

Gl. glomerulatum Sieverd.

Gl. halonatum S.L. Rose & Trappe

Gl. heterosporum G.S. Sm. & N.C. Schenck

Gl. intraradices N.C. Schenck & G.S. Sm.

Gl. invermaium I.R. Hall

Gl. liquidambaris (C.G. Wu & Z.C. Chen) R.T. Almeida & N.C. Schenck ex Y.J. Yao

Gl. macrocarpum Tul. & C. Tul.

Gl. microcarpum Tul. & C. Tul.

Gl. mosseae (T.H. Nicolson & Gerd.) Gerd. & Trappe

Gl. multiforum Tadych & Blaszk.

Gl. pellucidum McGee & Pattinson

Gl. proliferum Dalpé & Declerck

Gl. rubiforme (Gerd. & Trappe) R.T. Almeida & N.C. Schenck

Gl. sinuosum (Gerd. & B.K. Bakshi) R.T. Almeida & N.C. Schenck

Gl. spinuliferum Sieverd. & Oehl

Gl. taiwanense (C.G. Wu & Z.C. Chen) R.T. Almeida & N.C. Schenck ex Y.J. Yao

Gl. tortuosum N.C. Schenck & G.S. Sm.

Gl. verruculosum Blaszk.

Glomus sp1.

Glomus sp2.

Glomus sp3.

Pacisporaceae

Pacispora boliviana Sieverd. & Oehl

Pa. franciscana Sieverd. & Oehl

Pa. robigina Sieverd. & Oehl

Pacispora sp.

Paraglomeraceae

Paraglomus brasilianum (Spain & J. Miranda) J.B. Morton & D. Redecker

Pa. occultum (C. Walker) J.B. Morton & D. Redecker

Scutellosporaceae

Scutellospora aurigloba (I.R. Hall) C. Walker & F.E. Sanders

Sc. calospora (T.H. Nicolson & Gerd.) C. Walker & F.E. Sanders

Sc. crenulata R.A. Herrera-Peraza, Cuenca & C. Walker

Sc. pernambucana Oehl, D.K Silva, N. Freitas & L.C. Maia

Sc. tricalypta (R.A. Herrera & Ferrer) C. Walker & F.E. Sanders

Racocetraceae

Racocetra alborosea (Ferrer & R.A. Herrera) Oehl, F.A. de Souza & Sieverd.

Ra. castanea (C. Walker) Oehl, F.A. de Souza & Sieverd.

Ra. coralloidea (Trappe, Gerd. & I. Ho) Oehl, F.A. de Souza & Sieverd.

Ra. fulgida (Koske & C. Walker) Oehl, F.A. de Souza & Sieverd.

Ra. gregaria (N.C. Schenck & T.H. Nicolson) Oehl, F.A. de Souza & Sieverd.

Ra. minuta (Ferrer & R.A. Herrera) Oehl, F.A. de Souza & Sieverd.

Ra. persica (Koske & C. Walker) Oehl, F.A. de Souza & Sieverd.

Ra. verrucosa (Koske & C. Walker) Oehl, F.A. de Souza & Sieverd.

Racocetra sp1.

Racocetra sp2.

Cetraspora pellucida (T.H. Nicolson & N.C. Schenck) Oehl, F.A. de Souza & Sieverd.

Dentiscutataceae

Fuscutata heterogama (T.H. Nicolson & Gerd.) Oehl, F.A. de Souza, L.C. Maia & Sieverd.

Fu. rubra (Stürmer & J.B. Morton) Oehl, F.A. de Souza & Sieverd.

Fu. savannicola (R.A. Herrera & Ferrer) Oehl, F.A. de Souza & Sieverd.

Dentiscutata biornata (Spain, Sieverd. & S. Toro) Oehl, F.A. de Souza & Sieverd.

De. cerradensis (Spain & J. Miranda) Oehl, F.A. de Souza & Sieverd.

De. nigra (J.F. Readhead) Oehl, F.A. de Souza & Sieverd.

De. reticulata (Koske, D.D. Miller & C. Walker) Oehl, F.A. de Souza & Sieverd.

De. scutata (C. Walker & Dieder.) Oehl, F.A. de Souza & Sieverd.

Dentiscutata sp1.

Quatunica erythropha (Koske & C. Walker) Oehl, F.A. de Souza & Sieverd.

Total 105 espécies de FMA

2 Revisão dos caracteres morfológicos

Esporocarpo

Foram avaliados a forma, a cor, o tamanho e o perídio (quando presente) do esporocarpo. Essa estrutura é observada exclusivamente em representantes da família *Glomeraceae* e algumas espécies de *Acaulosporaceae* (*Acaulospora myriocarpa* e *Ac. sporocarpia*) que formam agregados de esporos similares a esporocarpos, porém mais simples quando comparados aos observados em representantes de *Glomeraceae*. Atualmente, 50% das espécies de *Glomus* formam algum tipo de agregados de glomerosporos que podem ser considerados esporocarpos, e por essa razão este é um caráter que pode ajudar a delimitar

a metade das espécies do gênero, considerado como um dos mais difíceis para identificação devido ao reduzido número de caracteres distintos (Morton 1988).

A variação morfológica nas espécies com esporocarpo segue em geral a proposta de Goto & Maia (2005) que admitiram três graus de complexidade em esporocarpos: (1) complexos, com glomerosporos densamente arranjados formando uma camada a partir de um plexo central de hifas (*Gl. coremioides*, *Gl. clavisporum*, *Gl. rubiforme* e *Gl. taiwanensis*, *Gl. badium*); (2) de média complexidade, com arranjo menos denso (*Gl. glomerulatum*, *Gl. antarcticum*, *Gl. ambisporum*, *Gl. invermaium*, *Gl. cuneatum*, *Gl. pellucidum*, *Gl. fulvum*, *Gl. aureum*, *Gl. atrouva*, *Gl. macrocarpum*, *Gl. microcarpum* e *Gl. aggregatum*) e nesse caso os esporos não são formados isoladamente no solo, ocorrendo apenas nessa estrutura esporocárpica; (3) de baixa complexidade, com glomerosporos encontrados em agrupamentos frouxos ou isoladamente no solo (*Gl. fascicularum*, *Gl. halonatum*, *Gl. mosseae*, *Gl. intraradices* e *Gl. coronatum*) (Tabela 4).

O arranjo dos glomerosporos no esporocarpo deve ser considerado um caráter relevante principalmente para a delimitação de grupos de espécies na família *Glomeraceae*, porém é um caráter secundário para a delimitação de espécies na maioria dos casos. Entretanto, em espécies como *Gl. coremioides*, *Gl. sinuosum*, *Gl. fulvum*, *Gl. pulvinatum*, *Gl. megalocarpum* e *Gl. clavisporum*, as características relacionadas ao esporocarpo podem ser consideradas primárias devido ao reduzido número de caracteres relacionados aos glomerosporos desses táxons (ver *Gl. coremioides*, *Gl. sinuosum*, *Gl. fulvum* e *Gl. clavisporum*). A figura 7 exemplifica as diferenças básicas entre os tipos de esporocarpos.

Em geral, os esporocarpos de alta complexidade são globosos a subglobosos como os de *Gl. badium*, *Gl. coremioides*, *Gl. sinuosum*, *Gl. clavisporum*, *Gl. rubiforme* e *Gl. taiwanensis*, enquanto os de média e baixa complexidade são geralmente de subglobosos, oblongos a irregulares, como os de *Gl. fulvum*, *Gl. cuneatum*, *Gl. pellucidum*, *Gl. glomerulatum* e *Gl. ambisporum*. Porém, a forma dos esporocarpos é uma característica fraca para delimitar espécies e também grupos de espécies, sendo desta forma um caráter terciário para identificação.

A coloração dos esporocarpos é um caráter secundário para a identificação de espécie, sendo geralmente útil na segregação de grupos de espécies. Isso se deve basicamente à falta de dados sobre a estabilidade nesse caráter, pois cultivos puros dessas espécies são raros. Além disso, desde Thaxter (1922) tem sido constatada ampla variação na coloração dos esporocarpos em decorrência de alterações ambientais.

O perídio (Fig. 8) é uma característica observada apenas em representantes de *Glomeraceae*, com exceção de *Entrophospora baltica* (*Entrophosporaceae*) que também apresenta glomerosporos cobertos por um peridiosporo, ou seja, uma rede de hifas.

O perídio é um caráter primário para segregar grupos de espécies e até espécies, pois a variação morfológica nesse caráter é menor, como observado em diferentes coletas de *Gl. coremioides*, *Gl. fulvum* e *Gl. sinuosum*.

Enquanto a presença ou ausência de perídio é um caráter informativo (primário) para segregar grupos de espécies, o arranjo das hifas é útil para delimitar as espécies. Como exemplo, os esporocarpos de *Gl. cuneatum* são facilmente identificados usando-se apenas as hifas do perídio. Em casos onde o perídio é semelhante em arranjo, utiliza-se a coloração (caráter secundário) para tornar mais acurada a identificação.

Além do perídio, esporocarpos de alta complexidade apresentam também um plexo central de hifas cujas diferenças morfológicas não são suficientes para permitir a delimitação de espécies. Entretanto, as hifas que originam os esporocarpos podem apresentar características únicas e marcantes como a liberação de substâncias gelatinosas, como observado em *Gl. aureum* (Oehl et al. 2003b) e *Gl. convolutum* (Gerdemann & Trappe 1974).

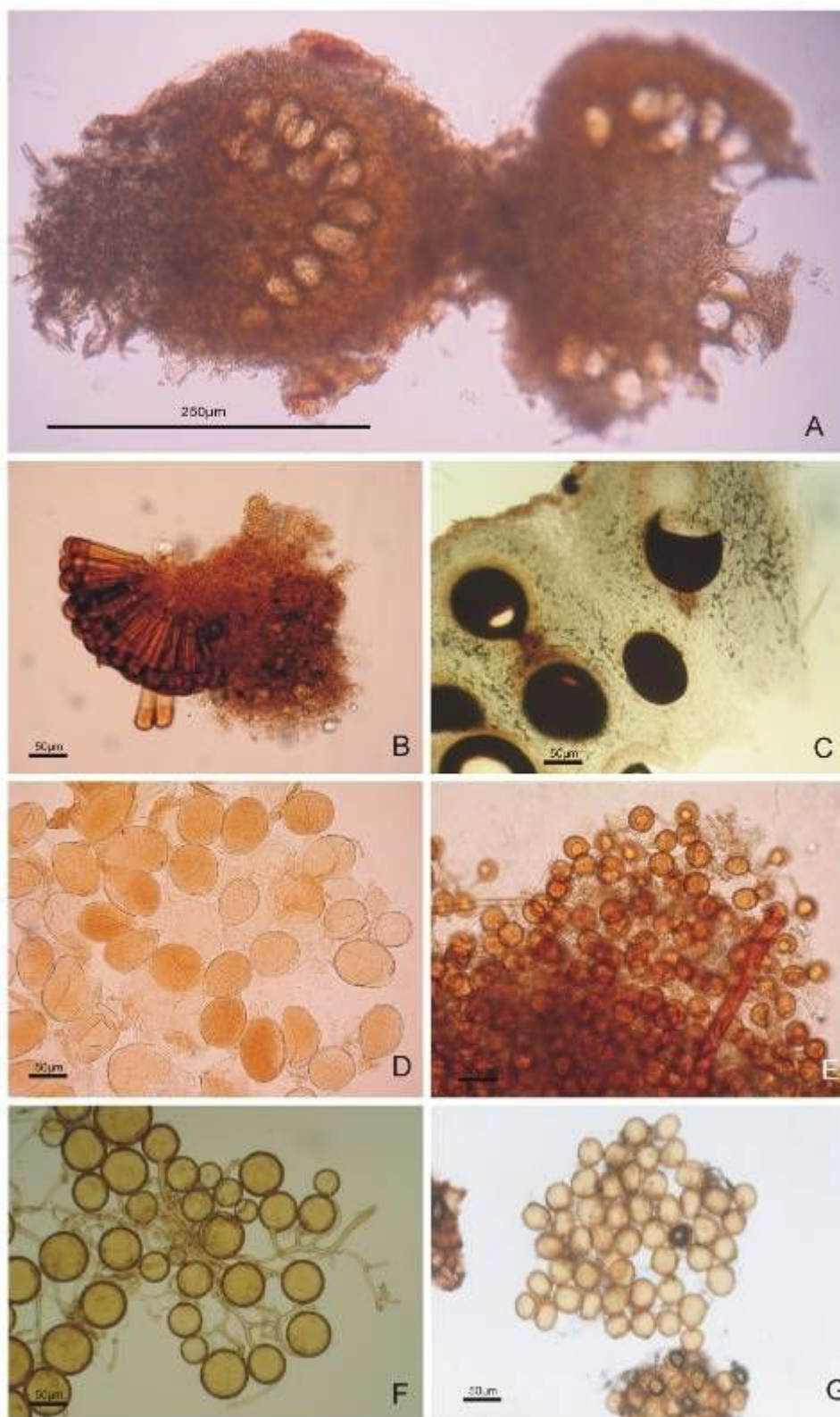


Figura 7 A-G. Diversidade de esporocarpos em espécies de *Glomus*. A – Detalhe da organização dos esporos em *Gl. coremioides*. B – Esporocarpio de *Gl. clavisporum*. C – Corte transversal de esporocarpos de *Gl. cuneatum*. D – Parte do esporocarpio de *Gl. fulvum*. E – Esporocarpos de *Gl. aureum*. F – Esporocarpio de *Gl. antarcticum*. G – Esporocarpio de *Gl. glomerulatum*.

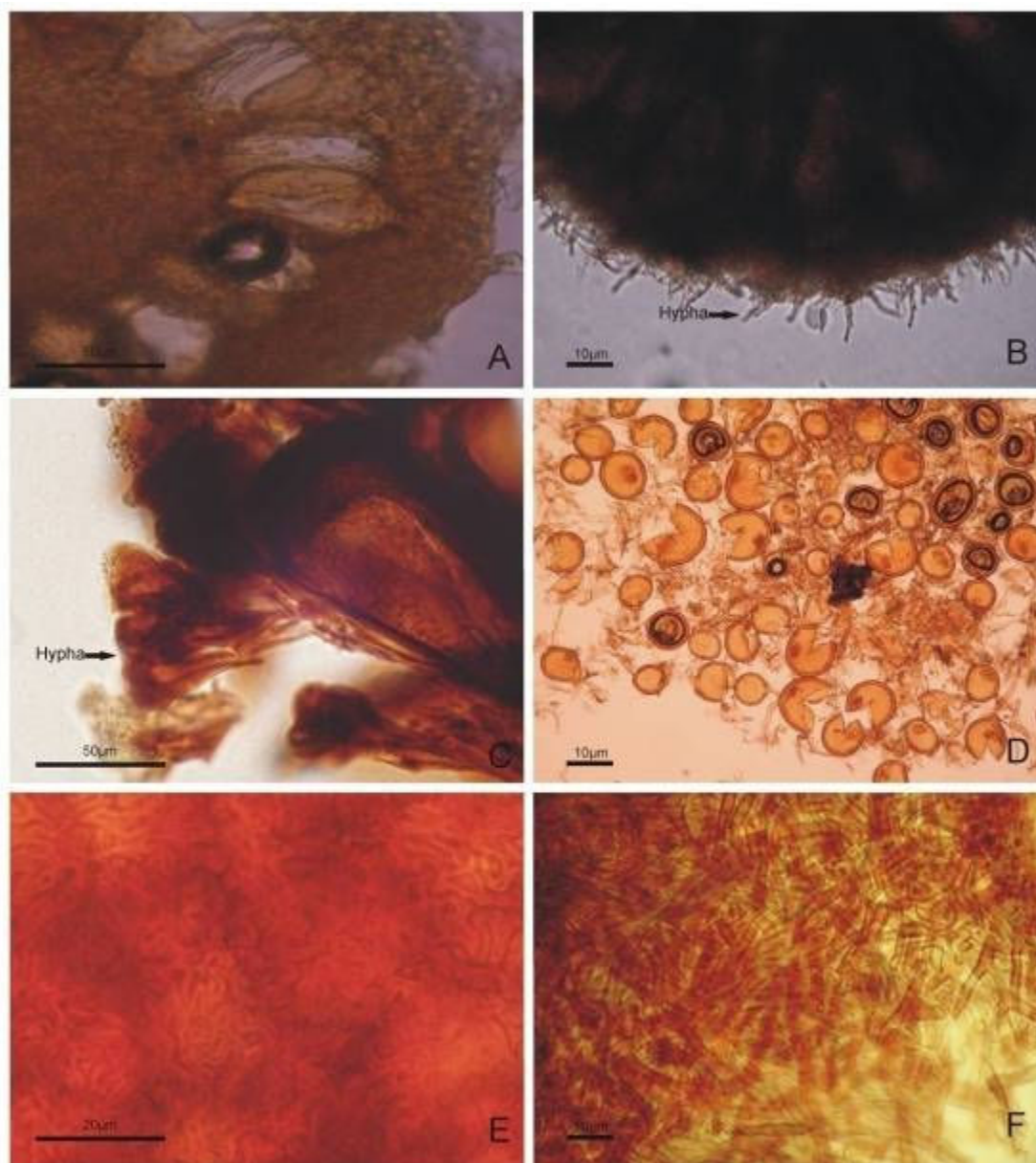


Figura 8 A-F. Diversidade estrutural do perídio. A – Perídio de *Gl. coremioides*. B – Hifas ponteadas no perídio de *Glomus* sp. C – Hifas em paliçada em *Gl. liquidambaris*. D – Perídio frouxamente arranjado em *Gl. macrocarpum*. E – Hifas sinuosas em *Gl. sinuosum*. F – Hifas entrelaçadas e coradas de *Gl. cuneatum*.

Glomerosporos

Apesar das características dos esporocarpos apresentarem papel decisivo na identificação de espécies e grupos de espécies em 50% do gênero *Glomus*, os caracteres relacionados aos glomerosporos são responsáveis basicamente pela identificação de todos os representantes do filo Glomeromycota, exceto os já mencionados anteriormente.

Nos glomerosporos, caracteres como coloração, tamanho, forma, modo de formação (acaulosporóide, entrofosporóide, glomóide, gigasporóide e escutelosporóide), número e

aparências das camadas de parede, reação ao Melzer e cor, forma e localização da placa germinativa ou orbs foram considerados para a identificação das espécies.

A estrutura da parede é a característica mais determinante e estável para a identificação de espécies no filo, pois a diferenciação da parede em camadas tem sido documentada em vários trabalhos sem grandes alterações (Morton 1995; Stürmer & Morton 1999 e 2000; de Souza et al. 2005). Além disso, a estrutura da parede está intrinsecamente relacionada com os tipos de camada (Fig. 9) que ocorrem nos glomerosporos.

O processo de diferenciação das paredes é um caráter primário e tem implicação na delimitação de gêneros. *Kuklospora*, *Entrophospora*, *Intraspora*, *Racocetra*, *Fuscutata*, *Cetraspora*, *Dentiscutata*, *Scutellospora* e *Quatunica* são exemplos de gêneros eleitos por informações moleculares e morfológicas. Estas também podem ser utilizadas para segregar gêneros dentro de *Acaulospora* (Tabela 8, pág.153).

A falta de homogeneidade na terminologia adotada por diferentes autores confunde a interpretação da estrutura do glomerosporo pelos taxonomistas, pois todas as propostas tratam as camadas que compõem a parede do esporo como “paredes”, o que descaracteriza o termo “parede do esporo” usado para todos os grupos de fungos. A proposta de Maia & Kimbrough (1993) para denominar “zona” os grupos de camadas, considerando a unidade da parede, não foi adotada pela comunidade científica. Embora essa discussão seja meramente terminológica, os termos adotados influenciam a interpretação dos caracteres morfológicos, principalmente em relação a inferências ontogenéticas.

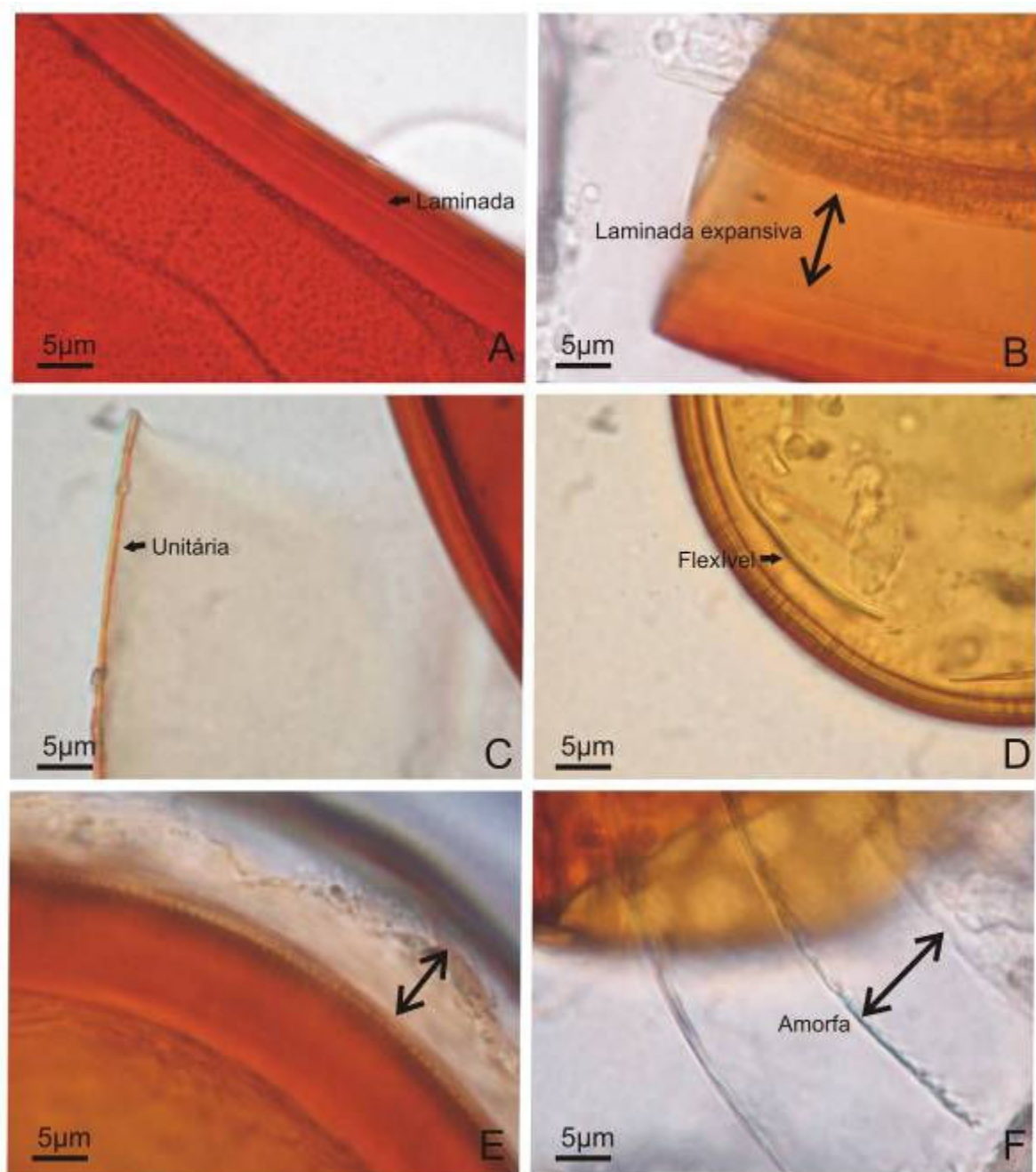


Figura 9. A-F Tipos de parede em glomerosporos. A- Laminada em *Scutellospora* sp1. B- Laminada expansiva em *De biornata*. C- Unitária em *Scutellospora* sp2. D- Flexível ou membranosa, em *Ac. morrowiae*. E- Evanescente expansiva, em *Gl. halonatum*. F- Amorfa, em *Ac. foveata*.

Como observado no material estudado, e corroborando outros trabalhos (Walker 1983, 1985), existe grande diversificação nos tipos de camadas que compõem a parede dos glomerosporos, as quais são de grande importância para a delimitação de espécies no filo Glomeromycota.

A camada evanescente é comum em glomerosporos glomóides e acaulosporóides e rara em escutelosporóides. Grande variação na camada evanescente foi observada em

glomerosporos de *Glomus*. Essa camada pode ser separada em quatro grupos: (1) mucilaginosa; (2) granulosa; (3) com aparência unitária e (4) espessada pela matriz gelatinosa.

A camada mucilaginosa é a mais comum e caracteriza-se por apresentar fácil desagregação semelhante a uma substância gelatinosa, podendo ser facilmente notada em *Gl. clarum*, *Gl. etunicatum*, *Glomus granulatum* e *Gl. mosseae*.

A camada evanescente de superfície granular é mais restrita e caracteriza-se por ser ligeiramente mais rígida e espessa que a mucilaginosa, porém a superfície é semelhante à superfície “beaded” em membros de *Acaulosporaceae*, podendo ser observada em *Gl. spinuliferum* e *Glomus* sp.2. *Glomus* sp.2. é um novo táxon para a ciência, e se caracteriza por apresentar glomerosporos ornamentados e múltiplas hifas de sustentação.

A camada evanescente de aparência unitária é menos freqüente e caracteriza-se por ser compacta, rígida e fortemente aderida à segunda camada da parede do esporo, sendo geralmente observada em *Dentiscutata* sp.1 e *Ac. rugosa*. *Dentiscutata* sp.1 é, ao lado de *Scutellospora pernambucana*, uma das poucas espécies escutelosporóide com camada evanescente compondo a parede. *Acaulospora rugosa* foi interpretada por Morton (1986a) como apresentando uma camada externa membranosa (flexível), porém nas observações realizadas a camada flexível ocorre apenas internamente.

A camada evanescente com matriz gelatinosa geralmente é espessa e levemente laminada e pode ser observada em *Gl. mortonii* e *Gl. halonatum*. Estudos ultraestruturais mais detalhados podem ajudar a melhorar o conhecimento dessas camadas para sua classificação.

A camada denominada expansiva foi considerada como evanescente, pois em geral os glomerosporos perdem essa camada na maturidade.

Em geral a reação ao Melzer é dextrinóide e fraca em camadas evanescentes, com os glomerosporos adquirindo coloração rosada na maioria das espécies de *Glomus*. Porém, a reação ao Melzer não é um caráter informativo para segregar espécies devido à ausência de dados sobre a reação ao Melzer em algumas espécies de *Glomus*.

A espessura da camada evanescente não deve ser usada para delimitar espécies devido à facilidade de degradação, mesmo em cultivos puros. Além disso, é um caráter pouco informativo, pois há sobreposição entre as espécies.

Stürmer & Morton (1997) afirmaram que o termo parede evanescente agrupa camadas fenotipicamente distintas que tem histórias de desenvolvimento diferentes, atreladas a diferentes ancestrais. Talvez detalhes da aparência da camada evanescente possam ser úteis

na distinção de grupos de espécies e assim ajudar na identificação de espécies de *Glomus*, que apresentam poucos caracteres morfológicos distintos.

Glomerosporos de outros gêneros que apresentam camada evanescente, tais como: *Acaulospora*, *Kuklospora*, *Entrophospora*, *Scutellospora*, *Cetraspora* e *Dentiscutata* aumentam as evidências de que a camada evanescente tem histórias de desenvolvimento diferentes, como sugerido para *Glomus* por Stürmer & Morton (1997). Recentemente, Silva et al. (2008) descreveram *Scutellospora pernambucana* com uma camada evanescente distinta, o que foi observado também em *Dentiscutata* sp1.

Do ponto de vista genético, *Glomus* é considerado um gênero parafilético (Schwarzott et al. 2001; Schuessler et al. 2001; Redecker et al. 2005), porém são poucas as evidências morfológicas que apóiam essa hipótese.

A correta interpretação da camada evanescente é um problema para algumas espécies de FMA, pois uma camada evanescente jovem pode diferir de uma mais madura. Além disso, a experiência do observador também deve ser considerada, como referido anteriormente por Morton (1988). Por esta razão, a utilização de culturas armadilhas para manter isolados dessas espécies e comprovar a efemeridade dessa camada é importante.

A camada laminada é a mais facilmente discernível, mesmo quando se compara gêneros e espécies de FMA e sempre faz parte do componente estrutural. Apenas *Acaulospora sporocarpia* apresenta uma parede interna levemente laminada no componente germinativo, porém provavelmente essa espécie deve ser agrupada em outro gênero. Geralmente a camada laminada não é influenciada pela resina ou reagente usado, exceto em glomerosporos de *Dentiscutata biornata* onde se expande em PVLG (Spain et al. 1989b). Glomerosporos de *De. biornata* foram avaliados em água e em PVLG e a camada laminada expansiva foi facilmente observada em diferentes isolados dessa espécie. Apenas *Gigaspora decipiens* apresentou semelhança com *De. biornata* quanto às laminações da camada laminada, porém não foi observada expansão dessa camada em *Gi. decipiens*. A camada laminada expansiva em glomerosporos de *De. biornata* pode estar imersa em uma matriz gelatinosa similarmente ao observado por Maia & Kimbrough (1994a) em *Gl. intraradices*. A camada laminada geralmente não reage em Melzer exceto em *Gigaspora*, *Gl. fasciculatum* e *De. biornata*, onde há forte reação.

A espessura da camada laminada é um caráter pouco informativo, pois há grande sobreposição entre as espécies.

É importante ressaltar que apesar da camada laminada não apresentar variações morfológicas suficientes para separar espécies ou grupos de espécies é nessa camada que se observa a maioria das ornamentações encontradas no filo Glomeromycota.

A microscopia tradicional tem revelado poucos detalhes a respeito da camada laminada, sendo distinguíveis apenas espécies que possuem laminações mais evidentes. A camada laminada pode apresentar dois aspectos: (1) laminações separáveis dando impressão de haver mais de uma camada laminada, como em *Gl. intraradices* e (2) laminações aderentes não separáveis (maioria das espécies de *Glomus*). Contudo, não há dados suficientes disponíveis para segregar grupos de espécies com base apenas na camada laminada.

A camada unitária caracteriza-se pela aparência consistente, porém sem laminações ou efemeridade, normalmente é compacta e difícil de quebrar. A identificação da camada unitária é uma tarefa difícil, devido principalmente à tênue diferença entre a camada flexível e a unitária. Delimitamos como camada unitária aquelas camadas compactas, que ocorrem exclusivamente no componente estrutural enquanto as que ocorrem no componente germinativo são denominadas flexíveis. Sendo assim, *Acaulospora rugosa*, originalmente descrita com camada externa unitária, teve essa camada do glomerosporo mais tarde interpretada por Morton (1988) como membranosa (=flexível), sendo aqui interpretada como unitária.

A maioria das espécies com glomerosporos escutelosporóides apresenta uma camada externa unitária, exceto *Dentiscutata* sp1, *Sc. pernambucana* e *Ce. spinosissima* (Walker et al. 1998; Silva et al. 2008 e ver *Dentiscutata* sp.1). Schenck & Pérez (1990) concluíram que as espécies de *Acaulospora* apresentam camada unitária fazendo parte do componente germinativo, porém as espécies de *Acaulospora* avaliadas no presente estudo apresentaram camada flexível no componente germinativo.

Assim como ocorre na camada laminada, a unitária também pode apresentar ornamentações na superfície, principalmente em glomerosporos escutelosporóides. A exceção está em *Ambispora appendicola* e *Am. gerdemannii*, nas quais a ornamentação ocorre na parede média.

A camada unitária apresenta dois aspectos importantes: (1) a consistência e (2) a natureza unilaminar em um variável número de esporos. A variabilidade nessa camada não é pequena, existindo problemas interpretativos principalmente quanto à consistência, porém a avaliação de um grande número de esporos (jovens e maduros) permite acurada interpretação da sua verdadeira aparência.

A camada flexível caracteriza-se basicamente por ser fina, em geral hialina, flexível, colapsando em glomerosporos quebrados em PVLG ou água. A camada flexível ocorre exclusivamente no interior dos glomerosporos podendo ser parte do componente germinativo (*Acaulospora*, *Ambispora*, *Kuklospora*, *Entrophospora*, *Otospora*, *Scutellospora*, *Cetraspora*, *Racocetra*, *Fuscutata*, *Dentiscutata*, *Quatunica* e *Pacispora*) ou estrutural (*Glomus*, *Archaeospora*, *Intraspora*, *Paraglomus* e *Diversispora*).

Dentre as camadas observadas no componente germinativo a que se destaca é a flexível, por ocorrer na maioria dos representantes com este componente e mais raramente no componente estrutural; porém, assim como a camada evanescente, parece apresentar histórias evolutivas e aparências distintas. Morton (1988) sugeriu agrupar as camadas membranosas e coriáceas como flexíveis, porém todas as camadas referidas como membranosas foram interpretadas como flexíveis, enquanto as descritas como coriácea foram geralmente interpretadas como amorfas.

Identificar a camada coriácea e definir a aparência de couro em glomerosporos preservados em lâminas permanece difícil. Além disso, alguns glomerosporos podem sofrer influência da resina e a plasticidade de algumas camadas pode deixar confusa a interpretação da aparência. Em alguns espécimens a camada flexível (não coriácea) que possui plasticidade em PVLG, pode não expandir completamente, apresentando apenas pequena expansão e assim adquirir aparência coriácea.

Os glomerosporos de *Ac. bireticulata* avaliados apresentaram uma camada com aparência coriácea fazendo parte do componente germinativo, que também foi observada em *Entrophospora baltica*. Porém, o número de glomerosporos com essa característica foi reduzido, e a maioria não apresentou espessamento, deixando controversa a interpretação. Alguns glomerosporos de ambas as espécies apresentaram camada interna similar à amorfa, com expansão maior que a observada na coriácea.

A camada denominada coriácea foi aqui interpretada como amorfa devido ao fato da sua caracterização estar relacionada simplesmente com a espessura da camada.

A camada amorfa, caracterizada pela expansão em meio com pH ácido ou resina como o PVLG, pode variar de 1,3 a 200 μm (Morton 1986a), e é exclusivamente observada no componente germinativo de glomerosporos acaulosporóides (*Acaulospora*, *Ambispora*), entrofosporóides (*Kuklospora*) e escutelosporóides (*Scutellospora*, *Dentiscutata* e *Cetraspora*). Para determinar se os glomerosporos apresentam camada amorfa segere-se comparar os glomerosporos montados em PVLG com os montados em água, como sugerido por Spain (1989).

Dois aspectos principais são observados na aparência dessa camada amorfa: (1) – pode ou não expandir em resina (Morton 1986b); (2) – pode apresentar maior (*Ac. delicata*) ou menor espessamento (*Sc. hawaiiensis*). Essa plasticidade é uma propriedade decorrente de arranjo molecular que varia durante os diferentes estágios de desenvolvimento do esporo. Por esta razão, foi possível observar plasticidade na camada laminar de *Fuscutata heterogama*, explicando as variações observadas por Morton (1986b) em glomerosporos de *Ac. delicata* sob a mesma condição. Além disso, todos os glomerosporos que apresentam camada amorfa compondo a parede apresentam também forte reação em Melzer, ou seja, sempre que houver uma camada amorfa na parede há também forte reação dextrinóide no componente germinativo. Essa intrínseca relação ajuda apenas a separar grupos de espécies com camada amorfa em membros de *Acaulosporaceae*, *Racocetraceae* e *Dentiscutataceae*.

A camada expansiva caracteriza-se pela expansão em resina (PVLG) formando colunas radiais com superfície ornamentada e ocorrendo exclusivamente no componente estrutural. Segundo Berch & Koske (1986) a camada expansiva é lisa (pouco espessa) em água e se expande em PVLG alcançando 3 a 15 µm de espessura, tornando-se granular e às vezes se dissolvendo totalmente. Com base nessa descrição e nas análises de *Gl. spinuliferum* e *Gl. halonatum*, as camadas de parede que se expandem em PVLG e se perdem totalmente na maturidade são agrupadas como evanescentes.

A camada expansiva tem sido documentada exclusivamente para a família *Glomeraceae*, com exceção de *Ra. alborosea* que foi originalmente descrita por Ferrer & Herrera (1980) com uma espessa camada hialina externa, similar à camada expansiva de representantes de *Glomus*. Em um esporo do tipo analisado foi observado vestígio dessa camada expansiva (ver *Ra. alborosea*).

A camada germinativa está relacionada com a germinação e caracteriza-se por ocorrer exclusivamente nos glomerosporos de *Gigaspora* e pelas projeções em forma de papila geralmente distribuídas uniformemente na superfície interna, podendo em alguns casos estar concentradas na proximidade do tubo germinativo.

A ocorrência da camada chanfranulada é restrita para *Sc. hawaiiensis*, não podendo ser usada como um caráter acurado na identificação de espécies de FMA.

A ornamentação é um caráter estável que deve ser utilizado primariamente para identificação de espécies de FMA, sendo avaliados: a localização na parede do glomerosporo, o número (uma ou mais camadas ornamentadas), o tipo (projeção ou depressão) e tamanho (altura e espessura das ornamentações) (Fig. 10). Esses caracteres foram usados prioritariamente na construção das chaves dicotômicas para identificação das espécies. De

modo geral, esse caráter é determinante para a identificação de espécies. Em outros casos mais restritos, onde o padrão de ornamentação é semelhante, pode ser utilizado para separar grupos de espécies, como por exemplo: *Ac. scrobiculata*, *Ac. alpina*, *Ac. paulinae* e *Ac. cavernata*.

Em geral as ornamentações se dividem em dois grupos: projeções e depressões, encontradas na superfície externa da parede dos glomerosporos. As exceções são *Gl. kerguelense*, que apresenta perfurações espongiiformes na superfície interna da camada laminada (Dalpé et al. 2002), *Gl. insculpitum* e *Gl. verruculosum*, que apresentam ornamentação distinta das demais espécies de FMA, correspondendo a um novo caráter no filo Glomeromycota. Recentemente, uma nova espécie, *Cetraspora striata*, foi descrita com ornamentação similar a impressões digitais (Cuenca & Herrera-Peraza 2008), correspondendo a mais um padrão de ornamentação no filo Glomeromycota. Entretanto, neste caso é difícil definir se a ornamentação na superfície dos glomerosporos corresponde a projeções ou depressões.

Depois de definido o tipo de ornamentação (projeção ou depressão), o segundo critério a ser estabelecido é o padrão de ornamentação que pode ser: espinhos, verrugas, papilas, tubérculos e cones quando projeções, ou circulares, irregulares, labirintiformes, hexagonais e pentagonais quando depressões.

Durante o estudo, o gênero com maior número de espécies ornamentadas foi *Acaulospora* com 16 das 22 espécies examinadas apresentando algum tipo de ornamentação. Destas, a metade apresentou depressões na superfície da parede (*Ac. alpina*, *Ac. cavernata*, *Ac. excavata*, *Ac. foveata*, *Ac. lacunosa*, *Ac. paulinae*, *Ac. scrobiculata*, *Ac. undulata*), cinco apresentaram projeções (*Ac. denticulata*, *Ac. rehmi*, *Ac. spinosa*, *Ac. tuberculata* e *Acaulospora* sp1.) e outras três apresentaram dupla ornamentação (*Ac. birreticulata*, *Ac. elegans* e *Acaulospora* sp2.). O padrão de ornamentação foi um caráter efetivo para delimitar espécies até mesmo onde o padrão de ornamentação é semelhante, como *Ac. paulinae*, *Ac. alpina*, *Ac. cavernata* e *Ac. scrobiculata*. Esse caráter isoladamente não foi efetivo apenas para separar *Ac. paulinae* de *Ac. alpina*, sendo necessária a utilização de caracteres secundários tais como cor e tamanho dos glomerosporos para ajudar na identificação.

A ornamentação nos glomerosporos ocorre na superfície interna da segunda camada e da terceira camada da parede do esporo. Em *G. insculpitum* são observadas perfurações na superfície interna dando a impressão que o esporo apresenta ornamentação similar à observada em *Ac. scrobiculata*. Em *Gl. verruculosum* os esporos apresentam verrugas na superfície interna da terceira camada da parede. *Dentiscutata* sp1 e *Racocetra* sp1. são novas

espécies com padrão de ornamentação na superfície interna da camada laminada. Desta forma, essas ornamentações na superfície interna da parede do esporo correspondem a um novo padrão para o filo Glomeromycota.

Glomerosporos de *Dentiscutata biornata* apresentam duas camadas ornamentadas na parede do esporo. A primeira camada tem projeções na forma de verrugas esparsamente distribuídas e a terceira camada da parede do esporo apresenta pequenas verrugas densamente distribuídas na superfície externa. A terceira camada em geral está aderida à segunda, podendo gerar a errônea interpretação de que as ornamentações pertencem à superfície interna da segunda camada. Contudo, alguns esporos quebrados mostram que a ornamentação ocorre na primeira e na terceira camada e em nenhum momento na superfície interna da segunda camada (ver descrição de *De. biornata*).

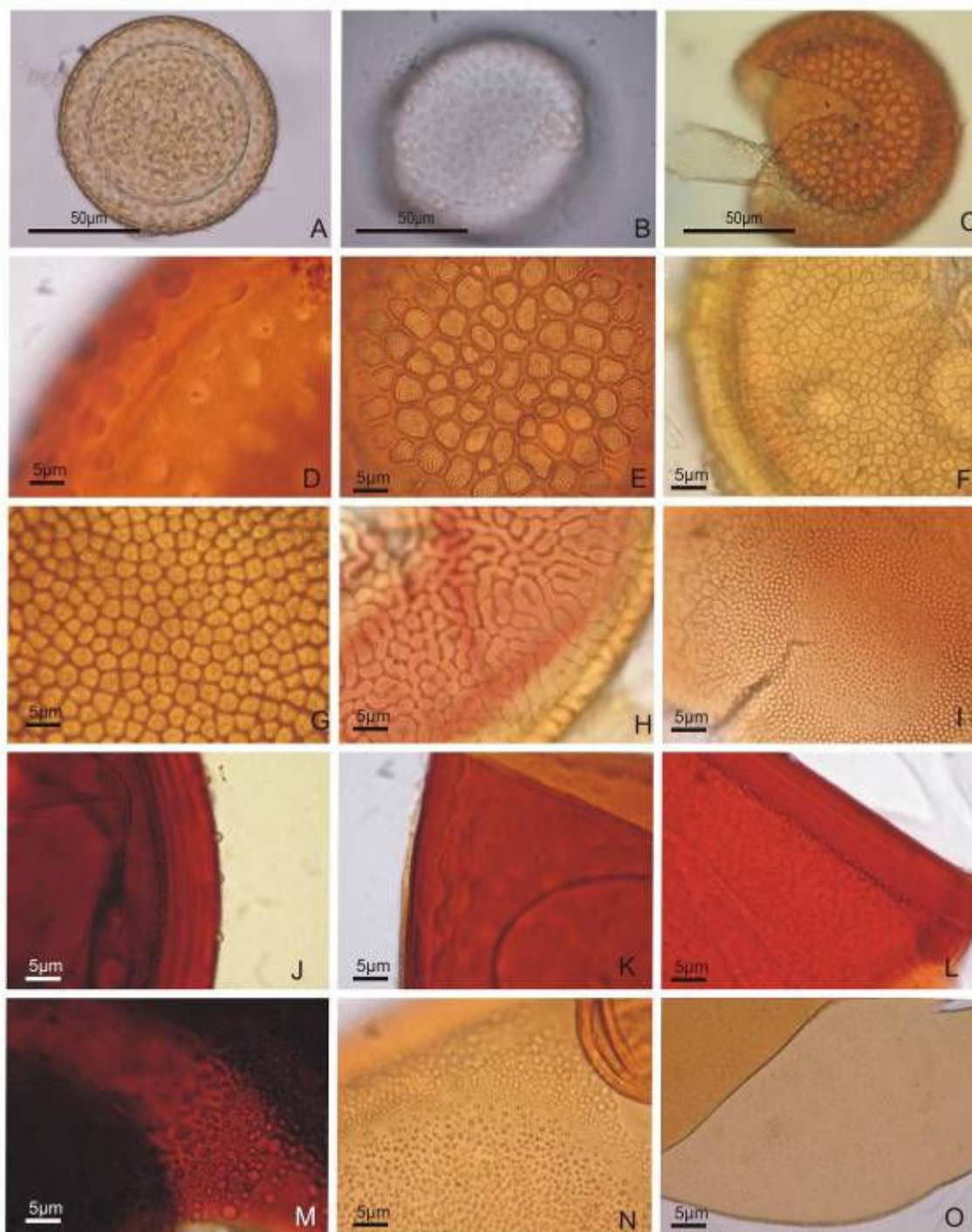


Figura 10 A-O. A- *Acaulospora alpina*. B- *Ac. undulata*. C- *Ac. excavata*. D- *Ac. foveata*. E- *Ac. bireticulata*. F- *Acaulospora* sp. G- *Ac. denticulata*. H- *Ac. rehmi*. I- *Ac. tuberculata*. J- *Scutellospora biornata*. K- *Scutellospora* sp1. L- *Scutellospora* sp2. M- *Sc. gregaria*. N- *Sc. verrucosa*. O- *Glomus multiforum*.

No filo Glomeromycota a avaliação da cor das estruturas é restrita apenas aos glomerosporos e esporocarpos, sendo o último exclusivo de representantes da família *Glomeraceae*. A utilização de cartas de cores no filo foi implementada por Morton

(<http://invam.caf.wvu.edu>), porém a sua utilização ficou praticamente restrita ao grupo de pesquisas desse autor.

A cor é um caráter difícil de ser usado para a delimitação de espécies devido à variação de tons que são observados inter- (Fig. 11) e intraespecificamente como observado em isolados de *Ac. scrobiculata* oriundos de diferentes localidades do Brasil que apresentaram glomerosporos desde hialino até amarelo escuro. Assim, a cor é um caráter influenciado pelo ambiente como observado em isolados de *Gl. claroideum* mantidos em diferentes substratos (Walker & Vestberg 1998). *Glomus clarum* também apresenta glomerosporos de hialino a amarelado e isso pode estar relacionado à genética (Bentivenga et al. 1997). Além disso, algumas espécies como *Gl. clarum* e *Gl. diaphanum* apresentam a camada mais interna da parede pigmentada; assim, a coloração dos glomerosporos dessas espécies pode ser observada apenas em esporos maduros, quando todas as camadas estão evidentes.

O julgamento da coloração dos glomerosporos é fortemente influenciado pelo estágio de desenvolvimento dos esporos, o que torna difícil definir cor em glomerosporos extraídos diretamente de amostras de campo. Devido a isso, a cor foi definida como caráter secundário para a delimitação de espécies de FMA. Nesse contexto, usar a presença ou ausência de pigmentação pode auxiliar para delimitar táxons, embora a variação de coloração não seja um caráter decisivo. Apesar das evidências mostrarem que a variação na cor não é um caráter forte, não foi possível retirá-lo das chaves de identificação, principalmente para o gênero *Glomus*, devido ao reduzido número de caracteres dos glomerosporos desse grupo.

A cor é influenciada pela forma como a luz passa pelos esporos e também pela resina usada para a preservação dos glomerosporos, mas as descrições de novas espécies geralmente não especificam em que condição a cor foi observada, se com luz incidente (estereomicroscópio) ou transmitida (microscópio óptico) e se houve influência da resina, dificultando a posterior comparação do caráter (Morton 1988). A inclusão, nas descrições das espécies, da coloração dos glomerosporos em estereomicroscópio e em microscópio de luz evidenciando as variações na coloração suplementaria informações para a identificação.

A coloração dos glomerosporos está relacionada diretamente com a pigmentação da parede ou do material citoplasmático, sendo o segundo caso menos freqüente e observado em *Gl. fulvum*, *Gl. segmentatum*, *Gl. pulvinatum* e *Gl. megalocarpum*. Goto et al. (dados não publicados) comentam que os glomerosporos hialinos de *Glomus* sp1. apresentam denso material citoplasmático amarelo esverdeado, com a parede do esporo formando um halo hialino.

Redecker et al. (2007) observaram denso material citoplasmático em glomerosporos de *Glomus fulvum* coletados em Guadalupe, Caribe. A coloração do material citoplasmático dessa espécie ajudou a distingui-la de *G. pulvinatum* e *G. megalocarpum* essas últimas apresentando material citoplasmático hialino facilmente observado na Figura 2 de Redecker et al. (2007). Esporocarpos de *G. fulvum* encontrados em floresta estacional semidecidual no sul do Brasil apresentaram esporos com material citoplasmático amarelo e denso, similar ao descrito por Redecker et al. (2007), porém, não foi possível examinar material fresco. O processo de secagem pode alterar alguns aspectos morfológicos, principalmente a coloração dos esporocarpos e consequentemente do glomerosporo. Análise de material fresco poderia ser mais informativa quanto à coloração do material citoplasmático.

A coloração deve ser considerada um caráter secundário para a identificação de espécies de FMA. A única exceção para isso ocorre no gênero *Gigaspora*, onde a cor tem sido amplamente usada para delimitar os táxons, porém em amostras de campo dificilmente se identifica táxons de *Gigaspora* utilizando apenas este caráter.

Diferentes isolados de *Ac. scrobiculata* encontrados em solos do Brasil apresentaram ampla variação na coloração, de hialinos (sistemas agrícolas e Floresta de Araucária) a amarelo marrom (Mata Atlântica), porém os demais caracteres, como ornamentação e estrutura da parede, são similares à descrição original (Trappe 1977).

A variação na coloração implica que esse caráter não é fixo, sendo influenciado pelas condições ambientais (Walker & Vestberg 1998) e de desenvolvimento do esporo (Stürmer & Morton 1997 e 1999b). Assim, distintos morfotipos (Walker & Vestberg 1998) ou ainda isolados em diferentes estágios de desenvolvimento podem causar problemas interpretativos levando a erros nas identificações, principalmente quando se avalia material retirado diretamente do campo. Além disso, a resina apresenta uma grande vantagem para a preservação dos aspectos morfológicos da parede dos glomerosporos, porém nitidamente altera algumas propriedades da parede, desde a coloração até a expansão, o que não corresponde à característica dessas camadas em água ou glicerina.

Discutir o efeito da resina na separação e aparência das camadas que compõem a parede dos glomerosporos torna-se difícil porque há heterogeneidade nas descrições, dependendo do nível de conhecimento no período em que foram desenvolvidos os estudos, o que pode acarretar interpretações distintas por diferentes autores. Além disso, o discernimento de camadas é relativamente recente na história da taxonomia dos FMA sendo incluída nas descrições na década de 90, com o advento dos trabalhos ontogenéticos. Assim, a resina pode influenciar a coloração e a aparência de algumas camadas da parede dos

glomerosporos, mas ainda não é possível determinar e entender se há estabilidade no efeito da resina.

Os dados confirmam que a avaliação dos glomerosporos deve ser feita sob duas condições, em água e em resina (PVLG) para que se possa entender melhor a estrutura da parede dos glomerosporos e assim ampliar a visão sobre a diversidade nos caracteres morfológicos.

A dimensão dos glomerosporos é extremamente variável intra e interespecificamente, sendo pouco informativa em nível de espécie, podendo eventualmente ser utilizada como caráter secundário para delimitar espécies. Para ressaltar essa afirmação, Walker & Vestberg (1998) separaram isolados de uma mesma espécie com base no tamanho e na cor, ficando claro que o caráter dimensão não deve ser usado isoladamente para caracterizar uma espécie.

A forma dos glomerosporos é extremamente variável entre gêneros e espécies de FMA. Em geral, os glomerosporos do mesmo isolado avaliados durante esse estudo apresentaram de globosos, subglobosos, clavados, elípticos, oblongos a irregulares. Representantes de *Acaulospora* apresentaram glomerosporos globosos a subglobosos, enquanto os de *Scutellospora*, *Racocetra*, *Dentiscutata* em geral eram globosos a elípticos ou irregulares. *Glomus* foi o grupo com mais diversidade de formas, com os glomerosporos variando de globosos a clavados. Devido a essa variação a forma dos glomerosporos também deve ser tratada como caráter secundário para a delimitação de espécies.

A reação ao Melzer tem sido amplamente utilizada como evidência morfológica para identificar espécies de FMA, principalmente as de *Acaulosporaceae*, *Ambisporaceae* (sinanomorfos acaulosporóides), *Scutellosporaceae*, *Racocetraceae* e *Dentiscutataceae*. A reação ao Melzer tem sido menos determinante em espécies de *Glomus*, principalmente porque está relacionada à camada evanescente que geralmente é ausente em glomerosporos maduros. *Archaeosporaceae*, *Diversisporaceae* e *Paraglomeraceae* são exemplos de famílias que não apresentam glomerosporos com reação evidente em Melzer. *Gigasporaceae* apresenta forte reação ao Melzer em todos os representantes, sem distinção (<http://invam.caf.wvu.edu>). Em *Acaulosporaceae*, *Pacisporaceae*, *Scutellosporaceae* e *Dentiscutataceae* a reação em Melzer pode ser decisiva na identificação de espécies.

Em geral no filo Glomeromycota a reação dextrinóide é a mais freqüente, sendo os relatos de reação amilóide menos comuns. A reação amilóide deixa a estrutura fúngica azulada, caráter a princípio não observado em membros de Glomeromycota (Morton 1988), mas mencionado depois por Goto et al. (2008a) que observaram reação amilóide ao Melzer + PVLG (1:1 v/v) no sáculo esporífero de *Ac. koskei*, e por Almeida & Schenck (1990b) os

quais, em revisão do gênero *Sclerocystis*, observaram que esporocarpos de *G. coremioides* (= *S. coremioides*) apresentavam reação amilóide. Porém, esporocarpos dessa última espécie, encontrados no Brasil, apresentaram apenas reação dextrinóide. A região central dos esporocarpos apresenta coloração mais escura, quase azulada, porém quando as hifas do esporocarpo são desagregadas fica evidente a reação dextrinóide (ver *Gl. coremioides*).

Além de *Ac. koskei*, *Ac. foveata* também apresentou reação amilóide nos sáculos esporíferos, mostrando que essa característica pode ser mais freqüente do que se imaginava em membros de *Acaulosporaceae* (ver *Ac. foveata*).

A reação ao Melzer é mais estável em representantes que possuem componente germinativo do que naqueles que possuem apenas componente estrutural. *Acaulospora*, *Kuklospora*, *Scutellospora*, *Racocetra*, *Cetraspora*, *Fuscutata*, *Dentiscutata*, *Quatunica*, *Pacispora* e *Ambispora* (acaulosporóide) são exemplos de gêneros onde todos os representantes avaliados apresentam reação ao Melzer na camada amorfa do componente germinativo e raramente no componente estrutural. A exceção é *Entrophospora*, onde o componente germinativo não reage em Melzer. A maioria das espécies com glomerosporos glomóides apresenta reação na camada evanescente, exceto aquelas que não apresentam essa camada, como por exemplo, *Gl. brohultii* (ver *Gl. brohultii*) ou quando a reação está presente na camada laminada como em *Gl. fasciculatum* (ver *Gl. fasciculatum*).

A reação ao Melzer no componente estrutural é útil para a delimitação de espécies apenas em glomerosporos que apresentam componente germinativo, por exemplo: *Ac. koskei*, *Ce. pellucida*, *De. biornata* e *Pacispora* sp., pois na maioria dos representantes dessas espécies a reação ocorre apenas no componente germinativo. Glomerosporos de *Pacispora* sp. coletados em áreas de campos rupestres na Serra do Cipó, Minas Gerais, correspondem a um novo táxon, pois a reação ao Melzer nessa espécie difere de todas descritas até o momento, por ocorrer apenas no componente estrutural (ver *Pacispora* sp.). Esse tipo de evidência bioquímica pode ser utilizada para separar espécies entre representantes de *Pacisporaceae*.

Por outro lado, em glomerosporos sem componente germinativo a reação ao Melzer é pouco informativa para definir espécies exceto para *Gl. fasciculatum* onde a reação ocorre na camada laminada e *Gl. aureum*, onde a reação ocorre no exudado gelatinoso observado no esporocarpo. Glomerosporos que apresentam camada expansiva tais como *Gl. coronatum*, *Gl. spinuliferum*, *Gl. pansihalos*, *Gl. caesaris* e *Gl. halonatum* podem ou não apresentar forte reação em Melzer. Glomerosporos de *Gl. halonatum* podem apresentar também esse material gelatinoso na superfície dos esporos reagindo fortemente em Melzer, pois a camada

expansiva não reage fortemente em Melzer (ver *Gl. halonatum*). Entretanto, Rose & Trappe (1980) não mencionam nada sobre essa camada gelatinosa nos glomerosporos dessa espécie.

A reação ao Melzer é um caráter informativo para a taxonomia dos FMA, porém ainda não pode ser amplamente usado. A utilização dessa característica nas chaves de identificação deve ser feita com cautela, visto que o desenvolvimento do glomerosporo pode ser limitante para a reação, principalmente nas espécies onde o componente germinativo reage ao Melzer. A variação na reação está relacionada com o desenvolvimento do esporo, com as técnicas de preservação, com o volume de reagente e com a resina.

Conclui-se que a reação ao Melzer é um caráter informativo para a taxonomia dos FMA, porém não pode ainda ser amplamente usado pela ausência de dados em muitas espécies, principalmente de *Glomus*.

Por outro lado, em membros de *Acaulosporaceae* a reação ao Melzer é um caráter informativo para segregar grupos de espécies. Os dados disponíveis (Tabela 8) podem ser úteis para a segregação de gêneros dentro da família.

Tabela 8. Quadro comparativo entre representantes de *Acaulospora*, considerando dados sobre a estrutura da parede dos glomerosporos.

| Generos/grupos | Número de paredes | Reação ao Melzer (PI) | Camada <i>beaded</i> | Parede média |
|------------------------------|-------------------|-----------------------|----------------------|---------------------|
| <i>Grupo 1</i> | 4 | + | + | Duas (duas camadas) |
| <i>Grupo 2 (Acaulospora)</i> | 3 | + | + | Uma (duas camadas) |
| <i>Grupo 3</i> | 3 | + | + | Uma (duas camadas) |
| <i>Grupo 4</i> | 3 | - | - | Uma (uma camada) |
| <i>Grupo 5</i> | 2 | +/- | - | - |
| <i>Grupo 6</i> | 2 | +/- | + | - |

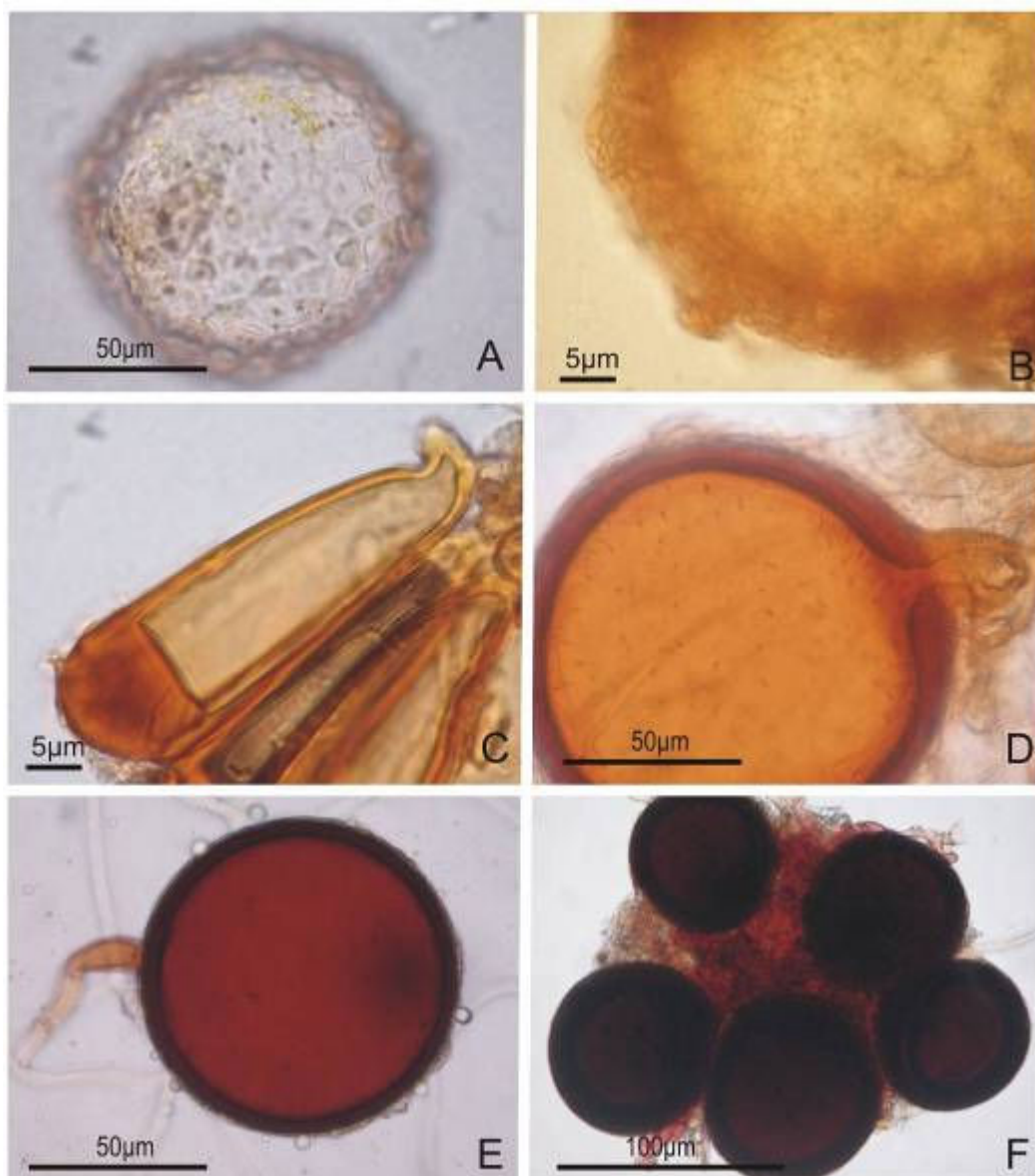


Figura 11 A-F. Variação na coloração dos glomerosporos. A- *Ac. undulata*. B- *Gl. tortuosum*. C- *Gl. clavisporem*. D- *Gl. australe*. E- *Gl. constrictum*. F- *Gl. badium*.

Placa germinativa ou orb

As placas germinativas ou orbs são basicamente estruturas compartimentalizadas que se formam entre as camadas mais internas do componente germinativo, sendo comumente encontrada em *Scutellospora*, *Racocetra*, *Cetraspora*, *Fuscutata*, *Dentiscutata*, *Quatunica* e dificilmente observada em *Acaulospora*, *Ambispora* (sinanomorfo acaulosporóide), *Archaeospora*, *Pacispora* e *Kuklospora*. Nenhum registro de orb foi realizado ainda em *Otospora* e *Entrophospora*, porém devem ser semelhantes aos encontrados em outros membros acaulosporóides.

Placas germinativas foram observadas em representantes de todos os gêneros com glomerosporos escutelosporóides: *Scutellospora*, *Racocetra*, *Cetraspora*, *Fuscutata*, *Dentiscutata* e *Quatunica*. Porém, dentre os gêneros que possuem orb apenas em *Am. brasiliensis*, *Ac. koskei*, *Ac. lacunosa* e *Ac. mellea* foi possível detectá-la.

Há, dentre os glomerosporos escutelosporóides, nítidas diferenças entre as placas germinativas (Fig. 12) que podem ser usadas como caráter morfológico para segregar grupos de espécies. Assim, quatro grupos de placas germinativas foram classificadas segundo a complexidade (Fig. 13).

Placa germinativa formando um único lóbulo (*Scutellospora pernambucana*) ou dois lóbulos (*Fuscutata heterogama* e *Fu. rubra*) foram classificadas como simples; aquelas com até seis lóbulos (compartimentos) de onde emergem os tubos germinativos foram classificadas como de média complexidade (*Ra. castanea*, *Ra. fulgida* e *Racocetra* sp.1 e sp.2) enquanto aquelas com placas pigmentadas multilobadas (mais de seis lóbulos) foram classificadas como de alta complexidade (*De. biornata*, *De. reticulata*, *De. scutata*, *De. cerradensis*, *Dentiscutata* sp1.).

Scutellospora pernambucana é a única com placa germinativa em forma de espiral, sendo uma espécie chave dentro do gênero *Scutellospora* recentemente delimitado por Oehl et al. (2008). Esse tipo de placa sugere que *Sc. pernambucana* pode ser transferida para um novo gênero, porém só futuras evidências moleculares devem elucidar essa questão.

A separação de espécies escutelosporóides em seis gêneros: *Scutellospora*, *Racocetra*, *Cetraspora*, *Fuscutata*, *Dentiscutata* e *Quatunica*, como proposto por Oehl et al. (2008) leva em consideração principalmente o número de paredes produzidas nos glomerosporos e a estrutura das placas germinativas.

Em glomerosporos de *Acaulospora* a placa germinativa ou orb foi observada apenas em *Ac. lacunosa* e *Ac. mellea*. Em *Ac. lacunosa* a placa é similar à observada em *Kuklospora colombiana* (Spain, 1992) e em *Sc. pernambucana* (Silva et al. 2008), porém na primeira espécie as bordas do orb são mais enrugadas (Fig. 14) do que nas duas outras.

Acaulospora mellea apresenta um orb multicompartimentalizado, similar ao observado em *Ac. scrobiculata* e *Ac. rehmi*, que pode ser considerado de média complexidade. Segundo Spain (1992), utilizando-se apenas o orb como caráter morfológico não é possível separar *Ac. scrobiculata* de *Ac. rehmi*. Esses resultados evidenciam que na família *Acaulosporaceae* o orb poderá ser usado no futuro para segregar grupos de espécies assim como foi feito com os glomerosporos escutelosporóides (Oehl et al. 2008). O problema está relacionado aos dados sobre os orbs na maioria das espécies, que ainda são escassos e uma reestruturação

nesse grupo de espécies deve levar um pouco mais de tempo. Além disso, as semelhanças entre a placa germinativa de *Sc. pernambucana* e os orbs de *Kuklospora colombiana* e *Ac. lacunosa* podem ser consideradas evidências morfológicas de ancestralidade, como sugerido pelos dados moleculares (Schuessler et al. 2001; James et al. 2006, Hibbett et al. 2007).

Determinar grupos de espécies com base nas características das estruturas germinativas (placa germinativa ou orb) nem sempre é possível. Aparentemente, em glomerosporos escutelosporóides o problema está resolvido (Oehl et al. 2008), pois apenas para *Ra. minuta* e *Ra. alborosea* não há dados sobre a placa germinativa no material tipo. Para membros de *Acaulosporaceae* serão necessários mais esforços para compreender essas estruturas, considerando que permanecem indescritas na grande maioria das espécies. Se a placa ou orb se forma apenas quando o glomerosporo está em processo de germinação, então o cultivo *in vitro* com raízes transformadas pode ser uma técnica útil para acompanhar o desenvolvimento e determinar a morfologia dessas estruturas.

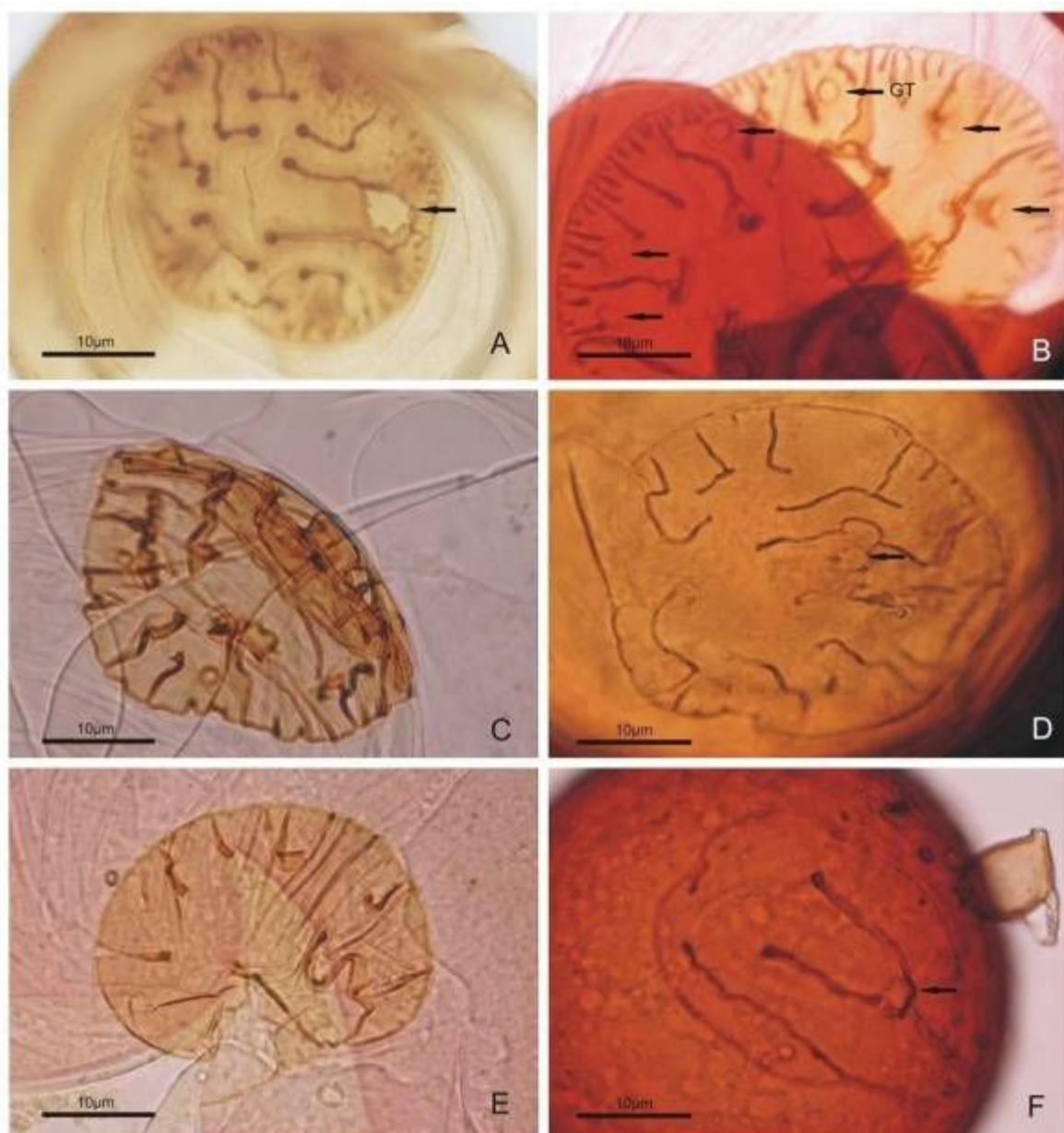


Figura 12 A-F. Diversidade de placas germinativas em glomerosporos escutelosporóides. A – Placa germinativa complexa em *Dentiscutata biornata*. B – Detalhe da placa germinativa complexa em *Dentiscutata* sp. C – Placa germinativa de *De. scutata*. D - Placa de complexidade média em *Ra. castanea*. E – Detalhe da placa de média complexidade em *De. cerradensis*. F – Detalhe de uma placa simples em *Fu. heterogama*. (GT) Tubo germinativo.

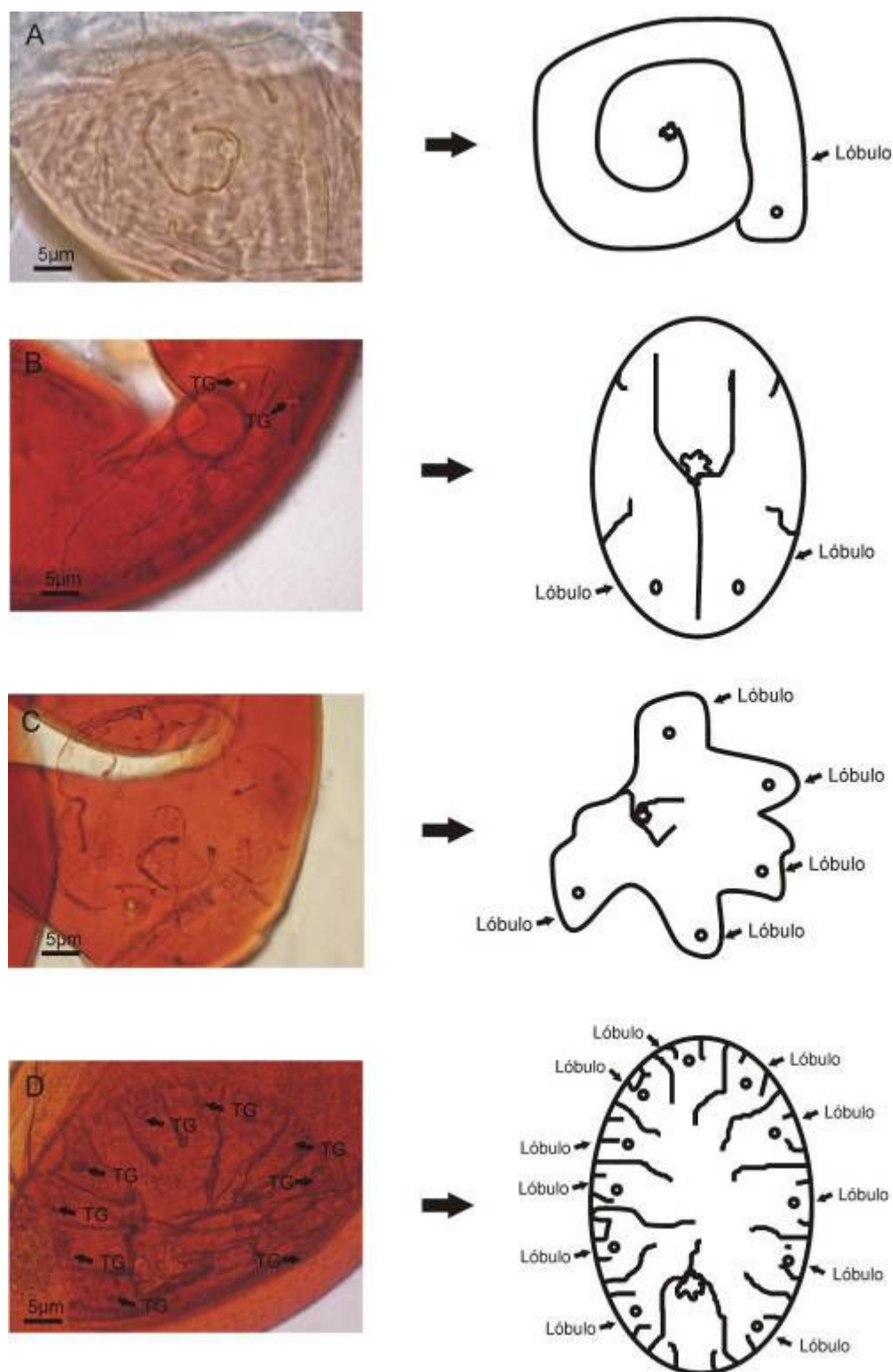


Figura 13 A-D. Complexidade das placas germinativas em *Racocetraceae*, *Scutellosporaceae* e *Dentiscutataceae*. A – Placa germinativa simples com apenas um lóbulo em *Sc. pernambucana*. B – Placa germinativa simples em *Fuscutata heterogama*. C – Placa germinativa de média complexidade em *Racocetra castanea*. D - Placa de alta complexidade em *Dentiscutata biornata*.

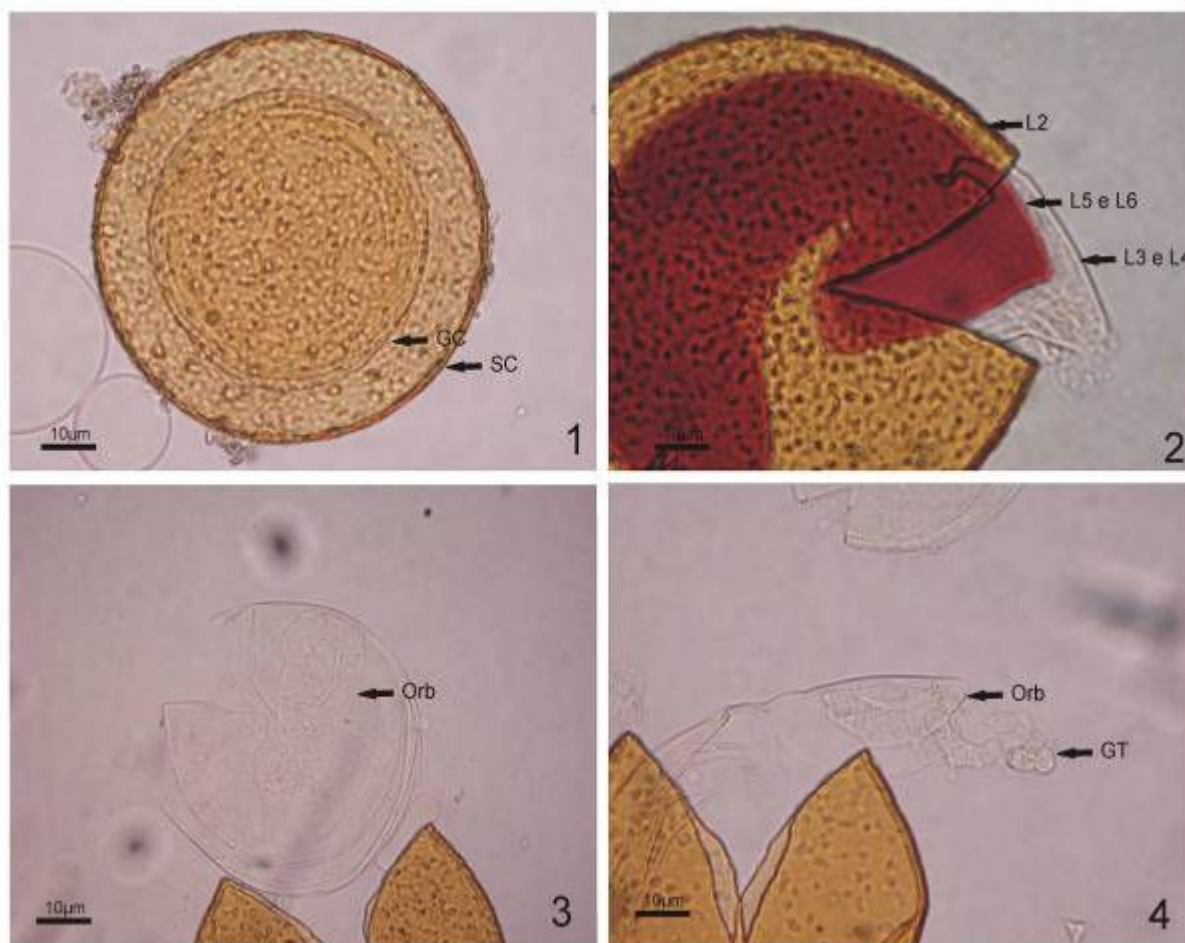


Figura 14. Glomerosporos de *Acaulospora lacunosa* (isolado BEG 78). 1. Aspecto geral; 2. detalhe da estrutura da parede, com a mais interna corada em Melzer; 3. Detalhe do orb; 4. Detalhe do orb e do tubo germinativo (GT).

As evidências morfológicas das placas germinativas observadas durante esse estudo em representantes com glomerosporos escutelosporóides e os orbs nos glomerosporos acaulosporóides indicam que as estruturas especializadas de germinação são formadas entre as camadas mais internas do componente germinativo da parede do glomerosporos. Em geral os estudos ontogenéticos realizados em *Scutellospora*, *Acaulospora* e *Kuklospora* enfatizam que a placa germinativa ou orb são formadas entre as paredes germinativas (Morton 1995; Stürmer & Morton 1999b). Porém, ignoram que essa placa é originada a partir da parede mais interna, dando a falsa impressão de que se formam independentemente durante o desenvolvimento do glomerosporo e sem ligação com as camadas que compõem a parede interna. Essa contextualização está equivocada, pois a origem das placas está ligada às camadas da parede interna. Ao descrever o processo de formação das placas a partir das camadas mais internas Oehl et al. (2008) apresentam um argumento mais preciso nesse sentido.

A hifa de sustentação é observada exclusivamente em glomerosporos glomóides, o que engloba os gêneros *Glomus*, *Paraglomus*, *Diversispora*, *Pacispora*, *Ambispora* (sinanomorfo glomóide) e *Archaeospora* (sinanomorfo glomóide). Na hifa de sustentação foram observados: a forma, o número e a aparência das camadas, além do poro. O número de hifas de sustentação por esporo também foi avaliado.

Em geral a forma da hifa de sustentação não determina espécies, pois a mesma varia de cilíndrica a irregular passando por forma de funil e constricta na base; isso é facilmente notado também nas descrições originais. Glomerosporos de *Gl. mosseae* são caracterizados basicamente por apresentar hifa de sustentação em forma de funil, porém alguns glomerosporos examinados apresentavam hifa cilíndrica a levemente constricta na base. *Glomus constrictum* é outro exemplo dessa variação. Glomerosporos dessa espécie, como indicado pelo nome, são caracterizados pela hifa de sustentação constricta na base, porém os glomerosporos avaliados durante os estudos mostram que muitos representantes não apresentam essa característica.

A utilização do septo como caráter morfológico para delimitar espécies também é problemático já que em um mesmo isolado há glomerosporos com poro fechado e outros não. As descrições originais das espécies não enfatizam essa característica o que impede qualquer análise conclusiva sobre essa estrutura. O poro pode estar aberto ou ocluso por uma das camadas da parede do glomerosporo e se ocluso o septo pode ser formado de diferentes maneiras. Glomerosporos de *Gl. fulvum* e de *Gl. cuneatum*, por exemplo, apresentam poro fechado pelo alargamento da camada laminada, que geralmente não se prolonga muito na hifa de sustentação. Glomerosporos de *Gl. halonatum* apresentam poro fechado pela camada mais interna da parede, enquanto os de *Gl. etunicatum* são fechados pelo espessamento de um dos lados da parede da hifa formada pela camada laminada. Glomerosporos de *Gl. australe* não formam septo no poro, que em geral é aberto. Em *Glomus badium* a hifa de sustentação é curta e muito pigmentada e o poro não foi observado. Outras variações podem ser observadas no gênero *Glomus*, mas para isso são necessárias análises detalhadas dessa estrutura nas várias espécies que apresentam glomerosporos glomóides.

A cor da hifa de sustentação apresenta pequena variação. Glomerosporos pigmentados podem apresentar hifas de sustentação hialinas (*Gl. etunicatum*) enquanto outros apresentam hifas com a mesma pigmentação do esporo (*Gl. clarum*, *Gl. coremioides*, *Gl. clavisorum*, *Gl. taiwanensis*, *Gl. liquidambaris*, *Gl. cuneatum*, *Gl. fulvum*, *Gl. constrictum*, *Gl. australe*, *Paraglomus occultum*, *Pacispora robigina*, *Pacispora* sp.). Oehl (comunicação pessoal) afirma que a coloração da hifa de sustentação também pode ser considerada uma

característica secundária para a segregação de grupos de espécies dentro do gênero *Glomus*. Apesar disso, as chaves de identificação disponíveis nesse trabalho não utilizam esse caráter, assim como o número de camadas na hifa de sustentação para a segregação de grupos de espécies considerando que não há dados sobre muitas das espécies tratadas.

Explorar mais essas características da hifa de sustentação pode ser útil para melhor delimitação dos táxons já descritos (principalmente os mais antigos) e também para os novos para que haja homogeneidade nas descrições, facilitando as comparações.

O número de hifas de sustentação deve ser considerado um caráter secundário, sendo útil apenas para segregar grupos de espécies já que há casos onde os glomerosporos podem ou não apresentar duas hifas de sustentação (*Gl. etunicatum* e *Gl. heterosporum*) e outros onde todos os glomerosporos apresentam no mínimo duas hifas de sustentação (*Gl. glomerulatum*) ou aqueles com mais de duas hifas de sustentação (*Glomus* sp.2).

Glomerosporos de *Glomus* sp.2 apresentaram até oito hifas de sustentação, característica não descrita para nenhuma outra espécie de *Glomus*. Apenas *Gl. multicauli* apresenta glomerosporos com várias hifas de sustentação, porém nessa espécie no máximo quatro hifas por esporo foram documentadas (Gerdemann & Bakshi 1976).

Segundo a descrição de *Gl. fasciculatum* há registro de glomerosporos com duas hifas de sustentação, porém nenhum glomerosporos do material tipo apresenta essa característica. Glomerosporos de *Gl. aggregatum* poderiam estar entre os de *Gl. fasciculatum*, pois estes apresentam duas hifas de sustentação como foi observado aqui, durante os estudos (*Gl. aggregatum* e *Gl. fasciculatum*).

Sieverding (1987) distinguiu *Gl. glomerulatum* das demais espécies de *Glomus* principalmente pela presença de duas hifas de sustentação em todos os esporos do esporocarpio. Porém, esporocarpos de *Gl. glomerulatum* encontrados no nordeste brasileiro não apresentaram duas hifas de sustentação em todos os esporos (ver descrição de *Gl. glomerulatum*), embora a maioria tenha realmente duas hifas. Sieverding (1987) usou o número de hifas de sustentação como principal característica para separar *G. glomerulatum* das demais espécies de *Glomus* e essa característica parece estável, pois potes de cultura com isolados dessa espécie foram estabelecidos no Laboratório de Micorriza da UFPE sendo evidenciada a frequente ocorrência de duas ou mais hifas de sustentação na maioria dos esporos nos esporocarpos.

O sáculo esporífero é observado apenas em glomerosporos acaulosporóides e entrofosporóides (*Acaulospora*, *Archaeospora*, *Intraspora*, *Kuklospora*, *Entrophospora*, *Ambispora* e *Otospora*) e caracteriza-se por ser uma estrutura geralmente frágil, que colapsa

facilmente na maturidade e em geral não apresenta pigmentação. No entanto, *Entrophospora infrequens* apresenta sáculos mais robustos que dificilmente colapsam, e reagem fortemente em Melzer, adquirindo coloração dextrinóide (vermelho púrpura escuro), característica não observada em qualquer outra espécie avaliada durante esse estudo. Apenas o sáculo esporífero de *Ac. koskei* apresentou reação amilóide, ou seja, adquiriu coloração azulada em presença de Melzer (Goto et al. 2008a). Sáculos esporíferos de *Ac. tuberculata* também diferem das demais espécies avaliadas, sendo os únicos pigmentados (amarelo amarronzado).

Diferente do que acontece com a hifa de sustentação, o sáculo esporífero geralmente é hialino, de parede fina, com duas camadas fortemente aderidas. Dentre as espécies estudadas, apenas *En. infrequens* e *Ac. tuberculata* apresentam sáculos esporíferos mais robustos, com parede espessada composta por três camadas, no entanto diferem porque apenas em *Ac. tuberculata* o sáculo é pigmentado.

De modo geral as características relacionadas ao sáculo esporífero não devem ser usadas como caráter para segregar espécies nem grupos de espécies, pois não há evidências morfológicas que auxiliem na identificação, exceto para *Ac. tuberculata* e *En. infrequens*.

O bulbo suspensor é uma estrutura geralmente subglobosa a elipsóide que origina glomerosporos gigasporóides (*Gigaspora*) e escutelosporóides (*Scutellospora*, *Racocetra*, *Cetraspora*, *Fuscutata*, *Dentiscutata* e *Quatunica*).

Assim como ocorre com as hifas de sustentação de glomerosporos glomóides, o bulbo suspensor apresenta grande variação na forma, o que impede a utilização desse caráter na delimitação de espécies. Porém, a cor do bulbo pode seguir a cor dos glomerosporos (*Fu. heterogama*, *Fu. rubra*, *De. reticulata*, *De. biornata*, *Dentiscutata* sp1., *Racocetra* sp1., *Racocetra* sp2., *Ra. fulgida*, *Ra. gregária*, *Ra. minuta*, *Ra. pérsica*, *Ra. verrucosa* *Qu. erytropa*) ou ainda da placa germinativa (*Fu. savannicola*, *Ce. Pellucida*, *De. cerradensis* e *De. scutata*). O número de camadas que forma a parede do bulbo suspensor também pode variar, porém o número de camadas do bulbo pode não estar relacionado com o número de camadas do componente estrutural. Por exemplo, glomerosporos de *De. biornata* apresentam três camadas no componente estrutural, porém o bulbo apresenta apenas uma camada. Além disso, glomerosporos de *Dentiscutata* sp1. apresentam ornamentação na superfície interna da parede do bulbo suspensor similar ao observado na superfície interna do componente estrutural.

Maior detalhamento das células suspensoróides, incluindo o número de camadas da parede do bulbo podem, futuramente, ajudar a delimitar espécies ou grupos de espécies.

Porém, até o momento o bulbo suspensor deve ser considerado uma estrutura secundária na taxonomia dos FMA.

3 Chaves dicotômicas para identificação de gêneros e espécies de fungos micorrízicos arbusculares (FMA)

Existem aproximadamente 205 espécies de FMA descritas (de Souza et al. 2008), e uma ampla diversidade estrutural pode ser encontrada no filo *Glomeromycota*, porém a identificação das espécies é uma tarefa difícil, sendo necessária muita experiência por parte do observador. Além disso, há carência de trabalhos que reúnam informações sobre as variações nas espécies, contribuindo para construção de chaves de identificação mais acuradas.

O único manual que compila um grande número de espécies e disponibiliza tabelas para identificação é o de Schenck & Pérez (1990). Essas tabelas não apresentam, para muitas espécies, a estrutura da parede do esporo, considerado um dos aspectos morfológicos mais críticos para identificação dos FMA (Morton 1988).

Atualmente, as maiores fontes de dados morfológicos usando espécies oriundas de potes de culturas vivas são disponibilizadas por Morton no site da International Culture Collection of Vesicular Arbuscular Mycorrhizal Fungi - INVAM (<http://invam.caf.wvu.edu/taxonomy>) e no site particular de Janusz Blaszkowski (<http://www.agro.ar.szczecin.pl/~jblaszkowski/>). Porém em nenhum desses são disponibilizadas chaves de identificação.

A grande maioria das chaves disponíveis é restrita, tratando apenas de alguns gêneros ou espécies. Zhang & Wang (1991) disponibilizaram chaves de identificação para espécies de *Glomus*, porém esse trabalho está em chinês, o que torna problemática a sua utilização. Silva et al. (2005) publicaram uma ampla chave de identificação para espécies de *Scutellospora*, mas várias novas espécies foram descritas desde então. Outras chaves abordam espécies encontradas em estudos ecológicos, ou comparativos entre novas espécies e as morfológicamente próximas (Tandy 1975; Nicolson & Schenck 1979; Gerdemann & Trappe 1973; Walker & Trappe 1981; Berch & Fortin 1983; Schenck et al., 1984; Koske & Walker 1985; McGee 1986; Wu 1993; Oehl & Sieverding 2004). Em alguns casos são comparadas

espécies de FMA com outras de grupos diferentes (Goto & Maia 2006b) faltando chaves mais amplas, como as formuladas por Schenck & Pérez (1990).

Assim, problemas na identificação de espécies de FMA persistem e são agravados, principalmente porque técnicas moleculares vêm sendo usadas como base para a distinção de novos gêneros, tais como: *Archaeospora*, *Paraglomus*, *Pacispora*, *Diversispora* e *Otospora* (Morton & Redecker 2001; Oehl & Sieverding 2004; Walker & Schußler 2004; Palenzuela et al 2008), cujas espécies nem sempre são morfológicamente distintas das de outros gêneros.

A ausência de chaves abrangentes, para grande número de espécies dificulta sobretudo os trabalhos de inventário e distribuição de espécies. Por esta razão, estão sendo propostas chaves para facilitar e promover a identificação acurada das espécies de FMA.

CHAVE PARA GÊNEROS

- 1 – Fungos simbioticamente associados a cianofíceas.....*Geosiphon*
- 1' – Fungos obrigatoriamente endosimbiontes com plantas, formando arbúsculos no córtex das raízes.....2
- 2 – Esporos formados em esporocarpos ou livremente, com hifa de sustentação (glomóides) ou bulbo suspensoróide (gigasporóide).....3
- 2' – Esporos livres, formados a partir de um sáculo esporífero, apresentando pedicelo, uma ou duas cicatrizes.....6
- 3 – Esporos com bulbo suspensor.....4
- 3' – Esporos com hifa de sustentação.....5
- 4 – Esporos sem um componente germinativo e sem placa germinativa, superfície da camada mais interna da parede ornamentada com projeções similares a papilas (camada germinativa).....*Gigaspora*
- 4' – Esporos com componente germinativo e com placa germinativa..... 13
- 5 – Esporos com componente germinativo.....7
- 5' – Esporos sem componente germinativo.....*Glomus*
- 6 – Esporos glomóides e/ou acaulosporóides, pedicelo de parede espessa, composta por duas camadas que originam a camada externa quebradiça e a média ornamentada.....*Ambispora*
- 6' – Esporos glomóides, componente germinativo geralmente liso, reagindo em Melzer e componente estrutural não quebradiço.....*Pacispora*

| | |
|--|----------------------|
| 7 – Esporos formados lateralmente em sáculo esporífero, apresentando apenas uma cicatriz ao separar da hifa..... | 8 |
| 7' – Esporos formados de modo intercalar no pedicelo do sáculo esporífero, apresentando duas cicatrizes..... | 11 |
| 8 – Esporos com parede simples sem componente germinativo, apresentando apenas três camadas..... | <i>Archaeospora*</i> |
| 8' - Esporos com componente germinativo..... | 9 |
| 9 – Componente germinativo sem superfície “beaded”..... | 10 |
| 9' - Componente germinativo com superfície “beaded”..... | <i>Acaulospora</i> |
| 10 – Componente estrutural com quatro camadas..... | <i>Otospora</i> |
| 10' - Componente estrutural com duas camadas..... | <i>Ambispora</i> |
| 11 – Esporos com apenas um ou dois grupos de parede..... | 12 |
| 11' – Esporos com três grupos de parede..... | <i>Kuklospora</i> |
| 12 – Esporos com um grupo compondo a parede..... | <i>Intraspora</i> |
| 12' – Esporos com dois grupos compondo a parede..... | <i>Entrophospora</i> |
| 13 – Esporos com apenas um componente germinativo na parede..... | <i>Racocetra</i> |
| 13' – Esporos com dois ou três componentes germinativos na parede..... | 14 |
| 14 – Esporos com dois componentes germinativos..... | 15 |
| 14' – Esporos com três componentes germinativos..... | <i>Quatunica</i> |
| 15 – Placa germinativa sem pigmentação..... | 16 |
| 15' – Placa germinativa pigmentada..... | 17 |
| 16 – Placa germinativa simples na forma de violino..... | <i>Scutellospora</i> |
| 16' – Placa germinativa de média complexidade geralmente oval a irregular, multicompartimentada..... | <i>Cetraspora</i> |
| 17 – Placa germinativa simples na forma de violino..... | <i>Fuscutata</i> |
| 17' – Placa germinativa de alta complexidade, elipsóide, oval ou cardióide, multicompartimentada..... | <i>Dentiscutata</i> |

* *Archaeospora sensu* Spain et al. (2006).

* *Paraglomus* e *Diversispora* foram excluídos da chave por não apresentarem caracteres morfológicos distintos dos demais gêneros. Contudo, as espécies desses gêneros podem ser encontradas nas demais chaves para espécies.

Grupo *ARCHAEOSPORA**

| | |
|--|-----------------------------|
| 1 – Esporos acaulosporóides com três camadas na parede..... | <i>A. trappei</i> |
| 1' – Esporos entrofosporóide com três camadas na parede..... | <i>Intraspora schenckii</i> |

* O grupo *Archaeospora* foi aqui estruturado simplesmente pela semelhança entre os caracteres morfológicos de *Archaeospora trappei* e *Intraspora schenckii*.

AMBISPORA (sinanomorfo acaulosporóide)

| | |
|--|--------------------------|
| 1 – Esporos com parede ornamentada..... | 2 |
| 1' – Esporos sem parede ornamentada..... | 4 |
| 2 – Ornamentação na parede externa..... | 3 |
| 2' - Ornamentação na parede média..... | <i>A. appendicula</i> |
| 3 - Ornamentação cerebriforme..... | <i>A. jimgerdemannii</i> |
| 3' - Ornamentação pustular..... | <i>A. brasiliensis</i> |
| 4 – Esporo amarelo claro a marrom..... | <i>A. gerdemannii</i> |
| 4' - Esporo hialino a branco..... | <i>A. fennica</i> |

ENTROPHOSPORA *

| | |
|---|----------------------|
| 1 – Peridiosporo recobrimdo o esporo..... | <i>E. baltica</i> |
| 1' – Ausência de peridiosporo..... | <i>E. infrequens</i> |

* *Sensu* Sieverding & Oehl (2006).

GIGASPORA

| | |
|---|--------------------------|
| 1 – Esporos de coloração branco creme, amarela ou esverdeada..... | 2 |
| 1' – Esporos de coloração rosada..... | <i>G. rosea</i> |
| 2 – Esporos grandes (240 – 800 µm) e com parede <14 µm de espessura..... | <i>G. gigantea</i> |
| 2' – Esporos menores (143 – 480 µm) e parede com espessura > 14 µm..... | 3 |
| 3 – Parede do esporo espessa atingindo até 45 µm de espessura e levemente flexível..... | <i>G. decipiens</i> |
| 3' – Parede do esporo variando de 15 – 26 µm..... | 4 |
| 4 – Dois ou mais bulbos suspensores presos ao esporo..... | <i>G. ramisporophora</i> |
| 4' – Apenas um bulbo suspensor preso ao esporo..... | 5 |
| 5 – Esporos de coloração creme a verde, melhor visualizada em conjunto, na lupa..... | <i>G. albida</i> |
| 5' – Esporos de branco creme a amarelo escuro, melhor visualizada em conjunto, na lupa..... | <i>G. margarita</i> |

KUKLOSPORA

- 1 – Esporos com parede ornamentada com perfurações.....*K. kentinensis*
 1' – Esporos sem parede ornamentada.....*K. colombiana*

PARAGLOMUS

- 1 – Esporos com parede ornamentada com perfurações ou estrias.....*P. brasilianum*
 1' – Esporos sem parede ornamentada.....2
 2 - Esporos com três camadas compondo a parede.....*P. occultum*
 2' - Esporos com duas camadas compondo a parede.....*P. laccatum*

PACISPORA

- 1 – Esporos com parede ornamentada.....2
 1' – Esporos com parede lisa.....5
 2 – Parede do esporo ornamentada com depressões na segunda camada do componente estrutural.....*P. boliviana*
 2' – Parede do esporo ornamentada com verrugas e projeções na primeira camada do componente estrutural.....3
 3 – Ornamentação com verrugas < 5 µm.....*P. scintillans*
 3' – Ornamentação com projeções diferentes de verrugas.....4
 4 – Ornamentação com verrugas grandes e pequenas > 5 µm.....*P. chimonobambusae*
 4 – Ornamentação com pústulas irregularmente distribuídas.....*P. patagonica*
 5 – Esporos pigmentados (marrom claro a marrom avermelhado).....*P. robigina*
 5' – Esporos hialinos.....6
 6 – Componente germinativo reagindo em Melzer.....*P. franciscana*
 6' – Componente estrutural reagindo em Melzer.....*Pacispora* sp.

* *Pacispora coralloidea* descrita por Oehl & Sieverding (2004) foi excluída da chave por não apresentar características morfológicas consistentes para a distinção da espécie. *Pacispora dominiki* foi considerada sinonímia de *P. scintillans* como sugerido por Walker et al. (2004) e por isso excluída da chave.

ACAULOSPORA

- 1 – Esporos com parede ornamentada.....2
 1' – Esporos sem parede ornamentada.....17
 2 – Esporos ornamentados com projeções.....3

| | |
|---|-------------------------------|
| 2' - Esporos ornamentados com depressões..... | 8 |
| 3 – Projeções em forma de dentes molares ou verrugas..... | 4 |
| 3' – Projeções em forma de espinhos ou tubérculos..... | 5 |
| 4 – Ornamentação em forma de dentes molares homoganeamente distribuídos na superfície do esporo..... | <i>A. denticulata</i> |
| 4' – Ornamentação em forma de verrugas de diferentes tamanhos..... | <i>Ambispora brasiliensis</i> |
| 5 – Esporos marrom a marrom avermelhados e projeções tuberculares (0,7 – 1,5 µm de altura) homoganeamente distribuídos na superfície do esporo..... | <i>A. tuberculata</i> |
| 5' - Esporos hialinos a levemente amarelados e projeções em forma de espinhos homoganeamente distribuídos na superfície dos esporos ou espinhos imersos em uma depressão pentagonal, hexagonal ou circular..... | 6 |
| 6 – Espinhos homoganeamente distribuídas na superfície de esporos (1 - 4 µm de altura) de coloração hialina a amarelo claro..... | <i>A. spinosa</i> |
| 6' – Espinhos imersos em uma depressão pentagonal, hexagonal ou circular..... | 7 |
| 7 – Esporos com seis ou sete camadas compondo a parede..... | <i>A. bireticulata</i> |
| 7' – Esporos com quatro camadas compondo a parede..... | <i>A. elegans</i> |
| 8 – Esporos hialinos ou amarelados..... | 9 |
| 8' - Esporos pigmentados (marrom ou avermelhados)..... | 15 |
| 9 – Esporos com depressões arredondadas homoganeamente distribuídas na superfície do esporo..... | 10 |
| 9' – Esporos com depressões alongadas, labirintiformes..... | <i>A. rehmi</i> |
| 10 – Parede com três camadas..... | <i>A. undulata</i> |
| 10' – Parede com mais de três camadas..... | 11 |
| 11 – Parede sem uma camada amorfa no componente germinativo..... | <i>A. scrobiculata</i> |
| 11' – Parede com uma camada amorfa no componente germinativo..... | 12 |
| 12 – Esporos com duas camadas unitárias no componente estrutural..... | <i>A. cavernata</i> |
| 12' – Esporos com camada laminada compondo o componente estrutural..... | 13 |
| 13 – Superfície levemente ornamentada com pequenas depressões ou sulcos oriundos de uma superfície rugosa..... | 14 |
| 13' – Superfície do esporo com depressões mais profundas e evidentes, em forma de pires ou discos..... | <i>A. lacunosa</i> |
| 14 – Superfície levemente ornamentada com pequenas depressões..... | <i>A. dilatata</i> |
| 14' - Superfície ornamentada com sulcos oriundos do enrugamento da superfície..... | <i>A. rugosa*</i> |
| 15 – Esporos com cinco camadas na parede..... | <i>A. excavata</i> |
| 15' – Esporos com sete ou oito camadas na parede..... | 16 |

| | |
|---|------------------------------|
| 16 – Esporos com sete camadas compondo a parede e ornamentados com depressões irregulares..... | <i>A. foveata</i> |
| 16’- Esporos com oito camadas compondo a parede e ornamentados com depressões regulares..... | <i>A. alpina</i> |
| 17 – Esporos formados em agrupamentos similares a esporocarpos..... | 18 |
| 17’ – Esporos formados ectocarpicamente..... | 19 |
| 18 – Esporos hialinos..... | <i>A. myriocarpa</i> |
| 18’ – Esporos pretos | <i>A. sporocarpa</i> |
| 19 – Parede do esporo com três, quatro ou cinco camadas..... | 20 |
| 19’ – Parede do esporo com seis ou sete camadas..... | 25 |
| 20 – Esporos com três ou quatro camadas na parede..... | 21 |
| 20’ – Esporos com cinco camadas na parede..... | 24 |
| 21 – Esporos com três camadas..... | <i>Archaeospora trappeii</i> |
| 21’ – Esporos com quatro camadas..... | 22 |
| 22 – Componente estrutural com a primeira camada evanescente e a segunda laminada..... | <i>A. nicolsonii</i> |
| 22’ – Componente estrutural com uma ou duas camadas unitárias..... | 23 |
| 23 – Componente estrutural com uma camada unitária..... | <i>A. polonica</i> |
| 23’ - Componente estrutural com duas camadas unitárias..... | <i>A. walkerii</i> |
| 24 – Esporos hialinos com componente estrutural apresentando dupla camada unitária..... | <i>A. splendida</i> |
| 24’ – Esporos amarelados com componente estrutural apresentando a primeira camada evanescente e a segunda camada aderida à terceira, ambas unitárias..... | <i>A. longula*</i> |
| 25 – Esporos com seis camadas na parede..... | 26 |
| 25’ – Esporos com sete camadas na parede..... | 27 |
| 26 – Componente estrutural com a primeira camada evanescente e a segunda laminada..... | 28 |
| 26’ – Componente estrutural com a primeira camada unitária e a segunda laminada..... | <i>A. thomii</i> |
| 27 – Reação em Melzer no componente estrutural e germinativo..... | <i>A. koskei</i> |
| 27’ – Reação em Melzer apenas no componente germinativo..... | <i>A. delicata</i> |
| 28 – Reação em Melzer ausente na parede..... | <i>A. entreriana</i> |
| 28 – Reação em Melzer presente na parede..... | 29 |
| 29 – Reação em Melzer no componente estrutural e no germinativo..... | <i>A. colossica</i> |
| 29’ – Reação em Melzer apenas no componente germinativo..... | 30 |
| 30 – Esporos (140 – 240 µm) laranja a marrom avermelhados..... | <i>A. laevis</i> |

30' – Esporos (60 – 140 µm) amarelo claro a amarelo escuro, levemente alaranjados.....31

31 – Esporos amarelo claro com camada laminada variando de 2,0 – 2,4 µm de espessura.....*A. morrowiae**

31' – Esporos amarelo escuro a levemente alaranjados com camada laminada variando de 3,6 – 5,1 µm de espessura.....*A. mellea**

* Esporos dessas espécies são difíceis de separar devido à semelhança na cor, dimensão e estrutura da parede. Por essa razão é necessário uma avaliação mais detalhada dos esporos dessas espécies, pois a visualização de algumas camadas em esporos de campo pode ser difícil.

CETRASPORA

1 – Esporos com parede ornamentada.....2
1' – Esporos sem parede ornamentada.....3

2 – Esporos ornamentados com espinhos.....*C. spinosissima*
2' – Esporos ornamentados com estrias.....*C. striata*

3 – Esporos pigmentados.....*C. armeniaca*
3' – Esporos hialinos.....4

4 – Reação em Melzer no componente germinativo.....*C. gilmorei*
4' – Reação em Melzer no componente estrutural e germinativo.....*C. pellucida*

FUSCUTATA

1 – Esporos com parede ornamentada com espinhos.....*F. heterogama*
1' – Esporos sem parede ornamentada.....2

2 – Esporos pigmentados.....*F. rubra*
2' – Esporos hialinos.....*F. savannicola*

DENTISCUTATA

1 – Esporos com parede ornamentada.....2
1' – Esporos sem parede ornamentada.....6

2 – Esporos pigmentados.....3
2' – Esporos hialinos.....*D. cerradensis*

3 – Esporos apresentando ornamentação reticular.....4
3' – Esporos sem ornamentação reticular.....5

4 – Reticulo poligonal com pequenos espinhos no interior do reticulo.....*D. reticulata*
4' – Reticulo globoso a subgloboso com projeções similares a novelos no interior do reticulo.....*D. nigra*

| | |
|---|-----------------------|
| 5 – Esporos com dupla ornamentação..... | <i>D. biornata</i> |
| 5' – Esporos com apenas uma ornamentação..... | <i>D. heterogama</i> |
| 6 – Esporos pigmentados..... | <i>D. hawaiiensis</i> |
| 6' – Esporos hialinos..... | <i>D. scutata</i> |

RACOCETRA

| | |
|---|-----------------------|
| 1 – Esporos com parede ornamentada..... | 2 |
| 1' – Esporos sem parede ornamentada..... | 6 |
| 2 – Glomerosporos negros..... | 3 |
| 2' – Glomerosporos amarelo a marron | 4 |
| 3 – Ornamentação verrucosa de superfície rombuda..... | <i>R. gregaria</i> |
| 3' – Ornamentação irregular de superfície plana..... | <i>R. coralloidea</i> |
| 4 – Ornamentação verrucosa..... | <i>R. verrucosa</i> |
| 4' – Ornamentação na forma de espinhos..... | 5 |
| 5 – Espinhos na superfície da primeira camada da parede do glomerosporos..... | <i>R. persica</i> |
| 5' – Espinhos originados na segunda camada da parede do glomerosporo e perfurando a primeira camada..... | <i>R. minuta</i> |
| 6 – Glomerosporos pigmentados..... | 7 |
| 6' – Glomerosporos hialinos..... | <i>R. weresubiae</i> |
| 7 – Primeira camada da parede unitária | 8 |
| 7' – Primeira camada da parede evanescente expansiva..... | <i>R. alborosea</i> |
| 8 – Primeira camada da parede se desprendendo facilmente da segunda camada geralmente espessa (10-35 µm)..... | <i>R. castanea</i> |
| 8' – Primeira camada da parede fortemente aderida a segunda que geralmente é fina (6-8 µm) | <i>R. fulgida</i> |

SCUTELLOSPORA

| | |
|--|------------------------|
| 1 – Esporos com parede ornamentada..... | 2 |
| 1' – Esporos sem parede ornamentada..... | 5 |
| 2 – Esporos ornamentados com dupla ornamentação,..... | 3 |
| 2' – Esporos com apenas uma ornamentação..... | 4 |
| 3 – Esporos ornamentados com projeções verrucosas menores (0.5 - 1.0 µm) e colunas baciliformes maiores (2 - 10 µm)..... | <i>S. dipapilosa</i> |
| 3' – Esporos com grandes projeções (30 µm) e pequenos colículos (1 - 3µm).... | <i>S. projecturata</i> |
| 4 – Esporos com ornamentação crenulata, com projeções na forma de domo ou papilas sub-poligonais..... | <i>S. crenulata</i> |

- 4'- Esporos com ornamentação pústular, com projeções de forma arredondada.....*S. nodosa*
- 5 – Placa germinativa com apenas um lóbulo formando um espiral e camada externa evanescente.....*S. pernambucana*
- 5'- Placa germinativa bi-lobada formando uma estrutura similar a um coração ou violino e camada externa unitária.....6
- 6 – Reação ao Melzer no componente estrutural e germinativo.....7
- 6' – Reação ao Melzer apenas no componente germinativo.....8
- 7 – Componente estrutural adquirindo coloração amarelada a alaranjada.....*S. calospora*
- 7' – Componente estrutural adquirindo coloração marrom avermelhado escuro....*S. arenicola*
- 8 – Reação ao Melzer nas duas camadas do componente germinativo.....*S. dipurpurescens*
- 8' – Reação ao Melzer apenas na camada mais interna do componente germinativo.....*S. aurigloba*

GLOMUS E ESPOROS GLOMÓIDES

(Chave para os grupos)

- 1 – Esporos encontrados isoladamente no solo.....2
- 1' – Esporos agrupados em grandes ou pequenos aglomerados, ou em esporocarpos.....Esporocarpace
- 2 – Esporos recobertos por um manto hifálico densamente ou frouxamente arranjado.....Peridiosporae
- 2' – Esporos sem um manto hifálico.....3
- 3 – Com um componente germinativo.....Endosporae
- 3' – Sem um componente germinativo.....Exosporae

GRUPO DOS ESPOROCARPAE

(Chave para os grupos)

- 1 – Esporocarpos com perídio.....Coremioides
- 1' – Esporocarpos sem perídio.....2
- 2 – Esporos originados radialmente, formando uma camada, a partir de um plexo central de hifas.....Clavisporum
- 2' – Esporos distribuídos aleatoriamente no esporocarpo, sem um plexo central de hifas.....Macrocarpum

GRUPO DOS COREMIOIDES

- 1 – Perídio fortemente arranjado, dificilmente separando do esporocarpo.....2
- 1' – Perídio frouxamente arranjado, facilmente separando do esporocarpo.....7
- 2 – Esporocarpos com até cinco esporos.....3

| | |
|--|------------------------|
| 2' – Esporocarpos com mais de cinco esporos..... | 8 |
| 3 – Esporos com uma das camadas ornamentada com espinhos..... | 4 |
| 3' – Esporos sem camada ornamentada..... | 5 |
| 4 – Esporos com quatro camadas compondo a parede; camada externa evanescente formando um espesso halo hialino ao redor do esporo..... | <i>G. halonatum</i> |
| 4' - Esporos com três camadas compondo a parede; camada externa evanescente sem um halo ao redor do esporo..... | <i>G. monosporum</i> |
| 5 – Esporos com duas camadas compondo a parede..... | 6 |
| 5' – Esporos com três camadas compondo a parede..... | <i>G. mortonii</i> |
| 6 – Camada externa da parede expansiva, formando colunas em PVLG; hifa de sustentação reta..... | <i>G. coronatum</i> |
| 6' – Camada externa da parede não expansiva; hifa de sustentação em forma de funil..... | <i>G. mosseae</i> |
| 7 – Esporos recobertos por um peridiosporo de hifas dicotomicamente ramificadas..... | <i>G. corymbiforme</i> |
| 7' – Esporos não recobertos por um manto; perídio efêmero..... | 15 |
| 8 – Esporocarpos em forma de corêmio ou de pequeno cogumelo..... | 9 |
| 8' – Esporocarpos globosos, subglobosos ou irregulares..... | 10 |
| 9 – Esporocarpo com perídio branco e esporos pretos..... | <i>G. cuneatum</i> |
| 9' – Esporocarpo com perídio e esporos marrom escuro..... | <i>G. coremioides</i> |
| 10 – Esporocarpo com perídio de hifas sinuosas..... | <i>G. sinuosum</i> |
| 10' – Esporocarpo com perídio de hifas entrelaçadas..... | 11 |
| 11 – Esporocarpo com perídio branco..... | 12 |
| 11' – Esporocarpo com perídio de outra coloração..... | 13 |
| 12 – Esporos de 30 – 50 µm..... | <i>G. canum</i> |
| 12' – Esporos de 50 – 110 µm..... | <i>G. radiatum</i> |
| 13 - Esporos com duas camadas na parede..... | <i>G. macrocarpum</i> |
| 13' – Esporos com apenas uma camada na parede..... | 14 |
| 14 – Esporos marrom a marrom avermelhados..... | <i>G. microcarpum</i> |
| 14' – Esporos hialinos..... | <i>G. megalocarpum</i> |
| 15 – Esporos amarelo claro (coloração definida pelo material citoplasmático denso e granular), com parede composta de uma camada laminada..... | <i>G. fulvum</i> |
| 15' – Esporos marrons escuros (coloração definida pela parede do esporo), com parede composta por duas camadas e hifa de sustentação formada pela continuação de toda a camada laminada..... | <i>G. fuegianum</i> |

GRUPO DOS CLAVISPORUM

- 1 – Esporos cilíndricos ou clavados, com a parede espessada no ápice.....2
 1' – Esporos subglobosos ou obovóides, sem espessamento no ápice da parede.....3
- 2 – Parede dos esporos com duas camadas, a primeira fina e unitária seguida de uma laminada; ápice com uma câmara diferenciada preenchida ou não.....*G. taiwanensis*
 2' – Parede dos esporos apenas com uma camada laminada e ápice sem câmara diferenciada.....*G. clavisporum*
- 3 – Esporocarpos com mais de 30 esporos onde a hifa de sustentação é longa e facilmente observada.....*G. rubiforme*
 3' – Esporocarpos com poucos esporos (de 5 a 30) e hifa de sustentação curta e difícil de ser observada.....*G. badium*

GRUPO DOS MACROCARPUM

- 1 – Esporocarpos com pequenas massas de esporos variando de 0,1 – 1,0 μm2
 1' – Esporocarpos com grandes massas de esporos variando de 1,0 – 50 μm15
- 2 – Esporos amarelos claros a amarelos escuros.....3
 2' – Esporos marrons a marrons escuros.....10
- 3 – Esporos com três camadas compondo a parede.....4
 3' – Esporos com uma ou duas camadas compondo a parede.....7
- 4 - Parede do esporo com duas camadas evanescentes.....5
 4' - Parede do esporo com uma camada evanescente.....6
- 5 – Camada evanescente reagindo em Melzer, adquirindo coloração vermelho púrpura.....*G. intraradices*
 5' - Camada evanescente sem reação em Melzer.....*G. xanthium*
- 6 - Parede composta por uma camada evanescente, hialina, seguida de uma laminada marrom e outra hialina membranosa.....*G. antarcticum*
 6' – Parede composta por uma camada evanescente, hialina, seguida por uma unitária hialina e uma membranosa.....*G. heterosporum*
- 7 – Esporos geralmente com uma hifa de sustentação raramente com duas.....8
 7' – Esporos geralmente com duas hifas de sustentação, raramente com uma, três ou quatro.....*G. glomerulatum*
- 8 – Esporos com parede espessa 9 – 20 μm e lúmen comprimido pela espessa parede.....*G. nanolumem*
 8' – Esporos de parede fina 5 – 14 μm e lúmen não comprimido pela parede.....9
- 9 – Esporos com uma camada laminada compondo a parede.....*G. fasciculatum*
 9' – Esporos com duas camadas laminadas compondo a parede; eventualmente com recrescimento de um esporo a partir de outro já formado.....*G. aggregatum*

| | |
|---|-------------------------|
| 10 – Esporos com três camadas compondo a parede..... | <i>G. ambisporum</i> |
| 10' – Esporos com uma ou duas camadas compondo a parede..... | 11 |
| 11 – Parede do esporo com duas camadas..... | 12 |
| 11' – Parede do esporo com uma camada..... | 14 |
| 12 – Segunda camada da parede ornamentada com projeções..... | <i>G. botryoides</i> |
| 12' – Segunda camada da parede sem ornamentação..... | 13 |
| 13 – Camada externa evanescente estendendo-se até 100 µm ao longo da única hifa de sustentação..... | <i>G. invermaium</i> |
| 13' – Camada externa evanescente não se estendendo ao longo da hifa; geralmente duas hifas de sustentação por esporo..... | <i>G. heterosporum</i> |
| 14 – Esporos com parede fina (8 – 13 µm) e laminações pouco evidentes..... | <i>G. melanosporum</i> |
| 14' – Esporos com parede espessa (14 – 26 µm) e laminações bem evidentes como em <i>Gigaspora</i> | <i>G. tenebrosus</i> |
| 15 – Esporo amarelo claro a amarelo escuro..... | 16 |
| 15' – Esporo marrom a marrom escuro..... | 24 |
| 16 – Esporocarpos preenchidos por material gelatinoso..... | 17 |
| 16' – Esporocarpos sem material gelatinoso preenchendo os espaços..... | 18 |
| 17 – Material gelatinoso com reação dextrinóide em Melzer..... | <i>G. aureum</i> |
| 17' – Material gelatinoso sem reação ao Melzer..... | <i>G. pallidum</i> |
| 18 – Esporos com três camadas compondo a parede..... | <i>G. pellucidum</i> |
| 18' – Esporos com uma ou duas camadas compondo a parede..... | 19 |
| 19 – Esporos com uma camada compondo a parede..... | 20 |
| 19' – Esporos com duas camadas compondo a parede..... | 21 |
| 20 – Parede do esporo espessa (8 - 15 µm), reagindo em Melzer e adquirindo coloração laranja..... | <i>G. convolutum</i> |
| 20' – Parede do esporo fina (3 µm), sem reação em Melzer..... | <i>G. arborenses</i> |
| 21 – Esporocarpos apresentando vesículas..... | <i>G. vesiculiferum</i> |
| 21' – Esporocarpos sem a presença de vesículas..... | 22 |
| 22 – Esporocarpos com superfície poliédrica..... | <i>G. segmentatum</i> |
| 22' – Esporocarpos sem superfície poliédrica..... | 23 |
| 23 – Esporos hialinos a amarelados onde a parede da hifa formando espessamento tipo “colar” no ponto de inserção da hifa no esporo..... | <i>G. cerebriforme</i> |
| 23' – Esporos amarelo escuro a laranja amarronzados onde a parede da hifa de sustentação não espessada no ponto de inserção com o esporo..... | <i>G. versiforme</i> |
| 24 - Esporos com três ou com quatro camadas na parede..... | 25 |

| | |
|--|----------------------|
| 24' – Esporos com uma ou duas camadas na parede..... | 28 |
| 25 – Esporos com quatro camadas na parede..... | <i>G. avelingiae</i> |
| 25' – Esporos com três camadas na parede..... | 26 |
| 26 – Camada externa da parede formando fendas ou colunas em PVLG, seguido de uma camada laminada ornamentada com verrugas e uma camada unitária interna..... | <i>G. pansihalos</i> |
| 26' – Camada externa não formando colunas em PVLG, seguida de uma camada laminada ornamentada com verrugas e uma camada interna membranosa..... | <i>G. spinosum</i> |
| 27 – Paredes dos esporos com apenas uma camada..... | <i>G. tenerum</i> |
| 27' – Paredes dos esporos com duas camadas..... | 28 |
| 28 – Esporos com dupla camada laminada, sendo a primeira hialina e a segunda marrom..... | <i>G. warcupii</i> |
| 28' – Esporos com uma camada evanescente e outra laminada..... | 29 |
| 29 – Esporos com camada evanescente hialina..... | <i>G. australe</i> |
| 29' – Esporos com camada evanescente marrom escura..... | <i>G. atrouva</i> |

GRUPO DOS PERIDIOSPORAE

| | |
|--|----------------------|
| 1 - Esporos com manto hifálico denso e hifas com parede fina (1,0 µm) dificilmente separando do esporo..... | 2 |
| 1' – Esporos com manto hifálico frouxamente arranjado, hifas facilmente destacadas do esporo..... | 5 |
| 2 – Recrescimento, vegetativamente, de outros esporos a partir das hifas do manto..... | <i>G. globiferum</i> |
| 2' – Sem recrescimento de esporos a partir do manto..... | 3 |
| 3 – Esporos com apenas uma camada compondo a parede..... | <i>G. tortuosum</i> |
| 3' – Esporos com duas ou com três camadas compondo a parede..... | 4 |
| 4 – Parede dos esporos com duas camadas laminadas, sendo a primeira hialina e a segunda pigmentada marrom avermelhada..... | <i>G. mortonii</i> |
| 4' – Parede dos esporos com três camadas, sendo a primeira unitária, seguida de uma laminada e de uma membranosa..... | <i>G. globiferum</i> |
| 5 – Parede dos esporos com uma das camadas ornamentada com espinhos imersos em uma camada evanescente..... | 6 |
| 5' – Parede dos esporos sem camada ornamentada..... | 7 |
| 6 – Parede dos esporos com três camadas, a evanescente com superfície granulosa formando um halo hialino ao redor dos esporos..... | <i>G. halonatum</i> |
| 6' – Esporos com duas camadas, a evanescente fina e escamosa sem halo hialino ao redor do esporo..... | <i>G. monosporum</i> |
| 7 – Parede dos esporos com duas camadas, a evanescente expansiva em PVLG..... | <i>G. coronatum</i> |
| 7' – Parede dos esporos com três camadas, a evanescente não expansiva e fina..... | <i>G. mosseae</i> |

GRUPO DOS ENDOSPORAEE

| | |
|---|---------------------------|
| 1 – Esporos com parede ornamentada..... | 2 |
| 1' – Esporos com parede lisa..... | 4 |
| 2 – Parede do esporo ornamentada com depressões na segunda camada do componente estrutural..... | <i>P. boliviana</i> |
| 2' – Parede do esporo ornamentada com verrugas e projeções..... | 3 |
| 3 – Ornamentação com projeções grandes e pequenas porém até 5 µm de altura..... | <i>P. chimonobambusae</i> |
| 3' – Ornamentação com verrugas menores que 5 µm..... | <i>P. scintillans</i> |
| 4 – Esporos pigmentados (marrom claro a marrom avermelhado)..... | <i>P. robigina</i> |
| 4' – Esporos hialinos..... | 5 |
| 5 – Componente germinativo reagindo em Melzer..... | <i>P. franciscana</i> |
| 5' – Componente estrutural reagindo em Melzer..... | <i>Pacispora</i> sp. |

GRUPO DOS EXOSPORAEE

| | |
|--|-------------------------------|
| 1 – Parede dos esporos com uma das camadas ornamentadas com depressões ou projeções..... | 2 |
| 1' – Parede dos esporos sem ornamentação..... | 12 |
| 2 – Parede dos esporos ornamentadas com depressões..... | 3 |
| 2' – Parede dos esporos ornamentadas com projeções..... | 4 |
| 3 – Parede dos esporos com duas camadas..... | <i>G. insculptum</i> |
| 3' – Parede dos esporos com três camadas..... | <i>G. multiforum</i> |
| 4 – Esporos hialinos a levemente amarelados..... | <i>Paraglomus brasilianum</i> |
| 4' – Esporos alaranjados a marrom escuros..... | 5 |
| 5 – Esporos ornamentados com espinhos..... | 6 |
| 5' – Esporos ornamentados com verrugas, retículos geométricos ou pústulas..... | 8 |
| 6 – Esporos com duas camadas compondo a parede..... | <i>G. monosporum</i> |
| 6' – Esporos com três camadas compondo a parede..... | 7 |
| 7 - Primeira camada evanescente, formando halo hialino ao redor do esporo..... | <i>G. halonatum</i> |
| 7' - Primeira camada evanescente, sem formar halo hialino ao redor do esporo..... | <i>G. spinuliferum</i> |
| 8 – Esporos ornamentados com retículos geométricos ou pústulas..... | 9 |
| 8' – Esporos ornamentados com verrugas..... | 10 |
| 9 – Esporos ornamentados com retículos geométricos..... | <i>G. reticulatum</i> |
| 9' – Esporos ornamentados com pústulas..... | <i>G. pustulatum</i> |

| | |
|--|----------------------------|
| 10 – Esporos com a primeira camada ornamentada..... | 11 |
| 10' – Esporos com a segunda camada finamente ornamentada..... | <i>G. verruculosum</i> |
| 11 – Esporos com verrugas pequenas (0,5 µm) e apenas uma hifa de sustentação por esporo..... | <i>G. callosum</i> |
| 11' – Esporos com verrugas maiores (1,2 – 3,7 µm) e duas a quatro hifas por esporos..... | <i>G. multicaule</i> |
| 12 – Esporos hialinos a amarelados..... | 13 |
| 12' – Esporos pigmentados (alaranjados a marrom escuro)..... | 33 |
| 13 – Esporos com uma ou duas camadas compondo a parede..... | 14 |
| 13' – Esporos com três, quatro ou cinco camadas compondo a parede..... | 21 |
| 14 – Esporos com apenas uma camada compondo a parede e duas hifas de sustentação por esporo..... | <i>G. lacteum</i> |
| 14' – Esporos com duas camadas compondo a parede e apenas uma hifa por esporo..... | 15 |
| 15 – Esporos com camada evanescente mucilagínosa, viscosa ou com aparência de sujeira.. | 16 |
| 15' – Esporos com primeira camada flexível, unitária ou expansiva..... | 19 |
| 16 – Esporos com a camada externa apresentando reação em Melzer..... | <i>A. leptoticha</i> |
| 16' – Esporos sem reação dextrinóide na camada externa..... | 17 |
| 17 – Superfície dos esporos com material gelatinoso, coberto por partículas do solo..... | <i>G. viscosum</i> |
| 17' – Esporos sem material gelatinoso na superfície..... | 18 |
| 18 – Esporos geralmente irregulares..... | <i>G. eburneum</i> |
| 18' – Esporos geralmente globosos..... | <i>Diversispora spurca</i> |
| 19 – Primeira camada da parede dos esporos expansiva..... | <i>G. coronatum</i> |
| 19' – Primeira camada da parede dos esporos flexível ou unitária..... | 20 |
| 20 – Primeira camada da parede do esporo unitária..... | <i>G. albidum</i> |
| 20' – Primeira camada da parede do esporo flexível..... | <i>G. minutum</i> |
| 21 – Esporos com cinco camadas na parede..... | <i>G. gerdemanii</i> |
| 21' – Esporos com três ou quatro camadas na parede..... | 22 |
| 22 – Esporos com quatro camadas na parede..... | 23 |
| 22' – Esporos com três camadas na parede..... | 26 |
| 23 – Primeira camada da parede do esporo unitária..... | <i>G. proliferum</i> |
| 23' – Primeira camada da parede do esporo evanescente..... | 24 |
| 24 – Esporos com duas camadas evanescentes na parede..... | 25 |
| 24' – Esporos com uma camada evanescente seguida de uma unitária na parede..... | <i>G. caledonium</i> |

| | |
|--|-----------------------|
| 25 – Esporos com duas camadas internas laminadas..... | <i>G. claroideum</i> |
| 25' – Esporos com duas camadas internas, a primeira laminada e a segunda membranosa..... | <i>G. luteum</i> |
| 26 – Esporos com a primeira camada da parede laminada..... | 27 |
| 26' – Esporos com a primeira camada da parede evanescente..... | 28 |
| 27 – Parede dos esporos composta por duas camadas laminadas seguidas por uma membranosa..... | <i>G. dimorphicum</i> |
| 27' - Parede dos esporos composta por duas camadas laminadas seguidas por uma unitária e outra laminada..... | <i>G. trimurales</i> |
| 28 – Esporos com camada interna laminada..... | 29 |
| 28' - Esporos com camada interna membranosa..... | 32 |
| 29 – Camadas externas evanescentes com reação dextrinóide em Melzer..... | 30 |
| 29' – Camadas externas evanescentes não reagindo em Melzer..... | 31 |
| 30 – Esporos com duas camadas externas hialinas, evanescentes e hifa de sustentação na forma de funil..... | <i>G. mosseae</i> |
| 30' – Esporos com duas camadas externas hialinas, sendo a primeira evanescente e a segunda laminada; hifa de sustentação reta..... | <i>G. clarum</i> |
| 31- Esporos com uma zona espongiiforme na camada laminada..... | <i>G. kerguelense</i> |
| 31' – Esporos sem uma zona espongiiforme na camada laminada..... | <i>P. occultum</i> |
| 32 – Esporos com camada laminada hialina..... | <i>G. diaphanum</i> |
| 32' - Esporos com camada laminada amarela..... | <i>G. lamellosum</i> |
| 33 – Esporos com uma, duas ou três camadas compondo a parede..... | 34 |
| 33' – Esporos com quatro ou cinco camadas compondo a parede..... | 44 |
| 34 – Esporos com apenas uma camada na parede..... | <i>G. deserticola</i> |
| 34' – Esporos com duas ou três camadas na parede..... | 35 |
| 35 – Esporos com duas camadas na parede..... | 36 |
| 35' – Esporos com três camadas na parede..... | 39 |
| 36 – Parede do esporo com uma camada evanescente seguida de uma laminada..... | 37 |
| 36' – Parede do esporo com uma camada laminada seguida por uma membranosa..... | <i>G. magnecaule</i> |
| 37 – Hifa de sustentação reta ou constricta..... | 38 |
| 37' – Hifa de sustentação irregular ou bifurcada..... | <i>G. brohultii</i> |
| 38 – Hifa de sustentação reta e camada evanescente reagindo em Melzer, adquirindo coloração rosa a avermelhado..... | <i>G. etunicatum</i> |
| 38' – Hifa de sustentação constricta e camada externa sem reagir em Melzer..... | <i>G. constrictum</i> |

| | |
|---|--------------------------|
| 39 – Esporos com uma camada interna membranosa ou unitária..... | 40 |
| 39' – Esporos com camada interna laminada..... | 42 |
| 40 – Camada interna membranosa..... | 41 |
| 40' – Camada interna unitária..... | <i>G. hyderabadensis</i> |
| 41 – Camada externa flexível (membranosa)..... | <i>G. aurantium</i> |
| 41' – Camada externa evanescente..... | <i>G. geosporum</i> |
| 42 – Esporos com uma das camadas externas flexível formando rugas ou se desprendendo facilmente da camada mais interna..... | 42 |
| 42' – Esporos sem camada externa flexível..... | <i>G. intraradices</i> |
| 43 – Hifa de sustentação formada pela continuação da terceira camada, laminada, da parede do esporo..... | <i>G. arenarium</i> |
| 43' – Hifa de sustentação formada pela continuação das três camadas que compõem a parede do esporo..... | <i>G. hoi</i> |
| 44 – Esporos com quatro camadas compondo a parede..... | <i>G. bagyarajii</i> |
| 44' – Esporos com cinco camadas compondo a parede..... | 44 |
| 45 – Primeira e segunda camadas da parede do esporo hialinas, formando um halo ao redor do esporo com reação dextrinóide em Melzer..... | <i>G. caesaris</i> |
| 45' – Primeira e segunda camadas da parede do esporo hialinas não formando um halo ao redor do esporo e sem reação em Melzer..... | <i>G. gibbosum</i> |

Descrições de algumas espécies de FMA

***Acaulospora alpina* Oehl, Sykorova & Sieverd.** Mycologia 98: 289. 2006.

Glomerosporos globosos a subglobosos (60 – 120 µm) com coloração variando de amarelo claro a amarelo escuro.

Parede dos esporos composta por duas camadas no componente estrutural e quatro camadas formando o componente germinativo. A primeira camada do componente estrutural é fina, 1,0 µm, hialina e evanescente, observado apenas em esporos jovens, desaparecendo na maturidade e difícil de ser observada em esporos provenientes de amostras de campo. A segunda camada é amarelada, eventualmente marrom claro, laminada e ornamentada com perfurações circulares e homoganeamente distribuída pela superfície do esporo. Nenhuma das camadas do componente estrutural reage ao Melzer.

Componente germinativo formado por quatro camadas, as duas primeiras são hialinas, flexíveis e fortemente aderida, seguida por mais duas camadas hialinas, sendo a primeira

flexível e a quarta levemente plástica e hialina que reage fortemente em Melzer adquirindo coloração rosada. Cicatriz difícil de ser observada e sáculo esporífero hialino de parede fina. Apenas uma camada de parede foi observada no sáculo esporífero avaliado.

Material Examinado: Suíça. Basel: *A. alpina* Oehl, Sykorova & Sieverd., material proveniente dos Alpes Suíços.

Comentários: Esporos de *Ac. alpina* podem ser confundidos com os de *Ac. scrobiculata*, *Ac. paulinae* e *Ac. cavernata*. A principal diferença entre essas espécies está relacionada à ornamentação da camada laminada. Esporos de *Ac. alpina* apresenta ornamentação menor, globosa e mais distante entre si quando comparados com os de *A. paulinae*. *Acaulospora alpina* difere de *Ac. cavernata* por apresentar esporos amarelos claros e ornamentação esparsada enquanto *Ac. cavernata* apresenta esporos mais escuros e ornamentação mais próxima.

Nenhuma superfície beaded foi observada nos esporos de *Ac. alpina*, porém Oehl (comunicação pessoal) confirma que encontrou essa camada em esporos de campo.

***Acaulospora bireticulata* Rothwell & Trappe Mycotaxon 8: 472. 1979.**

(Fig. 15)

Glomerosporos globosos (187,5-165,3 (-130) μm , coloração marrom escura ou verde escura, raramente laranja amarronzado em PVLG. Parede do esporo composta de seis camadas sendo a primeira 7,5 – 12,5 μm de espessura, ornamentada por retículos alveolados (circulares ou irregulares) ou de forma poligonal (tetragonal, pentagonal ou hexagonal) correspondendo ao primeiro grupo (*sensu* Walker 1983). Os espinhos amarelo claro ficam dentro dos alvéolos de até 2,5 μm de diâmetro. A segunda camada é hialina, membranosa, fina, fortemente aderida à terceira camada, também hialina e fina, atingindo 2,0 μm de espessura correspondendo ao segundo grupo de paredes (*sensu* Walker 1983). A quarta camada é hialina, fina, < 2,0 μm e membranosa, seguida de uma camada hialina mais espessa de aparência coriácea fortemente aderida à sexta camada, hialina, fina, que reage fortemente em Melzer adquirindo coloração púrpura. Cicatriz normalmente globosa difícil de ser observada devido à ornamentação da camada externa da parede do esporo. Sáculo esporífero de coloração hialina a amarelo claro, raramente preso ao esporo.

Material Examinado: Brasil. São Paulo: Campos do Jordão, material proveniente de Floresta de Araucária, *Souza*, URM 45750. **Suiça. Basel:** Coleção pessoal Fritz Oehl.

Comentários: Segundo Rothwell & Trappe (1979), os glomerosporos de *Ac. bireticulata* tem coloração hialina a marrom claro, com três camadas de parede. No entanto, Blaszkowski (1997), em análise mais detalhada redescreveu a espécie, admitindo a existência de sete camadas distribuídas em três grupos de parede. Essas sete camadas não foram observadas no isolado encontrado em Floresta Araucária. Esporos de *Ac. bireticulata* são ainda muito semelhantes aos de *Ac. elegans*, principalmente quanto à ornamentação da camada mais externa da parede, composta por espinhos dentro de um retículo alveolado. Segundo Gerdemann & Trappe (1974), os esporos de *Ac. elegans* são globosos a subglobosos 140-285 x 145-330µm, elipsóides ou reniformes, enquanto os esporos de *Ac. bireticulata* são menores e a parede é composta por sete camadas em três grupos (Blaszkowski, 1997). Morton (<http://invam.caf.wvu.edu>) sugere que *Ac. bireticulata* seja sinônimia de *Ac. elegans* com base na sobreposição dos caracteres em isolados de ambas as espécies, entretanto nenhum trabalho tem sido feito com o material tipo para confirmar essa hipótese. Nos esporos isolados não foi possível observar com detalhes a camada laminada, que seria a segunda camada do primeiro grupo de paredes de acordo com Blaszkowski (1997) e Morton (2002). O primeiro grupo de parede, que possui as ornamentações, é bastante resistente à pressão e dificilmente se separa, dificultando a observação. A sétima camada de parede, pertencente ao terceiro grupo (Blaszkowski 1997), não foi observada. Essas variações (plasticidade) na forma da ornamentação e entre os isolados podem ser evidências que corroboram a hipótese de Morton (<http://invam.caf.wvu.edu>) de que *Ac. bireticulata* e *Ac. elegans* são coespecíficas. Trabalhos ultraestruturais e moleculares podem ajudar a elucidar essas questões.

Acaulospora cavernata Blaszk. Cryptogamic Botany 1: 204-205. 1989.

Glomerosporos globosos a subglobosos, raramente elípticos, geralmente amarelo escuro a marrons. Parede dos esporos composta por duas camadas no componente estrutural e quatro camadas no componente germinativo. A primeira camada do componente estrutural é fina, 1,0 µm, hialina e evanescente, sendo observada apenas em esporos jovens, nos maduros

observa-se apenas resquícios dessa camada. A segunda camada é pigmentada, amarelo escura e eventualmente marrom, laminada e ornamentada com perfurações circulares, raramente irregulares, e densamente distribuídas. Reação em Melzer não foi observada, pois o material cedido estava apenas em PVLG.

Componente germinativo formado por quatro camadas, as duas primeiras hialinas, flexíveis e fortemente aderidas, seguidas por mais duas camadas hialinas, sendo a primeira com superfície rugosa (beaded), difícil de ser observada, e a segunda apresentando plasticidade (amorfa). Cicatriz dificilmente observada e sáculo esporífero ausente.

Material Examinado: Suíça, Basel: Material proveniente da coleção pessoal do Dr. Fritz Oehl.

Comentários: Esporos de *Ac. cavernata* podem ser confundidos com os de *Ac. scrobiculata*, *Ac. alpina*, *Ac. excavata*, *Ac. undulata*, *Ac. paulinae*, *Ac. foveata* e *Kuklospora kentinensis*, mas diferem pelo padrão de ornamentação. A diferenciação das espécies que apresentam perfurações na parede estão disponíveis em Oehl et al. (2003).

Acaulospora elegans Trappe & Gerd. Micologie Memoir 5:34. 1974.

Glomerosporos globosos (187,5-) 165,3 (-130) μm , coloração marrom claro, marrom avermelhado a laranja amarronzado em PVLG. Parede do esporo composta de seis camadas, sendo a primeira 7,5 – 12,5 μm de espessura, ornamentada com retículos alveolados (circulares ou irregulares) que se destacam da parede dos esporos maduros. Os espinhos ficam imersos no retículo. A segunda camada é hialina, membranosa, fina, fortemente aderida à terceira camada também hialina e fina, atingindo 2,0 μm de espessura. A quarta camada é hialina, fina, (< 2,0 μm) e flexível, seguida de uma camada hialina mais espessa aderida à sexta camada, hialina, fina, que reage fortemente em Melzer adquirindo coloração vermelho púrpura escuro. Alguns esporos de *Ac. elegans* estudados apresentaram até sete camadas compondo a parede. O grupo de paredes mais interno do componente germinativo apresentam três camadas em poucos esporos. Cicatriz normalmente globosa, difícil de ser observada. Sáculo esporífero de coloração hialina a amarelo claro, raramente preso ao esporo. Além disso, apenas uma camada de parede foi observada nos sáculos esporíferos avaliados.

Material Examinado: **Suíça. Basel:** material da Coleção pessoal do Dr. Fritz Oehl. **EUA, Oregon,** Material Tipo: OSC.

Comentários: Esporos de *Ac. elegans* são morfológicamente semelhantes aos de *Ac. bireticulata* em cor, tamanho e estrutura da parede. Porém, a ornamentação em *Ac. elegans* é formada por espinhos imersos em um retículo de forma globosa que se destaca da superfície ornamentada, enquanto em *Ac. bireticulata* as ornamentações geralmente são angulares formando pentágonos e hexágonos e o retículo não se destaca da camada de espinhos.

Distinguir *Ac. elegans* de *Ac. bireticulata* pode ser difícil, pois o padrão de ornamentação observado em ambas as espécies pode eventualmente ser encontrado em um único isolado. Por isso, estudos com o material tipo além de dados moleculares podem ajudar a elucidar essas questões (Goto et al. 2008a).

Acaulospora excavata Ingleby & C. Walker Mycotaxon 50: 100. 1994.

Glomerosporos globosos a subglobosos (131,9 – 159,8 μm) raramente elípticos, de coloração amarelo claro a marrom claro, eventualmente marrom escuro.

Parede do esporo composta por cinco camadas, a primeira amarela, ornamentada com depressões de até 2,8 μm , espessa, 5,6 – 9,4 μm . A segunda camada é hialina, flexível, fina, < 2,0 μm e aderida à terceira camada, também hialina, porém mais espessa. Quarta camada hialina, fina < 2,0 μm , levemente granulosa na superfície (beaded), que reage em Melzer adquirindo coloração violeta. Cicatriz e sáculo esporífero não observados. Alguns esporos não apresentaram todas as camadas internas, ou estas não se separaram, dificultando a identificação.

Material Examinado: **Brasil. Pernambuco:** Araripina, *Mergulhão*, material proveniente de área impactada por mineração de gipsita.

Comentários: A morfologia da primeira camada não foi distinguível nos esporos examinados, porém Ingleby et al., (1994) afirmam que a primeira camada é laminada. Segundo esses autores a parede do esporo é composta apenas de três camadas, porém a terceira apresenta superfície destacável ornamentada [ver figura E em Ingleby et al., 1994].

A quarta camada foi descrita por Ingleby et al. (1994) como amorfa, porém o aspecto plástico da camada aparentemente depende da resina (Morton, 1986).

Acaulospora excavata pode ser confundida com *Ac. bireticulata*, *Ac. cavernata* e *Ac. foveata*, principalmente pela coloração e ornamentação, em pequeno aumento.

Acaulospora excavata difere de *Ac. bireticulata* pela ornamentação e estrutura da parede. Em *Ac. bireticulata* a ornamentação é constituída por depressões com espinhos e a parede do esporo é composta de seis camadas, enquanto *Ac. excavata* a parede apresenta apenas quatro camadas e a ornamentação não tem espinhos.

Acaulospora excavata difere de *Ac. cavernata* basicamente pelo número e estrutura da parede. Enquanto *A. excavata* apresenta uma camada laminada, duas flexíveis aderidas e uma flexível ornamentada (beaded), *Ac. cavernata* tem duas camadas unitárias, uma flexível, uma coriácea e outra amorfa.

Do mesmo modo, *Ac. excavata* difere de *Ac. foveata* principalmente porque apresenta quatro camadas na parede do esporo, enquanto em *Ac. foveata* o esporo tem cinco camadas.

***Acaulospora foveata* Trappe & Janos** Mycotaxon 15: 516. 1982.

(Fig. 16)

Glomerosporos geralmente globosos e subglobosos (230 – 272 µm) marrom avermelhado. Parede do esporo composta por seis camadas. O componente estrutural é composto por duas camadas, sendo a primeira evanescente, hialina seguida de uma camada laminada, espessa, com até 15 µm, ornamentada com depressões ovóides, subovóides ou alongadas, que reage em Melzer adquirindo tom mais avermelhado.

Componente germinativo composto por quatro camadas. As duas primeiras fortemente aderidas, hialinas, finas, 1,0 µm cada, flexíveis, que se destacam facilmente das duas camadas mais internas. A terceira camada do componente germinativo é hialina, flexível e de superfície rugosa (beaded), fortemente aderida à quarta camada. A última camada é amorfa pode ser facilmente observada em Melzer por adquirir coloração rosada à vermelha púrpura escura.

Sáculo esporífero hialino a amarelo claro com duas camadas que reagem em Melzer adquirindo um tom azulado (amilóide).

Material Examinado: Brasil. Pernambuco: Jaboatão dos Guararapes, *Goto*, material proveniente de área nativa de Mata Atlântica.

Comentários: Janos & Trappe (1982) afirmam que os esporos de *Ac. foveata* apresentam apenas duas camadas, uma externa ornamentada e uma interna hialina. Porém, Morton (<http://invam.caf.wvu.edu>) observou sete camadas compondo a parede do esporo. O componente estrutural segundo Morton (<http://invam.caf.wvu.edu>) é composto por três camadas. Contudo, nos esporos examinados não foi possível observar separação nítida das camadas do componente estrutural. *Acaulospora foveata* é facilmente separada das demais espécies pelo padrão de ornamentação da parede do esporo.

Alguns sáculos esporíferos de *Ac. foveata* apresentaram reação amilóide, similar ao observado em *Ac. koskei* (Goto et al. 2008a), sendo uma nova evidência para auxiliar na identificação da espécie. Porém, a reação é evidente apenas nas primeiras horas em que o material é exposto ao reagente.

Acaulospora koskei Blaszk. Mycological Research 99: 237. 1995.

Glomerosporos globosos a subglobosos (187,5- 167,3 (-142,5) μm , de coloração amarelo claro a amarelo escuro levemente alaranjado em PVLG. Parede do esporo composta de seis camadas, a primeira evanescente, hialina < 1,0 μm de espessura, observada normalmente em esporos jovens; vestígios podem ser vistos em esporos maduros; segunda camada laminada, amarelo claro em PVLG e amarelo amarronzado em Melzer até 2,5 μm de espessura; terceira camada hialina unitária, até 2,5 μm de espessura vermelho púrpura em Melzer. Quarta camada flexível, hialina, até 1,0 μm de espessura; quinta camada hialina, flexível e fina, fortemente aderida à sexta camada, juntas atingindo até 2,5 μm de espessura, a sexta camada reage em Melzer adquirindo coloração vermelho púrpura similar ao observado na terceira camada. Granulações da superfície da quinta camada raramente observadas nos esporos quebrados. Cicatriz facilmente observada na superfície dos esporos às vezes formando um anel espesso (7,5 μm de diâmetro) decorrente de um espessamento da parede que reveste a inserção do sáculo esporífero no esporo. Sáculo esporífero globoso, hialino, azulado em Melzer (amilóide). Alguns esporos não apresentaram reação em Melzer, principalmente aqueles que não apresentavam as camadas da parede germinativa desenvolvidas.

Material Examinado: Brasil. São Paulo: Campos do Jordão, material proveniente de Floresta de Araucária, *Souza*, URM 45749.

Comentários: Alguns esporos quebrados de *Ac. koskei* apresentavam dobramentos da segunda camada da parede similares ao observado na superfície de *Ac. rugosa*, porém diferenças na dimensão dos esporos, coloração, estrutura da parede e reação no Melzer facilmente distinguem as duas espécies. Esporos de *Ac. koskei* podem ser confundidos com *Ac. colossica* e *Ac. laevis* principalmente pela coloração dos esporos (Schultz et al. 1999). Todavia, esporos de *Ac. koskei* tem coloração amarelo claro a amarelo marrom enquanto em *Ac. colossica* os esporos são laranja a amarronzado e vermelho marrom escuro. Segundo Gerdemann & Trappe (1974) os esporos de *Ac. laevis* são normalmente globosos a subglobosos 119-300 x 119-520 µm, amarelos para amarelo marrom, vermelho marrom ou verde marrom escuro, com parede composta por três camadas diferindo, portanto de *Ac. koskei* cujos esporos têm seis camadas. Segundo Blaszkowski (1995) os esporos de *Ac. koskei* apresentam as seis camadas de parede distribuídas em três grupos. Morton (<http://invam.caf.wvu.edu>) menciona uma camada membranosa entre a camada laminada e a unitária, não observada nos esporos isolados em Floresta de Araucária. Desta forma, esporos desta espécie apresentariam sete camadas ao invés de seis na composição da parede. Os esporos isolados na rizosfera de *Araucaria angustifolia* (Bert.) se enquadram na descrição de Blaszkowski (1995), com seis camadas compondo a parede do esporo.

Alguns sáculos esporíferos de *Ac. koskei* apresentaram reação amilóide, correspondendo a uma nova evidência para auxiliar na identificação da espécie. Porém, assim como em *Ac. foveata*, a reação é evidente apenas nas primeiras horas em que o material é exposto ao reagente.

***Acaulospora lacunosa* J.B. Morton** Mycologia 78: 643. 1986.

(Fig. 14)

Glomerosporos globosos a subglobosos de coloração amarelo claro a amarelo escuro levemente alaranjado em PVLG. Parede do esporo composta de seis camadas, a primeira evanescente, hialina, < 1,0 µm de espessura, observada normalmente em esporos jovens; vestígios podem ser vistos em esporos maduros. Segunda camada laminada, amarelo claro a

amarelo escuro ou alaranjado em PVLG; terceira e quarta camadas hialinas e flexíveis, de mesma espessura, e dificilmente se separam. Quinta camada é fina, hialina, flexível e de superfície “beaded” seguida de uma camada mais espessa de aparência plástica (amorfa) que reage fortemente em Melzer adquirindo coloração vermelho púrpura. Orb ou placa germinativa observada entre a quinta e a sexta camada da parede do esporo similarmente à placa observada por Spain (1990) para *Ku. colombiana*. Orb lobado, com bordas lisas e invaginações pequenas menos freqüentes que as invaginações grandes. Apenas um tubo germinativo por esporo e hifa com morfologia moniliforme de bordas levemente ornamentadas. Cicatriz facilmente observada na superfície dos esporos. Sáculo esporífero globoso a subgloboso, hialino, formado por duas camadas hialinas e flexíveis.

Material Examinado: Suíça. Basel: Material da coleção pessoal do Dr. Fritz Oehl. BEG 78.

Comentários: Glomerosporos de *Ac. lacunosa* podem ser confundidos com os de *Ac. scrobiculata*, *Ac. foveata*, *Ac. undulata*, *Ac. cavernata*, *Ac. alpina*, *Ac. paulinae* e *Kuklospora kentinensis*. A diferenciação dessas espécies pode ser feita apenas com base no padrão de ornamentação, como observado em Oehl et al. (2003).

O orb observado nos glomerosporos de *Ac. lacunosa* mostra que há variações entre as estruturas germinativas na família *Acaulosporaceae*, sendo esta mais uma evidência de que, no futuro, grupos de espécies poderão ser separados com base nessa estrutura. Além disso, o tubo germinativo é diferente dos conhecidos até o momento, apresentando septação regular (moniliforme) e superfície levemente ornamentada. Estudos mais detalhados de germinação, utilizando culturas puras em sistemas *in vitro* podem ajudar a elucidar essas questões.

***Acaulospora longula* Spain & N.C. Schenck** Mycologia 76: 689. 1984.

Glomerosporos globosos a subglobosos (70 – 120 µm), elípticos ou raramente irregulares, subhialino a amarelo claro, brilhante ou opaco.

Parede do esporo composta de cinco camadas, a primeira hialina, mucilaginosa, evanescente, aderente à segunda camada, amarela, laminada, 2,4 – 3,5 µm de espessura. Terceira camada hialina e flexível, < 2,0 µm. Quarta camada hialina, flexível, com superfície granulosa (beaded). Quinta camada hialina, apresentando plasticidade (amorfa), fortemente

aderida à quarta camada, detectável apenas com auxílio do reagente de Melzer, pois adquire forte coloração vermelho púrpura escuro.

Distribuição: América do Sul (Brasil).

Material Examinado: **Brasil. Pernambuco:** Potes de cultura pura do Banco de Inóculo do Laboratório de Micorrizas (UFPE).

Comentários: *Ac. morrowiae*, *Ac. rugosa* e *Ac. longula* apresentam glomerosporos semelhantes tanto em cor quanto em estrutura de parede. Essas espécies apresentam coloração que vai desde amarelo claro até laranja amarronzado. *Acaulospora longula* difere por apresentar esporos menores e mais claros que os de *Ac. morrowiae* que são amarelo escuro a marrom claro. *Ac. longula* difere de *Ac. rugosa* por apresentar camada evanescente frágil e destacável sem dobramentos enquanto os esporos de *Ac. rugosa* apresentam camada externa mais resistente (unitária) e de aparência rugosa. Entretanto, distinguir *Ac. longula* de *Ac. morrowiae* e *Ac. rugosa* é uma tarefa difícil tendo em vista os frágeis caracteres morfológicos usados para a separação. Tamanho e coloração de esporos é um caráter secundário e tende a ser influenciado por fatores ambientais. Além disso, a camada semi-permanente (unitária) rugosa mencionada em *Ac. rugosa* não foi observado durante esse estudo e por isso não há como avaliar a estabilidade desse caráter. Camadas semi-permanentes têm sido descritas em outros FMA (*Racocetra* sp.) e parecem ser uma característica estável, mas até o momento apenas espécies de *Scutellospora* parecem apresentar essas estruturas.

Acaulospora mellea J. Spain & N.C. Schenck Mycologia 76: 690-691. 1984.

Glomerosporos globosos (83,9 – 96,3 µm) a subglobosos (128,4-) 96,3 x 89 (-81,5) µm, elípticos ou raramente irregulares. Coloração amarelo claro a amarelo marrom, brilhante ou mais raramente opaco.

Parede do esporo composta de seis camadas, a primeira hialina, mucilagínosa, evanescente, aderente à segunda camada, amarela, laminada, 2,4 – 5,0 µm de espessura. Terceira e quarta camadas hialinas e flexíveis, < 3,0 µm e fortemente aderidas. Em alguns casos as duas camadas, quando unidas, têm aparência unitária principalmente quando em

Melzer. Quinta camada hialina, flexível, com superfície granulosa (beaded), às vezes se expande, adquirindo aparência ora coriácea ora amorfa. Em PVLG reage, mostrando plasticidade e se expande atingindo até 12,3 µm de espessura. Sexta camada hialina, flexível, fortemente aderida à quinta camada, detectável apenas com auxílio do reagente de Melzer, pois adquire forte coloração vermelho púrpura.

Um glomerosporo de *Ac. mellea* apresentou orb germinado. Devido ao endurecimento do PVLG não foi possível observar frontalmente o orb e por essa razão é possível afirmar apenas que essa estrutura é multicompartimentada, porém apenas um tubo germinativo hialino e sem septação foi observado emergindo do orb.

Material Examinado: Brasil. Pernambuco: Jaboatão dos Guararapes e Igarassu, Goto, material proveniente de área de Mata Atlântica.

Comentários: A parede de *Ac. mellea* apresenta uma camada membranosa que Morton (<http://invam.caf.wvu.edu>) admite pertencer ao primeiro grupo de paredes (*sensu* Walker); entretanto, não foi observada facilmente nos esporos quebrados, podendo ser similar a observada em *Ku. colombiana* (Stürmer & Morton 1999b), provavelmente decorrente da pressão para a quebrar do esporo, em alguns casos pode ser considerada como artefato decorrente da alta pressão exercida para a quebrar.

Acaulospora mellea, *Ac. morrowiae*, *Ac. rugosa* e *Ac. longula* são semelhantes em cor e na estrutura de parede. Todas apresentam glomerosporos desde amarelo claro até laranja amarronzados e a parede é composta por sete camadas.

A camada evanescente é difícil de ser observada, mesmo em glomerosporos jovens. Sáculo esporífero hialino frequentemente observado preso aos esporos, adquirindo coloração levemente azulada ou acinzentada (amilóide) em Melzer. Porém sáculos em desenvolvimento, ainda com conteúdo citoplasmático não apresentaram nenhuma reação ao Melzer.

A estrutura de germinação observada em *Ac. mellea* difere da observada em *Ac. lacunosa* principalmente na bordas, que é lisa em *Ac. mellea* e rugosa em *Ac. lacunosa*. Além disso, o tubo germinativo em *Ac. mellea* é formado por uma hifa de parede lisa e sem septação enquanto em *Ac. lacunosa* a hifa é levemente ornamentada e septada.

Acaulospora myriocarpa Spain, Sieverd. & N.C. Schenck Mycotaxon 25: 112. 1986.

(Fig. 17)

Esporocarpos hialino a branco, irregulares, apresentando glomerosporos com ou sem sáculo esporífero. Glomerosporos geralmente globosos a subglobosos, (56 – 75 μm), hialinos tornando-se levemente amarelados em Melzer.

Parede do esporo composta apenas por um componente estrutural com duas camadas rígidas (unitárias) de mesma espessura, geralmente aderidas. Cicatriz facilmente observada em esporos sem sáculo esporífero, podendo apresentar ainda pedicelo preso ao esporo.

Parede do sáculo esporífero hialina, continua com a camada mais externa, unitária, da parede do esporo. Parede do sáculo esporífero composta por apenas uma camada.

A maioria dos glomerosporos observados apresentaram material citoplasmático denso, hialino a branco e levemente granuloso que se tornou amarelado em Melzer.

Material Examinado: Brasil. São Paulo: Campos do Jordão, *Souza*, material proveniente de Floresta de Araucária.

Comentários: Esporos de *Ac. myriocarpa* podem ser confundidos com os de *Pa. occultum*, *Ar. trappei* e *In. schenckii* em coloração e dimensão dos esporos. Porém, apenas *A. myriocarpa* forma aglomerados de esporos similares a esporocarpos.

Dentre as espécies de *Acaulospora*, apenas *Ac. myriocarpa* e *Ac. sporocarpa* formam esporocarpos, contudo são facilmente distinguíveis devido à coloração hialina de *Ac. myriocarpa* e preta de *Ac. sporocarpa*.

Schenck *et al.* (1986) afirmam que a parede do esporo de *Ac. myriocarpa* apresenta três camadas, sendo a terceira membranosa e difícil de ser observada. Provavelmente por esta razão não foi possível visualizar essa camada.

Esporos de *Ac. myriocarpa* diferem dos de *Pa. occultum* por apresentar esporocarpos e não reagir em Melzer. Além disso, esporos de *Ac. myriocarpa* apresentam duas camadas na parede enquanto os de *Pa. occultum* apresentam três.

Acaulospora myriocarpa difere de *In. schenckii* por apresentar-se em esporocarpos e apresentar apenas um ponto de inserção da hifa do sáculo esporífero; enquanto *In. schenckii* não apresenta esporocarpos e tem pelo modo de formação intercalar dois pontos de inserção.

Acaulospora paulinae Blaszk. Bulletin of the Polish Academy of Sciences, Biological Sciences 36: 273. 1988.

Glomerosporos geralmente globosos, amarelo claro a amarelo escuro. Parede do esporo composta por duas camadas no componente estrutural, a primeira hialina, fina ($< 2,0 \mu\text{m}$) e evanescente, seguida de uma laminada e ornamentada com perfurações geralmente globosas. Reação ao Melzer não observada no material analisado.

Componente germinativo composto basicamente por três camadas, a primeira fina, $< 2,0 \mu\text{m}$, hialina e flexível, facilmente destacável em esporos quebrados. A segunda camada é hialina, flexível, com superfície rugosa (beaded), eventualmente expandida, fortemente aderida à terceira camada, fina, hialina e flexível que reage em Melzer adquirindo coloração rosa a vermelho púrpura. Cicatriz facilmente observada.

Material Examinado: Suíça. Basel: Material da coleção pessoal do Dr. Fritz Oehl.

Comentários: Glomerosporos de *Ac. paulinea* são facilmente confundidos com os de *Ac. alpina* principalmente pela cor e padrão de ornamentação. Porém, os esporos de *Ac. alpina* são menores e com perfurações regularmente globosas mais esparsas do que as de *Ac. paulinae*, que são mais próximas. Para acurada identificação dessas espécies consultar as chaves de identificação disponíveis nesse trabalho e Oehl et al. (2006).

Acaulospora scrobiculata Trappe Mycotaxon 6: 263-264. 1977.

Glomerosporos globosos a subglobosos ($80, 8 - 157 \mu\text{m}$), raramente elípticos, variando muito em coloração desde hialina a marrom.

Parede dos esporos composta por três camadas no componente estrutural e quatro camadas no componente germinativo. A primeira camada do componente estrutural é fina, $1,0 \mu\text{m}$, hialina e evanescente, observada apenas em esporos jovens, desaparecendo na maturidade e difícil de ser observada em esporos provenientes de amostras de campo. A segunda camada é hialina, eventualmente amarelada a marrom claro, laminada e ornamentada com perfurações circulares, raramente irregulares, homoganeamente distribuída pela superfície do esporo. Terceira camada hialina, fina, $1,0 \mu\text{m}$, flexível, geralmente aderida à segunda camada. Nenhuma das camadas do componente estrutural reage em Melzer.

Componente germinativo formado por quatro camadas, as duas primeiras hialinas, flexíveis e fortemente aderidas, seguidas por mais duas camadas hialinas, a primeira com superfície rugosa (beaded) e levemente plástica, fortemente aderida à quarta camada também hialina e flexível que reage fortemente em Melzer adquirindo coloração de rosa a púrpura. Cicatriz facilmente observada e sáculo esporífero hialino de parede fina.

Material Examinado: Brasil. São Paulo: Campos do Jordão, *Souza*, material proveniente de Floresta de Araucária. **Ceará:** área cultivada com cajueiro (Pacajús), *Gugel*. **Pernambuco.** mangabeiras (Itapirema), *Costa*, e maracujazeiro amarelo (Limoeiro); *Anjos*, áreas de Mata Atlântica (Jaboatão dos Guararapes e Igarassu), *Goto*, e áreas impactada por metal pesado (Belo Jardim), *Costa*. **Suiça, Basel:** Material da coleção pessoal do Dr. Fritz Oehl. **BEG 224.**

Comentários: Esporos de *Ac. scrobiculata* podem ser confundidos com os de *Ku. kentinensis* e *Ac. cavernata*, mas diferem da primeira espécie por apresentar apenas uma cicatriz ao invés de duas e da segunda pela estrutura da parede do esporo.

Em glomerosporos de *Ac. scrobiculata* há duas camadas persistentes no componente estrutural; uma laminada e uma flexível, enquanto em *Ac. cavernata* as duas camadas persistentes são descritas como unitárias (Blaszkowski 1989).

***Acaulospora* sp1.**

(Fig. 18)

Glomerosporos geralmente globosos (135 – 160 µm), amarelo escuro quando jovem a marrom quando maduro.

Glomerosporos com quatro paredes, uma do componente estrutural e três do componente germinativo. Componente estrutural com três camadas, a primeira fina (2,0 µm), hialina, evanescente, seguida de uma camada laminada mais espessa (4 – 8 µm) e contínua com a parede do sáculo esporífero. Terceira camada fina (0,5 – 1,0 µm), hialina, flexível e dificilmente observada, pois está fortemente aderida à segunda camada.

Componente germinativo composto por três paredes, a primeira composta por duas camadas, a primeira laminada e ornamentada com projeções espinhosa e vacuoladas, seguida de uma camada fina, hialina e flexível dificilmente observada. Segunda parede com duas camadas laminadas semiflexíveis, hialinas e fortemente aderidas. Terceira parede composta por duas a três camadas hialinas, sendo a primeira fina, hialina e ornamentada com

granulações (beaded) seguida de uma camada flexível a amorfa que reage fortemente em Melzer adquirindo coloração vermelho púrpura escuro.

Estruturas especializadas de germinação (orb) não foram detectadas nos esporos examinados.

Sáculo esporífero hialino a amarelados formado por duas camadas contínuas com as duas primeiras camadas da parede do esporo. Reação ao Melzer ausente.

Cicatriz facilmente observada nos esporos, provavelmente devido ao destacamento da hifa do sáculo esporífero que apresenta parede mais espessa e pigmentada às vezes deixando um pequeno pedicelo.

Material Examinado: **Venezuela.** material proveniente de área de Savana venezuelana, *Covacevich*. **Brasil.** Acre, *Nobre*, material proveniente de áreas impactadas da floresta Amazônica.

Comentários: Glomerosporos de *Acaulospora* sp1. são facilmente diferenciados pela distinta estrutura da parede e ornamentação espinhosa e vacuolada na primeira parede média. Essa é a primeira espécie de *Acaulospora* com quatro paredes, semelhante à estrutura de parede de *Quatunica erytropa* (Oehl et al. 2008). Essa espécie deixa evidente que a diversidade morfológica desse grupo é grande e precisa ser mais trabalhada.

Acaulospora tuberculata Janos & Trappe Mycotaxon 15: 519. 1982.

(Fig. 19)

Glomerosporos geralmente globosos (176 - 238 μm), amarelo escuro quando jovem a marrom avermelhados quando maduro.

Parede do esporo composta por duas camadas no componente estrutural, a primeira ornamentada com tubérculos, fortemente aderida à segunda camada, laminada, marrom escuro a marrom avermelhado, mais escura que a primeira camada. Nenhuma das camadas do componente estrutural reage em Melzer.

Componente germinativo composto por quatro camadas, a primeira fina, < 2,0 μm , hialina e flexível, aderida com segunda também hialina e flexível que se destacam facilmente das demais em esporos quebrados. A terceira camada é hialina, flexível, com superfície

rugosa (beaded), eventualmente expandida, fortemente aderida a quatra camada, fina, hialina e flexível que reage em Melzer adquirindo coloração rosa ou púrpura.

Cicatriz facilmente observada nos esporos, provavelmente devido ao destacamento da hifa do sáculo esporífero que apresenta parede mais espessa (2,0 μm) e pigmentada, aparentemente de amarelo escuro a marrom (castanho).

Sáculo esporífero é robusto, amarelo escuro a marrom claro, composto por até três camadas continuas com o componente estrutural da parede do esporo. Mesmo em glomerosporos maduros é fácil observar vestígios ou até mesmo o sáculo esporífero ainda presos.

Material Examinado: **Brasil. Pernambuco:** São Paulo. *Souza*, material proveniente de Floresta de Araucária. **Paraíba:** Mataraca, *Souza*, Material proveniente de áreas de dunas.

Comentários: Janos & Trappe (1982) não identificaram todas as camadas que compõem a parede do esporo, citando apenas três camadas. Porém, Morton (<http://invam.caf.wvu.edu>) encontrou sete camadas e afirma que o componente estrutural é composto de três camadas, porém a terceira camada, desse componente, é difícil de ser observada ou pode ser oriunda de uma laminação que se desprende da camada laminada, o que pode ser considerado um caráter transitório. Além disso, Morton (<http://invam.caf.wvu.edu>) afirma também que o componente germinativo de *Ac. tuberculata* é composto de quatro camadas divididas em dois grupos (*sensu* Walker). Algumas espécies de *Acaulospora* apresentam quatro camadas no componente germinativo, porém muitas vezes as duas primeiras são fortemente aderidas dificultando sua identificação.

Esporos de *Ac. tuberculata* são facilmente distinguíveis daqueles das demais espécies devido à ornamentação e cor dos esporos.

O sáculo esporífero de *Ac. tuberculata* pode ser facilmente diferenciado das demais espécies devido à pigmentação e número de camadas.

***Ambispora brasiliensis* B.T. Goto, L.C. Maia & Oehl** Mycotaxon 105: 13. 2006.

Glomerospores hialinos em água e amarelo pálido em PVLG, formados isoladamente no solo, globosos 60 – 116,5 μm a subglobosos (65,8-) 75,2 x 67,6 (-99,6) μm , raramente irregulares. Parede do esporo composta por seis camadas. Componente estrutural com duas

camadas: a primeira opaca, branca a levemente amarelada, unitária, fortemente aderida à segunda camada, também opaca a levemente amarelada, laminada juntas atingindo até 5,6 µm de espessura. A visão frontal da superfície do esporo mostra sulcos similares a rachaduras. Em vista lateral são observadas verrugas em diferentes tamanhos (1-4 µm). Componente germinativo com quatro camadas hialinas, as duas primeiras unitárias, fortemente aderidas < 2,0 µm de espessura, seguidas de duas camadas membranosas aderidas < 2,0 µm de espessura. Não foi observada nenhuma camada com aparência “beaded”. Reação dextrinóide em Melzer, observada na camada mais interna do componente germinativo que adquire cor rosa. Sáculo esporífero hialino dificilmente observado ainda preso aos esporos. Os vestígios do sáculo assemelham-se a uma hifa de sustentação. Cicatriz globosa a subglobosa difícil de ser observada, raramente deixando um pedicelo.

Material Examinado: Brasil. Minas Gerais: material proveniente de área de Campos Rupestres. *Maia*, Tipo (URM 78879) e isotipo (Z+ZT e OSC).

Comentários: Os glomerosporos de *Am. brasiliensis* não apresentam formação intercalar a partir do sáculo esporífero, e nem uma camada “beaded” no componente germinativo. Devido ao insucesso na produção de potes de culturas puras não foi possível observar se existe dimorfismo nessa espécie. Porém, glomerosporos de *Am. brasiliensis* germinado evidenciaram morfotipos glomóides ainda preso a hifa do tubo germinativo (Goto et al. 2008b).

A coloração dos esporos de *Am. brasiliensis* varia sob diferentes condições de iluminação. Em água e em estereomicroscópio, os esporos são hialinos, porém em PVLG e sob luz transmitida apresentam coloração amarelo pálido. A cor é influenciada pela forma como a luz passa pelos esporos, e assim quando observados sob luz incidente podem diferir, em cor, dos mesmos esporos observados sob luz transmitida.

Esporos de *Am. brasiliensis* não apresentam variações na aparência das camadas que constituem a parede do esporo, tal como expansão, em PVLG ou em PVLG + Reagente de Melzer, como observado em espécies de *Acaulospora* descritas por Morton (1986).

Distinguir todas as camadas da parede dos esporos de *Am. brasiliensis* é difícil, principalmente se a quebra dos esporos não evidenciar o componente germinativo.

Esporos de *Am. brasiliensis* podem ser confundidos com os de *Ac. nicolsonii* Walker, Reed & Sanders, principalmente em cor e tamanho, porém a estrutura da parede difere entre as espécies. Esporos de *Am. brasiliensis* apresentam seis camadas, uma das quais ornamentada, enquanto os de *Ac. nicolsonii* apresentam apenas quatro camadas, sem ornamentação (Walker et al. 1984).

Dentre as espécies ornamentadas de *Acaulospora* apenas *Ac. tuberculata*, *Ac. spinosa* e *Ac. denticulata* apresentam esporos com ornamentação em forma de projeção, sendo as demais ornamentações constituídas por depressões na parede (Walker & Trappe 1981; Janos & Trappe 1982; Sieverding & Toro 1987; Schenck & Pérez 1990). *Ambispora brasiliensis* pode ser confundida com *Ac. spinosa* e *Ac. denticulata* em cor, porém o padrão de ornamentação difere, com espinhos em *Ac. spinosa*, projeções na forma de dentes molares em *Ac. denticulata* e verrugas de diferentes tamanhos em *Am. brasiliensis*.

Esporos de *A. brasiliensis* podem ser confundidos com os de *Pacispora patagonica* devido à semelhança na coloração, tamanho dos esporos e ornamentação da parede, mas podem ser distinguidos principalmente pelo modo de desenvolvimento (acaulosporoide em *Am. brasiliensis* e glomoide em *Pa. patagonica*) e pela estrutura da parede dos esporos, com seis camadas em *Am. brasiliensis* e três em *Pa. patagonica* (Novas et al. 2005). Em relação ao tamanho, esporos de *Pa. patagonica* são maiores variando de 98 a 187 µm enquanto em *Am. brasiliensis* os esporos atingem até 116,5 µm. Ambos *Pa. patagonica* e *Am. brasiliensis* apresentam reação em Melzer em uma das camadas internas da parede, porém em *Am. brasiliensis* é a quarta camada do componente germinativo que reage, enquanto em *Pa. patagonica* a reação ocorre na terceira camada do componente estrutural. Além disso, a reação em Melzer da parede do glomerosporo de *Pa. patagonica* é forte, (vermelha) enquanto em *Am. brasiliensis* a reação é fraca (rosada). Essa fraca reação nos esporos maduros de *Am. brasiliensis* está relacionada com a formação da sexta camada da parede, que é a última a ser formada. Por essa razão, os esporos mais jovens não apresentam reação em Melzer.

***Ambispora appendicula* ((N.C. Schenck & T.H. Nicholson) J.B. Morton & D. Redecker)
C. Walker Mycologia 76: 686. 1984.**

(Fig. 20)

Glomerosporos geralmente globosos a subglobosos (199 – 257 µm) , branco quando jovens e marrom escuro quando maduros. Parede do esporo composta por cinco camadas. A primeira camada é branca a marrom claro, quebradiça, e se degrada quando pressionada.

Segunda camada hialina, ornamentada com protuberâncias esféricas, aderidas à terceira camada, hialina, unitária, com depressões esféricas, juntas atingindo de 4 – 8 μm . Quarta camada é hialina, unitária, (4 – 6 μm) e aderida a uma quinta camada hialina e flexível, (0,5 – 1 μm) que dificilmente se destaca.

Pedicelo facilmente observado na maioria dos esporos, composto pela continuação da primeira e pela segunda camada da parede do esporo.

Apenas a primeira camada, quebradiça, reage fortemente em Melzer adquirindo coloração avermelhada.

Material Examinado: **Brasil. Pernambuco:** Jaboatão dos Guararapes, *Goto*, material proveniente de Mata Atlântica. **São Paulo:** Campos do Jordão. *Souza*, material proveniente de Floresta de Araucária.

Comentários: Esporos de *Am. appendicula* são facilmente distinguidos daqueles das demais espécies pela ornamentação da parede média (Spain et al. 2006).

***Kuklospora colombiana* (Spain & Sieverd.) Sieverd. & Oehl** Mycologia 76: 693-694. 1984.

Glomerosporos geralmente globosos a subglobosos raramente elípticos ou irregulares, coloração amarelo claro a amarelo marrom ou laranja amarronzado.

Parede do esporo composta por cinco camadas, a primeira hialina, fina, < 1,0 μm de espessura, evanescente, aderida à segunda camada, laminada, (6 – 12 μm), amarelo claro a amarelo escuro às vezes marrom. Terceira camada hialina, flexível, fina (0,5 – 1,0 μm). Quarta camada hialina, amorfa, com superfície ornamentada com granulações (beaded), fortemente aderida à quinta camada, flexível, hialina, reagindo fortemente em Melzer, e adquirindo coloração vermelho púrpura.

Material Examinado: **Brasil. São Paulo:** Campos do Jordão, *Souza*, material proveniente de Floresta de Araucária.

Comentários: Morton (<http://invam.caf.wvu.edu>) admite que os esporos de *Ku. colombiana* apresentam uma camada flexível entre o componente estrutural e germinativo

(*sensu* Walker 1983). Além disso, esse autor afirma ainda que essa camada é difícil de ser observada, aparecendo eventualmente em esporos que foram quebrados sobre maior pressão.

Os isolados provenientes de áreas de Floresta de Araucária, apresentaram esporos com cinco camadas corroborando com a descrição feita por Spain & Schenck (1984).

Esporos de *Ku. colombiana* são semelhantes aos de *Ac. mellea* principalmente quanto à coloração dos esporos, porém os da primeira espécie apresentam duas cicatrizes, normalmente opostas, enquanto em *Ac. mellea* existe apenas uma cicatriz. Além disso, esporos de *Ac. mellea* apresentam no primeiro grupo (*sensu* Walker 1983) três camadas, enquanto *Ku. colombiana* apresenta apenas duas.

Sáculo esporífero hialino, geralmente ausente nos esporos isolados na área de Floresta de Araucária, mas presente no material proveniente de Belo Jardim (PE).

***Kuklospora kentinensis* (C.G. Wu & Y.S. Liu) Sieverd. & Oehl Mycotaxon 53: 287. 1995.**
(Fig. 21)

Glomerosporos geralmente globosos a subglobosos (80 – 180 µm), raramente elípticos ou irregulares, coloração amarelo claro a amarelo escuro.

Parede do esporo composta por sete camadas, a primeira hialina, fina < 1,0 µm de espessura, evanescente, aderida à segunda camada, laminada, amarelo claro a amarelo escuro, ornamentada com perfurações geralmente subglobosas a irregulares. Terceira camada hialina, flexível, fina e difícil de ser observada. Quarta e quinta camadas hialinas são geralmente unidas, flexíveis e de mesma espessura. Sexta camada hialina, com superfície ornamentada com granulações (beaded), fortemente aderida à sétima camada, também hialina, amorfa, que reage fortemente em Melze, adquirindo coloração vermelho púrpura.

Material Examinado: Suíça. Basel: Coleção pessoal do Dr. Fritz Oehl.

Comentários: Esporos de *Ku. kentinensis* são semelhantes aos de *Ac. scrobiculata* principalmente quanto a coloração e ao padrão de ornamentação, porém esporos da primeira espécie apresentam duas cicatrizes, normalmente opostas, enquanto os esporos de *Ac. scrobiculata* apresentam apenas uma cicatriz. Não há diferença expressiva entre o padrão de ornamentação de *Ku. kentinensis* e o de *Ac. scrobiculata*.

***Diversispora spurca* (Pfeifer, C. Walker & Bloss) C. Walker & Schüßler** Mycotaxon 54: 374. 1996.

Glomerosporos isolados globosos a subglobosos (65 – 100 µm), raramente irregulares, translúcidos, hialinos a levemente amarelados e brilhantes. Material citoplasmático translúcido.

Parede do esporo composta por duas camadas hialinas, fracamente aderidas e fáceis de serem observadas separadamente. Primeira camada fina, < 2,0 µm, de aparência unitária ou semi-rígida e continua com a parede da hifa de sustentação. Segunda camada com laminações facilmente observadas. Nenhuma das camadas da parede reage em Melzer.

Hifa de sustentação geralmente cilíndrica, podend, em alguns casos, ser irregular. Parede da hifa de sustentação formada apenas pela primeira camada da parede do esporo. Septo não observado nos esporos avaliados.

Material Examinado: Brasil. Pernambuco: Petrolina, *Morais*, material proveniente de área cultivada com *Ricinus communis* L. (Mamona).

Comentários: Esporos de *Di. spurca* podem ser confundidos com os de *Glomus albidum*, *Gl. lacteum*, *Gl. laccatum*, *Gl. gerdemanii*, *Gl. minutum*, *Gl. eburneum*, *Gl. luteum*, *Gl. proliferum* e *Paraglomus occultum* em cor e tamanho. No entanto, apresentam duas camadas compondo a parede enquanto *Gl. lacteum*, *Pa. occultum*, *Gl. proliferum*, *Gl. luteum*, e *Gl. gerdemannii* apresentam uma, três, quatro, quatro e cinco, respectivamente.

Diversispora spurca também difere de *Gl. eburneum* e *Gl. laccatum* por apresentar esporos hialinos a translúcidos enquanto nessas espécies os esporos são brancos a opacos. Difere também de *Gl. albidum* e *Gl. minutum* por apresentar uma fácil separação entre a primeira e a segunda camada da parede enquanto *Gl. albidum* e *Gl. minutum* apresentam camadas fortemente aderidas.

Apesar dessas tais diferenças, não são caracteres consistentes, sendo necessária a reavaliação do material tipo e de potes de cultura para melhor separação dessas espécies.

***Entrophospora infrequens* (Ames & Schneider) Oehl & Sieverd.** Transaction British Mycological Society 68: 347. 1977.

(Fig. 22)

Glomeroporos de *En. infrequens* são geralmente marrom avermelhado a vermelho, globosos a subglobosos, raramente obovóides a avóides.

Parede dos esporos geralmente formada por um componente estrutural composto por três camadas, sendo as duas primeiras hialinas e evanescentes, contínuas com a parede do, hifa e do sáculo esporífero. Primeira camada é fina, evanescente, fortemente aderida à segunda camada evanescente, levemente laminada, espessa, ambas reagem em Melzer adquirindo coloração vermelho púrpura claro. A terceira camada do componente estrutural é laminada, marrom avermelhada e ornamentada com projeções espinhosas onde os espinhos apresentam uma região interna aparentemente sem preenchimento (vacuolada).

Componente germinativo composto por duas camadas hialinas, a primeira fina, flexível e fortemente aderida à segunda camada, levemente laminada e espessa. Nenhuma das camadas do componente germinativo reage em Melzer.

Nenhuma estrutura especializada de germinação (orb) foi detectada nos esporos analisados.

Sáculo esporífero hialino, composto por três, sendo as duas primeiras evanescentes ou semi-persistentes e uma terceira mais interna, todas contínuas com as camadas da parede do esporo e como essas também reagem em Melzer adquirindo coloração vermelho púrpura claro.

Material Examinado: **Brasil. Pernambuco:** Petrolina, *Freitas*, material proveniente de área cultivada com videira. **Suiça. Basel:** Material proveniente da coleção pessoal do Dr. Fritz Oehl.

Comentários: Glomerosporos de *En. infrequens* podem ser confundidos com os de *Acaulospora* sp1. principalmente pela ornamentação. Porém, os de *En. infrequens* apresentam apenas uma parede no componente germinativo enquanto os de *Acaulospora* sp1. apresentam três paredes.

O sáculo esporífero de *En. infrequens* apresenta três camadas compondo a parede assim como ocorre em *Ac. tuberculata*, porém em *En. infrequens* o sáculo é hialino e reage fortemente em Melzer enquanto em *Ac. tuberculata* o sáculo é pigmentado e não reage distintamente em Melzer.

***Entrophospora baltica* (Blaszk.) Oehl & Sieverd. Mycotaxon 68: 167-168. 1998.**

Glomeroporos de *En. baltica* são geralmente alaranjados a marrom claro, globosos a subglobosos. Parede dos esporos geralmente formada por um componente estrutural composto por três camadas cobertas por um peridiósporo. Primeira camada é fina, hialina, semipersistente aderida à segunda camada, laminada, alaranjada a marrom claro, ornamentada com pequenas projeções verrucosas; terceira camada hialina, flexível e dificilmente observada. Reação em Melzer não observada.

Componente germinativo composto por três camadas hialinas, a primeira fina, flexível e fortemente aderida à segunda camada levemente laminada; terceira camada fina, hialina e dificilmente observada. Reação em Melzer não detectada.

Nenhuma estrutura especializada de germinação (orb) foi visualizada nos esporos analisados.

Sáculo esporífero alaranjado a marrom claro composto por apenas uma camada semipersistente contínua com a camada laminada da parede do esporo.

Material Examinado: Suíça. Basel: Material da coleção pessoal do Dr. Fritz Oehl.

Comentários: *Entrophospora baltica* é facilmente distinguível das demais espécies de FMA pelo peridiósporo formado em glomerosporos entrofosporóide.

***Glomus antarcticum* Cabello** Mycotaxon 51: 124. 1994.

Glomerosporos de *Gl. antarcticum* apresentaram-se em agregados de baixa complexidade, presos a raízes ou livres. Nenhum esporo foi observado isoladamente. Glomerosporos geralmente globosos, raramente subglobosos (35 – 99 µm), amarelo claro a amarelo escuro. Parede dos esporos com duas camadas, a primeira fina, (< 2.0 µm), hialina e evanescente, seguida de uma camada mais espessa (< 16 µm) laminada, de coloração amarela, contínua com a hifa de sustentação.

Material Examinado: Argentina. Buenos Aires: Material cedido pelo Herbário da Univeridad de Buenos Aires.

Comentários: Cabello et al. (1994) afirmam que os esporos de *Gl. antarcticum* apresentam três camadas compondo a parede, sendo a primeira evanescente, seguida de uma laminada e uma flexível. Apenas duas camadas são evidentes nos esporos do material tipo depositado no Herbário do Instituto Spegazzini (LPS) e assim a terceira camada não foi observada.

Tanto os esporos quanto os esporocarpos de *Gl. antarcticum* são similares aos de *G. intraradices*. O arranjo dos esporos no esporocarpo é similar e não há distinção entre as espécies.

A aparência dos esporos de *Gl. intraradices* estudados por Morton (invam.caf.wvu.edu) difere daqueles de *Gl. antarcticum* apenas quanto à separação das laminações da segunda camada, pois nesta espécie os esporos têm camada laminada mais robusta e sem separação evidente das laminações.

Apenas uma hifa de sustentação por esporo. Esporos maduros apresentam oclusão por um septo que fica próximo ao ponto de inserção da hifa (até 10 µm) e raramente é visto em esporos jovens.

A similaridade entre *Gl. antarcticum* e *Gl. intraradices* é evidente. Na descrição original de *Gl. antarcticum* a distinção entre as duas espécies se resume à estrutura da parede dos esporos. *Glomus antarcticum* apresenta três camadas enquanto *Gl. intraradices* apresenta duas. Contudo, a avaliação do material tipo mostra que ambas as espécies apresentam apenas duas camadas, pois a terceira, descrita originalmente, não está evidente no tipo de *Gl. antarcticum*. Além disso, ambas formam esporocarpos frouxamente arranjados que podem ser formados fora ou dentro das raízes.

De fato, a única diferença entre *Gl. antarcticum* e *Gl. intraradices* é a aparência da camada laminada dos glomerosporos. Na primeira espécie, a camada laminada não apresenta evidente separação das laminações como se fosse mais compacta, enquanto em *G. intraradices* essa separação é mais evidente.

A estrutura da parede dos esporos de *Gl. antarcticum* e *Gl. intraradices* é similar tornando difícil a separação entre essas espécies. Gaspar et al. (1994) fizeram a análise bioquímica dos ácidos graxos de glomerosporos de *Gl. antarcticum* de *Gl. intraradices*, *Gl. clarum*, *Gl. fasciculatum*, *Gl. mosseae* e *Gl. versiforme*, observando que a composição difere entre essas espécies.

***Glomus atrouva* McGee & Pattinson** Australian Systematic Botany : 115-116. 2002.

Esporocarpos pretos, geralmente irregulares, com hifas marrom avermelhada que podem formar uma frouxa rede ao redor do esporocarpo. Em alguns casos essas hifas podem fixar o esporocarpo em pequenas partículas de solo. A aparência geral do esporocarpo se assemelha a uma amora.

Glomerosporos globosos a subglobosos, marrom escuro a marrom avermelhado (152,2 – 169,2 μm). Parede do esporo com duas camadas, a primeira evanescente, amarelo amarronzado, variando em espessura (3,7 μm) na porção do esporo oposta ao ponto de inserção da hifa, e até 7,5 μm próximo ao ponto de inserção da hifa e ao longo da hifa de sustentação com até 2,0 μm . A camada externa evanescente é rígida se desprendendo como escamas e parecendo, em alguns casos, uma camada unitária por está fortemente aderida à camada laminada. As vezes podem ser observadas rachaduras na superfície dessa camada devido à pressão exercida para a quebra do esporo.

Material Examinado: **Australia. Sydney:** New South Wales, material cedido pelo Dr. Peter McGee, URM 44464.

Comentários: Em alguns esporos o modo de desprendimento da camada evanescente é similar ao observado por Walker et al. (1994) em *Scutellospora castanea*. A segunda camada é laminada, marrom escura e fina (1,8 – 3,7 μm), sendo mais espessa próximo ao ponto de inserção da hifa.

A coloração da camada laminada é geralmente mais escura que a da camada evanescente tornando fácil sua visualização, mesmo em esporos inteiros. As duas camadas que constituem a parede do esporo são contínuas com a parede da hifa de sustentação. A camada evanescente se estende até 13 μm na hifa. Hifa de sustentação cilíndrica a levemente constricta na base, sem septo. Ponto de inserção da hifa largo, variando de 37,2 – 43,5 μm . Apenas *Glomus magnicauli* apresenta inserção tão larga, variando de 35 – 58 μm (Hall 1977).

As hifas do esporocarpo são geralmente muito ramificadas, grossas 11,2 – 41,3 μm , com hifas anastomosadas e muito próximas. Parede da hifa espessa 2,0 – 3,7 μm e laminada.

A reação ao Melzer não foi observada, pois o material cedido constava apenas de lâminas em PVLG.

***Glomus australe* (Berk.) Berch Bot. Antarct. Voy. 3:282. 1880.**

= *Endogone australis* Berk., in Hook., Bot. Antarct. Voy. 3:282. 1880.

(Fig.23)

Esporocarpos geralmente irregulares (2-) 6 x 4 (-11) mm, de coloração marrom escuro a preto. Glomerosporos imersos no perídio hialino a amarelado com hifas entrelaçadas de paredes finas, < 2,0 µm de espessura, espessando até 18.8 µm apenas próximo ao ponto de inserção da hifa com o esporo.

Glomerosporos globosos a subglobosos, (168,9-) 268.8 x 203 (-276) µm, de coloração marrom claro a marrom escuro geralmente imersos nas hifas hialinas do perídio. Esporos geralmente distribuídos aleatoriamente no esporocarpo, podendo em alguns casos formar fascículos com seis ou sete esporos.

Parede do esporo composta por duas camadas, a primeira fina, (3,7 – 7,5 µm), hialina a amarelada, de aparência evanescente e superfície levemente granulosa. Segunda camada mais espessa, (7,5 – 11,2 µm), principalmente nas proximidades do ponto de inserção da hifa (18 – 24 µm).

Apenas uma hifa de sustentação por esporos geralmente irregular. As variações na forma das hifas são similares ao descrito para *Glomus brohultii* Sieverding & Herrera (Herrera-Peraza et al. 2003).

Material Examinado: EUA. **Harvard:** material cedido pelo Herbário de Harvard (FH).

Comentários: Esporocarpos de *Gl. australe* podem ser confundidos com os de *Gl. versiforme* e são semelhantes aos de *Gl. cuneatum* McGee & Cooper em tamanho e cor (material herborizado). Tanto *Gl. australe* quanto *Gl. cuneatum* apresentam hifas do perídio hialinas e esporos imersos aleatoriamente no esporocarpo. Porém, *G. australe* apresenta esporos marrons enquanto *Gl. cuneatum* apresenta esporos pretos. Além disso, hifas do perídio de *Gl. cuneatum* reagem fortemente em Melzer, adquirindo coloração vermelho púrpura, enquanto glomerosporos de *Gl. australe* não reagem em Melzer. Esporocarpos de *Gl. aureum* Oehl & Sieverding, porém a reação em *Gl. aureum* também reagem em Melzer, porém essa reação ocorre no material gelatinoso que envolve os esporos no esporocarpo e não nas hifas ou nos esporos. Além disso, as hifas do perídio de *Gl. australe* parecem mais finas que as de *Gl. cuneatum*. Essas pequenas variações na espessura da parede das hifas,

coloração e dimensão de esporos e esporocarpo são características pouco representativas para a identificação das espécies (Morton 1988), principalmente para as esporocárpicas.

Esporos de *Gl. australe* podem ser confundidos com os de *Gl. badium*, *Gl. macrocarpum*, *Gl. cuneatum*, *Gl. versiforme* e *Gl. tenebrosum*. *Glomus australe* difere de *Gl. badium* pelo tamanho e cor dos esporos e dos esporocarpos. *Gl. australe* apresenta esporocarpos maiores (7 x 5 x 3 mm) e esporos mais claros que os de *Gl. badium* que são pequenos (7 - 15 µm) e mais escuros que os de *Gl. australe*. Além disso, esporos de *Gl. australe* apresentam apenas duas camadas na parede enquanto *Gl. badium* apresenta três camadas.

Glomus australe difere de *Gl. macrocarpum* porque essa espécie apresenta glomerosporos com leve expansão da camada evanescente em *Gl. macrocarpum*. Além disso, esporos de *G. australe* apresentam uma rede de hifas fortemente aderida ao esporo.

Glomus australe também difere de *Gl. cuneatum* pela estrutura da parede e cor dos esporos que são pretos e imersos em uma rede de hifas hialinas que reagem em Melzer adquirindo coloração vermelho púrpura. Além disso, a parede do esporo de *Gl. cuneatum* é composta de duas camadas laminadas, uma externa preta e uma interna hialina, enquanto os de *Gl. australe* apresentam esporos marrons, imersos, e uma rede de hifas hialinas que não reagem em Melzer com a parede dos esporos apresentando duas camadas, a primeira hialina e evanescente e a segunda marrom e laminada.

***Glomus brohultii* Sieverd. & R.A. Herrera** Journal of Applied Botany 77: 37. 2003.

Esporocarpos não observados. Glomerosporos irregulares raramente subglobosos de coloração amarela escura a laranja amarelado, com apenas uma camada laminada, amarela alaranjado, compondo a parede. Em geral a camada laminada apresenta injúrias na superfície o que torna o superfície levemente perfurada. Reação ao Melzer não observada.

Hifa de sustentação geralmente continua com a camada laminada e de mesma coloração do glomerosporo. Hifa de parede fina, <2,0 µm e geralmente persistente e irregular ou bifurcada.

Material Examinado: Cuba. Havana: material cedido pela Herbário da Universidad de Havana (HAC).

Comentários: Não há, além da hifa de sustentação irregular, caracteres morfológicos que ajudem a delimitar essa espécie, pois a parede é composta de apenas uma camada laminada característica comum a todas as espécies de *Glomus*.

***Glomus badium* Oehl, D. Redecker & Sieverd.** Journal of Applied Botany and Food Quality 79: 39. 2005.

(Fig. 24)

Esporocarpos geralmente globosos a subglobosos e marrom avermelhados, com poucos esporos, (5 a 30), como descrito originalmente por Oehl et al. (2005). Perídio ausente. Esporocarpos organizados em um plexo central formado por hifas hialinas a amareladas, entrelaçadas, de onde são produzidos radialmente os esporos.

Glomerosporos globosos a subglobosos marrom avermelhados com três camadas compondo a parede. A primeira hialina a amarelada, fina e evanescente, seguida de uma camada mais espessa, avermelhada, laminada e contínua com a hifa de sustentação. Terceira camada fina, hialina e flexível, geralmente difícil de ser observada. Nenhuma das camadas da parede do esporo reag em Melzer.

Hifa de sustentação geralmente contínua com a segunda camada laminada. Hifa de parede fina, <2,0 µm, e aparentemente curta, pois a pigmentação atinge até 10 µm da base do esporo.

Material Examinado: Suíça. Basel: material da coleção pessoal do Dr. Fritz Oehl.

Comentários: *Glomus badium* é uma espécie facilmente distinguível das demais espécies esporocarpicas de *Glomus* principalmente pelos esporocarpos com reduzido número de glomerosporos (até 30) e pela estrutura da parede com três camadas.

***Glomus clarum* T.H. Nicolson & N.C. Schenck** Mycologia 71: 182. 1979.

Esporocarpos não observados. Glomerosporos isolados ou em grupos de até três. Esporos geralmente globosos a subglobosos (141 – 234 µm), raramente irregulares, hialinos a levemente amarelados, raramente de tons escuros. Coloração do esporo proveniente da pigmentação da camada interna laminada.

Parede do esporo composta por três camadas em um componente estrutural, a primeira camada hialina, mucilaginosa, com detritos do solo aderidos, reage fortemente em Melzer adquirindo coloração vermelho púrpura. Segunda camada hialina, laminada, espessa (15µm). Terceira camada laminada, levemente amarelada. Essas duas camadas não reagem em Melzer, e são contínuas com a parede da hifa de sustentação. Eventualmente algumas lâminas da terceira camada se separam dando a impressão de haver maior número de camadas.

Hifa de sustentação cilíndrica a levemente constricta na base. Geralmente uma por esporo. Parede da hifa composta por três camadas. Primeira camada evanescente, localiza-se na base, mas perto do esporo não se estendendo ao longo da hifa. Segunda camada laminada, forma a estrutura da hifa juntamente com a terceira camada, também laminada. Esta entretanto, não se estende por toda a hifa de sustentação. O poro localizado entre a hifa de sustentação e o esporo é fechado pela lamina mais interna da terceira camada da parede do esporo.

Material Examinado: Brasil. Pernambuco: Belo Jardim, *Costa*, material proveniente de área impactada por metal pesado.

Comentários: Dentre as camadas que compõem a parede dos esporos de *Gl. clarum* a primeira, evanescente e a terceira, laminada, são as que apresentam maior variação na aparência. A camada evanescente pode se apresentar mucilaginosa, rugosa ou até escamosa. Além disso, essa camada pode corar de forma variada em Melzer, indo de rosa até vermelho. A terceira camada, laminada, pode apresentar lâminas facilmente discerníveis ou se separando, dando a impressão de haver mais de uma camada. Em esporos jovens a camada laminada interna pode ser confundida com uma camada laminada por colapsar em PVLG ou pode ser confundida com duas camadas unitárias quando se separam.

Esporos de *Gl. clarum* podem ser confundidos com esporos de *Gl. diaphanum* e *Gl. lamellosum* pela coloração, entretanto esporos de *Gl. clarum* são maiores que os de *Gl. diaphanum*, além da parede interna de *Gl. clarum* ser laminada, enquanto a de *Gl. diaphanum* é flexível. *Glomus clarum* difere também de *Gl. lamellosum* por apresentar uma camada interna flexível e que reage em Melzer.

***Glomus clavisporum* (Trappe) Almeida & N.C. Schenck Mycotaxon 6: 359. 1977.**

(Fig. 25)

= *Sclerocystis clavispora* Trappe, Mycotaxon 6: 359 – 361. 1977.

= *Sclerocystis microcarpus* Iqbal & Bushra, Trans. Mycol. Soc. Japan 21: 58 – 59. 1980.

Esporocarpos geralmente globosos, raramente subglobosos ou irregulares, pretos em água, eventualmente marrom avermelhado. Superfície dos esporocarpos geralmente rica em partículas do solo, dificultando sua localização em lupa.

Perídio ausente. Glomerosporos clavados ou cilíndricos, com ápice de parede espessada. Parede do esporo constituída por apenas uma camada, marrom, laminada e fina, próximo ao ponto de inserção da hifa (2,0 µm) e espessa no ápice (20 µm).

Apenas uma hifa de sustentação por esporo, geralmente cilíndrica. Plexo central com hifas marrons e de parede espessa (< 2,0 µm), entrelaçadas dificilmente separáveis.

Material Examinado: Brasil. Pernambuco: Belo Jardim, *Goto*, material proveniente de área impactada pela mineração de gipsita.

Comentários: Wu (1993) afirma que um mesmo esporocarpo de *Gl. clavisporum* pode apresentar dois tipos de esporos, um mais cilíndrico, sem espessamento do ápice, e um mais clavado, com ápice de parede espessa.

Esporocarpos de *Gl. clavisporum* podem ser confundidos com os de *Gl. taiwanensis* em cor e tamanho, porém esporos de *Gl. clavisporum* apresentam apenas uma camada laminada compondo a parede do esporo e ápice espesso compacto, enquanto *Gl. taiwanensis* apresenta duas camadas e uma camada no ápice dos esporos.

***Glomus constrictum* Trappe** Mycotaxon 6: 361. 1977.

(Fig. 26)

Esporocarpos não observados. Glomerosporos encontrados isoladamente no solo, globosos a subglobosos, marrom escuro, marrom avermelhado escuro a preto em estereomicroscópio geralmente brilhantes, passando a marrom avermelhado em microscópio de luz.

Parede do esporo formada por uma camada espessa, laminada, marron avermelhada e continua com a parede da hifa de sustentação que apresenta coloração mais clara, amarela amarronzada. Hifa de sustentação cilíndrica a levemente constricta na base, geralmente não ramificada. Apenas uma hifa de sustentação por esporo, podendo em alguns casos apresentar duas hifas.

Material Examinado: **Brasil. Pernambuco:** Recife, *Goto*, material proveniente de rizosfera de gramíneas. **Basel. Suíça.** material da coleção pessoal do Dr. Fritz Oehl.

Comentários: A hifa de sustentação constricta na base foi facilmente observada no material oriundo da Suíça, porém a maioria dos glomerosporos isolados em Recife não apresentava hifa de sustentação constricta. Além disso, no material da Suíça nenhum glomerosporo apresentou duas hifas de sustentação, característica observada em alguns glomerosporos isolados em Recife.

***Glomus coremioides* (Berk. & Broome) J.B. Morton & D. Redecker** J. Linn. Soc. London 14: 137. 1873.

= *Sclerocystis coremioides* Berk. & Broome. J. Linn. Soc. London 14: 137. 1873.

= *Xenomycetes ochraeus* Cesati, Atti R. Accad. Sci. Fische e Math. Napoli 8(4): 26. 1878.

= *Ackermannia coccogena* Pat., Bull. Soc. Mycol. France 18: 183. 1902.

= *Sphaerocreas coccogena* (Pat.) von Höhn., Sitzungsber. Kaiserl. Akad. Wiss. Wien Math. –Na-Turwiss. Kl. Abt. I. 118: 401. 1909.

= *Sclerocystis coccogena* (Pat.) von Höhn., Sitzungsber. Kaiserl. Akad. Wiss. Wien Math. –Na-Turwiss. Kl. Abt. I. 119: 399. 1910.

= *Ackermannia dussii* Pat., Bull. Soc. Mycol. France 18: 180 – 181. 1902.

= *Sphaerocreas dussii* Sitzungsber. Kaiserl. Akad. Wiss. Wien Math. –Na-Turwiss. Kl. Abt. I. 118: 401. 1909.

= *Sclerocystis dussii* (Pat.) von Höhn, Sitzungsber. Kaiserl. Akad. Wiss. Wien Math. –Na-Turwiss. Kl. Abt. I. 118: 401. 1909.

= *Sphaerocreas javanicum* von Höhn, Sitzungsber. Kaiserl. Akad. Wiss. Wien Math. –Na-Turwiss. Kl. Abt. I. 117: 1014 - 1015. 1908.

= *Endogone minutissima* Beeli, Bull. Soc. Roy. Bot. Belg. 56: 57. 1923.

= *Sclerocystis alba* Petch, Ann. R. Bot. Gard. Perad. 9: 322 – 383. 1925.

= *Endogone alba* (Petch) Gerdemann & Trappe. Mycol. Memoir 5: 25. 1974.

Esporocarpos marrom avermelhados a pretos (2651) 538 - 768 (1142) μm , globosos, sobglobosos a irregulares, podendo apresentar formação de outros esporocarpos a partir das hifas do perídio (Fig. 8A). Hifas do perídio marrom avermelhadas, entrelaçadas e de parede geralmente espessa 1,8 – 3,7 μm .

Glomerosporos amarelo escuro a marrom, formando uma camada ao redor do plexo central de hifas, geralmente entrelaçadas. Parede do esporo composta por fina camada laminada. Esporos com apenas uma hifa de sustentação.

Material Examinado: Brasil. Pernambuco: Belo Jardim, *Costa*, material proveniente de área impactada por metais pesados. **Bahia:** material cedido pelo Dr. José Luiz Bezerra.

Comentários: Almeida & Schenck (1990) afirmam que esporocarpos jovens de *Gl. coremioides* apresentam perídio branco, caráter não observado nos esporocarpos examinados.

Grandes esporocarpos de *Gl. sinuosum* podem ser confundidos com os de *Gl. coremioides*, pois as hifas do perídio podem não se apresentar distintamente sinuosas (Almeida & Schenck 1990). Porém, geralmente apresentam os esporos distribuídos ao redor do plexo central, formando uma meia lua, como em *Gl. coremioides*. Além disso, apenas *Gl. coremioides* apresenta o recrescimento de outros esporocarpos a partir das hifas do perídio como observado por Almeida & Schenck (1990).

Material oriundo de áreas Mata Atlântica adjacente as plantações de Cacau na Bahia apresentaram esporocarpos de *Gl. coremioides* formados em cadeia sobre a superfície de madeira morta no solo, característica ainda não referida para nenhum material encontrado no Brasil.

***Glomus cuneatum* McGee & Cooper** Australian Systematic Botany 15: 117. 2002.

(Fig. 27)

Esporocarpos irregulares, podendo atingir 7 x 5mm, com hifas brancas no interior e marrom na superfície, provavelmente devido à desidratação e às partículas de solo. Plexo central com hifas brancas e esporos pretos geralmente imersos no plexo, contudo raramente

observados na superfície do esporocarpo. Corte transversal do esporocarpo evidencia um arranjo entrelaçado das hifas que quase perderam a individualidade. As porções pretas (esporos) no esporocarpo parecem lóculos de ascomicetos.

Glomerosporos geralmente globosos a subglobosos, 150 – 179 μm , pretos e sempre imersos em hifas hialinas entrelaçadas que reagem em Melzer adquirindo coloração vermelho púrpura. Parede do esporo composta por cinco camadas, a primeira preta e de consistência quebradiça, e sempre presa à segunda camada também preta e quebradiça. A terceira camada é hialina, aparentemente espessada aderida fortemente a quarta e a quinta camadas ambas hialinas e finas, todas reagindo em Melzer adquirindo coloração rosada. A terceira camada parece apresentar elasticidade como uma camada amorfa, porém esporos observados em KOH 10% apresentaram aparência similar à observada em PVLG.

Hifa de sustentação preta e formada pela camada mais externa é difícil de ser observada na maioria dos esporos; quando presente geralmente inflada ($> 37,6 \mu\text{m}$) a levemente constricta no ponto de inserção ($< 22,5 \mu\text{m}$). Oclusão fechada pela segunda camada da parede.

Parede da hifa composta apenas de uma camada, contínua com a camada externa da parede do esporo. Hifa geralmente pigmentada próxima do ponto de inserção com o esporo, perdendo essa coloração gradativamente (até $56,4 \mu\text{m}$), a medida em que se afasta do esporo, tornando-se completamente hialina. Em Melzer a porção hialina da hifa de sustentação reage adquirindo coloração rosada a avermelhada no primeiro dia a vermelho escuro a partir do segundo dia de exposição ao reagente.

Material Examinado: **Australia. Sydney:** New South Wales, material cedido pelo Dr. Peter McGee, URM 44462.

Comentários: De todas as espécies esporocárpicas descritas até o momento, *Gl. cuneatum* é a que apresenta maior complexidade, principalmente na estrutura da parede dos esporos. As hifas que formam o esporocarpo são hialinas no interior, tornando-se pigmentadas (marrom) na superfície o que provavelmente é proveniente do processo de secagem para herborização. Segundo McGee & Trappe (2002), esporocarpos de *Gl. cuneatum* apresentam perídio branco.

A estrutura da parede dos esporos dessa espécie é distinta de todas as outras espécies de *Glomus* descritas até o momento. Segundo McGee & Trappe (2002) esporos de *Gl. cuneatum* apresentam apenas uma camada, com duas zonas, a mais externa acumularia o

pigmento tornando-se preta enquanto a mais interna, é completamente hialina. Apesar de não ter sido observado separação entre essas duas “zonas” (*sensu* McGee & Trappe 2002) admite-se aqui que apresentam “camadas” como rotineiramente usado nesse grupo de fungos.

McGee & Trappe (2002) também mencionam que a parede dos esporos de *Gl. cuneatum* é laminada, porém não foi possível observar essas laminações na primeira camada, preta, do esporo. Além disso, a consistência dessa camada é bem particular, geralmente forte e coriácea, distinta de outras camadas, laminadas, das demais espécies de *Glomus*. Morton (1988) admite que a camada laminada é a mais característica, sendo desta forma a mais facilmente discernível das camadas na parede de glomerosporos. Contudo no material examinado não foi possível observar as laminações.

A terceira camada da parede dos esporos de *Gl. cuneatum* parece com a camada laminada elástica de *Scutellospora biornata* descrita por Spain et al. (1989). Estrutura similar foi descrita também para *Glomus mortonii* por Bentivenga & Hetrick (1991). Porém, em *Gl. mortonii* essa camada era a mais externa enquanto em *Gl. cuneatum* é a mais interna.

Segundo Schenck & Pérez (1990), apenas *Gl. deserticola*, *Gl. ambisporum*, *Gl. heterosporum*, *Gl. reticulatum*, *Gl. multicaule*, *Gl. botryoides*, *Gl. geosporum*, *Gl. melanosporum*, *Gl. tenebrosum* e *Gl. constrictum* apresentam esporos marrom escuro a preto. E dessas espécies apenas *Gl. deserticola*, *Gl. ambisporum*, *Gl. heterosporum*, *Gl. botryoides*, *Gl. melanosporum* e *Gl. tenebrosum* são esporocárpicas. Além disso, nenhuma dessas espécies apresenta perídio como em *Gl. cuneatum*.

A complexidade do esporocarpo e da parede dos esporos é tão distinta que pode caracterizar um novo gênero, mas apenas dados moleculares podem ajudar a elucidar questões referentes à relação filogenética dessa espécie.

Observa-se ainda que McGee & Trappe (2002) comentam que potes de cultura não foram estabelecidos e a associação micorrízica desse fungo ainda não foi observada.

***Glomus etunicatum* Becker & Gerd. Mycotaxon 6: 29. 1977.**

Glomerosporos globosos a subglobosos (97,7 – 139 μ m), elípticos, raramente irregulares, amarelo marrom a marrom avermelhados.

Parede do esporo composta por duas camadas, a primeira camada hialina, evanescente e fina, (1 - 2 μ m), reagindo fortemente em Melzer e adquirindo coloração vermelho púrpura. A superfície externa da camada evanescente pode apresentar granulações similares às

encontradas em *G. halonatum*. Essa camada pode estar ausente em esporos maduros, podendo ser observado apenas vestígios próximos ao pondo de inserção dos esporos com a hifa de sustentação. A segunda camada é laminada, amarelo escuro a marrom avermelhado, espessa (5 - 7µm), contínua com a parede da hifa de sustentação.

Hifa de sustentação hialina, cilíndrica ou levemente curvada com parede composta por duas camadas contínuas com as camadas da parede do esporo. A primeira camada evanescente é normalmente encontrada próxima à base da hifa que se estende ao longo da hifa.

Material Examinado: Brasil. Pernambuco: Jaboatão dos Guararapes. *Goto*, material de Mata Atlântica.

Comentários: A reação ao Melzer nem sempre é homogênea, podendo os esporos adquirir diferentes tonalidades de acordo com a intensidade da reação que abrange desde amarelo até vermelho púrpura. Essa característica é comum principalmente quando a reação está vinculada ao componente estrutural.

Esporos de *Gl. etunicatum* são difíceis de identificar quando maduros devido à ausência da camada externa evanescente, deixando apenas a camada laminada como caráter para a identificação.

***Glomus fasciculatum* (Gerd.) Gerd. & Trappe emend. C. Walker & Koske** Proc. Am. Acad. Arts Sci. 57: 308 – 309. 1922.

= *Endogone macrocarpa* f. *media* Tul. & Tul., Fungi Hypogaei, p. 182. 1885.

= *Endogone fasciculata* Thaxter, Proc. Am. Acad. Arts Sci. 57: 308 – 309. 1922
Emend. Gerdemann, Mycologia 57: 562 – 575. 1965.

= *Endogone arenacea* Thaxter, Proc. Am. Acad. Arts Sci. 57: 317. 1922.

= *Rhizophagites butteri* Rosend., Bull. Terrey Bot. Club 70: 131. 1943.

Esporocarpos ou agregados não observados. Glomerosporos encontrados isoladamente no solo, geralmente globosos a subglobosos, 52,6 – 62,4 µm, hialinos a amarelo claro (pálido) em água e PVLG.

Parede do esporo composta de três camadas, a primeira evanescente, hialina, < 2,0 µm de espessura, mucilagínosa e aderida à segunda camada, laminada e espessa, 3 – 4,6 µm, e

amarelada, sendo responsável pela coloração pálida do esporo. Terceira camada fina, $< 1,0 \mu\text{m}$, hialina, membranosa e fortemente aderida à segunda camada laminada. Geralmente observada em esporos maduros quebrados. A reação ao Melzer é forte na segunda camada que adquire coloração vermelho púrpura escuro, enquanto a camada evanescente adquire tons rosados.

Todas as camadas da parede de *Gl. fasciculatum* reagem em Melzer exceto a terceira, que permanece hialina. Walker & Koske (1987) comentam que a terceira camada da parede dos esporos de *Gl. fasciculatum* é a primeira a reagir ao Melzer, seguindo-se, após alguns segundos, a reação na segunda camada. Morton (2005) afirma que a visualização da terceira camada é difícil; além disso, afirma ainda que pode fazer parte da segunda camada, tornando difícil a observação.

Os esporos examinados apresentaram apenas uma hifa de sustentação ($5,6 - 11,2 \mu\text{m}$) formada pela continuação da primeira e da segunda camada da parede do esporo. A hifa reage fortemente em Melzer, adquirindo coloração vermelho púrpura escura, similar à observada no esporo.

Material examinado: BRASIL. Pernambuco: Município de Araripina, Goto, isolado de solo em área natural de Caatinga. EUA. Material cedido pelo Harvard University Herbarium (FH) como *Endogone fasciculata* Thaxter.

Comentários: Pequenos agregados de esporos de *Gl. fasciculatum* foram observados apenas em material herborizado como tipo de *Endogone fasciculata* cedido pelo Harvard University Herbarium (FH). Glomerosporos geralmente globosos ($62 - 69 \mu\text{m}$) a subglobosos, $(80-) 69 \times 62 (-69) \mu\text{m}$, de coloração amarelo claro. Parede do esporo composta por três camadas, como descrito. O material herborizado diferem do isolado encontrado em Pernambuco apenas na coloração da segunda camada, que se mostra hialina no material herborizado e amarelo claro no material fresco. A coloração hialina da segunda camada da parede desse esporo não permite visualizar as laminações. A terceira camada da parede é facilmente observada mesmo em esporos inteiros, devido à sua natureza flexível.

Esporos de *Gl. fasciculatum* podem ser confundidos com os de *Gl. aggregatum*, *Gl. aureum*, *Gl. glomerulatum*, *Gl. hoi*, *Gl. intraradices*, *Gl. microaggregatum* e *Gl. pallidum* por apresentar esporos amarelo claro (pálidos) e formados em agregados ou em esporocarpos. Entretanto, diferem daqueles de *Gl. aggregatum*, *Gl. aureum*, *Gl. glomerulatum*, *Gl. hoi*, *Gl.*

microaggregatum e *Gl. pallidum* por apresentar três camadas compondo a parede enquanto as demais apresentam apenas duas camadas na parede.

Glomus fasciculatum difere também de *Gl. intraradices*, por apresentar uma camada evanescente, seguida de uma laminada e outra flexível, enquanto *Gl. intraradices* apresenta duas camadas evanescentes seguidas de uma laminada.

Apesar das diferenças na estrutura da parede dos esporos a característica mais marcante em *Gl. fasciculatum* é a forte reação em Melzer na camada laminada, o que até o momento só ocorre nessa espécie de *Glomus*. Apenas *Gl. aureum* apresenta forte reação em Melzer, também adquirindo coloração vermelho púrpura escuro, porém essa reação não está relacionada à parede do esporo e sim a uma substância mucilaginosa que fica entre os esporos, no esporocarpo (Oehl et al 2003).

Segundo Gerdemann & Trappe (1974), Walker & Koske (1987) e Morton (2005) os esporos de *Gl. fasciculatum* podem ocorrer isoladamente no solo ou em agregados similares a esporocarpos, característica também observada em *Gl. halonatum*, *Gl. intraradices*, *Gl. mosseae* e *Gl. monosporum*. Contudo, esporos encontrados em Pernambuco ocorreram apenas isoladamente no solo. Talvez a formação de agregados ou de esporocarpos seja regulada por fatores ambientais.

***Glomus fulvum* (Berk. & Broome) Trappe & Gerd.** J. Linn. Soc. London (Bot.) 14: 134. 1875.

(Fig. 28)

Esporocarpos irregulares ou achatados (0,3-) 0,5 x 0,7- 0,8 x 1,0 (-1,5) cm, hipógeos ou semi-hipógeos, marrom claro a marrom avermelhado quando secos em estufa. Esporocarpos ricos em partículas de solo aderidas à superfície e mesmo no interior, geralmente sem perídio, porém quando presente esparso, fino e flocoso. Esporos distribuídos aleatoriamente, podendo apresentar uma base formada por hifas hialinas que originam os esporos na superfície. Geralmente essas hifas da base estão presas a partículas de matéria orgânica.

Glomerosporos geralmente oblongos a elipsóides, (50 - 90µm) µm, amarelo claro a amarelo escuro. Parede do esporo composta por apenas uma camada de aparência laminada, fina, (2,0 – 4,0 µm), hialina a levemente amarelada. Apenas uma hifa de sustentação por

esporo, geralmente cilíndrica ou levemente constricta na base, hialina. Parede da hifa de sustentação contínua com a parede do esporo.

Esporocarpos imersos em uma rede de hifas hialinas, finas, com septação irregular, porém mais frequente que em outras espécies de FMA. Septação observada próxima ao ponto de inserção da hifa de sustentação no esporo, podendo ser observada nas hifas do esporocarpo. Thaxter (1922) e Redecker et al. (2007) fazem menção desses septos nas hifas do esporocarpo.

Material Examinado: Brasil. Rio Grande do Sul: Santa Maria, material de Floresta Subtropical cedido pelo pesquisador Wagner Cortez.

Comentários: Coloração dos esporos e dos esporocarpos está relacionada à coloração do denso material citoplasmático que geralmente apresenta-se granuloso ou fibriloso, amarelo a amarelo esverdeado. Thaxter (1922) comenta que a coloração dos esporocarpos de *Gl. fulvum* pode ser decorrente do local onde foi formado: os originados em áreas ricas em matéria orgânica e sem luz incidente teriam coloração mais escura que os formados em locais com menor quantidade de matéria orgânica e mais incidência de luz. Possivelmente, os esporocarpos de hábito hipogeo são mais escuros que os epígeos, pela incidência da luz.

A parede dos esporos de *Gl. fulvum* parece ser formada por duas camadas, pois no ponto de inserção da hifa de sustentação há formação de um septo originado da porção interna da camada laminada, e a porção externa é contínua com a parede da hifa de sustentação. Porém, em esporos quebrados não é possível observar duas camadas, pois não há nítida separação. Por essa razão, a parede foi interpretada como apresentando apenas uma camada.

Esporos de *Gl. fulvum* podem ser confundidos com os de *Gl. pulvinatum* na forma, tamanho e coloração dos esporocarpos e também pelo denso material citoplasmático, porém em *Gl. fulvum* os esporos apresentam apenas uma camada compondo a parede (Thaxter 1922; Redecker et al. 2007) enquanto em *Gl. pulvinatum* os esporos apresentam duas camadas (Gerdemann & Trappe 1974).

***Glomus glomerulatum* Sieverd.** Mycotaxon 29: 74. 1987.

Esporocarpos irregulares, apresentando esporos geralmente com duas ou mais hifas de sustentação. Esporocarpos considerados de média complexidade, pois os esporos são

frouxamente arranjados. Glomerosporos geralmente subglobosos a irregulares (250 – 450 μm), de coloração amarelo claro a amarelo marrom ou eventualmente marrom escuro.

Parede do esporo composta de uma camada laminada, amarelo claro a amarelo escuro raramente amarelo marrom, levemente avermelhada em esporos senescentes, espessa (3,7 – 7,5 μm), principalmente próximo ao ponto de inserção das hifas, geralmente contínua com a parede da hifa de sustentação.

Hifa de sustentação hialina, formada pela continuação da camada laminada da parede do esporo. Camada evanescente não observada.

Material Examinado: **Brasil. Pernambuco:** Jaboatão dos Guararapes, *Goto*, material de Mata Atlântica da Reserva Ecológica de Gurjaú. **Pernambuco:** Goiana, *Costa*, isolado em área com mangabeiras. **Pernambuco:** material oriundo de potes de cultura. **Paraíba:** Mataraca, *Souza*, material coletado em áreas de dunas impactadas por mineração.

Comentários: Sieverding (1987) admite que os esporos de *Gl. glomerulatum* apresentam duas camadas, a primeira laminada e a segunda flexível, fina, porém esta não foi observada em esporos quebrados examinados. Essa camada interna pode ser um artefato causado pelas próprias laminações da camada anterior, principalmente na área próxima ao ponto de inserção da hifa.

Esporos intactos de *Gl. glomerulatum* também parecem apresentar internamente uma camada fina, porém quando se muda o foco de observação, essa camada “desaparece”, sendo confundida com a laminada. Segundo Morton (1988) a camada membranosa geralmente colapsa quando os esporos são quebrados, porém em nenhum dos esporos essa característica foi observada. Durante o desenvolvimento do esporo as camadas mais internas são as últimas a serem formadas (Sturmer & Morton 1999; de Souza et al. 2005), porém em *Gl. glomerulatum* tanto esporos jovens (mais claros e com parede mais fina) quanto esporos maduros (mais escuros e com parede mais espessa), não apresentam, quando quebrados, uma camada interna membranosa. Conclui-se que a camada interna, descrita originalmente (Sieverding 1987), é um artefato causado pela passagem da luz na espessa camada laminada.

Esporocarpos isolados em áreas de dunas impactadas por mineração apresentaram leve reação ao Melzer na superfície de alguns esporos e também entre os esporos, parecendo apresentar material gelatinoso similar ao observado em *Gl. aureum*.

Esporocarpos de *Gl. glomerulatum* podem ser confundidos com os de *Gl. aggregatum* e *Gl. fasciculatum*, porém esporos de *Gl. glomerulatum* apresentam duas ou mais hifas de sustentação por esporo enquanto em *Gl. aggregatum* e *Gl. fasciculatum* são raros os esporos com duas hifas de sustentação.

Isolados de *Gl. glomerulatum* mantidos em potes de cultura apresentaram esporocarpos crescendo sobre restos de folhas ou madeira que constituía a matéria orgânica no solo, como ocorre em *Gl. coremioides* (Almeida & Schenck 1990), uma nova característica para esporocarpos dessa espécie.

Esporos de *Gl. glomerulatum* podem ser confundidos com os de *Gl. fasciculatum*, *Gl. aggregatum*, *Gl. versiforme*, *Gl. microaggregatum*, *Gl. badium* e *Gl. aureum*. na estrutura do esporocarpo, coloração e tamanho dos esporos. Porém, *Glomus glomerulatum* difere de todas as espécies por apresentar esporos com duas ou mais hifas de sustentação e parede composta apenas por uma camada laminada, as demais espécies apresentam esporos com duas ou três (*Gl. badium*) camadas compondo a parede.

***Glomus halonatum* Rose & Trappe** Mycotaxon 10: 413. 1980.

(Fig. 29)

Esporocarpos não observados. Glomerosporos geralmente subglobosos (325-) 202,5 × 200 (-297,5) µm de amarelo a marrom ou laranja marrom. Parede do esporo composta por quatro camadas; primeira camada evanescente, hialina, mucilaginosa, apresentando variação de espessura 12,5 – 27,5µm. Essa camada é normalmente lisa em esporos jovens e granulosa ou com grandes depressões na maturidade; ausente em esporos senescentes ou ainda totalmente coberta por detritos do solo. Segunda camada amarelo claro a amarelo escuro, composta por espinhos de 1,0 – 2,4 µm de altura, fortemente aderida à terceira camada, laminada, 17,5 – 25 µm, de coloração amarela marrom a laranja marrom. Ocasionalmente a terceira camada laminada pode se dividir, dando a impressão de haver duas camadas laminadas. A quarta camada é hialina, com aparência membranosa (<2,0 µm). Essa camada parece formar um septo na inserção da única hifa de sustentação. Hifa de sustentação multiseptada, amarela a amarelo marrom (17,5 – 37,5µm), composta por três camadas: a externa formada pela continuação da camada evanescente, é hialina e mucilaginosa, seguida da camada ornamentada, que não se estende muito pela hifa de sustentação (até 10µm), e pela

camada laminada do esporo. Nenhuma camada reage distintamente no Melzer, porém alguns esporos apresentaram reação pouco definida na superfície da camada evanescente.

As características morfológicas (coloração, dimensões, forma e estrutura da parede) dos esporos de *Gl. halonatum* encontrados em Pernambuco foram similares às descritas no protólogo dessa espécie (Rose & Trappe 1980), exceto pela ausência de esporocarpos e pela espessura da primeira camada da parede. No material examinado essa camada, hialina e evanescente, apresentou-se ligeiramente mais espessa (12,5–27,5 µm) do que o referido na descrição original (8 – 20 µm).

Material Examinado: Brasil. Pernambuco: Goiana,; isolado de solo em área coberta com vegetação herbácea de espécies invasoras, localizada na Estação Experimental de Itapirema, (X/2002), *Costa*, URM 45715.

Comentários: *Glomus halonatum* pode ser confundido com *Glomus monosporum* devido à semelhança na coloração e ornamentação dos esporos (Gerdemann & Trappe 1974), porém este último possui apenas duas camadas na parede, enquanto *Gl. halonatum* apresenta três camadas.

Esporos de *G. halonatum* pode ser confundidos com os de *Gl. pansihalos*, *Gl. spinosum* e *Gl. verruculosum*. Tanto *Gl. halonatum* quanto *Gl. pansihalos* e *Gl. spinosum* apresentam o mesmo número de camadas na parede e em todos há uma camada externa hialina e espessa. Porém, em *Gl. pansihalos* a camada externa apresenta estrias radiais na forma de colunas na presença de PVLG (Berch & Koske 1986), enquanto em *Gl. halonatum* essas estrias são ausentes. Além disso, *Gl. halonatum* apresenta ornamentação homogeneamente distribuída e em forma de espinhos, enquanto *Gl. pansihalos* e *Gl. spinosum* apresentam ornamentações mais espaçadas e em forma de verrugas (Berch & Koske 1986; Hu 2002). Mesmo assim, distinguir *Gl. pansihalos* de *Gl. spinosum* é uma tarefa difícil, pois ambas as espécies formam esporocarpos frouxamente arranjados, apresentam o mesmo número de camadas compondo a parede e a camada evanescente apresenta variação que se parece com ornamentações, em forma de cabelo em *Gl. spinosum* e em forma de coluna em *Gl. pansihalos*. Estudos mais detalhados com o material tipo dessas espécies podem ajudar a elucidar essas questões.

Glomus halonatum difere de *Gl. verruculosum* por apresentar três camadas compondo a parede dos esporos enquanto os de *Gl. verruculosum* apresentam apenas duas camadas.

Além disso, *Gl. verruculosum* apresenta ornamentações de ponta arredondada (verrugas) (Blaszkowski & Tadych 1997) enquanto em *Gl. halonatum* os esporos apresentam ornamentações de ponta fina (espinhos).

Esporos de *Gl. halonatum* são similares aos de *Gl. spinuliferum* pela sobreposição referente à coloração e estrutura da parede; ambas as espécies apresentam três camadas na parede sendo uma ornamentada com espinhos (equinulações) que estão imersos na camada evanescente, hialina e mucilaginosa. Entretanto, *Gl. halonatum* tem esporos maiores que os de *Gl. spinuliferum* e apresenta esporocarpos recobertos por um perídio de hifas frouxamente arranjadas (Rose & Trappe 1980), enquanto em *Gl. spinuliferum* não foram observados esporocarpos (Oehl *et al.* 2003). Rose & Trappe (1980) mencionaram esporocarpos de *Gl. halonatum* com um, dois ou três esporos frouxamente agrupados. A própria técnica de extração dos esporos pode desfigurar os esporocarpos, o que pode ter contribuído para que tais estruturas não tenham sido observadas no material coletado. Até o momento não foram estabelecidos potes de cultura de *Gl. halonatum* e de *Gl. spinuliferum*, sendo as descrições baseadas apenas em esporos provenientes de amostras do campo (Rose & Trappe 1980; Oehl *et al.* 2003).

A camada externa, evanescente, da parede dos esporos de *Gl. halonatum* foi bastante variável em espessura (12,5–27,5 µm). Oehl *et al.* (2003) afirmam que a camada externa da parede de *Gl. spinuliferum* (1 – 2 µm) ocasionalmente se expande em PVLG, atingindo 50 µm de espessura. Esse fato foi descrito também em *Glomus pansihalos*, posteriormente na leptotipificação de *Glomus macrocarpum*, em *Glomus coronatum* e também em *Glomus caesaris* (Berch & Koske 1986; Berch & Fortin 1983; Giovannetti *et al.* 1991; Oehl *et al.* 2002), sendo essa expansão da camada influenciada pela resina, a qual pode ter um efeito expressivo em algumas camadas da parede do esporo, modificando suas propriedades (Morton 1986 a,b). Spain (1990) sugeriu que se fizesse descrições com os esporos montados apenas em água. Contudo, na maioria das publicações são encontradas descrições de esporos apenas em PVLG e PVLG + Reagente de Melzer e a descrição original de *Gl. halonatum* também foi baseada em esporos submetidos a essa condição.

Quando observada em maior aumento, a camada evanescente parece ser composta por laminações, embebidas em uma matriz gelatinosa, fato também observado em esporos de *Glomus mortonii*; porém, nessa espécie a camada com tal propriedade é a segunda (Bentivenga & Hetrick 1991) e não a primeira, como em *Gl. halonatum*.

Glomus halonatum também difere de *Gl. spinuliferum* pela espessa camada evanescente, que na primeira espécie forma um halo similar a um anel, na maioria dos esporos. Não foi possível observar a expansão da camada externa da parede em *Gl. spinuliferum* devido provavelmente ao número reduzido de esporos presente no isotipo. A falta de outras características para distinção mostra a necessidade de se avaliar melhor representantes de *Gl. halonatum* e *Gl. spinuliferum*, visto que ambas são morfológicamente semelhantes.

Walker & Vestberg (1998) observaram que isolados de uma mesma espécie de FMA diferiam fortemente em cor e dimensão dos esporos, sendo a mudança da coloração atribuída às condições em que os isolados se encontram. É possível que as diferenças entre a camada evanescente de *Gl. halonatum* e de *Gl. spinuliferum* sejam decorrentes das diversas pressões ambientais exercidas nos isolados de ambas as espécies.

Alguns dos esporos examinados apresentaram estrias (fistulas) verticais na camada laminada, como citado na descrição original de *Gl. halonatum* (Rose & Trappe 1980) e em *Gl. spinuliferum* (Oehl & Sieverding 2003). Essas estrias são decorrentes de injúrias ambientais produzidas pela ação de microorganismos do solo, não sendo um caráter típico das espécies, tal como observado por Walker & Vestberg (1998) em relação às estrias encontradas em esporos de *Glomus fistulosum*.

Esporos de *Gl. halonatum* apresentaram hifa de sustentação multiseptada, similar ao observado por Oehl *et al.* (2003) em *Gl. spinuliferum*. Na descrição original de *Gl. halonatum* Rose & Trappe (1980) comentam apenas que um septo foi observado a 30 µm abaixo do ponto de inserção da hifa de sustentação dos esporos.

Nenhuma das espécies similares a *Gl. halonatum* apresenta uma camada externa evanescente e espessa formando um halo ao redor do espora.

***Glomus intraradices* N.C. Schenck & J.S. Sm. Mycologia 77: 78. 1982.**

Glomerosporos encontrados em pequenos esporocarpos, dentro ou fora de raízes, ou eventualmente em pequenos agregados, raramente isolados no solo. Esporos geralmente globosos, 54,5 – 77,0 µm, a subglobosos, raramente elípticos ou irregulares (122-) 78,9 x 97,7 (58,2) µm, amarelo claro, brilhantes em PVLG, adquirindo coloração vermelha a púrpura em Melzer. Parede do espora composta por duas camadas; a primeira hialina, granulosa, geralmente fina, 3,7 µm, podendo expandir em PVLG atingindo 5,6 µm de

espessura, adquirindo consistência mais rígida (coriácea), com superfície granular. Segunda camada laminada (até duas laminas), amarela, fina, 1,8 – 2,8 μm , que não reage fortemente em Melzer. Eventualmente a camada laminada pode dividir-se, aparentando a existência de três camadas, sendo as mais internas unitárias.

Hifa de sustentação cilíndrica (7,5 – 11,2 μm), raramente na forma de funil ou constricta na base. A parede da hifa é composta pela continuação das duas camadas que constituem a parede do esporo. A camada hialina evanescente se estende até 10 μm da hifa.

Material Examinado: Brasil. Pernambuco: Araripina, *Mergulhão*, material proveniente de área impactada pela mineração de gipsita.

Comentários: Poucos esporos foram encontrados isoladamente no solo, entretanto pedaços de raiz com um ou até dois esporos foram observados no solo. Schenck & Smith (1982) não encontraram esporocarpos, porém afirmaram que esporos são formados também em pequenos agrupamentos. A distinção entre esporocarpos ou agrupamentos de esporos ainda é controversa, visto que algumas espécies consideradas esporocárpicas, como *Glomus monosporum* e *Gl. halonatum*, apresentam grupos de até três esporos agregados.

Esporocarpos de *Gl. antarcticum* são semelhantes aos encontrados em *Gl. intraradices*, contudo os esporos apresentam estrutura de parede distinta. Em *Glomus intraradices* os esporos apresentam até três camadas, a primeira observada apenas em esporos jovens, hialina, evanescente e mucilaginosa, seguida da segunda também hialina, evanescente de superfície granulosa e a terceira laminada de coloração amarelada. *Gl. antarcticum* apresenta três camadas, a primeira evanescente, hialina, a segunda laminada e a terceira flexível e hialina.

Esporos de *Gl. intraradices* podem ser confundidos com os de *Gl. mosseae* em PVLG, pois ambos possuem camada externa hialina e camada interna laminada, amarelada em esporos maduros. Porém, em *Gl. intraradices* as laminas se separam, dando a impressão de ser mais de duas camadas. Além disso, a hifa de sustentação de *Gl. intraradices* é cilíndrica ou levemente constricta, raramente em forma de funil, enquanto *Gl. intraradices* apresenta hifas geralmente na forma de funil.

Embora Stürmer & Morton (1997) e Schenck & Smith (1982) tenham mencionado que a parede dos esporos de *Gl. intraradices* é composta de três camadas, a primeira camada, mucilaginosa, não foi observada nos esporos examinados em Araripina, PE.

Esporocarpos de *Gl. intraradices* podem ser confundidos com os de *Gl. irregulare* (Blaszkowski et al. 2008), pois ambos são agregados de esporos. A diferença básica entre as espécies é a forma irregular dos glomerosporos em *Gl. irregulare* enquanto os de *Gl. intraradices* são mais globosos.

***Glomus liquidambaris* (C.G. Wu & Chen) Almeida & N.C. Schenck** Trans. Mycol. Soc. R.O.C. 2: 74. 1987.

= *Sclerocystis cunninghamia* Hu Quart. J. Chinese For. 21(2): 45 – 72. 1988.

Esporocarpos marrom escuro, provavelmente globosos a subglobosos, porém no material examinado não foram observados esporocarpos inteiros. Glomerosporos marrom escuro, aparentemente formando uma camada, distribuídos homogeneamente ao redor de um plexo central de hifas entrelaçadas e anastomosadas. Perídio do esporocarpo formado pela terminação de hifas oriundas do plexo central, apresentando, no ápice, espessamento da parede, parecendo dá origem a outros esporos na superfície do esporocarpo. Essas terminações de hifas geralmente estão fortemente aderidas e distribuídas em paliçada, (20,6 – 84,6 μm) de altura, na superfície do esporocarpo e podem ser facilmente observada entre os esporos no esporocarpo. Perídio não entrelaçado como em *Gl. coremioides* e *Gl. sinuosum*.

Esporos clavados, cilíndricos ou triangulares (122-) 112 (-65) x (60-) 48 (-37) μm com apenas uma camada laminada, (1,8 – 3,7 μm), na parede que pode ou não ser espessada no ápice do espora (7,5 – 22,5 μm). Apenas uma hifa de sustentação por espora (8 – 10 μm de largura). Septo não observado nos esporos.

Material examinado: Taiwan. Chi-Tou: NTU Experimental Forest, cedido pelo Herbarium of the University of Florida (FL).

Comentários: Wu & Chen (1986) comentam que as hifas que constituem o perídio são dicotomicamente ramificadas e seriam similares a paráfises, estruturas encontradas em *Ascomycetes*.

Esporocarpos de *Gl. liquidambaris* são similares aos de *Gl. coremioides* em cor e tamanho. Porém, quando quebrados os esporocarpos de *Gl. coremioides* apresentam perídio de hifas entrelaçadas enquanto os de *Gl. liquidambaris* apresentam perídio em paliçada.

Almeida & Schenck (1990) sinonimizaram *Sclerocystis cunninghamia* Hu (1988) com *Gl. liquidambaris* usando como base apenas o protólogo de *Sc. cunninghamia*. O material tipo dessa espécie não foi examinado.

***Glomus pellucidum* McGee & Pattinson.** Australian Systematic Botany 15: 120. 2002.

Esporocarpos completos não observados no material examinado. Fragmentos dos esporocarpos amarelo escuro com hifas e esporos frouxamente arranjados, podendo apresentar esporos em diferentes estágios de desenvolvimento. Hifas do plexo central variando de hialinas a amarelo escuro e 3,7 a 20,6 µm de espessura. Parede da hifa laminada, variando de 1- 3,7 µm de espessura. Além disso, pode haver hifas crescendo dentro de outra hifa do plexo.

Glomerosporos geralmente globosos a subglobosos ou obovóides 65,6 – 107,6 µm, amarelo claro a amarelo escuro (amarelo ouro). Parede do esporo composta de três camadas facilmente distinguíveis em esporos maduros. Primeira camada hialina, fina, 1,8 – 2,8 µm, de consistência rígida, similar a uma camada unitária, podendo ser mucilaginosa porém, se desprende, desaparecendo completamente em alguns esporos maduros. Segunda camada laminada, amarelo claro a amarelo escuro, 3,7 – 16,9 µm de espessura. Não foi observada separação em duas camadas como observado por McGee & Trappe (2002). A camada laminada é mais espessada quando próxima ao ponto de inserção da hifa. Terceira camada fina, 1 – 2 µm de espessura, hialina e membranosa colapsando em esporos maduros quebrados. Reação em Melzer não observada, pois o material cedido encontrava-se apenas em PVLG. Os esporos jovens apresentam apenas duas camadas, a externa hialina e a segunda laminada, amarelada.

Todas as camadas da parede do esporo são contínuas com a da parede da hifa de sustentação, que é cilíndrica, 11,5 – 15 µm, e geralmente uma por esporo.

Material Examinado: Australia. Sydney: New South Wales, material cedido pelo Dr. Peter McGee, URM 44463.

***Glomus proliferum* Dalpé & Declerck** Mycologia 92: 1180. 2000.

Glomerosporos hialino amarelados a amarelo escuro, globosos a subglobosos (80 – 120 μm) raramente elípticos ou ovóides.

Parede do esporo composta por quatro camadas geralmente contínuas com a parede da hifa de sustentação. Primeira camada hialina, fina, evanescente, seguida de uma camada laminada mais espessa, hialina. Terceira e quarta camadas levemente laminadas a semi-flexíveis, amareladas, fortemente aderidas e contínuas com as camadas mais internas da parede da hifa de sustentação.

Hifa de sustentação cilíndrica ou em forma de funil, com oclusão por um septo formado por uma das laminações da camada mais interna.

Material Examinado: **Brasil. Rio de Janeiro:** cultivo *in vitro* oriundo da coleção de S. Declerk e disponibilizado para análise morfológica por Ricardo Berbara, da UFRJ.

Comentários: Glomerosporos de *Gl. proliferum* são similares aos de *Gl. diaphanum* e *Gl. clarum* principalmente porque apresentam camadas internas amareladas. Porém, apenas *Gl. proliferum* apresenta quatro camadas na parede, enquanto *Gl. clarum* e *Gl. diaphanum* apresentam apenas três.

***Glomus sinuosum* (Gerd. & Bakshi) Almeida & N.C. Schenck** Trans. Br. Mycol. Soc. 66: 343. 1976.

(Fig.30)

= *Sclerocystis sinuosa* Gerdemann & Bakshi, Trans. Brit. Mycol. Soc 66: 343. 1976.

= *Sclerocystis pakistanica* Iqbal & Busha, Trans. Mycol. Soc. Japan 21: 59 – 60. 1980.

Esporocarpos geralmente irregulares ou elípticos, raramente globosos ou subglobosos, marrom avermelhado a preto, difíceis de serem observados em lupa por apresentarem detritos do solo aderidos à superfície. Perídio marrom avermelhado com hifas sinuosas, aparentando ornamentação labirintiforme. Parede da hifa < 2,0 μm de espessura.

Glomerosporos subglobosos a cilíndricos, formando uma camada ao redor do plexo central de hifas, geralmente de coloração marrom avermelhado e entrelaçadas. Parede do esporo composta apenas de uma camada fina, (2,0 – 5,0 μm), laminada e amarelo

amarronzado. Apenas uma hifa de sustentação por esporo, contínua com a parede laminada do esporo.

Material Examinado: **Brasil. Pernambuco:** Jaboatão dos Guararapes, *Goto*, material proveniente de área de Mata Atlântica.

Comentários: Esporocarpos de *Gl. sinuosum* são facilmente distinguíveis pelo arranjo sinuoso das hifas do perídio. Porém, Almeida & Schenck (1990) afirmam que alguns esporocarpos de *Gl. sinuosum* podem apresentar perídio com hifas entrelaçadas ao invés de sinuosas, dificultando a identificação da espécie.

***Glomus spinuliferum* Oehl & Sieverd.** Mycotaxon 86: 158-159. 2003.

Esporocarpos ou agregados de esporos não observados. Glomerosporos globosos a subglobosos 122,2 – 131,1 μm , amarelo escuro a amarelo amarronzado. Parede do esporo composta de quatro camadas, a primeira hialina, evanescente e mucilaginosa, geralmente observada próxima ao ponto de inserção da hifa de esporos maduros. Segunda camada fina, (1 – 2 μm), levemente amarelada e constituída de projeções em forma de espinhos que ficam imersas na primeira camada. Essa segunda camada está fortemente ligada à terceira, que é laminada, espessa 7,5 – 13,1 μm e contínua com a parede da hifa de sustentação. A quarta camada é fina, 1 – 2 μm de espessura, hialina e flexível, e provavelmente forma o septo no ponto de inserção. A reação em Melzer não foi observada, pois os esporos cedidos estavam apenas em PVLG.

Hifa de sustentação cilíndrica, amarelada, 1,5 – 16,4 μm , formada por duas camadas próximas ao ponto de inserção da hifa (camadas 2 e 3).

Material examinado: **ALEMANHA. Vogtsburg:** isolado de áreas cobertas com grama semi-natural em Vogelsang Pass, próximo a Vogtsburg (Reserva Natural de Kaiserstuhl), Alemanha. (VI/2002), *Oehl*, URM 45714 isotipo. **Suiça. Basel:** material da coleção pessoal do Dr. Fritz Oehl.

Comentários: Esporos jovens de *Gl. spinuliferum* apresentam apenas três camadas compondo a parede, portanto apenas a quarta camada, fina, hialina e flexível não é observada.

Esporos de *Gl. spinuliferum* são muito parecidos com os de *Gl. monosporum* e de *Gl. halonatum*. Diferem dos de *Gl. monosporum* na estrutura da parede, com *Gl. spinuliferum* apresentando quatro camadas enquanto *Gl. monosporum* apresenta apenas três. Além disso, esporos de *Gl. monosporum* podem ser encontrados em pequenos esporocarpos, como citado por Oehl et al. (2003) e Gerdemann & Trappe (1974).

Esporos cobertos com hifas não são incomuns em *Glomus*, sendo geralmente descritos como clamidosporos e não como esporocarpos. Goto & Maia (2005) admitem três graus de complexidade no esporocarpo com os de *Gl. monosporum* se enquadrando nos de baixa complexidade devido principalmente ao número reduzido de esporos por esporocarpo. Além disso, a formação desses aglomerados de esporos cobertos por um perídio é facultativa.

Segundo Goto et al. (dados não publicados) a diferença entre os esporos de *Gl. halonatum* e *Gl. spinuliferum* está relacionada à dimensão dos esporos, maiores em *Gl. halonatum* e menores em *Gl. spinuliferum*; além disso, a camada externa evanescente é mais espessa em *Gl. halonatum* (formando um halo hialino ao redor do esporo) enquanto em *Gl. spinuliferum* essa camada é mais fina.

Porém os glomerosporos avaliados mostram que as diferenças entre essas espécies são mínimas e que podem ser sinônimos, mas seria necessário um estudo com os espécimens tipo de ambas as espécies para definição.

***Glomus taiwanensis* (C.G. Wu & Chen) Almeida & N.C. Schenck ex Yao** Trans. Mycol. Soc. R.O.C. 2: 78. 1987.

=*Sclerocystis taiwanensis* Wu & Chen, Trans. Mycol. Soc. Rep. China 2: 73 – 83. 1987.

Esporocarpos geralmente globosos, raramente subglobosos ou irregulares, pretos em água, eventualmente marrom avermelhado. Superfície dos esporocarpos geralmente rica em partículas do solo, dificultando sua localização em lupa. Perídio ausente. Glomerosporos clavados ou cilíndricos com ápice de parede espessada e com uma câmara preenchida ou não. Parede do esporo constituída apenas de duas camadas, a primeira fina, 1,0 µm, hialina e difícil de ser observada aderida à segunda camada, marrom, laminada e fina, próximo ao ponto de inserção da hifa (2,0 µm) e espessa no ápice (20 µm).

Apenas uma hifa de sustentação por esporo, geralmente reta. Plexo central com hifas marrons e de parede espessa ($< 2,0 \mu\text{m}$), entrelaçadas, dificilmente separáveis.

Material Examinado: **Brasil. Pernambuco:** Jaboatão dos Guararapes, *Goto*, material proveniente de área de Mata Atlântica.

Comentários: Esporocarpos de *Gl. taiwanensis* podem ser confundidos com os de *Gl. clavisporum* em cor e tamanho, porém esporos de *Gl. clavisporum* apresentam apenas uma camada laminada compondo a parede do esporo e ápice espesso compacto, enquanto *Gl. taiwanensis* apresenta duas camadas e uma camada no ápice dos esporos.

***Glomus* sp 1**

Esporocarpos ou agregados de esporos não observados. Glomerosporos globosos a subglobosos, amarelo escuro a amarelo amarronzado.

Parede do esporo composta de três camadas, a primeira hialina, evanescente e mucilaginosa, aderida à segunda camada também evanescente, espessa, hialina, que reage em Melzer, adquirindo coloração vermelho claro a vermelho escuro, ambas geralmente observadas nas proximidades do ponto de inserção da hifa em esporos maduros. Terceira camada laminada, ornamentada com espinhos homoganeamente distribuídos ao redor do esporo formando aparentemente um retículo. Essa terceira camada é contínua com a parede das hifas de sustentação.

Várias hifas de sustentação por esporo, geralmente de cinco a oito. Hifa de sustentação geralmente irregular e ramificada, amarelada, formada apenas pela terceira camada da parede do esporo.

Material examinado: **BRASIL. Pernambuco:** Serra Talhada, *Maciel*, material oriundo de áreas de Caatinga nativa.

Comentários: Glomerosporos dessa espécie podem ser confundidos com os de *Gl. spinuliferum* e *Gl. halonatum*, porém apenas em *Glomus* sp.1 há presença de várias hifas de sustentação enquanto em *Gl. halonatum* e *Gl. spinuliferum* existe apenas uma hifa por esporo.

***Gigaspora decipiens* I. Hall & Abbott** Trans. Br. Mycol. Soc. 83: 204. 1984.

Glomerosporos geralmente globosos a subglobosos (220 – 280 μm) raramente elípticos ou irregulares, coloração amarelo claro brilhante a amarelo escuro.

Parede do esporo composta por três camadas, a primeira hialina a amarelo claro, unitária, fina 4 μm , normalmente fortemente aderida à camada laminada, muitas vezes difícil de distinguir, segunda camada laminada, espessa (até 45 μm), levemente amarelada ou creme levemente opaco; terceira camada germinativa, mais pigmentada que as demais, amarelo mais acentuado, rica em papilas (ornamentações) que se concentram geralmente próximas ao ponto de formação do tubo germinativo.

Bulbo suspensor de coloração amarelada, similar à do esporo, com apenas uma camada na parede, provavelmente laminada. Hifa com parede regularmente laminada.

Material Examinado: Brasil. Pernambuco: Jaboatão dos Guararapes, *Goto*, material proveniente de área de Mata Atlântica.

Comentários: *Gigaspora decipiens* difere das demais espécies de *Gigaspora* pela coloração dos esporos (<http://invam.caf.wvu.edu>) e principalmente pela espessa parede laminada até 45 μm .

Apesar dessas diferenças, existe grande sobreposição dos caracteres morfológicos em *Gigaspora*. Morton (<http://invam.caf.wvu.edu>) atribui à cor um importante papel na identificação de espécies de *Gigaspora*, porém esta pode ser influenciada pelo ambiente em que se encontra ou pelo processo empregado para a manutenção das culturas (Walker & Vestberg 1998).

Atualmente o uso de marcadores moleculares, como primers espécie específicos tem garantido a correta identificação dessas espécies (Silva 2004).

***Gigaspora gigantea* (T.H. Nicholson & N.C. Schenck) Gerd. & Trappe** Micologie Memoir 5: 29. 1974.

Glomerosporos geralmente globosos a subglobosos (250 – 450 μm), raramente elípticos ou irregulares, coloração amarelo esverdeado opaco.

Parede do esporo composta por três camadas, a primeira hialina a amarelo claro a amarelo dourado, unitária, fina, normalmente fortemente aderida à segunda camada, laminada, porém facilmente distinguida. A camada laminada é mais espessa, levemente amarelada ou esverdeada. A terceira camada é germinativa, de coloração amarela, rica em papilas (ornamentações) que se concentram geralmente próximas ao ponto de formação do tubo germinativo.

Bulbo suspensor de coloração amarelada, similar à do esporo, com parede formada apenas por uma camada, provavelmente laminada. Parede da hifa regularmente laminada.

Material Examinado: **Brasil. Pernambuco:** Itapirema, *Costa*, material proveniente de área cultivada com mangabeira.

Comentários: *Gigaspora gigantea* difere das demais espécies de *Gigaspora* pela coloração dos esporos (<http://invam.caf.wvu.edu>) e pela fina parede (até 12 µm).

***Paraglomus occultum* (C. Walker) J.B. Morton & D.Redecker** Mycotaxon 15: 50. 1982.
= *Glomus occultum* Walker, Mycotaxon 15: 50. 1982.

Glomerosporos globosos, subglobosos, geralmente elípticos (75 – 88,3 µm), hialinos a levemente opacos, raramente amarelados.

Parede do esporo composta de três camadas hialinas, a primeira fina (1,0 µm), de aparência unitária (semi-rígida), efêmera (evanescente), mas podendo persistir em esporos maduros. Segunda camada unitária, mais espessa que a primeira (2 - 4µm) e firmemente aderida à terceira camada, laminada, que é contínua com a parede da hifa de sustentação do esporo. Reação em Melzer não distinta, contudo alguns esporos apresentaram coloração levemente amarelada quando em contato com o reagente.

Hifa de sustentação cilíndrica, hialina, levemente mais espessa no ponto de inserção da hifa com o esporo. Parede da hifa formada pelas três camadas que compõem a parede do esporo. A primeira camada não se estende muito pela hifa de sustentação, sendo a parede da hifa constituída basicamente das camadas unitária e laminada. A camada externa da parede do esporo é difícil de ser observada, sendo difícil discernir até onde essa camada se estende na hifa.

Material Examinado: Brasil. São Paulo: Campos do Jordão, *Souza*, material de Floresta de Araucária.

Comentários: Esporos de *Pa. occultum* podem ser confundidos com os de *Gl. diaphanum*, *Gl. eburneum*, *Di. spurcum*, *Gl. albidum*, *Gl. minutum* e *Gl. lacteum* devido à coloração dos esporos. Porém, *Pa. occultum* difere de *Gl. eburneum*, *Gl. minutum*, *Gl. albidum*, *Gl. lacteum* e *Di. spurcum* por apresentar três camadas compondo a parede do esporo enquanto as demais espécies apresentam parede com apenas duas camadas.

Paraglomus occultum difere de *Gl. diaphanum* pela estrutura da parede do esporo. Enquanto a primeira apresenta externamente uma camada de aparência unitária (semi-rígida) seguida de uma camada unitária mais espessa e de uma laminada, *Gl. diaphanum* apresenta uma camada externa mucilaginosa, evanescente, seguida de uma camada laminada e de uma camada membranosa (semi-flexível). Além disso, a hifa de sustentação de *Pa. occultum* é constituída por três camadas, enquanto a de *Gl. diaphanum* é formada apenas pela camada laminada da parede do esporo.

***Pacispora* sp.**

Esporocarpos desconhecidos. Esporos hialinos formados isoladamente no solo, globosos 60 – 116,5 µm a subglobosos (109,4-) 80,8 x 60,1 (-103,4) µm, raramente irregulares. Parede do esporo composta por seis camadas. Componente estrutural (exosporo) composto por três camadas: a primeira hialina, contínua com a hifa de sustentação, unitária < 2,0 µm espessando levemente sob pressão em PVLG e atingindo 2,7 µm, normalmente aderida à segunda camada, hialina, laminada 4,7 – 5,6 µm de espessura. Terceira camada hialina, membranosa, < 1,0 µm de espessura, frequentemente aderida à segunda camada e difícil de ser observada. Parede germinativa (endosporo) composta por três camadas, as duas primeiras fortemente aderidas, de consistência semirígida 1,8 – 2,8 µm difícil de quebrar sob pressão, similar à parede coriácea (*sensu* Walker). Terceira camada membranosa, observada apenas em esporos maduros < 1,0 µm. Hifa de sustentação efêmera 3,7 – 7,5 µm de diâmetro de parede fina < 1,0 µm de espessura, difícil de ser observada. Reação dextrinóide em Melzer, observada nas camadas unitária e laminada da parede estrutural, que adquirem coloração púrpura. Parede germinativa sem reação distinta em Melzer. A coloração púrpura é perdida após primeiras semanas, deixando os esporos levemente rosados.

Material Examinado: Brazil. Minas Gerais, Serra do Cipó, *Maia*, VII de 2004; oriundo de áreas de cerrado na rizosfera de *Vellozia caruncularis*.

Comentários: *Pacispora* sp. difere das demais espécies por apresentar reação em Melzer no componente estrutural enquanto o componente germinativo não reage. As demais espécies de *Pacispora* com esporos hialinos não apresentam reação dextrinóide na parede estrutural (Oehl & Sieverding 2004), sendo a reação observada apenas no componente germinativo.

Glomerosporos de *Pacispora* sp. podem ser confundidos com os de *Pa. franciscana*, pois ambas apresentam parede estrutural lisa e o mesmo número de camadas. No entanto, *Pa. franciscana* não apresenta reação púrpura na parede estrutural, como observado em *Pacispora* sp. Além disso, apenas *Pa. franciscana* apresenta reação no componente germinativo.

A reação ao Melzer é um caráter informativo para separar espécies na família *Pacisporaceae*. Segundo Oehl & Sieverding (2004) apenas os glomerosporos de *Pa. boliviana* não apresentam reação em Melzer no componente germinativo. Assim, *Pacispora* sp. e *Pa. boliviana* são as únicas espécies do gênero que não apresentam reação em Melzer no componente germinativo. Separar *Pacispora* sp. de *Pa. boliviana* é uma tarefa fácil, pois os glomerosporos de *Pa. boliviana* apresentam ornamentação enquanto os de *Pacispora* sp. não apresentam.

***Dentiscutata biornata* (Spain, Sieverd. & Toro) Oehl, F.A. de Souza & Sieverd.**

Mycotaxon 35: 220. 1989.

(Fig. 33)

Glomerosporos globosos a subglobosos, (276 – 384 μm), raramente elípticos ou irregulares, coloração geralmente marrom claro até marrom avermelhado escuro.

Parede do esporo composta de seis camadas, a primeira unitária, ornamentada com projeções de ápice arredondado, marrom a vermelho amarronzado, fina, (5,6 μm), facilmente destacável da segunda camada, laminada, espessa, de coloração amarelada, que reage em PVLG expandindo as laminações; em Melzer a camada laminada reage fortemente,

adquirindo coloração vermelho intenso às vezes chegando a ficar completamente preta, similar ao que ocorre em camadas amorfas (plásticas em PVLG). Terceira camada flexível, ornamentada com projeções. Quarta, quinta e sexta camadas hialinas e flexível, formando um complexo difícil de discernir, principalmente a quinta e a sexta camadas que estão fortemente aderidas, enquanto a quarta se desprende levemente.

A ornamentação da camada mais externa da parede do esporo não é densa como em *S. heterogama*, apresentando em alguns esporos espaços vazios entre as ornamentações. Além disso, quando os esporos foram pressionados, a superfície externa com as ornamentações parecem esticar lateralmente, mostrando certa plasticidade.

A reação em Melzer não facilita a observação das camadas mais internas, visto que a camada laminada não permite a visualização das camadas mais internas, impossibilitando uma acurada observação. É necessário quebrar os esporos em PVLG, porém nessa resina a camada laminada se expande devido à plasticidade das lamínas e dificilmente se quebra, tornando difícil a observação das camadas.

Placa germinativa evidente, marrom, com até oito tubos germinativos, formada entre a quinta e a sexta camadas.

Bulbo suspensor marrom, porém mais claro que a parede do esporo, e com parede formada pelas duas camadas mais externas da parede do esporo.

Material Examinado: **Brasil. Pernambuco:** Itapirema. *Costa*, material proveniente de área cultivada com mangabeira. **Paraíba:** Mataraca, *Souza*, material proveniente de áreas de dunas de restinga impactadas por mineração. **Minas gerais:** Serra do Cipó, *Maia*, áreas de Cerrado.

Comentários: Esporos de *De. biornata* são facilmente distinguíveis das demais espécies com glomerosporos scutelosporóides devido a dupla ornamentação que não ocorre em nenhuma outra espécie. Além disso, a camada laminada que reagem em PVLG também é um caráter único dentro do gênero.

***Dentiscutata cerradensis* (Spain & Miranda) Oehl, F.A. de Souza & Sieverd. Mycotaxon 60: 130. 1996.**

(Fig. 34)

Glomerosporos geralmente globosos a subglobosos, raramente elípticos, de coloração hialina a branca, às vezes com material citoplasmático opaco.

Parede do esporo composta por nove camadas, a primeira hialina, evanescente, fina, < 2,0 µm, rica em ornamentações similares a papilas. Em alguns casos essa camada pode parecer mucilaginosa. Segunda camada hialina, unitária, fortemente aderida à terceira camada, hialina, laminada e com forte reação em Melzer adquirindo coloração vermelho púrpura. Quarta camada hialina, fina, < 1,0 µm e dificilmente observada mesmo em esporos maduros. A quinta e a sexta camadas são hialinas e flexíveis, fortemente aderidas, em alguns casos, dificilmente observadas separadamente. A sétima e a oitava camada também são hialinas, porém a sétima apresenta aparência coriácea, enquanto a oitava, que está fortemente aderida, tem consistência flexível e reage em Melzer adquirindo coloração rosa a vermelho púrpura. A nona camada é hialina, flexível e fina, < 1,0 µm de espessura, difícil de ser observada em esporos quebrados em Melzer devido à reação da oitava camada.

Placa germinativa marrom, facilmente observada em esporos maduros, formada entre a sétima e a oitava camadas.

Bulbo suspensor amarelo escuro a marrom claro diferindo da coloração dos esporos que é completamente hialino ou branco.

Material Examinado: Brasil. Pernambuco: Pacajús, *Gugel*, material proveniente de área cultivada com cajueiros.

Comentários: A ornamentação da parede de *De. cerradensis* não apresenta forma regular como em *Sc. crenulata* e *Fu. heterogama*. A ornamentação pode apresentar bases largas ou curtas e altura variada, não ultrapassando 2,0 µm de altura. Essa camada quando presente tem consistência mucilaginosa, tornando difícil a identificação da espécie.

Quarta camada hialina, membranosa e fina é dificilmente observada, mesmo em esporos quebrados e talvez seja proveniente do desprendimento de uma laminada da terceira camada. A nona camada é difícil de observar por ser fina, < 1,0 µm, e estar intimamente ligada à oitava camada, que reage fortemente em Melzer. Porém em alguns casos essa camada pode se desprender, facilitando a observação.

A espessura das camadas sete e oito pode variar; ora a sétima camada é mais espessa que a oitava, tendo aparência coriácea ora é mais fina e aparenta ser flexível. Spain &

Miranda (1996) admitem que as camadas sete e oito são flexíveis, porém nos esporos examinados a aparência não era flexível.

Morton (<http://invam.caf.wvu.edu>) não menciona a nona camada da parede do esporo, podendo essa camada estar ausente, pois deve ser a última a ser formada durante o processo de desenvolvimento do esporo.

Esporos de *De. cerradensis* podem ser confundidos com os de *De. scutata*, *Ce. pellucida*, *Sc. weresubiae*, *Ra. fulgida* e *Ra. verrucosa* devido à coloração hialina dos esporos. A parede dos glomerosporos de *De. scutata*, *Ce. pellucida* e *Sc. weresubiae* não apresenta ornamentação, diferindo de *De. cerradensis*. A espécie também difere de *Ra. fulgida* pela estrutura da parede do esporo e pela ornamentação da camada externa. Esporos de *Ra. verrucosa* apresentam ornamentação similar a verrugas na camada externa da parede, porém *De. cerradensis* apresenta ornamentação similar a papilas, além da estrutura da parede apresentar nove camadas em *De. cerradensis* e apenas três camadas em *Ra. verrucosa*, segundo Koske & Walker (1985).

***Dentiscutata nigra* (J.F. Readhead) C. Walker & F.E. Sanders** Mycologia 71: 187. 1979.

Glomerosporos globosos a subglobosos, vermelho escuro a negro. O material examinado estava em más condições pela idade da lamina. No entanto, foi possível observar a parede do esporo composta por duas camadas, uma externa, formada basicamente por um retículo de fendas geralmente globosas a subglobosas, vermelho escuro a preto que estava imerso em espinhos que pareciam flexíveis, oriundos de uma camada mais espessa, de aparência laminar, porém não foi possível confirmar devido à coloração negra da camada. Não foram observadas as estruturas que compõem a parede germinativa. Bulbo suspensor geralmente subgloboso a elíptico, marrom avermelhado e sem ornamentação. Parede da hifa aparentemente laminada e contínua com a camada externa que é formada pelo retículo.

Material Examinado: Suíça. Basel: material da coleção pessoal do Fritz Oehl.

Comentários: Esporos de *De. nigra* podem ser confundidos com os de *De. reticulata* pela coloração e padrão de ornamentação reticular em ambas as espécies. Porém, *De. nigra* apresenta dois tipos de ornamentação com os retículos arredondados imersos em espinhos flexíveis longos, enquanto *De. reticulata* apresenta apenas retículos angulares com espinhos curtos.

***Dentiscutata reticulata* (Koske, Miller & C. Walker) Oehl, F.A. de Souza & Sieverd.**
Mycotaxon 16: 429. 1983.

Glomerosporos geralmente globosos a subglobosos, hialinos quando no início do desenvolvimento e preto brilhante quando maduros. A avaliação da cor e forma dos esporos foi baseada em culturas mantidas em cultivo *in vitro* na Embrapa Agrobiologia.

Parede do esporo composta por sete camadas, a primeira hialina e aparentemente evanescente que forma uma película compacta nos esporos jovens. Nos esporos maduros essa camada está deteriorada, mas foi facilmente observada nos esporos avaliados, provavelmente devido ao fato do sistema de cultivo *in vitro* possibilitar melhor manutenção dos esporos. A segunda camada da parede é laminada, espessa, pigmentada e ornamentada com uma superfície reticular. Em cada cavidade do retículo são facilmente observados, em esporos maduros, projeções similares a espinhos que preenchem completamente a cavidade. Em esporos jovens não é possível observar essas ornamentações, pois a camada externa da parede do esporo as encobre. A terceira camada da parede é fina, hialina e difícil de ser observada, pois geralmente adere a camada laminada. As três primeiras camadas da parede do esporo formam o componente estrutural.

O componente germinativo é composto por quatro camadas, hialinas e flexíveis. As camadas quatro e cinco são geralmente aderidas e de mesma espessura. A sexta e a sétima camada são hialinas e flexíveis, sem evidências de uma camada interna amorfa. A última camada reage em Melzer, adquirindo coloração vermelho púrpura. A placa germinativa é pigmentada, marrom escura, lobada, e a borda geralmente apresenta invaginações, sendo considerada de alta complexidade já que forma vários tubos germinativos.

Bulbo suspensor da mesma cor do esporo, escuro, sem ornamentação e geralmente obovóide a ovóide.

Material Examinado: Brasil. Rio de Janeiro: Seropédica, material proveniente de cultivo *in vitro* disponibilizado por Francisco A. de Souza.

Comentários: Glomerosporos de *De. reticulata* podem ser confundidos com os de *De. nigra* principalmente em cor e aparência da ornamentação. Mas ornamentação em *De. reticulata* está fortemente ligada à segunda camada da parede e não se destaca dessa camada, enquanto em *De. nigra* a ornamentação reticular se destaca facilmente da parede. Além disso, os

glomerosporos de *De. nigra* são relativamente maiores ,atingindo até 1050 μm enquanto os de *De. reticulata* atingem no máximo 470 μm .

***Dentiscutata* sp1**

(Fig. 35)

Glomerospores globosos (330-) 400 – 480 (-570) μm a subglobosos 350 - 390 x 360 - 430 μm , marrom avermelhado, marrom escuro a preto.. Parede do esporo formada por sete camadas: a primeira evanescente, amarela, marrom a marrom escuro, < 2,5 μm de espessura, a segunda laminada (10-) 12,5 – 15 (17,5) μm , marrom, marrom avermelhado a preta, ornamentada na superfície interna (3,75 – 6,25 μm). A ornamentação externa é formada por verrugas com distribuição heterogenea, difícil de ver em esporos jovens com camada evanescente preservada. A ornamentação externa está imersa na camada evanescente. A ornamentação interna é coliculosa. O componente germinativo está constituído por dois grupos, o primeiro com duas camadas hialinas, flexíveis 3,7 – 6,2 μm , o segundo com três camadas hialinas, uma membranosa < 2,0 μm , seguida de uma amorfa, expandindo em PVLG (2,5-) 6,2 10 (-12,5) μm e uma camada membranosa < 2,0 μm . Bulbo suspensor marrom, com parede espessa, 5 – 7,5 μm e superfície interna ornamentada. Reação ao Melzer apenas na camada amorfa que torna-se vermelho púrpura escuro.

A primeira camada da parede dos esporos de *Dentiscutata* sp1. tem aparência unitária em esporos jovens, apresentando superfície lisa e atingindo até 2,5 μm de espessura. Porém, em esporos maduros pode estar completamente ausente ou apresentar apenas vestígios e por essa razão foi designada evanescente.

Material examinado: **Brasil, Pernambuco:** Buique, *Goto*, em áreas de Caatinga Nativa.
Paraíba: Mataraca, *Souza*, em áreas de dunas impactadas por mineração.

Comentários: A camada evanescente em espécies com glomerosporos scutelosporóides é uma característica incomum, sendo referida apenas em *Cetraspora spinosissima* (Walker et al. 1998). Mesmo assim, Walker et al. (1998) afirmam que a camada evanescente pode ser na realidade um artefato causado pela densa ornamentação da camada externa da parede dos esporos de *Ce. spinosissima*. Em membros de *Gigasporaceae* é mais comum a ocorrência de uma camada externa unitária. Em geral essa camada está fortemente aderida à segunda

camada, geralmente laminada, porém, pode se destacar facilmente em algumas espécies como, por exemplo em *Ra. castanea* C. Walker (Walker et al. 1993).

A família *Gigasporaceae* atualmente está incluída na ordem *Diversisporales* que compreende também as famílias *Acaulosporaceae*, *Entrophosporaceae*, *Diversisporaceae* e *Pacisporaceae* (Schüßler et al 2001; Walker & Schüßler 2004; Sieverding & Oehl 2006). Dentre essas famílias de *Diversisporales* apenas *Pacisporaceae* não apresenta glomerosporos com camada evanescente. Contudo, essa característica não é comum em todas as famílias dessa ordem, sendo mais freqüente apenas em membros de *Acaulosporaceae*.

Em esporos jovens a camada evanescente dificilmente se separa da segunda camada, que é laminada e duplamente ornamentada. A ornamentação da superfície externa é composta por pequenas verrugas 0,5 – 1,0 µm de altura, esparsas e difíceis de observar devido à coloração escura do esporo, sendo visualizada apenas em esporos sem a camada evanescente, semelhante ao padrão de ornamentação de *Fuscutata heterogama*. A ornamentação da superfície externa e da superfície interna da camada laminada de *Dentiscutata* sp1. pode ser observada em esporos jovens e maduros. Porém, quando se observa o esporo de forma frontal, a ornamentação interna pode ser confundida com perfurações similares a um retículo na superfície externa da segunda camada da parede.

Glomerosporos de *Dentiscutata* sp1. podem ser confundidos com os de *Ra. coralloidea*, *Ra. gregaria*, *De. biornata* e *Qu. erytropa* em cor e tamanho dos esporos. Porém, apenas em esporos de *Dentiscutata* sp1. e *De. biornata* ocorre dupla ornamentação, enquanto em *Ra. gregaria* e *Ra. coralloidea* a ornamentação ocorre apenas na superfície externa da camada laminada. Além disso, esporos de *Qu. erytropa* não apresentam ornamentação (Koske & Walker 1984). Nos glomerosporos de *De. biornata* a ornamentação ocorre na primeira e na segunda camada da parede do esporo (Spain et al. 1989) enquanto em *Dentiscutata* sp1. a ornamentação ocorre apenas na segunda camada. Além disso, apenas *Dentiscutata* sp1. e *Scutellospora pernambucana* (Silva et al. 2008) apresentam camada evanescente, enquanto nas demais espécies a camada mais externa da parede do esporo é unitária.

Além da ornamentação, a estrutura da parede dos esporos das espécies mencionadas difere significativamente. *Racocetra coralloidea* e *Ra. gregaria* apresentam apenas quatro camadas compondo a parede, e o componente germinativo apresenta apenas um grupo enquanto *Dentiscutata* sp1. apresenta sete e componente germinativo mais complexo, com

dois grupos de parede. *Quatunica erytropa* apresenta oito camadas compondo a parede enquanto *Dentiscutata* sp1. apresenta apenas sete.

A distribuição geográfica de *Dentiscutata* sp1. é restrita, a áreas de Caatinga nativa no, estado de Pernambuco e áreas de dunas de restinga impactadas por mineração no estado da Paraíba. Glomerosporos de *Dentiscutata* sp1. encontrados na Paraíba estavam misturados com os de *Ra. gregaria*, ambos apresentando coloração similar, porém *Dentiscutata* sp1. era facilmente separada por apresentar glomerosporos maiores.

***Dentiscutata* sp2.**

Glomerosporos geralmente globosos a subglobosos, (250 – 350 µm), amarelo claro a amarelo escuro. Parede do esporo composta por oito camadas, três no componente estrutural e cinco no componente germinativo. A primeira camada do componente estrutural é unitária, < 2,0 µm de espessura, amarelo escuro, ornamentada com verrugas irregulares e homogeneamente distribuídas na superfície do esporo, facilmente destacável da segunda camada, amarelo claro a amarelo escuro, laminada (7,5 – 9,4 µm). A camada laminada reage em Melzer adquirindo coloração amarelo escuro a marrom.

Componente germinativo formado por até cinco camadas, hialinas e flexíveis, sendo que a última adquire coloração vermelho púrpura escuro em Melzer. Placa germinativa não observada nos esporos encontrados em campo.

Bulbo suspensor amarelo claro a amarelo escuro, geralmente subgloboso ovóide.

Material Examinado: Brasil. Paraíba: Mataraca, *Souza*, material proveniente de área de dunas de restinga impactadas pela mineração.

Comentários: Esporos de *Dentiscutata* sp2. podem ser confundidos com os de *Ra. verrucosa* e *Sc. nodosa* em cor e tamanho. Porém, diferem na estrutura da parede. Esporos de *Dentiscutata* sp2. apresentam oito camadas compondo a parede, enquanto *Ra. verrucosa* apresenta apenas quatro e *Sc. nodosa* sete camadas (Błaszowski 1991). Notadamente *Dentiscutata* sp2. corresponde a uma nova espécie para a ciência pois não há correspondência com outras espécies do gênero considerando os caracteres morfológicos observados.

***Racocetra alborosea* (Herrera & Ferrer) Oehl, F.A. de Souza & Sieverd.** Revista del Jardín Botánico Nacional, Universitat de la Habana 1: 55. 1980.

Glomerosporos globosos a subglobosos, amarelo escuro a laranja amarronzado (herborizado) com dimensão variando de 204 – 207 μm , como descrito por Herrera & Ferrer (1980).

Parede do esporo composta apenas por duas camadas no componente estrutural, a primeira fina, hialina e unitária, que se destaca da segunda, laminada, amarelada e mais espessa. No entanto, Herrera & Ferrer (1980) mencionaram que as duas tem a mesma espessura. Análise do material tipo mostrou que apenas um esporo apresenta uma camada externa tão espessa quanto a segunda laminada, o que parece ser uma reação de expansão. O componente germinativo é composto por duas camadas hialinas e flexíveis geralmente inseparáveis e de espessura similar.

Placa germinativa ausente em todos os esporos de *Ra. alborosea* observados no holotipo e no isotipo. Bulbo suspensoróide elipsóide ou oblongo-elipsóide ou ovóide, de parede fina composta por uma camada unitária ou uma das lamina mais externas da camada laminada da parede do esporo.

Material Examinado: Cuba. Havana: Material cedido pela Universidad de Havana (HAC). Isotipo H-HF-Endog HAC35 (W3042-2); Holotipo I-HF-Endog HAC 35 (W3042-1).

Comentários: Apenas um esporo no isotipo apresenta as características descritas por Herrera & Ferrer (1980) para *Ra. alborosea*. Plasticidade em uma das camadas do componente estrutural não é comum entre membros de Gigasporaceae. Apenas *De. biornata* apresenta uma camada laminada que reage expandindo em PVLG. Porém, não se pode afirmar se essa característica é frequente para *Ra. alborosea*, pois apenas um dos esporos apresentam essa característica.

Glomeroporos de *Ra. alborosea* podem ser confundidos com os de *Ra. weresubiae* única espécie de *Racocetra* descrita com coloração rosada. *Racocetra alborosea* difere de *Ra. weresubiae* principalmente por apresentar duas camadas no componente germinativo enquanto *Ra. weresubiae* apresenta quatro camadas.

***Racocetra castanea* (C. Walker) Oehl, F.A. de Souza & Sieverd.** Cryptogamie Mycol. 14: 280. 1993.

(Fig. 36)

Glomerosporos geralmente globosos a subglobosos, (180 – 250 μm), hialinos a amarelo escuro em PVLG.

Parede do esporo composta por quatro camadas, duas no componente estrutural e duas no componente germinativo. A primeira camada do componente estrutural é hialina a amarelo escuro, fina, < 2,0 μm , unitária e fortemente aderida à segunda camada, laminada, espessa, 10 – 25 μm e amarelo escuro. O componente estrutural reage em Melzer, adquirindo coloração laranja avermelhado.

O componente germinativo é formado por duas camadas hialinas, finas, < 2,0 μm , flexíveis e fortemente aderidas, e não rage em Melzer.

Placa germinativa hialina, lobada, formando vários tubos germinativos. Bulbo suspensor amarelado.

Material Examinado: Suíça. Basel: material da coleção pessoal do Dr. Fritz Oehl.

Comentários: Esporos de *Ra. castanea* podem ser confundidos com os de *Sc. calospora*, *Sc. dipurpurascens* e *Ra. fulgida* em cor e dimensão. Porém, a estrutura da parede do glomerosporo, com duas camadas no componente germinativo, distingue *Ra. castanea* de *Sc. dipurpurascens* com três e de *Sc. calospora*, com quatro camadas. Distinguir *Ra. castanea* de *Ra. fulgida* é uma tarefa difícil, pois a estrutura da parede em ambas as espécies é similar, porém a coloração dos glomerosporos de *Ra. castanea* é mais escura que a de *Ra. fulgida*. Além disso, a placa germinativa de *Ra. castanea* é mais lobada que a de *Ra. fulgida*.

Outra característica que pode ser útil para distinguir *Ra. castanea* de *Ra. fulgida* é a espessa camada laminada em *Ra. castanea* que atinge até 35 μm (Walker et al. 1993), enquanto a de *Ra. fulgida* atinge até 8 μm (Koske & Walker 1986).

Essas pequenas características podem ser usadas para distinguir *Ra. castanea* de *Ra. fulgida*, porém espessura da camada laminada e coloração dos esporos são caracteres que apresentam variação entre isolados de uma mesma espécie. Por outro lado, a forma da placa germinativa pode ser uma importante ferramenta para a distinção dessas espécies por apresentar diferenças significantes.

***Racocetra fulgida* (Koske & C. Walker) Oehl, F.A. de Souza & Sieverd.** Mycotaxon 27: 221. 1986.

Glomerosporos geralmente globosos a subglobosos, (188 – 249 µm), hialinos a amarelo esverdeado em PVLG.

Parede do esporo composta por quatro camadas, duas no componente estrutural e duas no componente germinativo. A primeira camada do componente estrutural é hialina a amarelada, fina, < 2,0 µm, unitária, e fortemente aderida à segunda camada, laminada, mais espessa, 6 – 8 µm, e amarela esverdeada. Reação em Melzer ocorre apenas no componente estrutural, que adquire coloração marrom alaranjado.

O componente germinativo é formado por duas camadas hialinas, finas, < 2,0 µm, flexíveis e fortemente aderidas. Não há reação em Melzer nas camadas do componente germinativo.

Placa germinativa hialina, bi-lobada, subglobosa a elipsóide, difícil de ser observada. Bulbo suspensor amarelo claro, subgloboso a alongado com apenas uma camada compondo a parede.

Material Examinado: Brasil. Pernambuco: Pacajús, *Gugel*, material proveniente de área cultivada com cajueiros.

Comentários: Esporos de *Ra. fulgida* podem ser confundidos com os de *Sc. calospora*, *Sc. dipurpurascens*, e *Ra. castanea* em cor e dimensão. Porém, a estrutura da parede dos glomerosporos, com duas camadas no componente germinativo, distingue *Ra. fulgida* de *Sc. dipurpurascens* que apresenta três camadas. *Racocetra fulgida* apresenta placa semelhante à de *Fu. heterogama*, enquanto em glomerosporos de *Ra. castanea* a placa é mais lobada e tem mais pontos de germinação.

Alem disso, enquanto as demais espécies apresentam forte reação em Melzer em uma das camadas do componente germinativo, tal reação não ocorre em glomerosporos de *Ra. fulgida*.

***Racocetra gregaria* (N.C. Schenck & T.H. Nicholson) Oehl, F.A. de Souza & Sieverd.** Mycologia 71: 178 – 198, 1979.

= *Gigaspora gregaria* Schenck & Nicholson. Mycologia 71: 178 – 198, 1979.

Glomerosporos geralmente globosos, (384 – 423 μm), raramente subglobosos ou elípticos, coloração marrom escuro, marrom avermelhado escuro ou preto.

Componente estrutural composto por quatro camadas, a primeira unitária, marrom escura, ornamentada com projeções de ápice arredondado, raramente achatado. Segunda camada fortemente aderida à primeira, laminada, marrom escura. Componente germinativo composto por duas camadas hialinas, fortemente aderidas, flexíveis e finas, dificilmente observadas separadamente.

Placa germinativa amarronzada, com vários lóbulos (2-4), formada entre as duas camadas flexíveis. Placa raramente observada em esporos isolados diretamente do campo.

Bulbo suspensor marrom, porém mais claro que o da parede do esporo. Parede do bulbo formada apenas por uma camada provavelmente laminada. Hifa regularmente septada.

Material Examinado: Brasil. Ceará: Pacajús, *Gugel*, material proveniente de área cultivada com cajueiros.

Comentários: Esporos de *Ra. gregaria* podem ser confundidos com os de *Ra. coralloidea* devido à coloração e estrutura da parede. Porém, em *Ra. gregaria* a ornamentação da camada externa da parede apresenta projeções de ápice arredondado enquanto *Ra. coralloidea* apresenta ornamentação com ápice achatado.

***Racocetra minuta* (Herrera & Ferrer) Oehl, F.A. de Souza & Sieverd.** Revista del Jardin Botánico Nacional, Universitat de la Habana 1: 53. 1980.

Glomerosporos globosos a subglobosos, amarelo escuro quando jovens e marrom escuro quando maduros (material herborizado).

A parede do esporo é composta por um componente estrutural com duas camadas, a primeira unitária, fina (1 – 3 μm), amarelada, seguida de uma camada laminada, ornamentada com espinhos. As ornamentações são projeções de dois tamanhos, um maior (até 3 μm de altura) e em menor quantidade e um menor (até 1,5 μm de altura) e em maior quantidade. Ambas são homogeneamente distribuídas. As ornamentações maiores atravessam a camada externa, deixando fragmentos que dão a impressão de haver ruptura da parte superior da

ornamentação maior, parecendo um espinho aberto, como cálice. Essa aparência é observada apenas em plano de visão frontal. A visão lateral da ornamentação deixa evidente que não há rompimento do ápice do espinho. Na verdade a ruptura da camada externa é que deixa a impressão de haver uma estrutura similar a um cálice. O componente germinativo é composto por apenas duas camadas flexíveis e hialinas, de espessura similar e geralmente aderidas. Placa germinativa não observada nos esporos do tipo e do isotipo. Parede do bulbo suspensor, geralmente subgloboso, contínua com a camada unitária externa da parede do esporo. Parede da hifa geralmente fina (até 2 μm) e de aparência unitária.

Material Examinado: **Cuba. Havana:** Material cedido pela Universidad de Havana, Tipo e Isotipo (9-HF-Endog. NAC 37).

Comentários: Glomerosporos de *Ra. minuta* são característicos tanto em tamanho quanto na ornamentação da parede. Apenas *Sc. dipapilosa* apresenta dois tipos de espinhos compondo o padrão de ornamentação porém, em nenhuma espécie essas ornamentações estão imersas na camada unitária externa da parede do esporo. Padrão similar foi observado apenas em um novo táxon encontrado na Venezuela e no Brasil; porém nessa nova espécie a ornamentação apresenta espinhos de um só tamanho, enquanto em *Ra. minuta* são evidentes os espinhos de tamanhos distintos.

***Racocetra verrucosa* (Koske & C. Walker) Oehl, F.A. de Souza & Sieverd. Mycologia 77: 705. 1985.**

(Fig. 37)

= *Gigaspora verrucosa* Koske & Walker. Mycologia 77: 705. 1985.

Glomerosporos geralmente globosos a subglobosos, (261 – 307 μm), amarelo claro a amarelo escuro. Parede do esporo composta apenas por quatro camadas, duas no componente estrutural e duas no componente germinativo. A primeira camada do componente estrutural é unitária, < 2,0 μm de espessura, amarelo esverdeado, ornamentada com verrugas homogeneamente distribuídas na superfície do esporo, e facilmente destacável da segunda camada, amarelo claro, laminada, (7,5 – 9,4 μm de espessura). A camada laminada reage em Melzer, adquirindo coloração amarelo escuro.

Componente germinativo formado por duas camadas hialinas, flexíveis e fortemente aderidas, observadas apenas próximo à placa germinativa, formada entre essas camadas. Nenhuma dessas camadas reage em Melzer.

Bulbo suspensor amarelo claro, geralmente globoso ou subgloboso.

Material Examinado: Brasil. Paraíba: Mataraca, *Souza*, material proveniente de área de dunas de restinga impactadas por mineração.

Comentários: Segundo Koske & Walker (1985), esporos de *S. verrucosa* apresentam apenas três camadas compondo a parede do esporo, porém Morton (<http://invam.caf.wvu.edu>) observou, no componente germinativo, duas camadas ao invés de uma, aumentando para quatro o número de camadas de parede registradas em *Ra. verrucosa*.

Esporos de *Ra. verrucosa* podem ser confundidos com os de *Sc. nodosa* em cor e tamanho. Porém, diferem na estrutura da parede, pois apresentam quatro camadas compondo a parede do esporo, enquanto *Sc. nodosa* possui sete camadas (Blaszkowski 1991).

***Racocetra* sp1**

(Fig. 38)

Glomerosporos globosos a subglobosos 145–250 x 165–280 µm raramente irregular, amarelo a amarelo alaranjado. A estrutura da parede dos glomerosporos de *Racocetra* sp1 é simples, apresentando apenas cinco camadas. O componente estrutural é composto por três camadas, a primeira fina, amarelada, semipersistente, seguida de uma laminada, ornamentada na superfície interna com projeções na forma de tubos. A terceira camada é fina, amarelada e flexível, difícil de ser observada mesmo em esporos maduros. Apenas a segunda e a terceira camadas do componente estrutural reagem em Melzer, adquirindo coloração laranja amarronzado. O componente germinativo é composto apenas por duas camadas flexíveis e hialinas que não reagem em Melzer.

Placa germinativa hialina a amarelada, multilobada e com dois ou mais tubos germinativos. Borda da placa lisa, sem invaginações ou dobramentos e geralmente subglobosa a elíptica.

Bulbo suspensor da mesma cor dos esporos, geralmente subglobosos a alongados com duas camadas na parede visíveis e contínuas com as duas primeiras camadas da parede do esporo.

Material Examinado: Brasil. Pernambuco: Buique, *Goto*, material proveniente de área de Caatinga nativa. Paraíba: Mataráca, *Souza*, material de áreas de dunas de restinga impactadas por mineração.

Comentários: Poucas espécies de *Racocetra* apresentam glomerosporos ornamentados. *Ra. gregaria* e *Ra. coraloidea* apresentam essas características. Porém, os esporos são negros e a ornamentação ocorre na superfície externa da parede, enquanto *Racocetra* sp1 apresenta esporos amarelo claro e ornamentação na superfície interna do componente estrutural.

***Scutellospora calospora* (C. Walker & I. Sanders) Oehl, F.A. de Souza & Sieverd.** Mycologia 60: 322. 1968.

Glomerosporos globosos a subglobosos, 250 – 365 µm, hialinos a levemente esverdeados, eventualmente esverdeados.

Parede do esporo composta, no componente estrutural, por uma camada laminada, 5,6 – 11,2 µm de espessura, levemente esverdeada em PVLG, adquirindo coloração amarelada em PVLG + Reagente de Melzer. Componente germinativo composto de três camadas, hialinas e finas, < 2,0 µm em PVLG, flexíveis, a primeira se desprendendo facilmente das demais, fortemente aderidas. Apenas a última camada do componente germinativo reage em Melzer, adquirindo coloração púrpura.

Bulbo suspensor levemente esverdeado em PVLG, adquirindo coloração amarelada em PVLG + Reagente de Melzer. Hifa geralmente septada.

Material Examinado: Brasil. Pernambuco: Araripina, *Mergulhão*, material proveniente de área impactada pela mineração de gipsita.

Comentários: Esporos de *Sc. calospora* podem ser confundidos com os de *Ra. fulgida* e *Sc. dipurpurascens* em cor e dimensão. Entretanto, diferem por apresentar três camadas compondo o componente germinativo, enquanto *Ra. fulgida* apresenta apenas duas e diferem também de *Sc. dipurpurascens* por apresentar uma camada no componente estrutural enquanto *esta espécie* apresenta duas camadas.

***Scutellospora crenulata* (R.A. Herrera-Peraza, Cuenca & C. Walker) Oehl, F.A. de Souza & Sieverd.** Can. J. Bot. 79: 674-675. 2001.

Glomerosporos globosos a subglobosos, amarelo claro quando jovens e amarelo escuro quando maduros (coloração de material herborizado).

A parede do esporo é composta por um componente estrutural com apenas uma camada laminada, ornamentada com projeções em forma de domos, homogeneamente distribuídas, cuja base das projeções forma geralmente um arranjo poligonal (pentagonal, hexagonal ou heptagonal). Esse tipo de ornamentação é característico não sendo observado em nenhuma outra espécie de *Scutellospora*. O componente germinativo foi observado apenas em um esporo que apresentou um grupo com duas camadas hialinas e flexíveis. Nenhuma camada amorfa nem camada beaded foi observada no isotipo. Placa germinativa não observada.

Material Examinado: Cuba. Havana: material cedido pelo Herbario da Universidad de Havane, Isotipo (HAC-Cuenca 604-12) provenientes da Venezuela.

Comentários: Glomerosporos de *Sc. crenulata* são característicos tanto em tamanho quanto na ornamentação da parede. Nenhuma espécie de FMA foi descrita com ornamentação da parede do esporo formando domos. A camada aparentemente beaded descrita por Herrera et al. (1998) não foi observada e deve ser um artefato causado pela expansão da camada amorfa.

***Scutellospora pernambucana* Oehl, D.K. Silva, N. Freitas, L.C. Maia & Mycotaxon 106: 363. 2008.**

(Fig. 39)

A estrutura da parede dos glomerosporos de *Scutellospora pernambucana* é simples, apresentando apenas sete camadas. O componente estrutural composto por três camadas, a primeira fina, hialina e evanescente, seguida de uma laminada, amarelo escuro a laranja amarronzado. A terceira camada é fina, hialina e flexível difícil de ser observada mesmo em esporos maduros. Nenhuma das camadas do componente estrutural reage em Melzer. O componente germinativo é composto por quatro camadas hialinas, onde as duas primeiras são flexíveis e fortemente aderidas dificilmente observadas separadamente. A camada mais

interna é amorfa expandindo em PVLG e reagindo fortemente em Melzer, adquirindo coloração vermelho púrpura escuro.

Placa germinativa hialina, com um único lóbulo de forma espiralada similar ao descrito para *Kuklospora colombiana* (Spain 1992).

Bulbo suspensor da mesma cor dos esporos, geralmente subglobosos a alongados com duas camadas visíveis e contínuas com as duas primeiras camadas da parede do esporo.

Material Examinado: Brasil. Pernambuco: Araripina, *Silva*, material proveniente de área de Caatinga. **Maranhão:** São Luis, *Nobre*, material proveniente de áreas adjacentes a cultivos de babaçu. **Piauí:** Parque Nacional de Sete Cidades, *G. Silva*, material proveniente de áreas de cerrado arbustivo.

Comentários: Essa representa, até o presente momento, a única espécie de *Scutellospora* descrita com placa germinativa espiralada e camada externa evanescente. Ambos os caracteres são determinantes para a identificação da espécie.

Fuscutata heterogama (T.H. Nicolson & Gerd.) Oehl, F.A. de Souza & Sieverd. Mycologia, 77(5): 702-720, 1985.

= *Gigaspora heterogama* Nicolson & Gerdemann. Mycologia, 77(5): 702-720, 1985.

Glomerosporos geralmente globosos a subglobosos, (141 – 195 µm), marrom escuro a marrom avermelhado. Parede do esporo composta por seis camadas, duas no componente estrutural e quatro no componente germinativo. A primeira camada do componente estrutural é fina, < 2,0 µm, marrom claro, ornamentada com espinhos homogeneamente distribuídos e fortemente aderida à segunda camada, laminada, espessa (5,6 – 11,2 µm), marrom avermelhada. Nenhuma dessas camadas reage em Melzer.

Componente germinativo formado por quatro camadas hialinas, as duas primeiras fortemente aderidas e difíceis de observar separadamente. A terceira e a quarta camadas do componente germinativo, flexíveis e hialinas, estão fortemente aderidas. Apenas a quarta camada do componente germinativo reage em Melzer, adquirindo coloração vermelho púrpura.

Material Examinado: **Brasil. Pernambuco:** Jaboatão dos Guararapes, *Goto*, material proveniente de área de Mata Atlântica. **Pernambuco:** Recife, material oriundo de potes de cultivo puros mantidos na coleção de culturas do Laboratório de Micorrizas.

Comentários: Esporos de *Fu. heterogama* podem ser confundidos com os de *Ce. spinosissima* (Walker et al., 1998) em cor e dimensão, porém não apresentam camada evanescente nem amorfa como em *Ce. spinosissima*. Esporos de *Fu. heterogama* também são facilmente confundidos com os de *Fu. rubra* em cor, estrutura da parede e placa germinativa. A característica que as separa é a presença de ornamentação na parede estrutural de *Fu. heterogama*.

Separar *Fu. heterogama* de *De. heterogama* é uma tarefa difícil, pois a distinção está apenas relacionada praticamente a placa germinativa (Oehl et al. 2008). Estudos mais detalhados poderão ajudar a elucidar questões ecológicas dessas espécies reconhecidas distintas.

***Fuscutata rubra* (Stürmer & J.B. Morton) Oehl, F.A. de Souza & Sieverd.** Mycological Research 103: 951. 1999.

Glomerosporos geralmente globosos a subglobosos, (120 – 220 μm), marrom avermelhado a vermelho escuro. Parede do esporo composta por seis camadas, duas no componente estrutural e quatro no componente germinativo. A primeira camada do componente estrutural é fina, < 2,0 μm , marrom claro a levemente avermelhado e fortemente aderida à segunda camada, laminada, espessa (5,6 – 11,2 μm), marrom avermelhada a vermelho escuro. Nenhuma das camadas do componente estrutural reage em Melzer.

Componente germinativo formado por quatro camadas hialinas, as duas primeiras fortemente aderidas e difíceis de serem observadas separadamente. A terceira e a quarta camadas hialinas e flexíveis também estão fortemente aderidas. Apenas a quarta camada do componente germinativo reage em Melzer, adquirindo coloração vermelho púrpura.

Material Examinado: **Brasil. Paraíba:** Mataraca, *Souza*, material proveniente de área de dunas impactadas por mineração.

Comentários: Esporos de *Fu. rubra* são facilmente confundidos com os de *Fu. heterogama* em cor, estrutura da parede e placa germinativa. A única característica que separa *Fu. rubra* de *Fu. heterogama* é a ausência de ornamentação na parede estrutural.

***Cetraspora pellucida* (T.H. Nicolson & N.C. Schenck) Oehl, F.A. de Souza & Sieverd.** Mycologia 71:178-198, 1979.

= *Gigaspora pellucida* Nicolson & Schenck. Mycologia 71:178-198, 1979.

Glomerosporos geralmente elípticos a irregulares, (180) 211 x 245 (268) µm, raramente globosos a subglobosos, hialinos e brilhantes. Parede do esporo composta por seis camadas, duas no componente estrutural e quatro no componente germinativo. A primeira e a segunda camadas do componente estrutural são hialinas e fortemente aderidas, (7,5 – 9,0 µm de espessura), reagindo em Melzer e adquirindo coloração vermelho púrpura. As duas primeiras camadas do componente germinativo são aderidas, hialinas e flexíveis, seguidas das duas últimas, uma amorfa e uma membranosa. Apenas a última camada do componente germinativo reage em Melzer, adquirindo coloração vermelho púrpura similar à do componente estrutural. Placa germinativa não observada nos esporos avaliados.

Material Examinado: Brasil. Pernambuco: Pacajús, *Gugel*, material proveniente de área cultivada com cajueiros.

Comentários: Esporos de *Ce. pellucida* podem ser confundidos com os de *De. cerradensis* principalmente em cor em PVLG e na reação em Melzer. Porém, esporos de *Ce. pellucida* apresentam seis camadas não ornamentadas compondo a parede do esporo, enquanto *De. cerradensis* apresenta nove camadas e ornamentação.

***Quatunica erytropa* (Koske & C. Walker) Oehl, F.A. de Souza & Sieverd.** Mycologia 76: 250-251. 1984.

Glomerosporos geralmente globosos a subglobosos, marrom avermelhado a marrom alaranjado.

Parede do esporo composta por seis camadas, duas no componente estrutural e quatro no componente germinativo. A primeira camada do componente estrutural é fina, $< 2,0 \mu\text{m}$, amarela a marrom claro, fortemente aderida à segunda camada, laminada, espessa ($5,0 - 10 \mu\text{m}$), marrom avermelhada. Nenhuma das camadas do componente estrutural reage em Melzer. A terceira camada do componente estrutural não foi observada.

Componente germinativo formado por quatro camadas hialinas, sendo as duas primeiras fortemente aderidas, flexíveis e dificilmente observadas separadamente. Não foi possível observar a reação no Melzer, pois o material disponibilizado estava em PVLG.

Placa germinativa facilmente observada nos esporos, geralmente marrom claro a marrom alaranjado, com vários lóbulos e bordas com invaginações e vários tubos germinativos.

Material Examinado: Suíça. Basel: Material da coleção pessoal do Dr. Fritz Oehl.

Comentários: Morton (<http://invam.caf.wvu.edu>) e Oehl et al. (2008) afirmam que esporos dessa espécie apresentam três grupos de parede fazendo parte do componente germinativo, porém nenhum esporo da coleção avaliada apresentou essa característica.

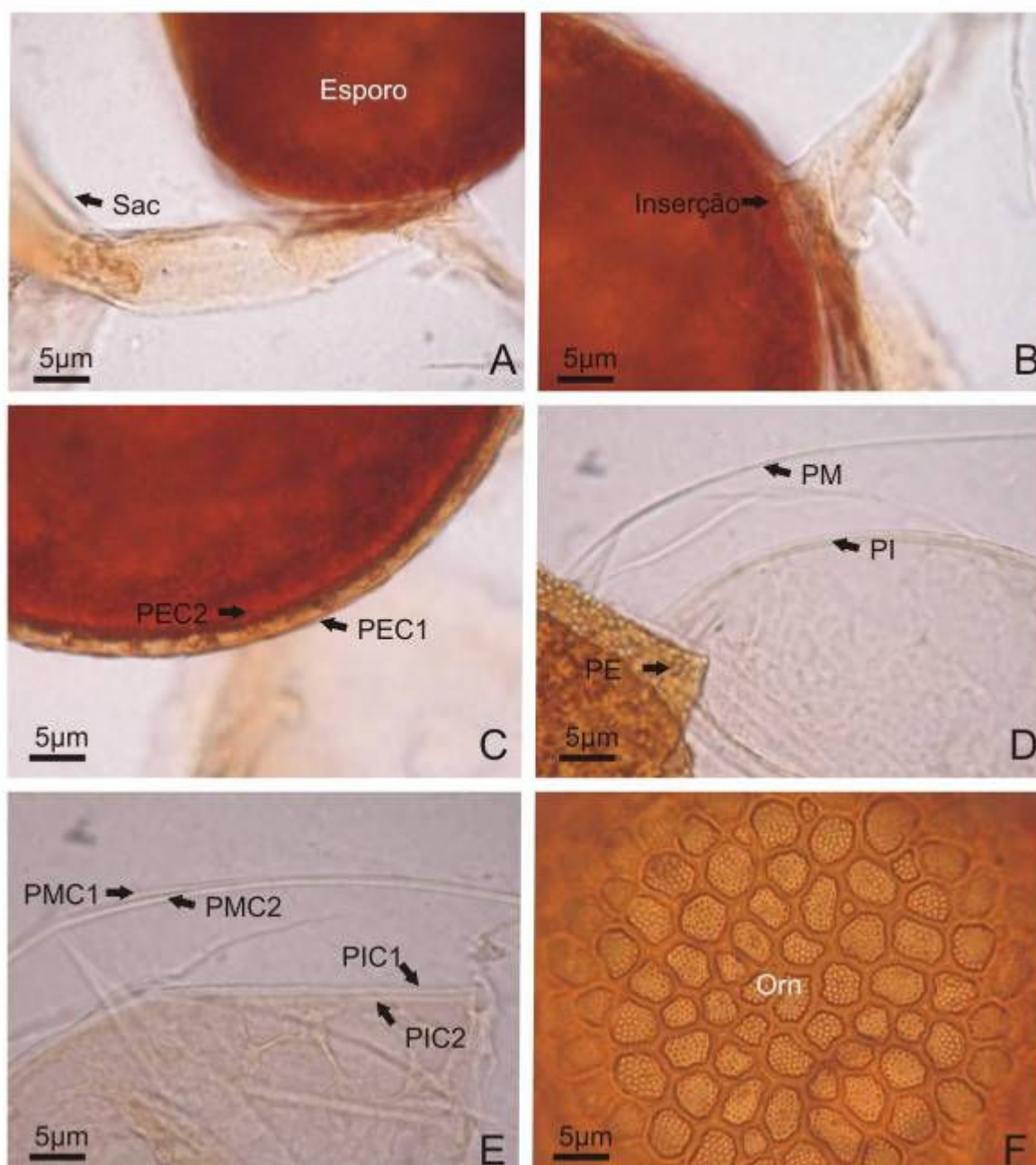


Figura 15 A-F. *Acaulospora birreticulata*. A. Aspecto geral do esporo ainda com sáculo esporífero aderido (Sac). B. Detalhe do ponto de inserção da hifa no esporo. C. Detalhe da parede externa (PE) do esporo com duas camadas (PEC1 e PEC2). D. Detalhes da estrutura da parede do esporo distribuída em três grupos (PE, PM e PI). E. Detalhe das camadas que compõem as paredes internas. F. Detalhe da ornamentação (Orn). (PE= Parede externa; PM= Parede média e PI= Parede interna)

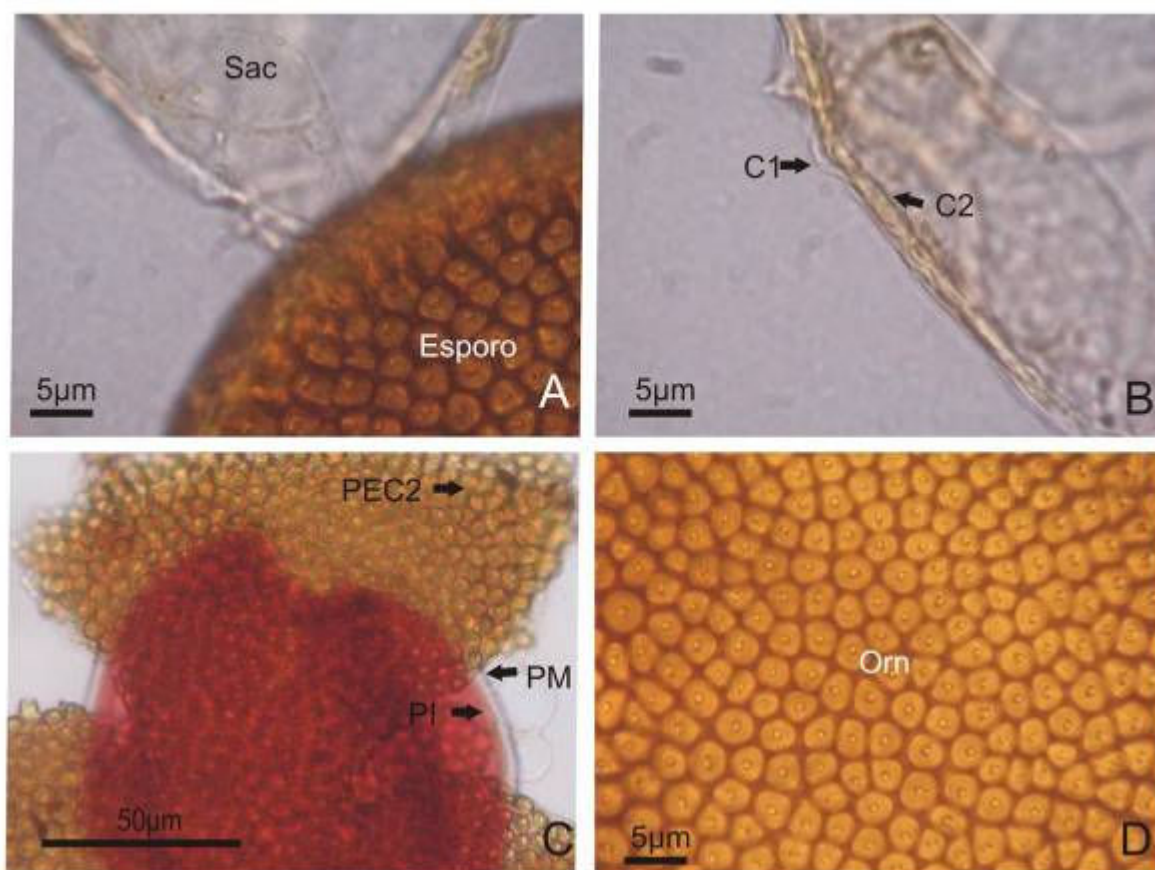


Figura 16 A-D. *Acaulospora denticulata*. A. Aspecto geral do esporo ainda com sáculo esporífero aderido (Sac). B. Detalhe das camadas da parede do sáculo esporífero (C1 e C2). C. Aspecto geral de glomerosporo quebrado em Reagente de Melzer mostrando a estrutura da parede, distribuída em três grupos (PE, PM e PI). D. Detalhe da ornamentação (Orn).

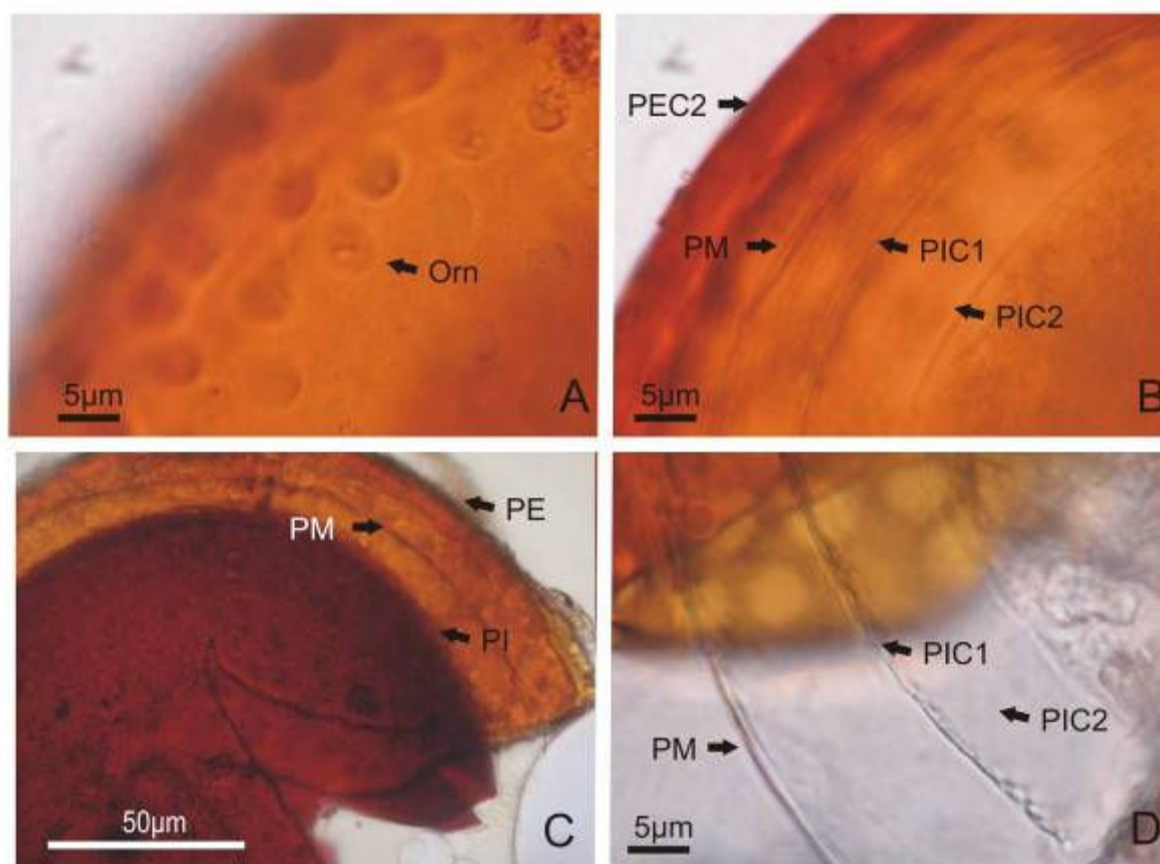


Figura 17 A-D. *Acaulospora foveata*. A. Detalhe da ornamentação (Orn). B. Detalhe da estrutura da parede distribuída em três grupos (PE, PM e PI). C. Aspecto geral da estrutura da parede de glomerosporo quebrado, em Reagente de Melzer. D. Detalhe da camada amorfa (PIC2) em glomerosporo quebrado, em PVLG.

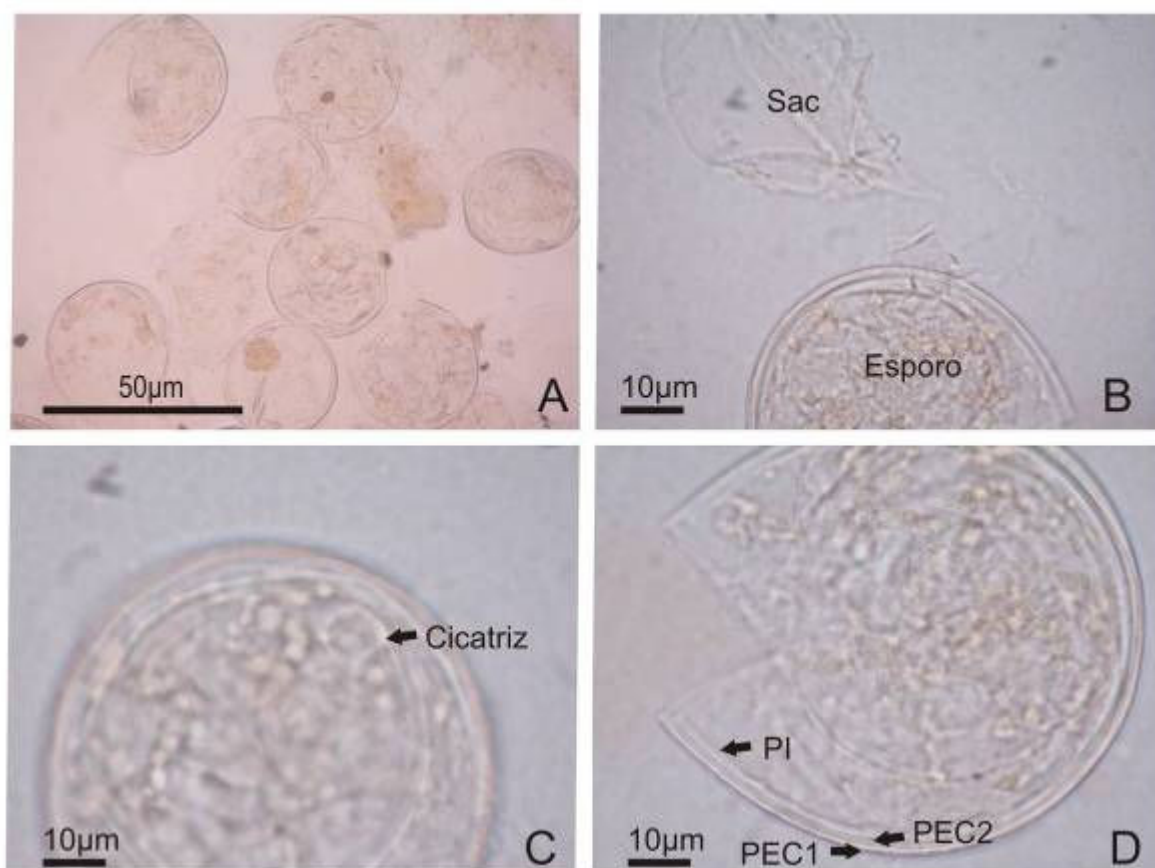


Figura 18 A-D. *Acaulospora myriocarpa*. A. Aspecto geral de esporos formados em agregado frouxamente arranjado. B. Detalhe do sáculo esporífero (Sac) ainda preso ao glomerosporo. C. Detalhe da cicatriz. D. Detalhe da estrutura da parede do glomerosporo (PEC1, PEC2 e PI).

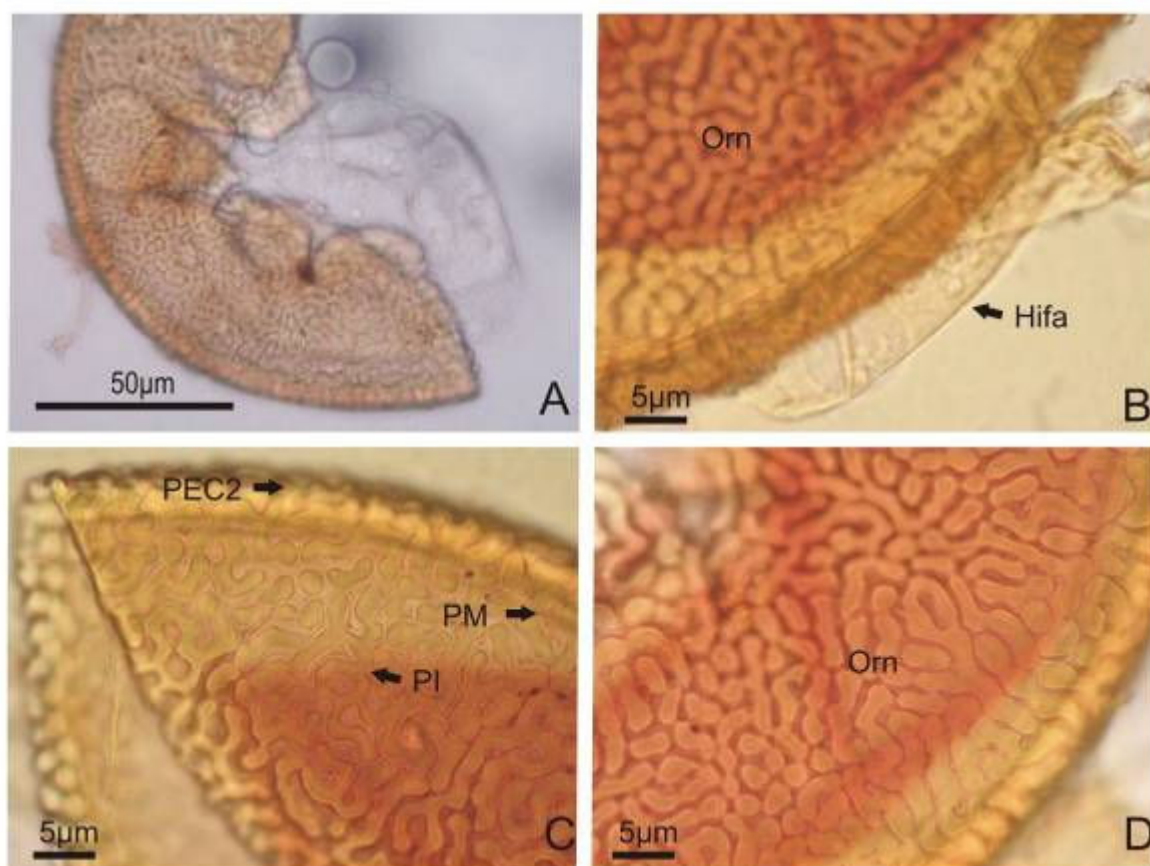


Figura 19 A-D. *Acaulospora rehmi*. A. Aspecto geral do esporo quebrado em PVLG. B. Detalhe da hifa do sáculo esporífero ainda presa ao glomerosporo. C. Aspecto geral de glomerosporo quebrado, em Melzer, mostrando a estrutura da parede distribuída em três grupos (PE, PM e PI) D. Detalhe da ornamentação (Orn).

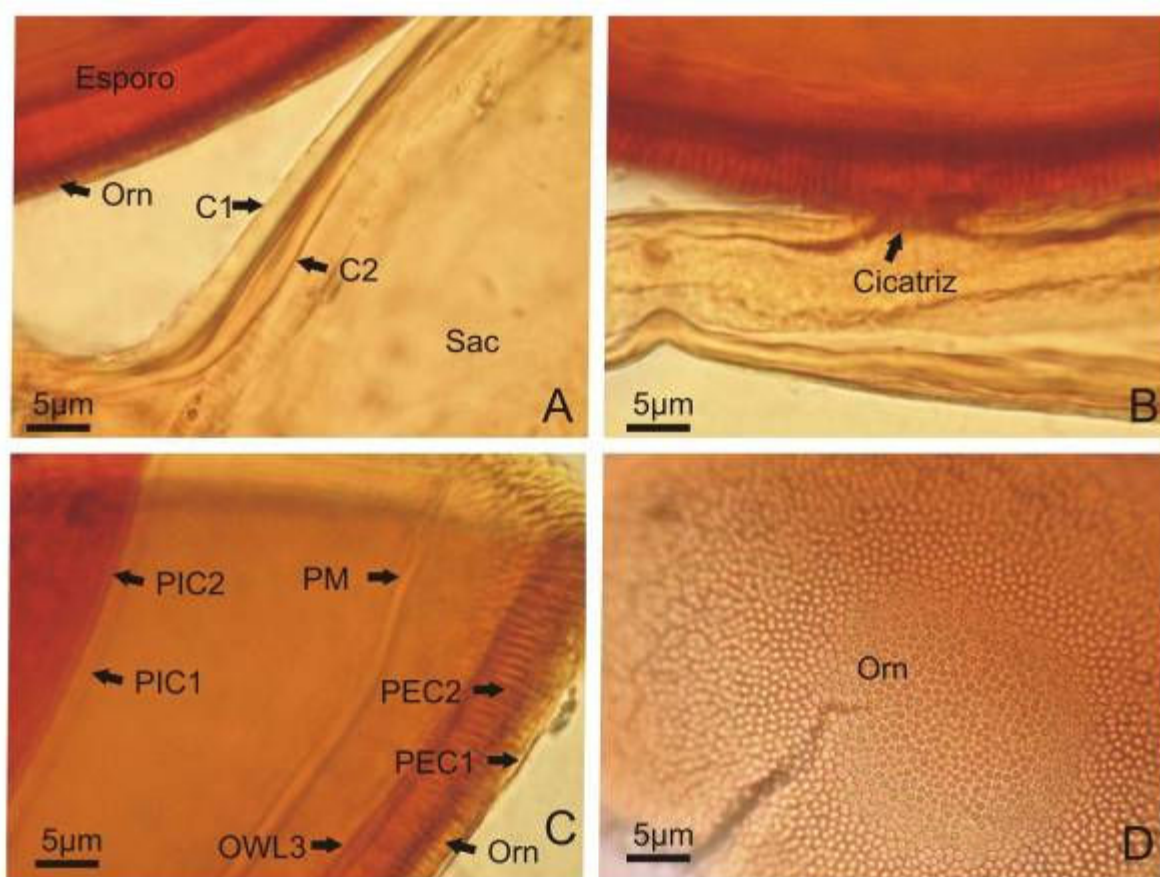


Figura 20 A-D. *Acaulospora tuberculata*. A. Detalhe da parede do sáculo esporífero com duas camadas (C1 e C2). B. Detalhe do ponto de inserção da hifa no glomerosporo (Cicatriz). C. Detalhe de glomerosporo quebrado, em Reagente de Melzer, mostrando a estrutura da parede distribuída em três grupos (PE, PM e PI). D. Detalhe da ornamentação (Orn).

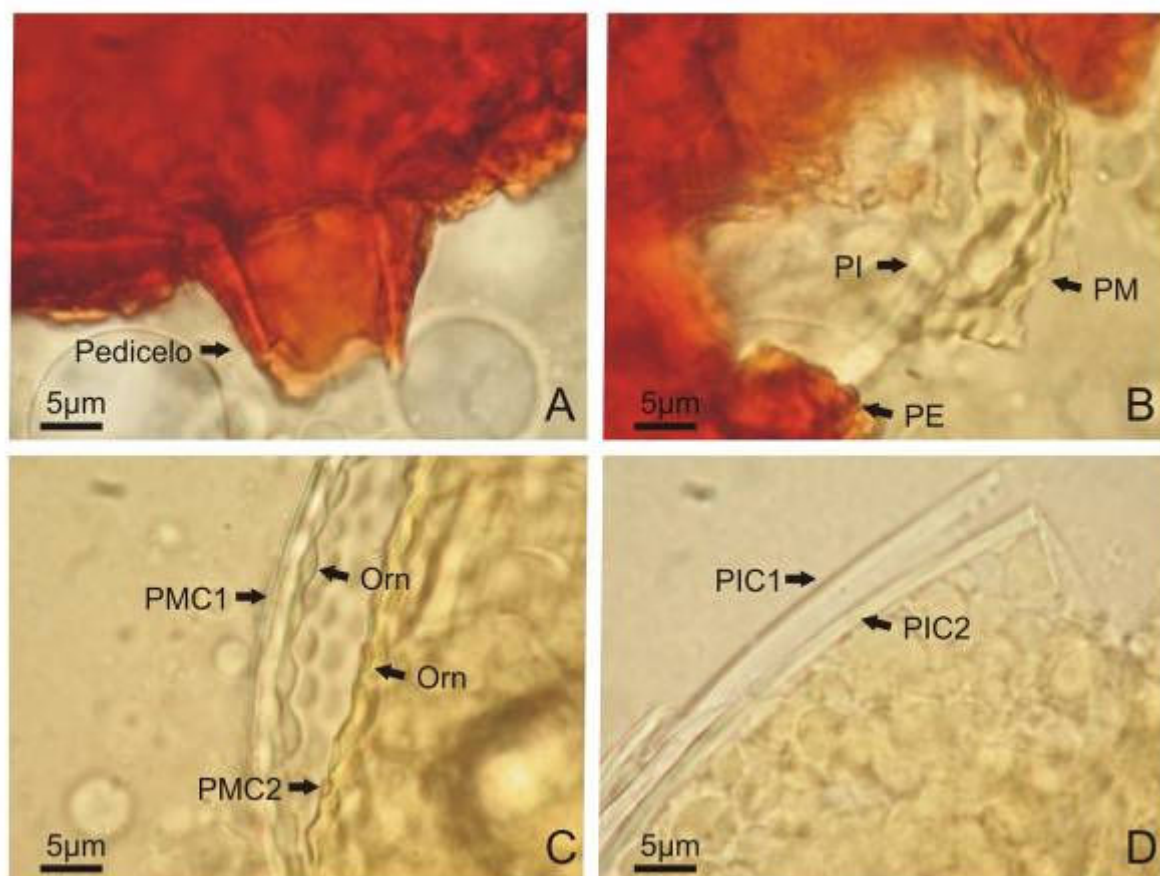


Figura 21 A-D. *Ambispora appendicola*. A. Detalhe do pedicelo geralmente observado nos glomerosporos. B. Aspecto geral da parede do glomerosporo distribuída em três grupos (PE, PM e PI). C. Detalhe da parede média (PMC1 e PMC2) com camadas ornamentadas (Orn). D. Detalhe da parede interna com duas camadas (PIC1 e PIC2).

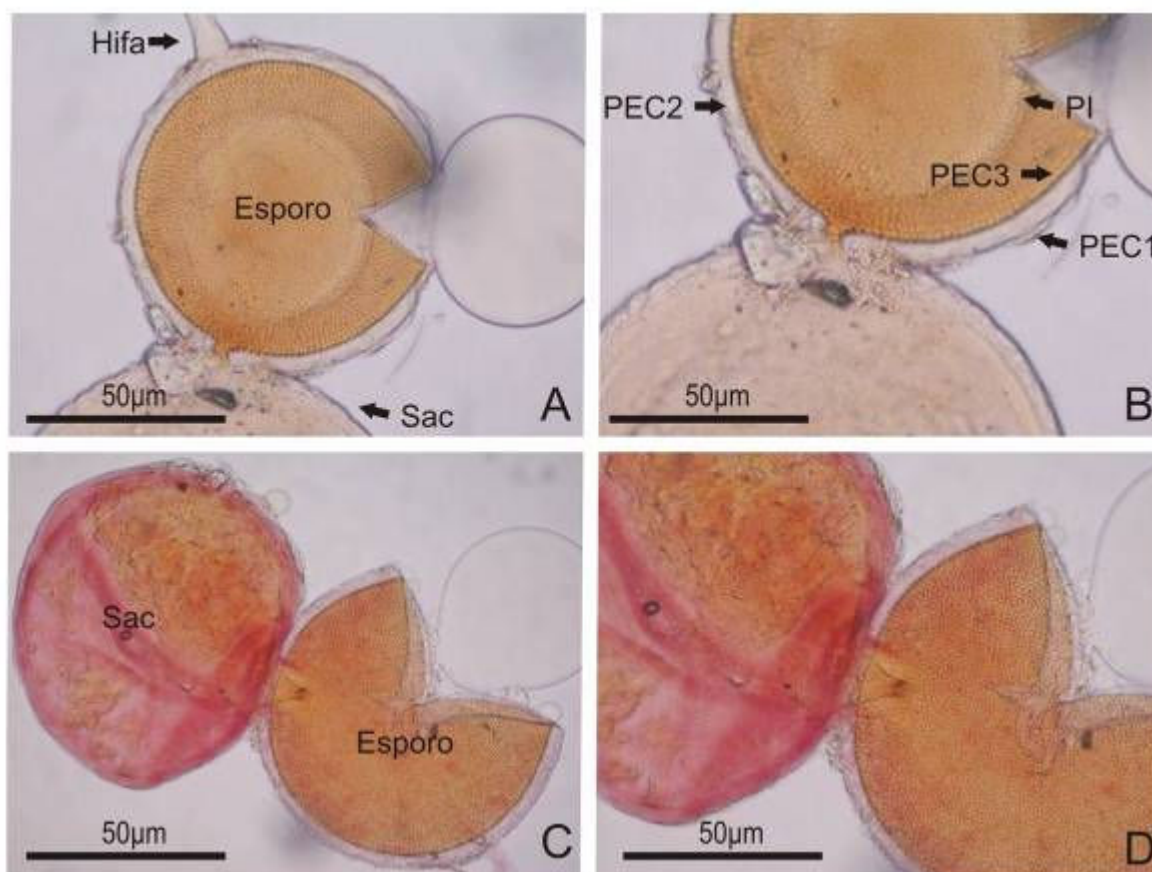


Figura 22 A-D. *Entrophospora infrequens*. A. Aspecto geral do esporo com sáculo esporífero (Sac) ainda preso ao esporo. B. Aspecto geral da parede do glomerosporo. C. Aspecto geral do sáculo esporífero (Sac) em reagente de Melzer. D. Aspecto geral do ponto de inserção do sáculo esporífero no esporo.

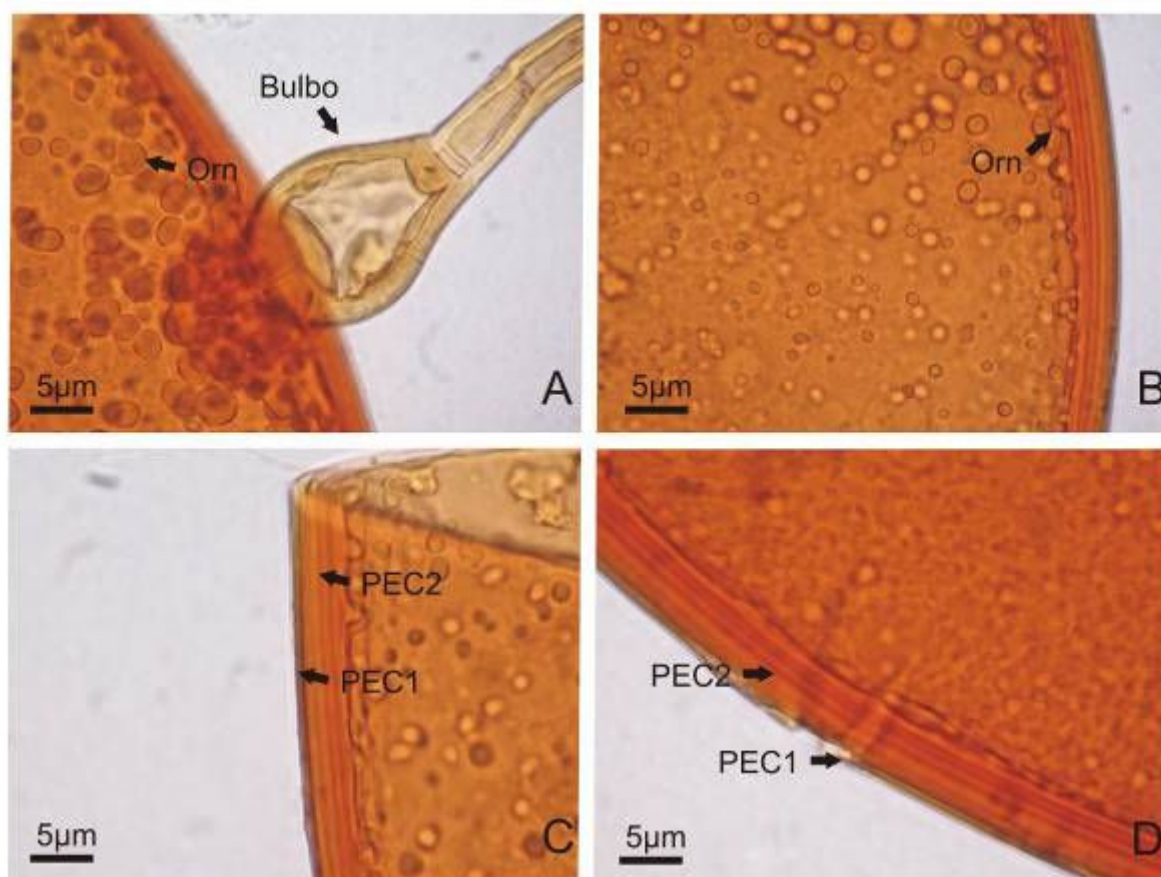


Figura 23 A-D. *Gigaspora albida*. A. Detalhe do bulbo suspensor (Bulbo) ainda preso ao glomerosporo. B. Detalhe da ornamentação (Orn) da camada germinativa. C. Detalhe da parede com duas camadas evidentes (PEC1 e PEC2). D. Detalhe da fratura na camada mais externa da parede (PEC1).

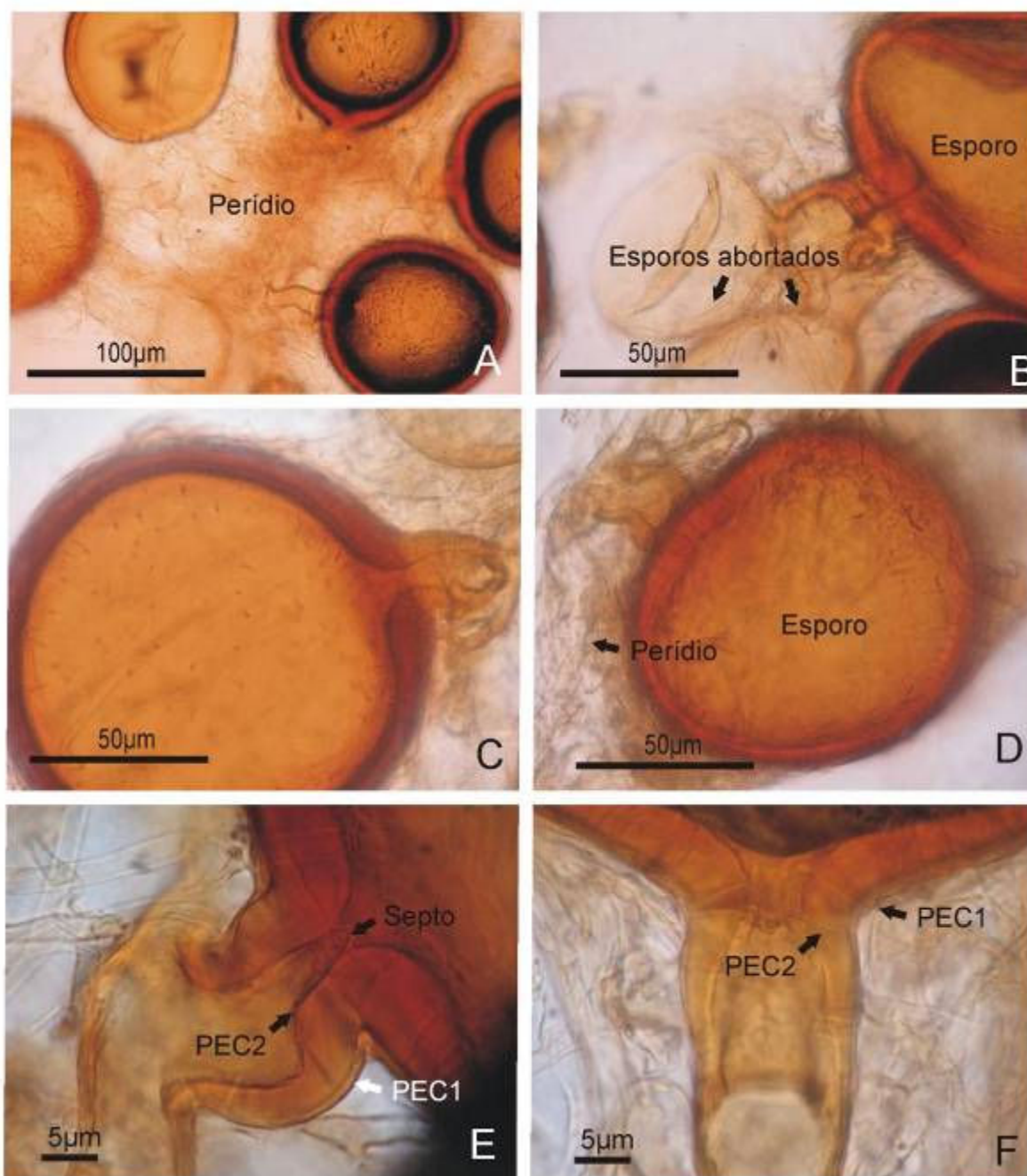


Figura 24 A-F. *Glomus australe*. A. Aspecto geral do esporo ainda preso ao perídio (perídio) no esporocarpio. B. Detalhe de glomerosporos abortados. C. Aspecto geral do glomerosporo. D. Detalhe do perídio recobrendo o glomerosporo. E – F. Detalhe da hifa de sustentação com duas camadas (PEC1 e PEC2).

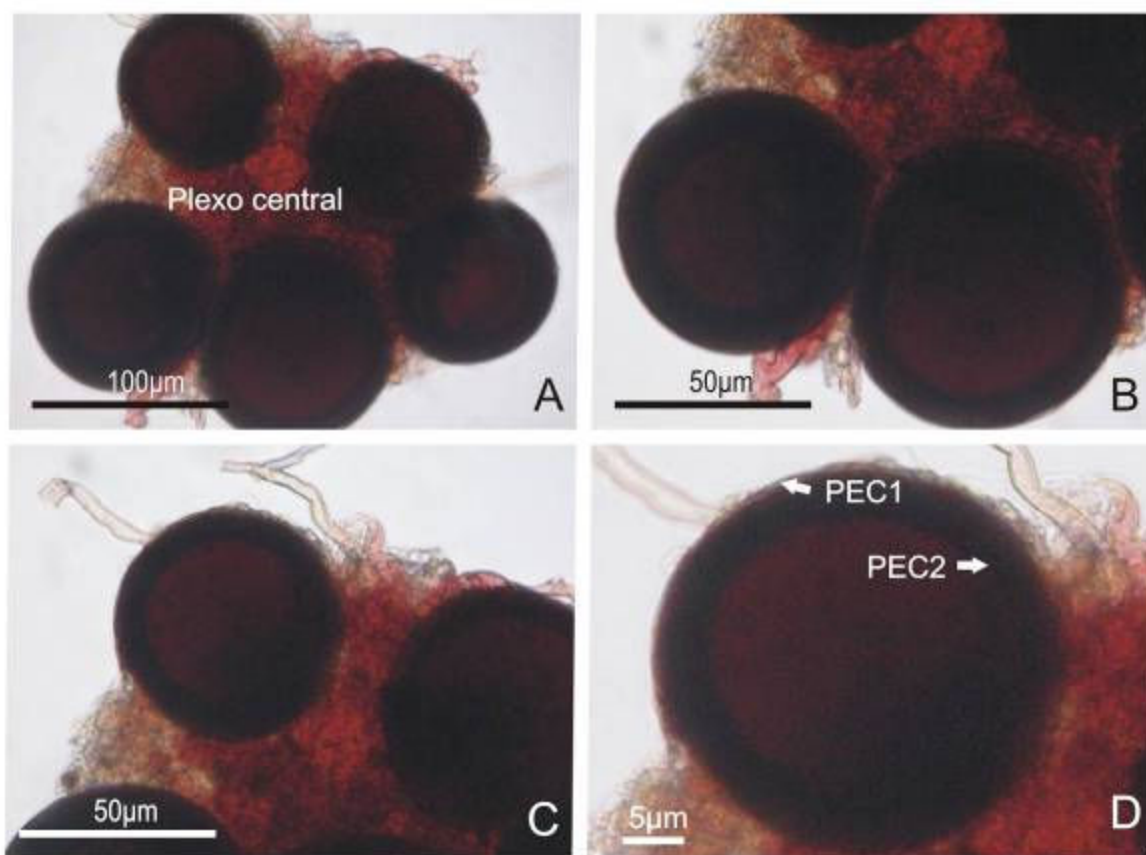


Figura 25 A-D. *Glomus badium*. A-B. Aspecto geral dos esporos formados a partir de um plexo central no pequeno esporocarpo característico da espécie. C. Detalhe das finas hifas que formam o plexo central. D. Detalhe da estrutura da parede do esporo com duas camadas (PEC1 e PEC2).

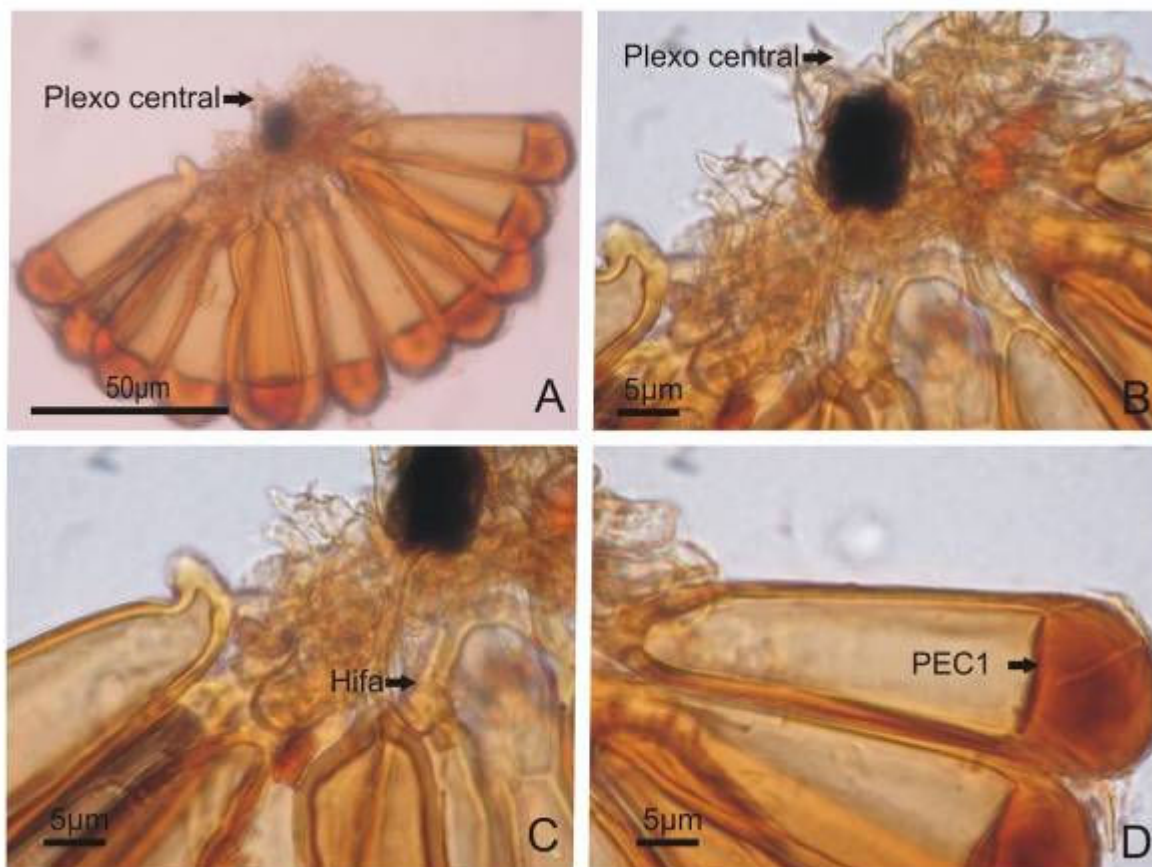


Figura 26 A-D. *Glomus clavisporum*. A-B. Aspecto geral dos esporos formados radialmente a partir do plexo central de hifas. C. Detalhe da hifa de sustentação. D. Detalhe da parede do esporo com apenas uma camada (PEC1).

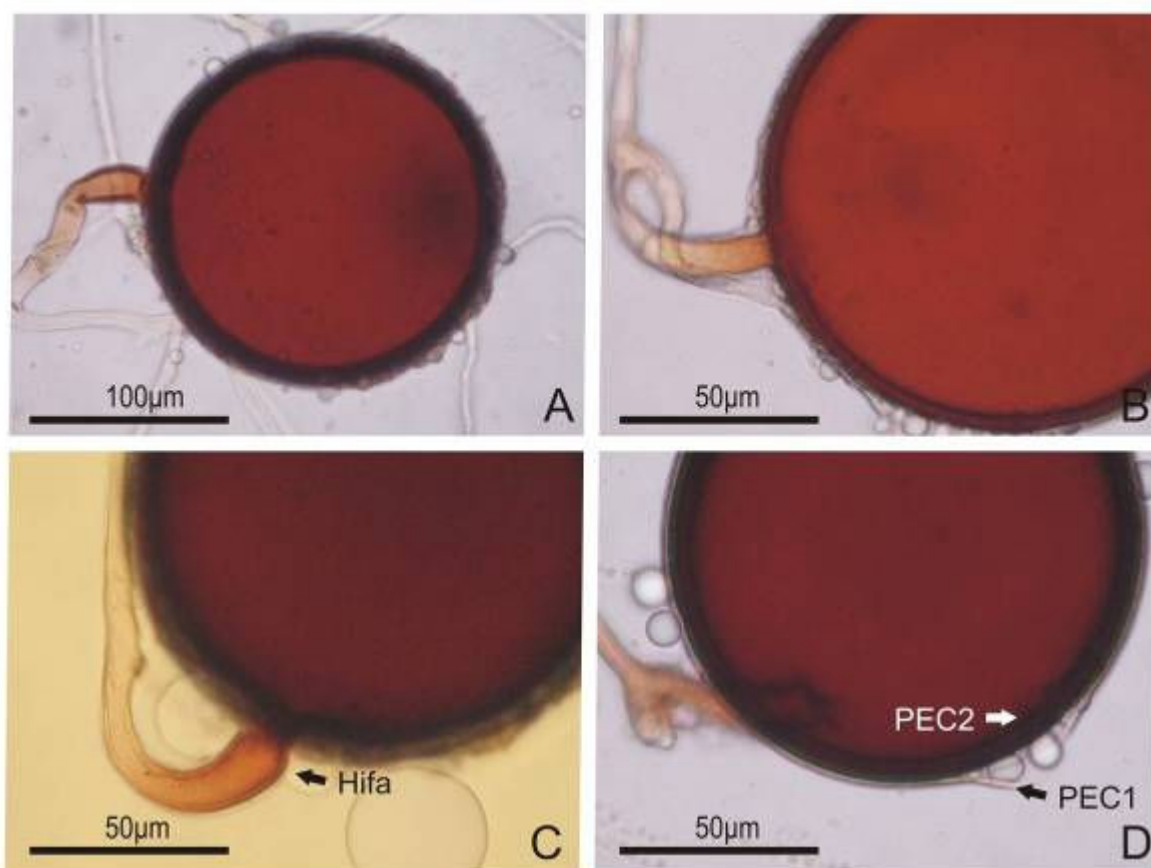


Figura 27 A-D. *Glomus constrictum*. A. Aspecto geral do esporo. B. Detalhe da inserção da hifa de sustentação no esporo. C. Detalhe da hifa de sustentação constricta D. Detalhe da parede com duas camadas (PEC1 e PEC2).

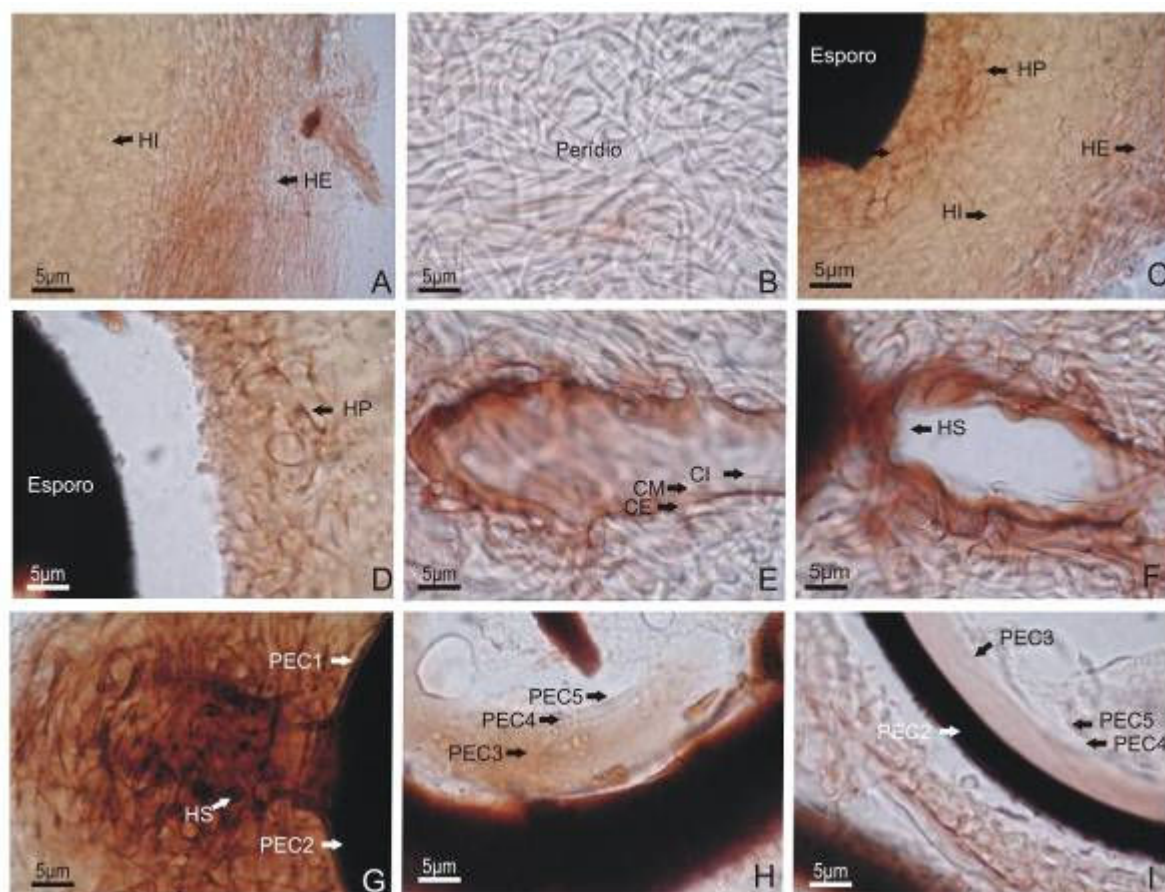


Figura 28 A-I. *Glomus cuneatum*. A. Detalhe das hifas que compõem o esporocarpo (HI= Hifa interna e HE= Hifa externa). B. Detalhe das hifas do perídio. C. Detalhe do esporo imerso no esporocarpo (HI, HE e HP = Hifa pigmentada). D. Detalhe das hifas pigmentadas (HP) quando próximas do esporo. E. Detalhe da hifa generativa com três camadas (CE= Camada externa, CM= Camada média e CI= Camada interna). F-G. Detalhe da hifa de sustentação (HS) com duas camadas (PEC1 e PEC2). H-I. Detalhe da parede composta por cinco camadas (PEC1, PEC2, PEC3, PEC4 e PEC5).

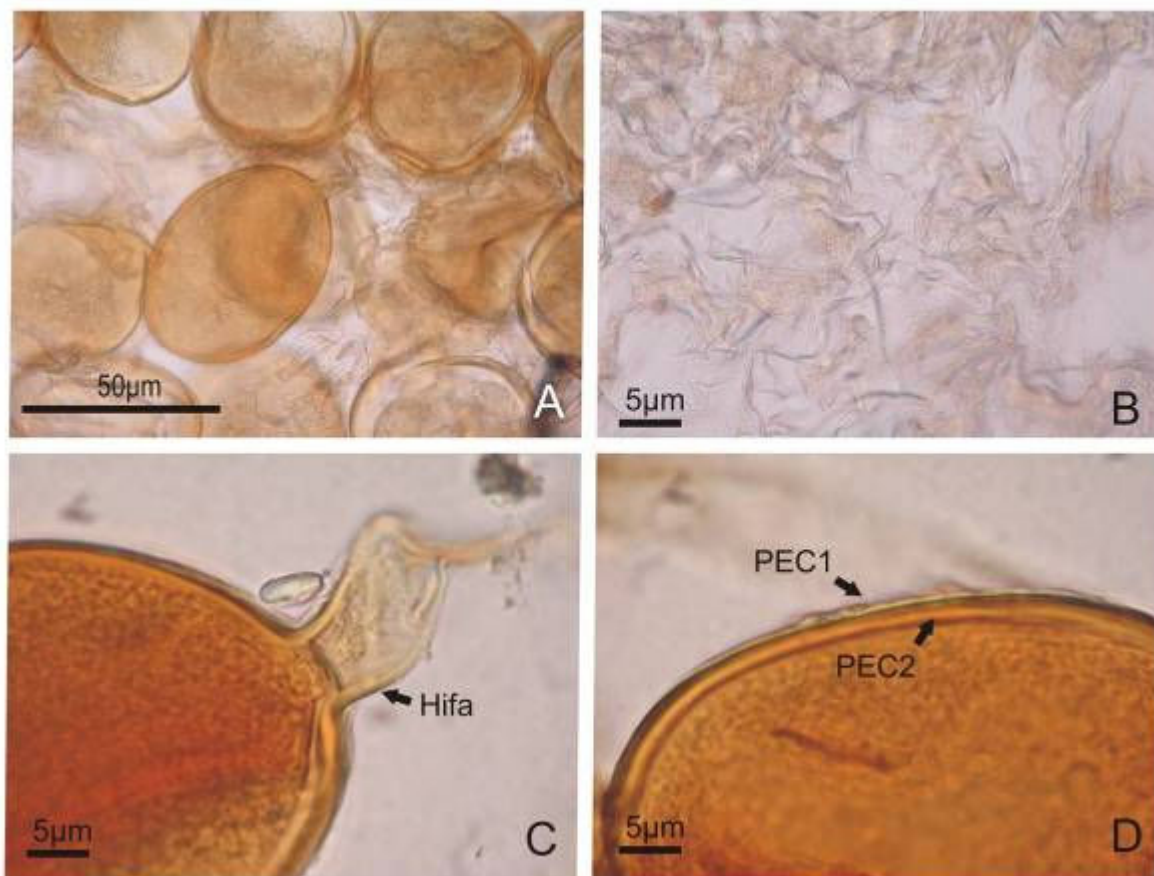


Figura 29 A-D. *Glomus fulvum*. A. Aspecto geral do esporo no esporocarpio. B. Detalhe das hifas do perídio. C. Detalhe da hifa de sustentação. D. Detalhe da parede com duas camadas (PEC1 e PEC2).

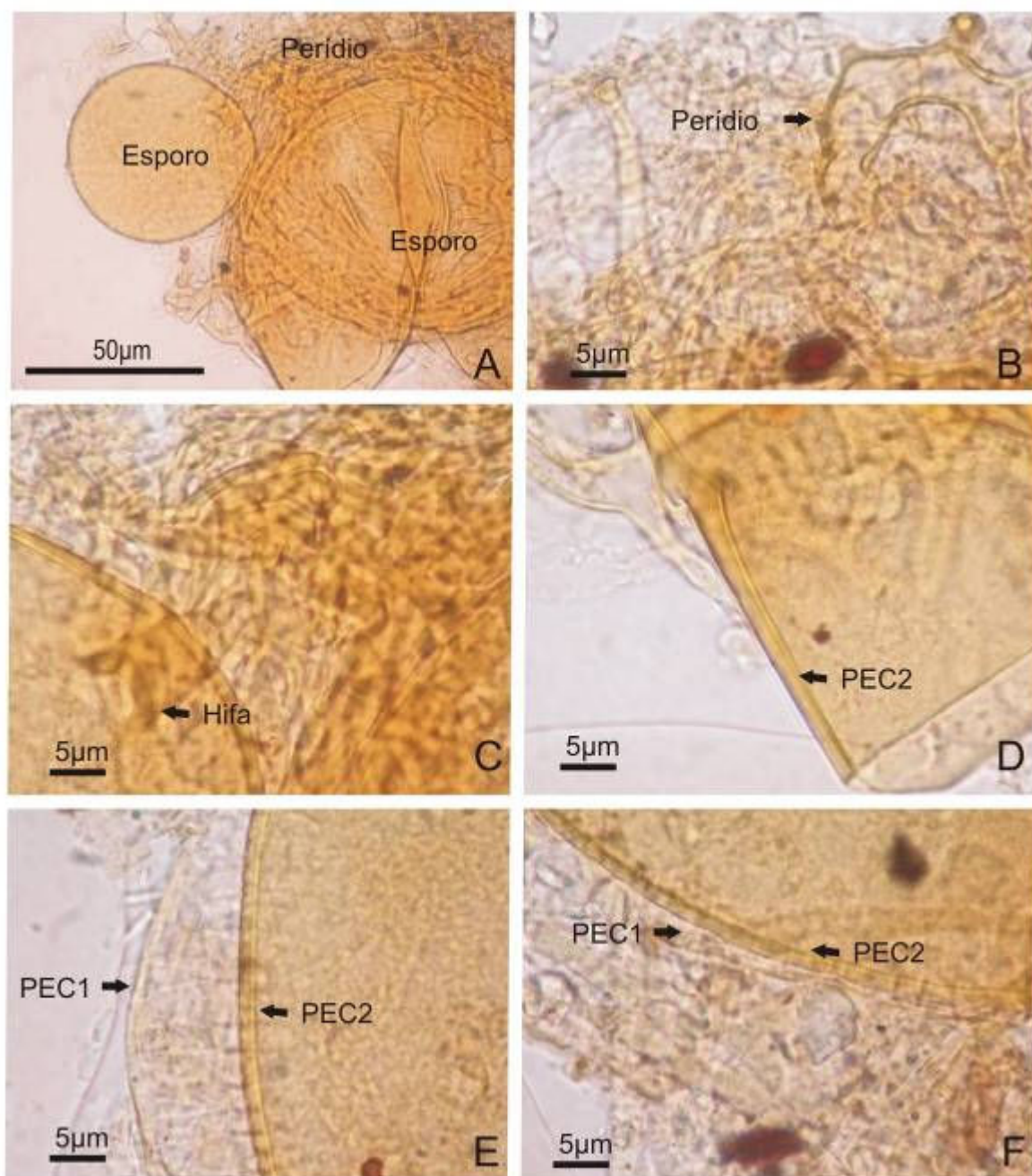


Figura 30 A-F. *Glomus mosseae*. A. Aspecto geral do glomerosporo ainda com peridiosporo. B. Detalhe das hifas do perídio. C. Detalhe da hifa de sustentação na forma de funil. D. Detalhe da segunda camada da parede (PEC2). E-F. Detalhe da estrutura da parede com duas camadas (PEC1 e PEC2).

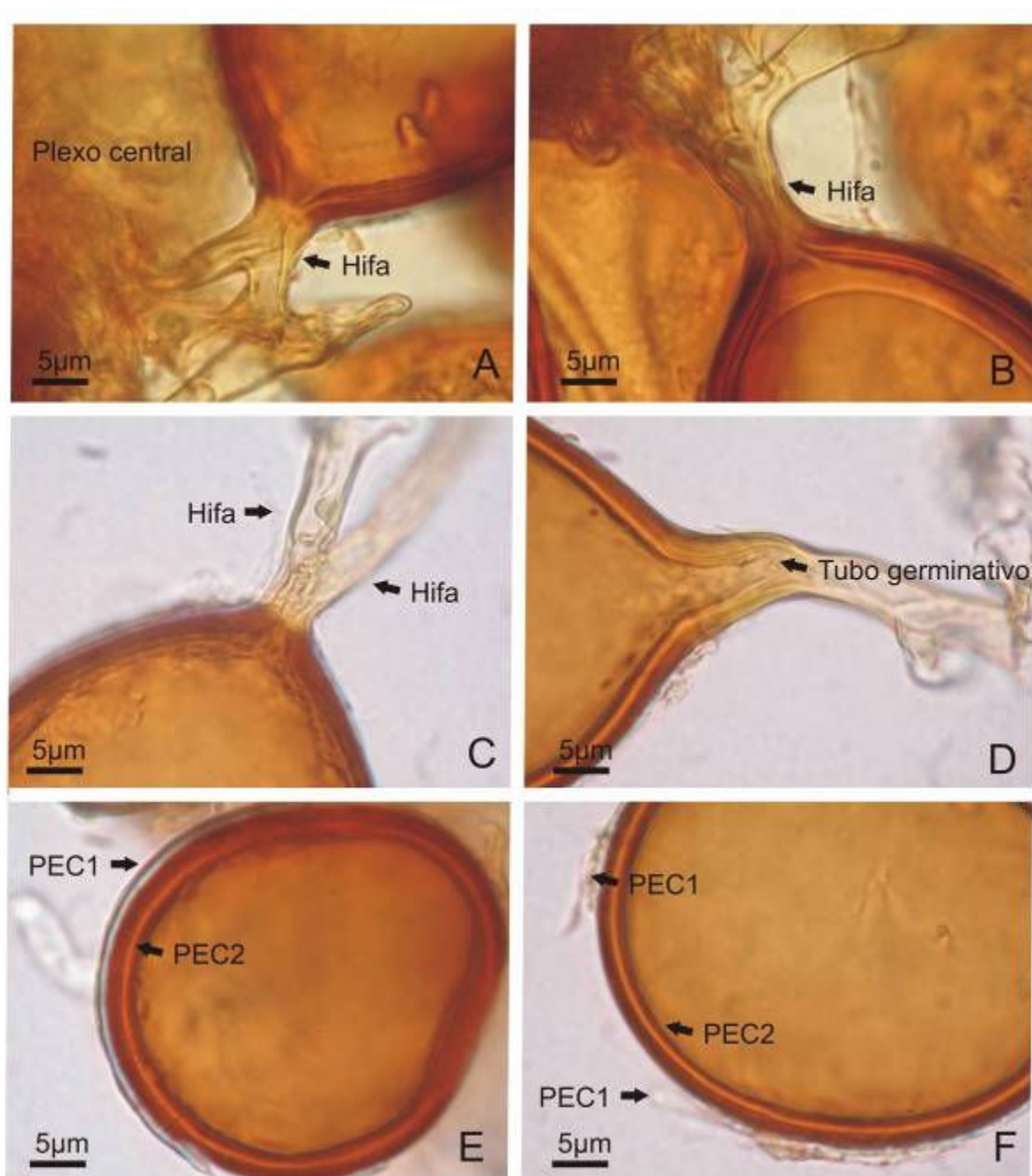


Figura 31 A-F. *Glomus rubiforme*. A-B. Aspecto geral do glomerosporo ainda preso ao plexo central de hifas. C-D. Detalhe da hifa de sustentação cilíndrica com tubo germinativo emergindo. E-F. Detalhe da estrutura da parede com duas camadas (PEC1 e PEC2).

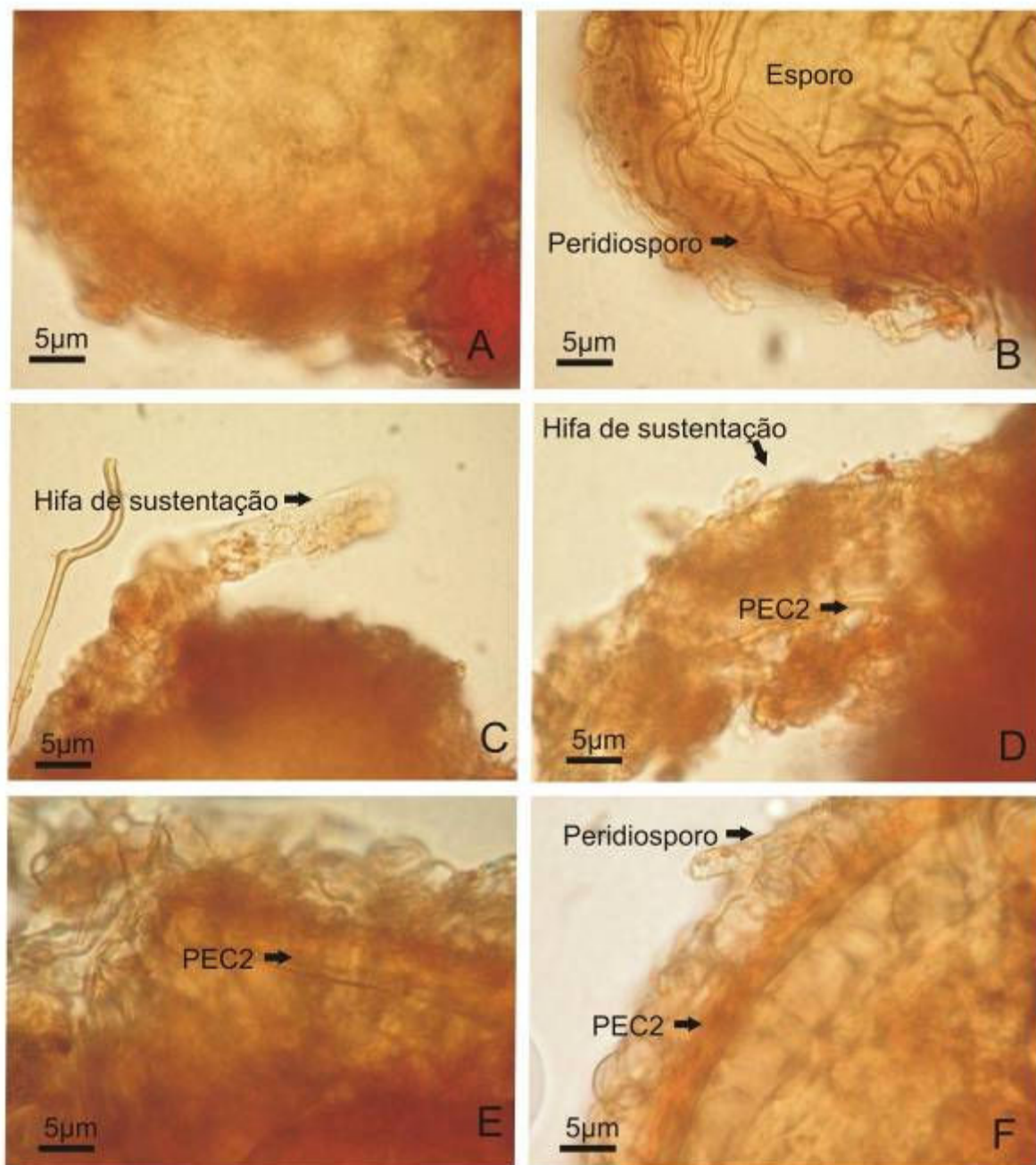


Figura 32 A-F. *Glomus tortuosum*. A. Aspecto geral do glomerosporo ainda com peridiosporo. B. Detalhe das hifas do peridiosporo. C-D. Detalhe da hifa de sustentação. E-F. Detalhe da estrutura da parede mostrando apenas o peridiosporo e a segunda camada da parede (PEC2).

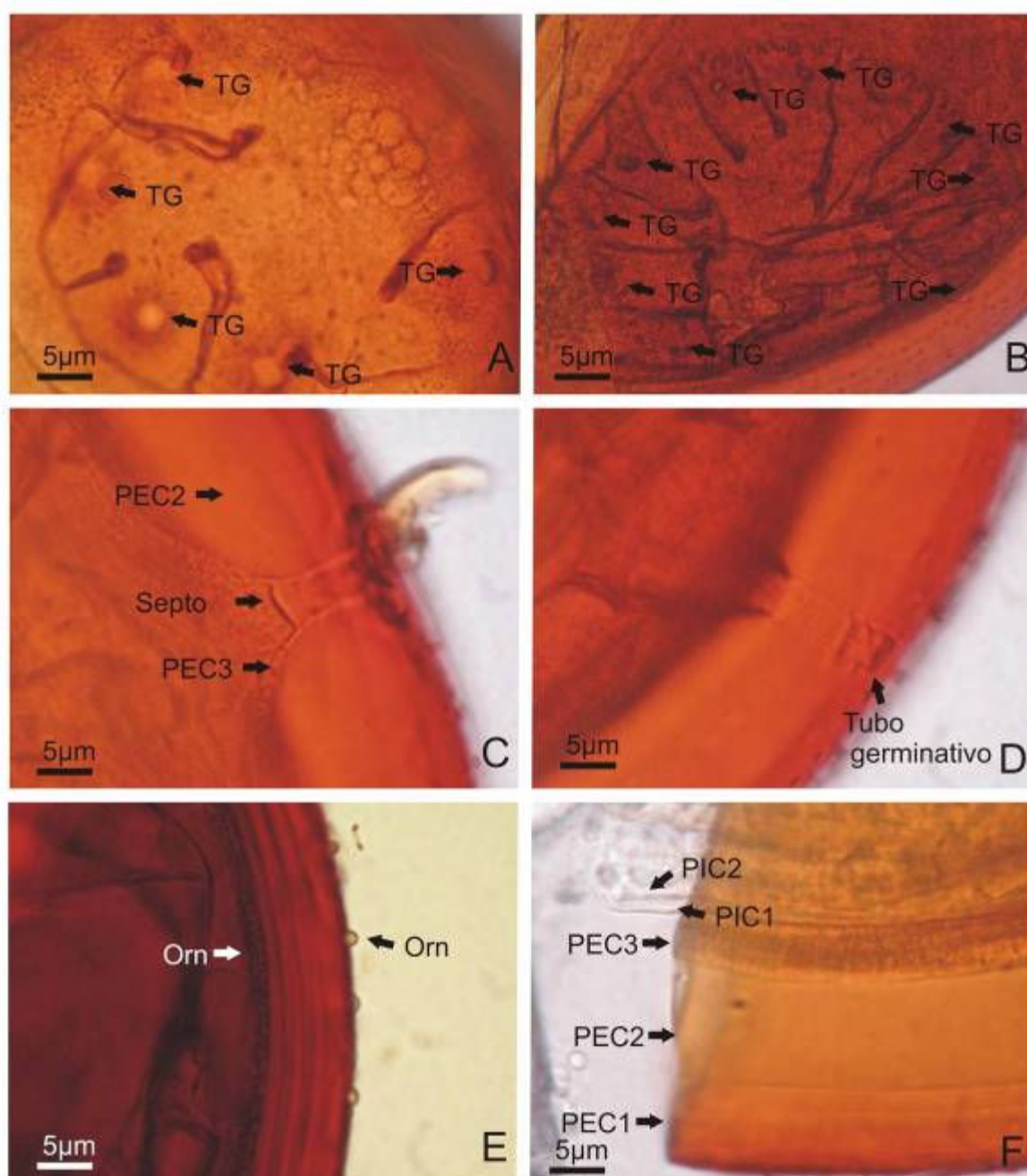


Figura 33 A-F. *Dentiscutata biornata*. A-B. Aspecto geral placas germinativas jovens (A) e maduras (B) com os tubos germinativos (TG). C. Detalhe do ponto de inserção do bulbo suspensor com o esporo evidenciando o septo formado pela terceira camada ornamentada da parede (PEC3). D. Detalhe do tubo germinativo emergindo através da parede externa. E. Detalhe da dupla ornamentação. F. Detalhe da estrutura da parede.

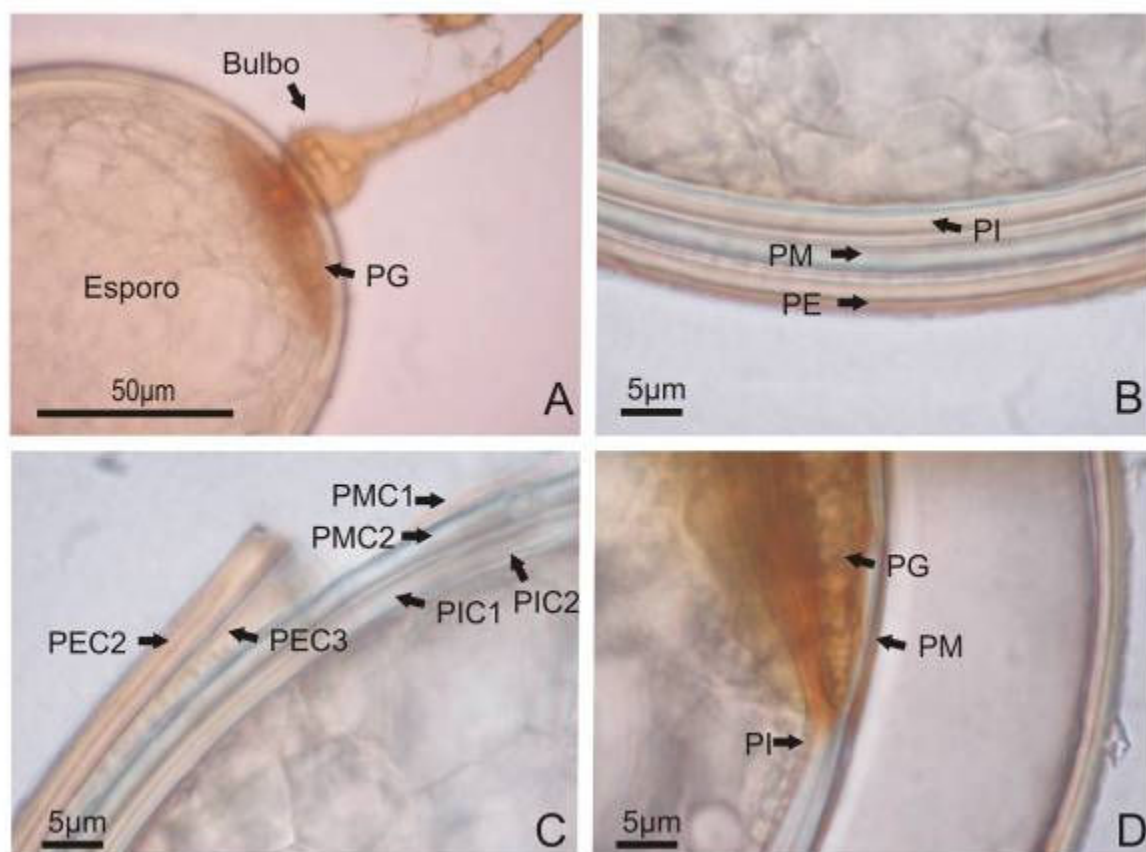


Figura 34 A-D. *Dentiscutata cerradensis*. A. Aspecto geral do glomerosporo com placa germinativa (PG) e bulbo suspensor pigmentados. B. Aspecto geral da parede do esporo (PE, PM e PI). C. Detalhe da estrutura da parede em esporos quebrados em PVLG. D. Detalhe da placa germinativa (PG) sendo formada entre as paredes internas do esporo (PM e PI).

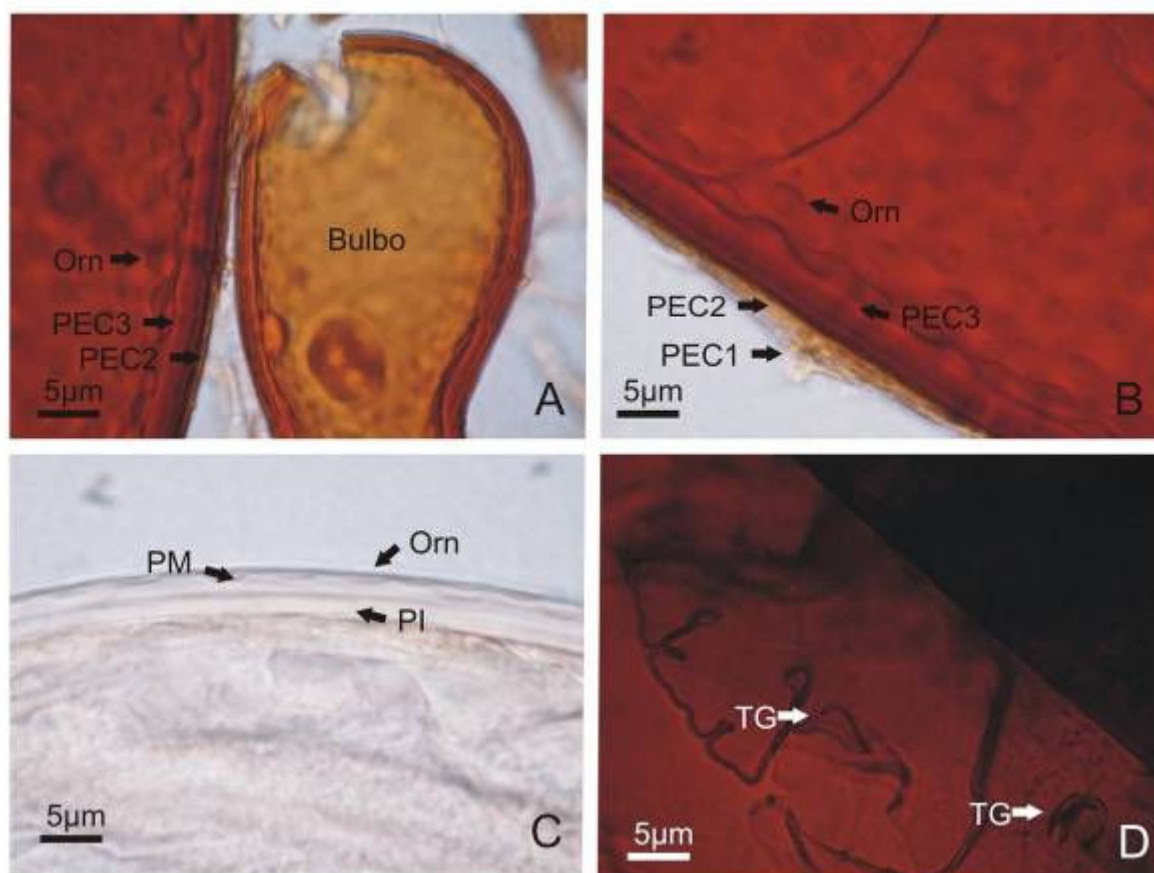


Figura 35 A-D. *Dentiscutata* sp1. A-B. Detalhe da parede do esporo ornamentada (PEC1, PEC2 e PEC3) e bulbo suspensor. C. Detalhe das paredes internas (PM e PI). 4. Detalhe do tubo germinativo (TG) emergindo a partir da placa germinativa.

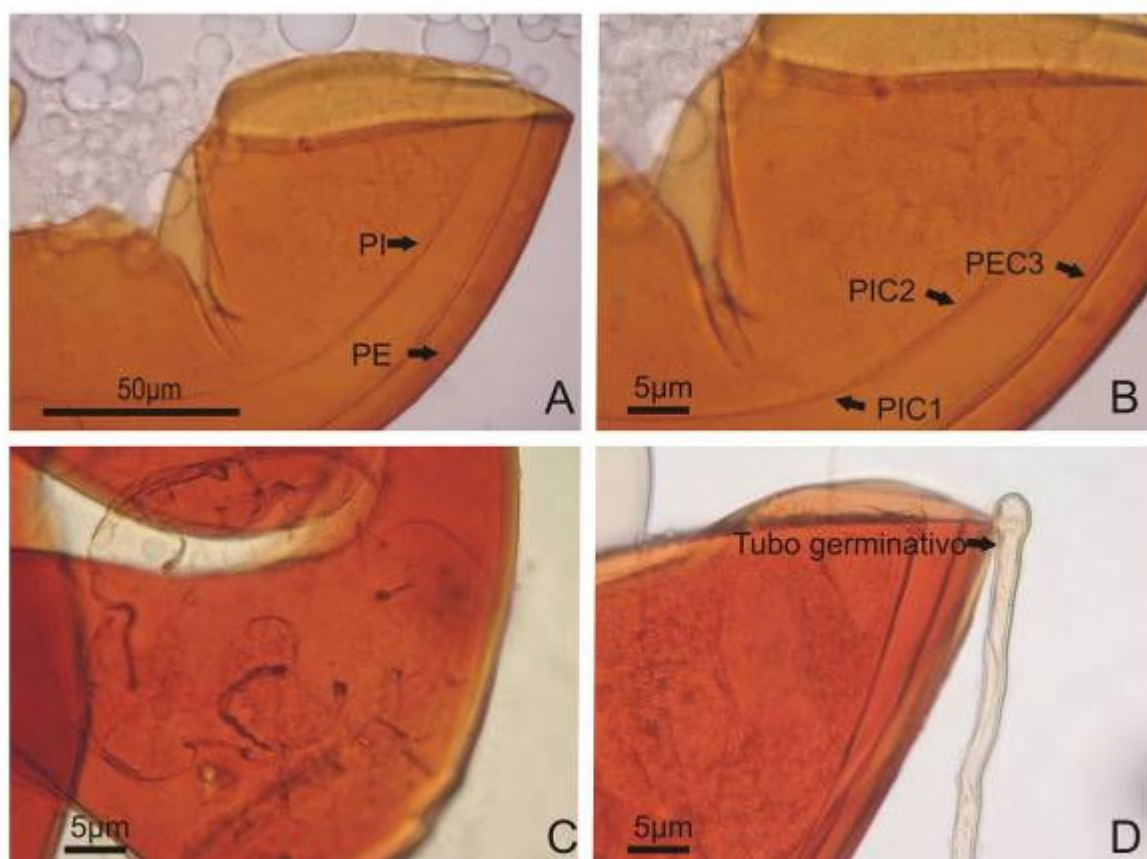


Figura 36 A-D. *Racocetra castanea*. A-B. Detalhe da estrutura da parede distribuída em dois grupos (PE e PI). C. Detalhe da placa germinativa. D. Detalhe do tubo germinativo emergindo através da parede externa.

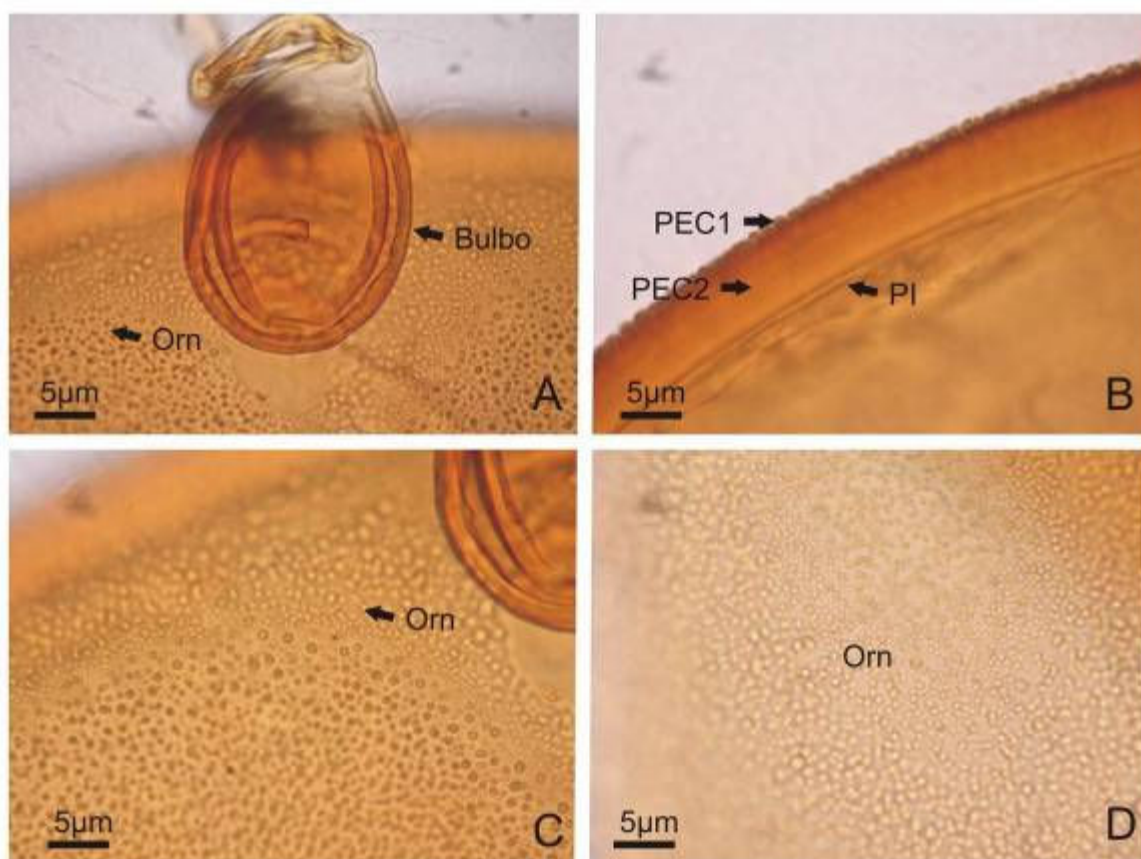


Figura 37 A-D. *Racocetra verrucosa*. A. Detalhe do bulbo suspensor preso ao esporo ornamentado (Orn). B. Detalhe da estrutura da parede do esporo distribuída em dois grupos (PE e PI). 3-4. Detalhe da ornamentação verrucosa (Orn) da camada mais externa da parede (PEC1).

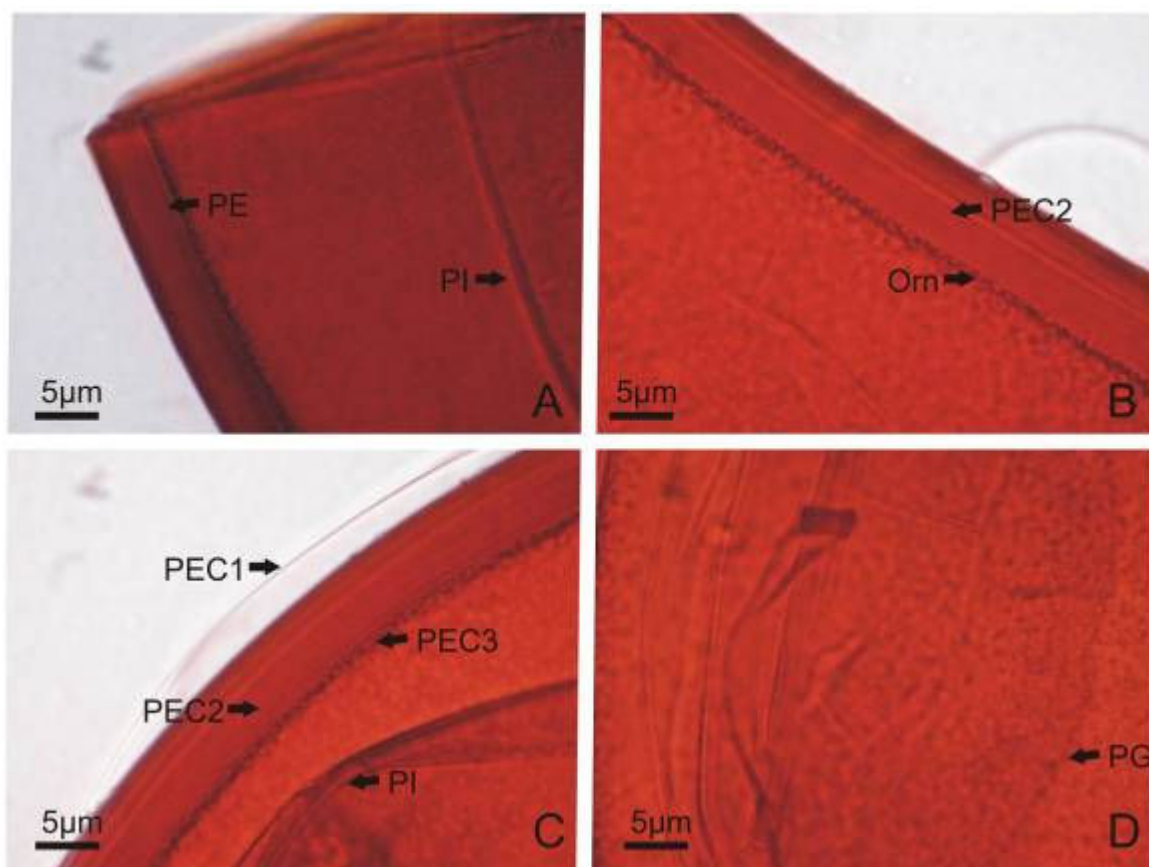


Figura 38 A-D. *Racocetra* sp1. A. Aspecto geral da parede do glomerosporos distribuída em dois grupos (PE e PI). B. Detalhe da ornamentação (Orn) na superfície interna da segunda camada da parede (PEC2). C. Detalhe da parede externa distribuída em três camadas (PEC1, PEC2 e PEC3). D. Detalhe da placa germinativa (PG).

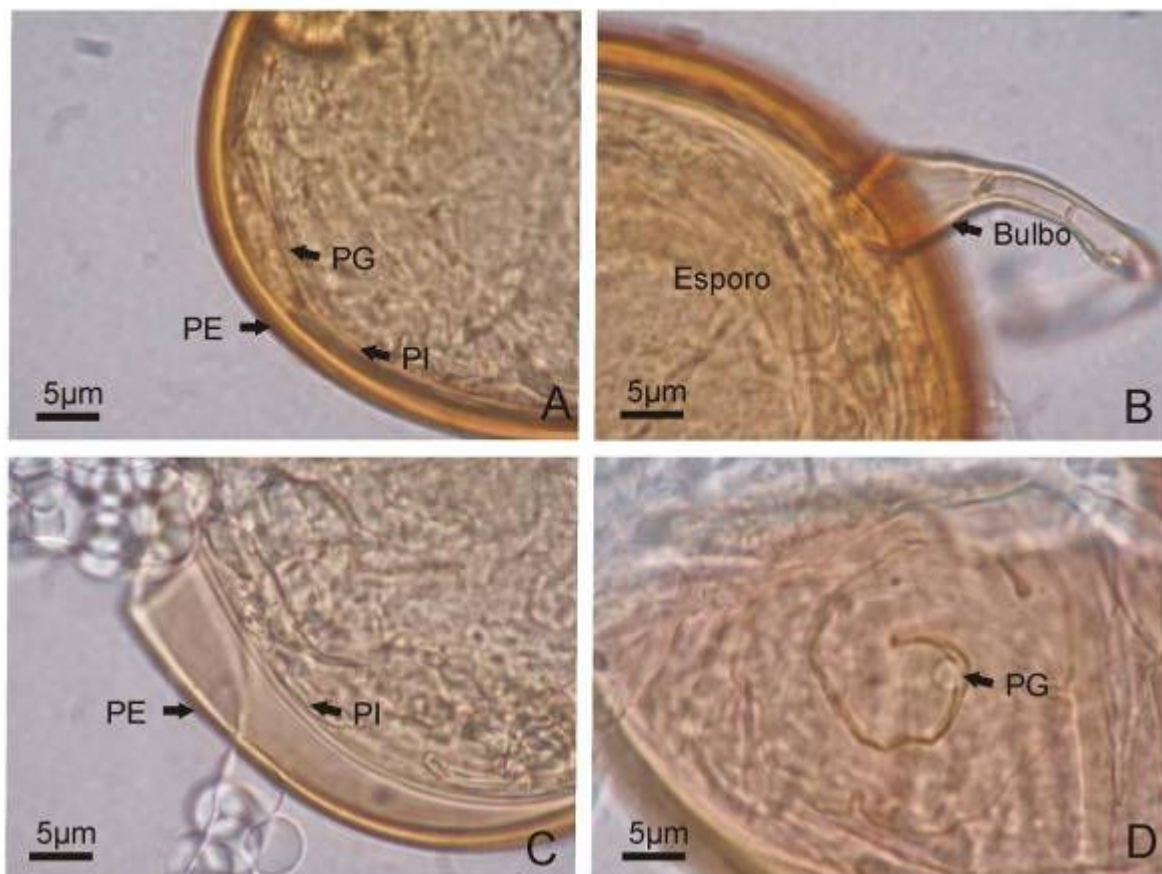


Figura 39 A-D. *Scutellospora pernambucana*. A. Aspecto geral do glomerosporo. B. Detalhe do bulbo suspensor. C. Detalhe da parede distribuída em dois grupos (PE e PI). D. Detalhe da placa germinativa orbital com o poro que origina a placa (PG).

Conclusões

No filo Glomeromycota o único caráter morfológico compartilhado por todas as espécies é a estrutura diversificada da parede do glomerosporo. Sendo assim, o modo de desenvolvimento, a composição da parede e a ornamentação são considerados caracteres primários para a identificação das espécies. Por outro lado, caracteres como cor, tamanho, forma e reação ao Melzer são secundários na identificação.

Atualmente não há um conjunto de caracteres morfológicos que delimite ordem e família no filo, exceto para *Gigasporaceae*, *Racocetraceae* e *Dentiscutataceae* que apresentam glomerosporos gigasporóides e escutelosporóides. Os demais apresentam modos de desenvolvimento (glomóide, acaulosporóide e entrofosporóide) compartilhados em diferentes ordens e famílias. Desse modo, a delimitação de ordens, famílias e gêneros é feita com base em dados moleculares.

O conceito morfológico de espécie tem sido corroborado pelos dados moleculares exceto na ordem Archaeosporales, onde alguns representantes apresentam sinanomorfia.

A delimitação morfológica de gênero só é possível com a soma de pelo menos dois caracteres (estrutura da parede e modo de desenvolvimento) excetuando aqueles delimitados apenas por análise molecular tais como *Paraglomus*, *Glomus* e *Diversispora*.

Apesar da diversificação morfológica dos glomerosporos, existem apenas cinco modos de desenvolvimento (acaulosporóide, gigasporóide, glomóide, entrofosporóide e escutelosporóide) e um desses modos pode ser compartilhados por mais de um gênero, família ou ordem.

Os gêneros com glomerosporos gigasporóides e acaulosporóides são delimitados apenas pela variação ontogenética e complexidade das estruturas germinativas, esta última exclusiva para os representantes gigasporóides excetuando *Gigaspora*.

A identificação de espécies acaulosporóides, entrofosporóides e gigasporóides é baseada em caracteres primários, com exceção de *Gigaspora*.

A identificação de espécies glomóides se baseia em uma soma de caracteres secundários exceto em *Pacispora* onde o desenvolvimento ontogenético é distinto.

Perspectivas para o Filo Glomeromycota

Estudos direcionados às estruturas germinativas em *Acaulospora*, *Archaeospora*, *Ambispora*, *Intraspora*, *Entrophospora*, *Kuklospora*, *Otospora*, *Racocetra*, *Scutellospora*, *Fuscutata*, *Dentiscutata* e *Quatunica* serão úteis para estabelecer ou refutar a nova

classificação assim como delimitar de forma mais precisa a identidade das espécies e elucidar questões evolutivas nesse distinto grupo de fungos.

Para *Gigaspora* a tarefa parece um pouco mais difícil, pois o número de caracteres morfológicos é reduzido e as variações morfológicas entre as espécies conhecidas são pequenas. Esses dados indicam que esse seria um grupo evolutivo recente onde não houve tempo para as variações genéticas serem expressas no fenótipo e por isso parece provável que os estudos moleculares serão mais decisivos para a delimitação de espécies.

Para os FMA com esporos glomóides, a nova fronteira a ser explorada é a estrutura da parede, a hifa de sustentação e evidências moleculares, pois este nitidamente é um grupo heterogêneo.

Dados referentes a novas espécies devem ser ampliados na próxima década principalmente para países tropicais como Brasil, Cuba e Venezuela onde a diversidade desse grupo aparentemente é alta, mostrando que os FMA são na verdade um grupo muito mais diverso do que o atualmente observado. Essas novas descobertas podem ser úteis para melhorar o entendimento e delimitar os representantes desse filo.

Referências Bibliográficas

- Abbott, L.K. & Robson, A.D. 1979. A quantitative study of spores and anatomy of mycorrhizas formed by a species of *Glomus*, with reference to its anatomy. **Australian Journal of Botany** 27: 363 – 375.
- Abbott, L.K. 1982. Comparative anatomy of vesicular-arbuscular mycorrhizas formed on subterranean clover. **Australian Journal of Botany** 30: 485 – 499.
- Allen, M.F. 1996. The ecology of arbuscular mycorrhizas: a look back into the 20th century and a peek into the 21 st. **Mycological Research** 100: 769 – 782.
- Almeida, R.T. & Schenck, N.C. 1990a. Albino spores associated with dark-spored species of *Scutellispora*. **Mycotaxon** 37: 293-295.
- Almeida, R.T. & Schenck, N.C. 1990b. A revision of the genus *Sclerocystis* (Glomaceae, Glomales). **Mycologia** 82: 703-714.
- Almeida, R.T. 1989. Scientific names in the Endogonales, Zygomycotina. **Mycotaxon** 36: 147-159.
- Ames, R. N. & Schneider, R. W. 1979. *Entrophospora*, a new genus in the Endogonaceae. **Mycotaxon** 8: 347 – 352.
- Ames, R.N. & Linderman, R.G. 1976. *Acaulospora trappei* sp. nov. **Mycotaxon** 3: 565-569.
- Baseia, I.G & Milanez, A.I. 2002. *Gaeastrum setiferum* (Gasteromycetes): a new species with setose endoperidium. **Mycotaxon** 84: 135 – 139.
- Baseia, I.G. & Calonge, F.D. 2005. *Aseroë floriformis*, a new phalloid with sunflower-shaped receptacle. **Mycotaxon** 92: 169 – 172.

- Baseia, I.G. & Calonge, F.D. 2006. *Geastrum hirsutum*, a new earthstar fungus with a hairy exoperidium. **Mycotaxon** **95**: 301 – 304.
- Baseia, I.G.; Gibertoni, T.B. & Maia, L.C. 2003. *Phallus pygmaeus*, a minute species from a Brazilian tropical rain forest. **Mycotaxon** **85**: 77 – 80.
- Bateman, R.M.; Crane, P.R.; DiMichele, W.A.; Kenrick, P.R.; Rowe, N.P.; Speck, T. & Stein, W.E. 1998. Early evolution of land plants: Phylogeny, physiology, and ecology of the primary terrestrial radiation. **Annual Review of Ecology & Systematics** **29**: 263-292.
- Becker, W.N. & Hall, I.R. 1976. *Gigaspora margarita*, a new species in the Endoganaceae. **Mycotaxon** **4**: 155-160.
- Becker, W.N. & Gerdemann, J.W. 1977. *Glomus etunicatus* sp. nov. **Mycotaxon** **6**: 29-32.
- Bentivenga, S. P. & Hetrick, B. A. D. 1991. *Glomus mortonii* sp. nov., a previously undescribed species in the Glomaceae isolated from the tallgrass prairie in Kansas. **Mycotaxon** **42**: 9 – 15.
- Bentivenga, S. P. & Morton, J. B. 1995. A monography of the genus *Gigaspora* incorporating developmental patterns of morphological characters. **Mycologia** **87**: 720 – 732.
- Bentivenga, S.P.; Bever, J.D. & Morton, J.B. 1997. Genetic variation of morphological characters within a single isolate of the endomycorrhizal fungus *Glomus clarum* (Glomaceae). **American Journal of Botany** **84**: 1211-1216.
- Berch, S. M. & Fortin, J. A. 1983. Lectotypification of *Glomus macrocarpum* and proposal of new combination: *Glomus australe*, *Glomus versiforme* and *Glomus tenerum* (Endoganaceae). **Canadian Journal of Botany** **61**: 2608-2617.
- Berch, S. M. & Koske, R. E. 1986. *Glomus pansihalos*, a new species in the Endoganaceae, Zygomycetes. **Mycologia** **78**: 832 – 836.
- Berch, S.M & Trappe J.M. 1985. A new species of Endoganaceae, *Glomus hoi*. **Mycologia** **77**: 654-657.
- Berch, S.M. 1985. *Acaulospora sporocarpia*, a new, sporocarpic species, and emendation of the genus *Acaulospora* (Endoganaceae, Zygomycotina). **Mycotaxon** **23**: 409-418.
- Berkeley, M.J. & Broome, C.E. 1973. Enumeration of the Fungi of Ceylon. **Journal Linnaean Society** **14**: 137.
- Berkeley, M.J. & Curtis, M.A. 1869. Fungi Cubensis. **Journal of the Linnean Botanical Society** **10**: 280 – 392.
- Berkeley, M.J. 1879. **Fungi Brasiliensis in provincial Rio de Janeiro a clar. Dr. A. Glaziou lecti**. Vidensk. Meddel. Naturh. Foren. Kjobenhjaven. p. 31
- Bever, J. D., Schultz, P. A., Pringle, A. & Morton, J. B. (2001). Arbuscular mycorrhizal fungi: More diverse than meets the eye, and the ecological tale of why. **Bioscience** **51**: 923-931.
- Bhattacharjee, M. & Mukerji, K.G. 1980. Studies on Indian Endoganaceae. II. The genus *Glomus*. **Sydowia (Annales Mycologici)** **39**:14-17.
- Bhattacharjee, M.; Mukerji, K.G.; Tewari, J.P. & Skoropad, W.P. 1982. Structure and hyperparasitism of a new species of *Gigaspora*. **Transactions of the British Mycological Society** **78**:184-188.
- Bhattacharjee, M.; Mukerji, K.G. & Misra, S. 1980. Studies on Indian Endoganaceae. III Further records. **Acta Botanica Indica** **8**: 99-102.
- Blaszkowski, J. 1994. *Glomus clarum* (Glomales, Zygomycetes), a new vesicular-arbuscular fungus to Poland. **Mycotaxon** **52**: 99 – 107.
- Blaszkowski, J. & Tadych, M. 1997. *Glomus multiforum* and *G. verruculosum*, two new species from Poland. **Mycologia** **89**: 804-811.
- Blaszkowski, J. 1988a. Three new VA mycorrhizai fungi (Endoganaceae) from Poland. Bulletin of the Polish Academy of Sciences. **Biological Sciences** **36**: 10-12.
- Blaszkowski, J. 1988b. Four new species of the Endoganaceae (Zygomycotina) from Poland.

Karstenia 27: 37-42.

- Blaszkowski, J. 1989. *Acaulospora cavernata* (Endogonales) - a new species from Poland with pitted spores. **Cryptogamic Botany** 1: 204-207.
- Blaszkowski, J. 1990. Polish Endogonaceae. VII. *Acaulospora capsicula* sp. nov. **Mycologia** 82: 794-798.
- Blaszkowski, J. 1991. Polish Glomales. VIII. *Scutellospora nodosa*, a species with knobby spores. **Mycologia** 83: 537-542.
- Blaszkowski, J. 1992. *Scutellospora armeniaca*, a new species in Glomales (Zygomycetes) from Poland. **Mycologia** 84: 939-944.
- Blaszkowski, J. 1995a. *Acaulospora koskei*, a new species in Glomales from Poland. **Mycological Research** 99: 237-240.
- Blaszkowski, J. 1995b. *Glomus corymbiforme*, a new species in Glomales from Poland. **Mycologia** 87: 732-737.
- Blaszkowski, J. 1997a. Notes on *Acaulospora bireticulata* (Glomales, Zygomycetes) found in Poland. **Mycotaxon** 61: 193 – 204.
- Blaszkowski, J. 1997b. *Glomus gibbosum*, a new species from Poland. **Mycologia** 89: 339-345.
- Blaszkowski, J.; Madey, T. & Taddy, M. 1998 *Entrophospora baltica* sp. nov. and *Glomus fuegianum*, two species in the Glomales from Poland. **Mycotaxon** 68: 165-184.
- Blaszkowski, J.; Tady, M. & Madej, T. 2000. *Glomus minutum*, a new species in Glomales (Zygomycetes) from Poland. **Mycotaxon** 76: 187-195.
- Blaszkowski, J.; Tady, M. & Madej, T. 2001. *Glomus arenarium*, a new species in Glomales (Zygomycetes). **Acta Societatis Botanicorum Poloniae** 70: 97-101.
- Blaszkowski, J.; Adamska, I. & Czerniawska, B. 2004. *Glomus insculptum*, a new arbuscular mycorrhizal species from Poland. **Mycotaxon** 89: 225 - 234.
- Blaszkowski, J.; Renker, C. & Buscot, F. 2006. *Glomus drummondii* and *G. walkeri*, two new species of arbuscular mycorrhizal fungi (Glomeromycota). **Mycological Research** 110: 555 – 566.
- Blaszkowski, J., Czerniawska, B.; Wubet, T.; Schäfer, T.; Buscot, F. & Renker C. 2008. *Glomus irregulare*, a new arbuscular mycorrhizal fungus in the *Glomeromycota*. **Mycotaxon** 106: 247-267.
- Boyetchko, S. M. & Tewari, J. P. 1986. A new species of *Glomus* (Endogonaceae, Zygomycotina) mycorrhizal with barley in Alberta. **Canadian Journal of Botany** 64: 90-95.
- Brundrett, M.C. 2001. Coevolution of roots and mycorrhizas of land plants. **New Phytologist** 154: 275-304.
- Cabello, M.; Gaspar, L. & Pollero, R. 1994. *Glomus antarcticum* sp. nov., a vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus from Antarctica. **Mycotaxon** 51: 123-128.
- Carrenho, R. & Trufem, S.F.B. 2001. Caracterização morfológica de esporos de fungos micorrízicos arbusculares isolados de solo cultivado com milho na Reserva Ecológica e Estação Experimental de Moji-Guaçu, São Paulo, Brasil. **Hoehnea** 28: 191-208.
- Chou, W.N.; Yen, C.H. & Chung, H.H. 1991. Species of *Gigaspora* and *Scutellospora* (Endogonaceae) from Taiwan. **Transaction of the Mycological Society R.O.C.** 6: 1 – 17.
- Clapp, J. P., Helgason, T., Daniell, T. J. & Young, J. P. W. (2002). Genetic studies of the structure and diversity of arbuscular mycorrhizal fungal communities. In **Mycorrhizal Ecology** (M. G. A. van der Heijden & I. R. Sanders, eds.), pp. 201-224. Springer-Verlag, Berlin.

- Claridge, A.W.; Cork, S.J. & Trappe, J.M. 2000. Diversity and habitat relationships of hypogeous fungi. I. Study design, sampling techniques and general survey results. **Biodiversity and Conservation** **9**: 151 – 173.
- Coyne, J.A.; Orr, H.A. 2004. **Speciation**. Sunderland, Ed. Sinauer.
- Cuenca, G.; Andrade, Z.; Escalante, G. 1998. Diversity of Glomalean spores from natural disturbed and revegeted communities growing on nutrient-poor tropical soils. **Soil Biology Biochemistry** **30**: 711-719.
- Cuenca, G. & Herrera-Peraza, R. 2008. *Scutellospora striata* sp. nov., a newly described glomeromycotan fungus from La Gran Sabana, Venezuela. **Mycotaxon** **105**:79-87.
- Dalpé, Y.; Koske, R.E. & Tews, L.L. 1992. *Glomus lamellosum* sp nov.: A new Glomaceae associated with beach grass. **Mycotaxon** **43**: 289-293.
- Dalpé, Y.; Plenchette, C.; Frenot, Y.; Gloaguen, J. C. & Strulu, D. G. 2002. *Glomus kerguelense* sp. nov., a new Glomales species from sub-antarctic. **Mycotaxon** **84**: 51 – 60.
- Daniels, B.A. & Trappe, J.M. 1979. *Glomus epigaeus* sp. nov., a useful fungus for VA mycorrhizal research. **Canadian Journal of Botany** **57**: 539-542.
- Dayrat, B. 2005. Towards integrative taxonomy. **Biological Journal of the Linnean Society** **85**: 407 – 415.
- de Souza, F.A. & Berbara, R.L.L. 1999. Ontogeny of *Glomus clarum* in Ri T-DNA transformed roots. **Mycologia** **91**: 343 – 350.
- de Souza, F.A., Kowalchuk, G.A., Leeftang, P., van Veen, J.A. & Smit, E. 2004. PCR-denaturing gradient gel electrophoresis profiling of inter- and intraspecies 18S rRNA gene sequence heterogeneity is an accurate and sensitive method to assess species diversity of arbuscular mycorrhizal fungi of the genus *Gigaspora*. **Applied & Environmental Microbiology** **70**, 1413-1424.
- de Souza, F.A.; Declerck, S.; Smit, E. & Kowalchuk, G.A. 2005. Morphological, ontogenetic and molecular characterization of *Scutellospora reticulata* (Glomeromycota). **Mycological Research** **109**: 697 – 706.
- de Souza, F.A. 2007. Sistema reprodutivo e troca de material genético em fungos micorrízicos arbusculares. In: Maia, L.C.; Malosso, E. & Yano-Melo, A.M. (Orgs.) **Micologia: Avanços no Conhecimento**. Recife, Ed. Universitária da UFPE. Pp. 112 - 121.
- de Souza, F.A.; da Silva, I.C.L. & Berbara, R.L.L. 2008. Fungos micorrízicos arbusculares: muito mais diversos do que se imaginava. In: Moreira, Siqueira & Brussard (Orgs.). **Biodiversidade** pp. 483 – 536. Lavras, Ed. UFLA..
- Declerck, S.; Cranenbrock, S.; Dalpé, Y.; Séguin, S.; Grandmougin-Ferjani, A.; Fontaine, J. & Sancholle, M. 2000. *Glomus proliferum* sp. nov.: a description based on morphological, biochemical, molecular and monoxenic cultivation data. **Mycologia** **92**: 1178-1187.
- Dotzler, N.; Krings, M. Taylor, T.N. & Agerer, R. 2006. Germination shields in *Scutellospora* (Glomeromycota: Diversisporales, Gigasporaceae) from the 400 million-year-old Rhynie chert. **Mycological Progress** **5**: 178 – 184.
- Ferrer, R.L. & Herrera, R.A. 1980. El género *Gigaspora* Gerdermann et Trappe (Endogonaceae) en Cuba. **Revista del Jardín Botánico Nacional, Universitat de la Habana** **1**: 43-66.
- Frank, B. 1885. Ueber die auf Wurzelsymbiose beruhende Ernährung gewisser Baume durchunterirdischer Pilzer. **Berichte der Deutsch Botanische Gesellschaft** **3**: 128 – 145.
- Franke, M. & Morton, J. B. 1994. Ontogenetic comparisons of arbuscular mycorrhizal fungi *Scutellospora heterogama* and *Scutellospora pellucida*: revision of taxonomic character concepts, species descriptions, and phylogenetic hypotheses. **Canadian Journal of Botany** **72**: 122 – 134.

- Gaspar, M.L.; Pollero, R.J. & Cabello, M.N. 1994. *Glomus antarcticum*: the lipids and fatty acid composition. **Mycotaxon** **51**: 129 – 136.
- Gerdemann, J. W. & Trappe, J. M. 1974. The Endogonaceae of the Pacific Northwest. **Micologie Memoir** **5**: 1 – 76.
- Gerdemann, J.W. & Bakshi, B.K. 1976. Endogonaceae of India: Two new species. **Transactions of the British Mycological Society** **66**: 340-343.
- Gerdemann, JW & Nicolson, TH. 1963. Spores of mycorrhizal *Endogone* species extracted from soil by wet sieving and decanting. **Trans. Br. Mycol. Soc.** **46**: 235-244.
- Gibson, J.L. 1984. *Glaziella aurantiaca* (Endogonaceae): Zygomycete or Ascomycete? **Mycotaxon** **20**: 325 – 328.
- Gibson, J.L. 1985. **Morphology, cytology, and ultrastructure of selected species of Endogonaceae (Endogonales) (Zygomycetes)**. Ph.D. dissertation. University of Florida, Gainesville, FL.
- Gibson, J.L.; Kimbrough, J.W. & Benny, G.L. 1986. Ultrastructural observations on Endogonaceae (Zygomycetes). II. Glaziellales ord. nov. and Glaziellaceae fam. nov.: new taxa based upon light and electron microscopic observations of *Glaziella aurantiaca*. **Mycologia** **78**: 941 – 954.
- Giovannetti, M.; Avio, L. & Salutini, L. 1991. Morphological, cytochemical, and ontogenetic characteristics of a new species of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus. **Canadian Journal of Botany** **69**: 161 – 167.
- Giovannetti, M 2000. Spore germination and pre-symbiotic mycelial growth. In: Kapulnik, Y. and Douds, Jr. D.D. **Arbuscular Mycorrhizas: Physiology and Function**, 47 – 68. Kluwer Academic Publishers, Netherlands.
- Giovannetti, M.; Sbrana, C.; Strani, P.; Agnolucci, M.; Rinaudo, V. & Avio, L. 2003. Genetic diversity of isolates of *Glomus mosseae* from different geographic areas detected by vegetative compatibility testing and biochemical and molecular analysis. **Applied & Environmental Microbiology** **69**: 616-624.
- Goto, B.T. & Maia, L.C. 2005. Sporocarpic species of arbuscular mycorrhizal fungi (Glomeromycota) with a new report from Brazil. **Acta Botânica Brasilica** **19**: 633 - 637.
- Goto, B.T. & Maia, L.C. 2006a. Glomerospores: a new denomination for the spores of Glomeromycota, a group molecularly distinct from the Zygomycota. **Mycotaxon** **96**: 129 - 132.
- Goto, B.T. & Maia, L.C. 2006b. Contribution to the study of *Endogonales* in Brazil: The first record of *Peridiospora tatachia*. **Mycotaxon** **96**: 327 – 332.
- Goto, B.T.; Moreira, M.; Tsai, S.M.; Cardoso, E.J.B.N.; Maia, L.C. 2008a. Notas sobre *Acaulospora bireticulata* Rothwell & Trappe e primeiro registro de *Acaulospora koskei* Blaszk. para o Brasil. **Acta Botanica Brasilica** **22**: 579-583.
- Goto, B.T.; Maia, L.C. & Oehl, F. 2008b. *Ambispora brasiliensis* a new ornamented species in the arbuscular mycorrhiza-forming Glomeromycetes. **Mycotaxon** **105**: 11-18.
- Goto, B.T.; Costa, C.M.C. & Maia, L.C. Primeiro registro de *Glomus halonatum* Rose & Trappe (Glomeromycota) para o Brasil (**dados não publicados**)
- Goto, B.T.; Maia, L.C. & Oehl, F. *Scutellospora intraornata* e *S. colliculosa* two new species from Brazil. (**dados não publicados**).
- Goto, B.T.; Mergulhão, A.C.E.S. & Maia, L.C. Notas sobre *Acaulospora excavata* Ingleby & Walker com revisão do padrão de ornamentação em Acaulosporaceae. (**dados não publicados**)
- Goto, BT.; Silva, G.A.; Trufem, S.F.B. & Maia, LC. *Glomus granulatatum* a new species of arbuscular mycorrhizal fungi from Brazil. (**dados não publicados**)
- Goto, B.T.; Bezerra, J.L. & Maia, L.C. *Glomus coremioides*, sapróbio ou simbiote? (**dados não publicados**).

- Greuter, W.; Barrie, F.R.; Burdet, H.M.; Chaloner, W.G.; Demoulin, V.; Hawksworth, D.L.; Jorgensen, P.M.; Nicolson, D.H.; Silva, P.C.; Trehane, P. & McNeill, J. (1994). **International Code of Botanical Nomenclature** (Tokyo Code). Königstein, Koeltz Scientific Books.
- Guerreiro, R.T., Homrich, M.H. 1999. **Fungos Macroscópicos Comuns no Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, UFRGS
- Hafell, K.M. 2004. Spores ontogeny of the arbuscular mycorrhizal fungus *Archaeospora trappei* (Ames & Linderman) Morton & Redecker (*Archaeosporaceae*). **Mycorrhiza** **14**: 213 – 219.
- Hall, I.R. & Abbott, L.K. 1984. Some Endogonaceae from South Western Australia. **Transactions of the British Mycological Society** **83**: 203-208.
- Hall, I.R. 1984. Taxonomy of VA Mycorrhizal Fungi. In: Powell, C.L. & Bagyaraj, D.J. **VA Mycorrhiza**. pp. 57 – 94, CRC Press, Boca Raton.
- Hall, I.R. 1977. Species and mycorrhizal infections of New Zealand Endogonaceae. **Transactions of the British Mycological Society** **68**: 341-356.
- Hart, M. M. & Reader, R. J. 2002. Taxonomic basis for variation in the colonization strategy of arbuscular mycorrhizal fungi. **New Phytologist** **153**: 335 – 344.
- Hawksworth, D.L. & Rossman, A.Y. 1997. Where are all the undescribed fungi? **Phytopatology** **87**: 888 – 891.
- Hawksworth, D.L. 1991. The fungal dimension of biodiversity: magnitude, significance, and conservation. **Mycological Research** **95**: 641 – 655.
- Hawksworth, D.L. 2004. Fungal diversity and its implications for genetic resource collections. **Studies in Mycology** **50**: 9 – 18.
- Heijden, M.; Klironomos, J.; Ursic, M.; Moutoglis, P.; Strietwolf-Engel, R.; Boller, T. Wienken, A. & Sanders, I.R. 1998. Mycorrhizal fungal diversity determines plant biodiversity, ecosystem variability and productivity. **Nature** **396**: 69 – 72.
- Herrera-Peraza, R. A.; Cuenca, G. & Walker, C. 2001. *Scutellospora crenulata* a new species of Glomales from La Gran Sabana, Venezuela. **Canadian Journal of Botany** **79**: 674-678.
- Herrera-Peraza, R.A.; Ferrer, R. & Sieverding, E. 2003. *Glomus brohultii*: A new species in the Arbuscular Mycorrhiza Forming Glomerales. **Journal of Applied Botany** **77**: 37-40.
- Hey, J. 2001. The mind of the species problem. **Trends in Ecology & Evolution** **16**: 326 – 329.
- Hibbett, D. S.; Binder, M.; Bischoff, J.F.; Blackwell, M.; Cannon, P.F.; Eriksson, O.E.; Huhndorf, S.; James, T.; Kirk, P.M.; Lücking, R.; Lumbsch, T.; Lutzoni, F.; Matheny, P.B.; McLaughlin, D.J.; Powell, M.J.; Redhead, S.; Schoch, C.L.; Spatafora, J.W.; Stalpers, J.A.; Vilgalys, R.; Aime, M.C.; Aptroot, A.; Bauer, R.; Begerow, D.; Benny, G.L.; Castlebury, L.A.; Crous, P.W.; Dai, Y-C.; Gams, W.; Geiser, D.M.; Griffith, G.W.; Gueidan, C.; Hawksworth, D.L.; Hestmark, G.; Hosaka, K.; Humber, R.A.; Hyde, K.; Ironside, J.E.; Kõljalg, U.; Kurtzman, C.P.; Larsson, K-H.; Lichtwardt, R.; Longcore, J.; Mi&aogon Dlikowska, J.; Miller, A.; Moncalvo, J-M.; Mozley-Standridge, S.; Oberwinkler, F.; Parmasto, E.; Reeb, V.; Rogers, J.D.; Roux, C.; Ryvarden, L.; Sampaio, J.P.; Schüssler, A.; Sugiyama, J.; Thorn, R.G.; Tibell, L.; Untereiner, W.A.; Walker, C.; Wang, Z.; Weir, A.; Weiss, M.; White, M.M.; Winka, K.; Yao, Y-J. & Zhang, N. 2007. A higher-level phylogenetic classification of the *Fungi*. **Mycological Research** **111**(5): 509-547.
- Hijri, M. & Sanders, I.R. 2005. Low gene copy number shows that arbuscular mycorrhizal fungi inherit genetically different nuclei. **Nature** **433**(13): 160-163.
- Hu, H.T. 1988. Study on the endomycorrhizae of China Fir (*Cunninghamia lanceolata* Hooker) and Taiwanian (*Taiwania cryptomerioides* Hay.) **Q. Jour Chin. For.** **21**:45-72.

- Hu, H.T. 2002. *Glomus spinosum* sp. nov. in the Glomaceae from Taiwan. **Mycotaxon** **83**: 159 – 164.
- Hyde, K. 2001. Where are the missing fungi? Does Hong Kong have any answers? **Mycological Research** **105**: 1514 – 1518.
- Ingleby, K.; Walker, C. & Mason, P.A. 1994. *Acaulospora excavata* sp. nov. - An endomycorrhizal fungus from Cote d' Ivoire. **Mycotaxon** **50**: 99-105.
- Iqbal, S.H. & Perveen, B. 1980. Some species of *Sclerocystis* (Endogonaceae) from Pakistan. **Transactions of the Mycological Society of Japan** **21**: 57-83.
- James, T.Y.; Kauff, F.; Schoch, C.L.; Matheny, P.B.; Hofstetter, V.; Cox, C.J.; Celio, G.; Gueidan, C.; Fraker, E.; Miadlikowska, J.; Lumbsch, H.T.; Rauhut, A.; Reeb, V.; Arnold, A.E.; Amtoft, A.; Stajich, J.E.; Hosaka, K.; Sung, G.H.; Johnson, D.; O'Rourke, B.; Crockett, M.; Binder, M.; Curtis, J.M.; Slot, J.C.; Wang, Z.; Wilson, A.W.; Arthur Schüßler, A.; Longcore, J.E.; O'Donnell, K.; Mozley-Standridge, S.; Porter, D.; Letcher, P.M.; Powell, M.J.; Taylor, J.W.; White, M.M.; Griffith, G.W.; Davies, D.R.; Humber, R.A.; Morton, J.B.; Sugiyama, J.; Rossman, A.Y., Rogers, J.D.; Pfister, D.H.; Hewitt, D.; Hansen, K.; Hambleton, S.; Shoemaker, R.A.; Kohlmeyer, J.; Volkmann-Kohlmeyer, B.; Spotts, R.A.; Serdani, M.; Crous, P.W.; Hughes, K.W.; Matsuura, K.; Langer, E.; Langer, G.; Untereiner, W.A.; Lücking, R.; Büdel, B.; Geiser, D.M.; Aptroot, A.; Diederich, P.; Schmitt, I.; Schultz, M.; Yahr, R.; Hibbett, D.S.; Lutzoni, F.; McLaughlin, D.J.; Spatafora, J.W. & Vilgalys, R. 2006. Reconstructing the early evolution of Fungi using a six-gene phylogeny. **Nature** **443**: 818 – 822.
- Janos, D.P. & Trappe, J.M. 1982. Two new *Acaulospora* species from Tropical America. **Mycotaxon** **15**: 515-522.
- Jeffries, P.; Robinson-Boyer, L.; Rice, P.; Newsam, R.J. & Dodd, J.C. 2007. Ultrastructure of spore development in *Scutellospora heterogama*. **Mycorrhiza** **17**: 395 – 403.
- Jenkins, W.R. 1964. A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. **Plant Disease Report** **48**:692.
- Judson, O.P. & Normark, B.B. 1996. Ancient asexual scandals. **Trends in Ecology & Evolution** **11**: 41-46.
- Kennedy, L.J.; Stutz, J.C. & Morton, J.B. 1999. *Glomus eburneum* and *G. luteum*, two new species of arbuscular mycorrhizal fungi, with emendation of *G. spurgum*. **Mycologia** **91**: 1083-1093.
- Kirk, P.M.; Cannon, P.F.; David, J.C. & Stalpers, J.A. 2001. **Dictionary of the Fungi**. 9th edition. Wallingford, CABI Publishing.
- Koske, R. E. & Tessier, B. 1983. A convenient, permanent slide mounting medium. **Mycological Society of America Newsletter** **34**: 59.
- Koske, R.E.; Miller, D.O. & Walker, C. 1983. *Gigaspora reticulata*: A newly described endomycorrhizal fungus from New England. **Mycotaxon** **6**: 429-435.
- Koske, R.E. & Walker, C. 1984. *Gigaspora erythropha*, a new species forming arbuscular mycorrhiza. **Mycologia** **76**: 250-255.
- Koske, R. E. & Walker, C. 1985. Species of *Gigaspora* (Endogonaceae) with roughened outer walls. **Mycologia** **77**: 702-720.
- Koske, R.E. & Walker, C. 1986a. *Glomus globiferum*: a new species of Endogonaceae with a hyphal peridium. **Mycotaxon** **26**: 133-142.
- Koske, R. E. & Walker, C. 1986b. Species of *Scutellospora* (Endogonaceae) with smooth-walled spores from maritime sand dunes: two new species and a redescription of the spores of *Scutellospora pellucida* and *Scutellospora calospora*. **Mycotaxon** **27**: 219-235.
- Koske, R.E. & Gemma, J.N. 1986. *Glomus microaggregatum*, a new species in the Endogonaceae. **Mycotaxon** **26**: 125-132.

- Koske, R.E. & Gemma, J.N. 1989. *Glomus nanolumen* (Endogonaceae), a new species from Hawaii. **Mycologia** **81**: 935-938.
- Koske, R. E. & Halvorson, W. L. 1989. *Scutellospora arenicola* and *Glomus trimurales*: Two new species in the Endogonaceae. **Mycologia** **81**: 927-933.
- Koske, R.E. & Gemma, J.N. 1995. *Scutellospora hawaiiensis*: a new species of arbuscular mycorrhizal fungus from Hawaii. **Mycologia** **87**: 678 – 683.
- Koske, R.E.; Friese, C.; Walker, C. & Dalpé, Y. 1986. *Glomus pustulatum* a new species in the Endogonaceae. **Mycotaxon** **26**:143-149.
- Kramadibrata, K. & Hedger, J.N. 1990. A new species of *Acaulospora* associated cocoa in Java and Bali (Indonesia). **Mycotaxon** **37**: 73-77.
- Kramadibrata, K.; Walker, C.; Schwarzott, D. & Schübler, A. 2000. A new species of *Scutellospora* with a coiled germination shield. **Annals of Botany** **86**: 21-27.
- Lange, M & Lund, E.M. 1955. The Genus *Endogone* in Denmark. **Friesia** **5**: 92-93.
- Liang, Y.; Guo, L-D.; Du, X-J. & Ma, K-P. 2007. Spatial structure and diversity of woody plants and ectomycorrhizal fungus sporocarps in a natural subtropical forest. **Mycorrhiza** **17**: 271 – 278.
- Maia, L.C. & Trufem, S.F.B. 1990. Fungos micorrízicos vesículo-arbusculares em solos cultivados no estado de Pernambuco, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica** **13**: 89-95.
- Maia, L.C. & Kimbrough, J.W. 1993. Ultrastructural studies of spore walls of *Acaulospora morrowiae* and *A. scrobiculata*. **Mycological Research** **97**: 1183 – 1189.
- Maia, L.C. & Kimbrough, J.W. 1994. Ultrastructural studies of spores of *Glomus intraradices*. **International Journal of Plant Science** **155**: 689 – 698.
- Maia, L.C.; Kimbrough, J.W. & Benny, G. 1994. Ultrastructure of hyphae in *Gigaspora albida* Schenck & Smith (Glomales). **Boletim Micológico** **9**: 57 – 63.
- Maia, L.C. & Kimbrough, J.W. 1998. Ultrastructural studies of spores and hypha of a *Glomus* species. **International Journal of Plant Science** **159**: 581 – 589.
- Maia, L.C.; Yano Melo, A.M.; Goto, B.T. 2006. Filo Glomeromycota. In: L.F.P. Gusmão & L.C. Maia. (Org.). **Diversidade e caracterização dos fungos do Semi-árido Brasileiro**. Pp. Recife, Associação Plantas do Nordeste (APNE).
- Mayden, R.L. 1997. A hierarchy of species concepts: the denouement in the saga of the species problem. In: Claridge, M.F.; Dawah, H.A. & Wilson, M.R. (Org.) **Species: The units of Biodiversity**. Pp. 381 – 424. London, Chapman & Hall Publishing.
- Mayr, E. 1996. What is a species and what is not? **Philosophy of Science** **63**: 262-277.
- Mayr, E. 2004. **What makes biology unique?: considerations on the autonomy of a scientific discipline**. Cambridge University Press.
- McGee P. A. & Trappe, J. M. 2002. The Australian zygomycetous mycorrhizal fungi. II. Further Australian sporocarpic Glomaceae. **Australian Systematic Botany** **15**: 115-124.
- McGee, P.A. 1986. Further sporocarpic species of *Glomus* (Endogonaceae)—from South Australia. **Transactions of the British Mycological Society** **87**: 123-129.
- McGee, P.A. 1996. The Australian Zygomycetes Mycorrhizal Fungi: the Genus *Densospora* gen. nov. **Australian Systematic Botany** **9**: 329 – 336.
- McGoonigle, T.P. & Fitter, A.H. 1990. Ecological specificity of vesicular-arbuscular mycorrhizal association. **Mycological Research** **94**: 120-122.
- McNeill, J.; Barrie, F.R.; Burdet, H.M.; Demoulin, V.; Hawksworth, D.L.; Marhold, K.; Nicolson, D.H.; Prado, J.; Silva, P.C.; Skog, J.E.; Wiersema, J.H. & Turland, N.J. 2006. **Código Internacional de Nomenclatura Botânica (Código de Viena)**.
- Mehrotra, V.S. 1997. *Glomus bagiarajii* sp. nov. A new species of Glomaceae (Glomales /

- Zygomycetes) from India. **Philippine Journal of Science** **116**: 233 – 242.
- Melo, A.M.Y.; Maia, L.C. & Morgado, L.B. 1997. Fungos micorrízicos arbusculares em bananeiras cultivadas no vale do submédio São Francisco. **Acta Botanica Brasilica** **11**: 115-121.
- Melzer, M.V. 1924. L'ornementation des spores de *Russules*. **Bull. Soc. Mycol. France** **40**: 78 – 81.
- Merkx, V & Bidartondo, M.I. 2008. Breakdown and delayed cospeciation in the arbuscular mycorrhizal mutualism. **Proceedings of the Royal Society B**: **275**, 1029–1035.
- Miller, D.O. & Walker, C. 1986. *Glomus maculosum* sp. nov. (Endogonaceae): An endomycorrhizal fungus. **Mycotaxon** **25**: 217-227.
- Millner, P.D.; Mulbry, W.W. & Reynolds, S.L. 2001. Taxon-specific oligonucleotide primer for detection of *Glomus etunicatum*. **Mycorrhiza** **10**: 259 – 265.
- Moreira, F.S. & Siqueira, J.O. 2006. **Microbiologia e Bioquímica do solo**. Lavras, Editora UFLA.
- Morton, J.B. & Walker, C. 1984. *Glomus diaphanum*: A new species in the Endogonaceae common in West Virginia. **Mycotaxon** **21**: 431-440.
- Morton, J. B. 1986a. Three new species of *Acaulospora* (Endogonaceae) from high aluminium, low pH soils in West Virginia. **Mycologia** **78**: 641-648.
- Morton, J. B. 1986b. Effects of mountants and fixatives on wall structure and Melzer's reaction in spores of two *Acaulospora* species (Endogonaceae). **Mycologia** **78**: 787 – 794.
- Morton, J. B. 1988. Taxonomy of VA mycorrhizal fungi: Classification, nomenclature, and identification. **Mycotaxon** **32**: 267-324.
- Morton, J.B. & Koske, R.E. 1988. *Scutellospora dipurpurens*, a new species in the Endogonaceae from West Virginia. **Mycologia** **80**: 520-524.
- Morton, J.B. 1990a. Evolutionary relationships among arbuscular mycorrhizal fungi in the Endogonaceae. **Micologia** **82**: 192 – 207.
- Morton, J.B. 1990b. Species and clones of arbuscular mycorrhizal fungi (Glomales, Zygomycetes): their role in macro- and microevolutionary processes. **Mycotaxon** **37**: 493-515.
- Morton, J. B. & Benny, G. L. 1990. Revised Classification of arbuscular mycorrhizal fungi (Zygomycetes). A new order, Glomales, two new suborders, Glomineae and Gigasporineae, and two new families, Acaulosporaceae and Gigasporaceae, with an emendation of Glomaceae. **Mycotaxon** **37**: 471 – 491.
- Morton, J. B. 1993. Problems and solutions for the integration of Glomalean taxonomy, systematic biology, and the study of endomycorrhizal phenomena. **Mycorrhiza** **2**: 97-109.
- Morton, J.B.; Bentivenga, S.P. & Wheeler, W.W. 1993. Germplasm in the International Collection of Arbuscular and Vesicular - arbuscular Mycorrhizal Fungi (INVAM) and procedures for culture development, documentation, and storage. **Mycotaxon** **48**: 491 – 528.
- Morton, J.B. 1995. Taxonomic and phylogenetic divergence among five *Scutellospora* species (Glomales, Zygomycetes) based on comparative developmental sequence. **Mycologia** **87**: 127 – 137.
- Morton, J.B. 1996. Redescription of *Glomus caledonium* based on correspondence of spore morphological characters in type specimens and a living reference culture. **Mycorrhiza** **6**: 161 – 166.
- Morton, J.B.; Bever, J.D. & Pfleger, F.L. 1997. Taxonomy of *Acaulospora gerdemannii* and *Glomus leptotichum*, synamorphs of an arbuscular mycorrhizal fungus in the *Glomales*. **Mycological Research** **101**: 625 – 631.

- Morton, J.B. & Redecker, D. 2001. Two new families of Glomales, Archaeosporaceae and Paraglomaceae, with two new genera *Archaeospora* and *Paraglomus*, based on concordant molecular and morphological characters. **Mycologia** **93**: 181-195.
- Mosse, B. & Bowen, G.D. 1968. A key to the recognition of some *Endogone* spore types. **Transactions of the British Mycological Society** **51**: 469 – 483.
- Mosse, B. 1970a. Honey colored, sessil *Endogone* spores. II. Changes in fine structure during spore development. **Archives Mikrobiology** **74**: 129 – 145.
- Mosse, B. 1970b. Honey colored, sessil *Endogone* spores. III. Wall structure. **Archives Mikrobiology** **74**: 146 – 159.
- Mueller, G.M. & Schmidt, J.P. 2007. Fungal biodiversity: what do we know? What can we predict? **Biodiversity Conservation** **16**:1–5.
- Mukerji, K.G., Bhattacharjee, M. & Tewari, J.P. 1983. New species of VA mycorrhizal fungi. **Transactions of the British Mycological Society** **81**: 641-643.
- Munsell, L. 1975. **Munsell soil color charts**. U. S. Dep. Agric. Hand 18 – Soil Survey Manual.
- Nicolson, T. H. & Gerdemann, J. W. 1968. Mycorrhizal *Endogone* species. **Mycologia** **60**: 313-325.
- Nicolson, T. H. & Schenck, N. C. 1979. Endogonaceous mycorrhizal endophytes in Florida. **Mycologia** **71**: 178-198.
- Novas, M.V.; Franchia, S. Menezes, A.; Cabral, D. & Godeas, A. 2005. *Glomus patagonicum* sp. nov. (Glomerales), a new arbuscular mycorrhizal fungus from Argentina. **Nova Hedwigia** **80**: 533 – 539.
- Oehl, F. & Sieverding, E. 2004. *Pacispora*, a new vesicular arbuscular mycorrhizal fungi genus in the Glomeromycetes. **Journal of Applied Botany** **78**: 72 – 82.
- Oehl, F.; Redecker, D. & Sieverding, E. 2005. *Glomus badium*, a new sporocarpic mycorrhizal fungal species from European grasslands with higher soil pH. **Journal of Applied Botany and Food Quality-Angewandte Botanik** **79**: 38-43 2005.
- Oehl, F.; Redecker, D. & Sieverding, E. 2005. *Glomus badium*, a new sporocarpic mycorrhizal fungal species from European grasslands with higher soil pH. **Journal of Applied Botany and Food Quality-Angewandte Botanik** **79**: 38-43 2005.
- Oehl, F.; Sýkorová, Z.; Redecker, D.; Wiemken, A. & Sieverding, E. 2006. *Acaulospora alpina*, a new arbuscular mycorrhizal fungal species characteristic for high mountainous and alpine regions of the Swiss Alps. **Mycologia** **98**: 286 – 294.
- Oehl, F.; Wiemken, A. & Sieverding, E. 2003. *Glomus spinuliferum*, a new ornamented species in the Glomales. **Mycotaxon** **86**: 157 - 162.
- Oehl, F.; Wiemken, A. & Sieverding, E. 2002. *Glomus caesaris* sp. nov. a new arbuscular mycorrhizal fungus from the Kaiserstuhl in Germany. **Mycotaxon** **84**: 379-386.
- Oehl, F.; Wiemken, A. & Sieverding, E. 2003. *Glomus aureum*, a new sporocarpic arbuscular mycorrhizal fungal species from European grasslands. **Journal of Applied Botany** **77**: 111 – 115.
- Oehl, F.; Sýkorová, Z.; Redecker, D.; Wiemken, A. & Sieverding, E. 2006. *Acaulospora alpina*, a new arbuscular mycorrhizal fungal species characteristic for high mountainous and alpine regions of the Swiss Alps. **Mycologia** **98**: 286 – 294.
- Oehl, F.; de Souza, F.A. & E. Sieverding. 2008. Revision of *Scutellospora* and description of five new genera and three new families in the arbuscular mycorrhiza forming Glomeromycetes. **Mycotaxon** **106**: 311-360.
- Old, K.M.; Nicolson, T.H. & Redhead, J.F. 1973. A new species of mycorrhizal *Endogone* from Nigeria with a distinctive spore wall. **New Phytologist** **72**: 817 – 823.

- Palenzuela, J.; Ferrol, N.; Boller, T.; Azcón-Aguilar, C.; Oehl, F. 2008. *Otospora bareai*, a new fungal species in the Glomeromycetes from a dolomitic shrub-land in the Natural Park of Sierra de Baza (Granada, Spain). **Mycologia** **99**: 296-305.
- Peixoto, A.L.; Barbosa, M.R.V.; Menezes, M. & Maia, L.C. **Diretrizes e estratégias para a modernização de coleções botânicas brasileiras com base na formação de taxonomistas e na consolidação de sistemas integrados de informação sobre biodiversidade**. In: Diretrizes e estratégias para a modernização de coleções biológicas brasileiras e a consolidação de sistemas integrados de informação sobre biodiversidade. Brasília, Ministério da Ciência e Tecnologia. pp. 145 – 185. 2006.
- Pfeiffer, C.M.; Walker, C. & Bloss, H.E. 1996. *Glomus spurcum*: A new endomycorrhizal fungus from Arizona. **Mycotaxon** **59**: 373-382.
- Phipps, C.J. & Taylor, T.N. 1996. Mixed arbuscular mycorrhizae from the Triassic of Antarctica. **Mycologia** **88**: 707 – 714.
- Pirozynski, K.A. & Dalpé, Y. 1989. Geological history of the Glomaceae, with particular reference to mycorrhizal symbiosis. **Symbiosis** **7**: 1 – 36.
- Raczkowski, J.M. & Wenzel, J.W. 2007. Biodiversity studies and their foundation in taxonomic scholarship. **BioScience** **57**: 974 – 979.
- Redecker, D.; Morton, J.B. & Bruns, T.D. 2000. Molecular phylogeny of the arbuscular mycorrhizal fungi *Glomus sinuosum* and *Sclerocystis coremioides*. **Mycologia** **92**: 282 – 285.
- Redecker, D.; Kodner, R. & Graham, L.E. 2002. Palaeoglomus grayi from the Ordovician. **Mycotaxon** **84**: 33 – 37.
- Redecker, D.; Raab, P.; Oehl, F.; Camacho, F.J. & Courtecuisse, R. 2007. A novel clade of sporocarp-forming species of glomeromycotan fungi in the *Diversisporales* lineage. **Mycological Progress** **6**: 35 – 44.
- Renker, C.; Blaszkowski, J. & Buscot, F. 2007. *Paraglomus laccatum* comb. nov. - a new member of Paraglomeraceae (Glomeromycota). **Nova Hedwigia** **84**: 395-407.
- Rodrigues, A.; Dougall, T.; Dodd, J.C. & Clapp, J.P. 2001. The large subunit ribosomal RNA genes of *Entrophospora infrequens* comprise sequences related to two different glomalean families. **New Phytologists** **152**: 159 – 167.
- Rose, S. L. & Trappe, J. M. 1980. Three new endomycorrhizal *Glomus* spp. associated with actinorrhizal shrubs. **Mycotaxon** **10**: 413-420.
- Rose, S.; Daniels, B.A. & Trappe, J.M. 1979. *Glomus gerdemannii* sp. nov. **Mycotaxon** **8**: 297-301.
- Rosendahl, S. 2008. Communities, populations and individuals of arbuscular mycorrhizal fungi. **New Phytologist** **178**: 253–266
- Rosselló-Mora, R. & Amann, R. 2001. The species concept for prokaryotes. **FEMS Microbiology Reviews** **25**:39-67.
- Rossmann, A.Y.; Tullios, R.E.; O'Dell, T.E. & Thorn, R.G. 1998. **Protocols for an All Taxa Biodiversity Inventory of Fungi in a Costa Rican Conservation Area**. Boone, Parkway Publishers
- Rothwell, F. M. & Trappe, J. M. 1979. *Acaulospora bireticulata* sp. nov. **Mycotaxon** **8**: 471 – 475.
- Rothwell, F. M. & Victor, B. U. 1984. A new species of Endogonaceae: *Glomus botryoides*. **Mycotaxon** **20**: 163-167.
- Ryvarden, L. 2004. **Synopsis Fungorum**. Vol.18. Oslo, Fungiflora.
- Schenck, N. C. & Pérez, Y. 1988. **Manual for the identification of VA Mycorrhizal fungi**. 2º ed. Synergistic Publishing, Gainesville.
- Schenck, N. C. & Pérez, Y. 1990. **Manual for the identification of VA Mycorrhizal fungi**. 3º ed. Synergistic Publishing, Gainesville.

- Schenck, N. C. & Smith, G. 1982. Additional new and unreported species of mycorrhizal fungi (Endogonaceae) from Florida. **Mycologia** **74**: 77- 92.
- Schenck, N. C.; Spain, J. I. L.; Sieverding, E. & Howeler, R. H. 1984. Several new and unreported VA mycorrhizal fungi (Endogonaceae) from Colombia. **Mycologia** **76**: 685-699.
- Schenck, N. C.; Spain, J. L. & Sieverding, E. 1986. A new sporocarpic species of *Acaulospora* (Endogonaceae). **Mycotaxon** **25**: 111 -117.
- Schüßler, A.; Mollenhauer, D.; Schnepf, E. & Kleuge, M. 1994. *Geosiphon pyriforme*, an endosymbiotic association of fungus and cyanobacteria: the spores structure resembles that of arbuscular mycorrhizal (AM) fungi. **Botanica Acta** **107**: 36 – 45.
- Schüßler, A.; Schwarzott, D. & Walker, C. 2001. A new phylum, the Glomeromycota: phylogeny and evolution. **Mycological Research** **105**: 1413 – 1421.
- Schultz, P.A.; Bever, J.D. & Morton, J.B. 1999. *Acaulospora colossica* sp. nov. from an old field in North Carolina and morphological comparisons with similar species, *A. leavis* and *A. koskei*. **Mycologia** **91**: 676 – 683.
- Sieverding, E. 1987. A VA mycorrhizal fungus, *Glomus glomerulatum* sp. nov., with two hyphal attachments and spores formed only in sporocarps. **Mycotaxon** **29**: 73-79.
- Sieverding, E & Toro, TS. 1987a. *Acaulospora denticulata* sp. nov. and *Acaulospora rehmi* sp. nov. (Endogonaceae) with ornamented spore walls. **Angewandte Botanik** **61**:217-223.
- Sieverding, E. & Toro, T.S. 1987b. *Entrophospora schenckii*: A new species in the Endogonaceae from Colombia. **Mycotaxon** **28**: 209-214.
- Sieverding, E. 1988. Two new species of VA mycorrhizal fungi in the Endogonaceae from tropical highlands of Africa. **Angewandte Botanik** **62**: 373-380.
- Sieverding, E.; Chaverri, A. & Rojas, I. 1988. *Acaulospora splendida*, a new species in the Endogonaceae from Costa Rica. **Mycotaxon** **33**: 251 -256.
- Sieverding, E. & Oehl, F. 2006. Revision of *Entrophospora* and description of *Kuklospora* and *Intraspora*, two new genera in the arbuscular mycorrhizal Glomeromycota. **Journal of Applied Botany and Food Quality** **80**: 69 – 81.
- Silva, D.K.; Freitas, N.O.; Cuenca, G.; Maia, L.C. & Oehl, F. 2008. *Scutellospora pernambucana*, a new fungal species in the *Glomeromycetes* with a diagnostic germinal orb. **Mycotaxon** **106**: 361-370.
- Silva, G.A. 2004. **Aspectos taxonômicos e filogenéticos em fungos micorrízicos arbusculares (Glomeromycota)**. Tese de Doutorado. Recife, Universidade Federal de Pernambuco.
- Silva, G.A.; Maia, L.C.; Sturmer, S.L. 2005. A dichotomous key to *Scutellospora* species (Gigasporaceae, Glomeromycota) using morphological characters. **Mycotaxon** **94**: 293-301.
- Silva, G.A.; Lumini, E.; Maia, L.C.; Bonfante, P. & Bianciotto, V. 2006. Phylogenetic analysis of Glomeromycota by partial LSU rDNA sequence. **Mycorrhiza** **16**: 183 – 189.
- Sinclair, R. C.; Greuning, J. V. & Eicker, A. 2000. A new species of sporocarpic Glomales from South Africa. **Mycotaxon** **74**: 337 – 342.
- Siqueira, J. O. 1996. Micorrizas e Micorrizologia. In: **Avanços em Fundamentos e Aplicação de Micorrizas**. J.O. Siqueira. Ed. UFLA, DCS, DCF, Lavras, p.1-4,
- Skou, J.P. & Jakobsen, I. 1989. Two new *Glomus* species from arable land. **Mycotaxon** **36**: 273-282.
- Smith, G. S. & Schenck, N. C. 1985. Two new dimorphic species in the Endogonaceae: *Glomus ambisporum* and *Glomus heterosporum*. **Mycologia** **77**: 566-574.
- Smith, S.E. & Read, D.J. 1997. **Mycorrhizal Symbiosis**. Academic Press, San Diego.

- Souza, F.A. & Silva, E.M. 1996. Micorrizas arbusculares na revegetação de áreas degradadas. In: **Avanços em Fundamentos e Aplicação de Micorrizas**. J. O. Siqueira. (Org.) UFLA, DCS, DCF, Lavras. pp.255-290.
- Spain, J. L.; Sieverding, E. & Schenck, N. C. 1989a. *Gigaspora ramisporophora*: a new species with novel sporophoros from Brazil. **Mycotaxon** **34**: 667 – 677.
- Spain, J. L.; Sieverding, E. & Toro, T. 1989b. *Scutellospora biornata*: a new species in the Endogonaceae from the Llanos Orientales of Colombia. **Mycotaxon** **35**: 219 – 227.
- Spain, J. L. 1990. Arguments for diagnoses based on unaltered wall structure. **Mycotaxon** **38**: 71 – 76.
- Spain, J.L. 1992. Patency of shields in water mounted spores of four species in *Acaulosporaceae* (Glomales). **Mycotaxon** **43**: 331-339.
- Spain, J.L. 1996. *Glomus brasilianum*: an ornamented species in the Glomaceae. **Mycotaxon** **50**: 137-142.
- Spain, J.L. & Miranda, J.C. 1996. *Scutellospora cerradensis*: an ornamented species in the Gigasporaceae (Glomales) from the cerrado region of Brazil. **Mycotaxon** **55**: 129-136.
- Spain, J.L. 2003. Emendation of *Archaeospora* and of its type species, *Archaeospora trappei*. **Mycotaxon** **87**: 109 – 112.
- Spain, J.L.; Sieverding, E. & Oehl, F. 2006. *Appendicispora*: a new genus in the arbuscular mycorrhizal-forming Glomeromycetes, with a discussion of the genus *Archaeospora*. **Mycotaxon** **97**: 163 – 182.
- Stearn, W.T. 2000. **Botanical Latin**. Portland, Timber Press.
- Stürmer, S.L. & Bellei, M.M. 1994. Composition and seasonal variation of spore populations of arbuscular mycorrhizal fungi in dune soils on the island of Santa Catarina, Brasil. **Canadian Journal of Botany** **72**:359-363.
- Stürmer, S. L. & Morton, J. B. 1997. Developmental patterns defining morphological characters in spores of four species in *Glomus*. **Mycologia** **89**: 72-81.
- Stürmer, S.L. & Morton, J.B. 1999a. *Scutellospora rubra*, a new arbuscular mycorrhizal species from Brazil. **Mycological Research** **103**: 949-954.
- Stürmer, S.L. & Morton, J.B. 1999b. Taxonomic reinterpretation of morphological characters in Acaulosporaceae based on developmental patters. **Mycologia** **91**: 849-857.
- Stürmer, S.L. 1999. Evolução, classificação e filogenia de fungos micorrízicos arbusculares. In: Siqueira, J.O.; Moreira, S.N.; Lopes, S.A.; Guilherme, L.R.G.; Fakuin, V. Furtin-Neto, A.E.; Carvalho, J.G. (Orgs.) **Interrelação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas**. Lavras: Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, pp. 797-897.
- Swarupa Rani, S.; Kunwar, I.K.; Prasad, G.S. & Manoharachary, C. 2004. *Glomus hyderabadensis*, a new species: its taxonomy and phylogenetic comparison with related species. **Mycotaxon** **89**: 245 – 253.
- Tandy, P. A. 1975. Sporocarpic species of Endogonaceae in Australia. **Australian Journal of Botany** **23**: 849 – 866.
- Tang, Z. & Zang, M. 1984. Additions to the key of Endogonaceae and a new species of mycorrhizal fungus, *Glomus citricolus*. **Acta Botánica Yunnanica** **6**: 296-304.
- Taylor, J.W.; Jacobson, D.J.; Kroken, S.; Kasuga, T.; Geiser, D.M.; Hibbett, D.S. & Fisher, M.C. 2000. Phylogenetic species recognition and species concepts in fungi. **Fungal Genetics and Biology** **31**: 21-32.
- Taylor, T.N.; Remy, W.; Hass, H. & Kerp, H. 1995. Fossil arbuscular mycorrhizae from the early Devonian. **Mycologia** **87**: 560 – 573.
- Thaxter, R. 1922. A revision of Endogonaceae. **Proceedings of the American Academy of Art and Sciences** **57**: 291 – 351.
- Trappe, J. M. 1977. Three new Endogonaceae: *Glomus constrictus*, *Sclerocystis clavispora*,

- and *Acaulospora scrobiculata*. **Mycotaxon** **6**: 359-366.
- Trappe, J. M. 1979. *Glomus segmentatus* sp. nov. **Transactions of the British Mycological Society** **73**: 362.
- Trappe, J. M., Bloss, H. E. & Menge, J. A. 1984. *Glomus deserticola* sp. nov. **Mycotaxon** **20**: 123-127.
- Trappe, J.M. & Schenck, N. C. 1982. Taxonomy of the fungi forming endomycorrhizae In: **Methods and principles of mycorrhizal research**. St. Paul: American Phytopathological society. 244p.
- Trufem, S.F.B. 1990. Aspectos ecológicos de fungos micorrízicos vesículo – arbusculares de mata tropical úmida da Ilha do Cardoso, SP, Brasil. **Acta Botanica Brasilica** **4**: 31-45.
- Tulasne, L.R. & Tulasne, C. 1845. Fungi nonnulli hipogaei, novi v. minus cognito act. **Giornale Botanico Italiano** **2**: 55 – 63.
- Turnau, K.; Ryszka, P.; Gianinazzi-Person, V. & Tuinen, D. 2001. Identification of arbuscular mycorrhizal fungi in soils and roots of plants colonizing zinc wastes in Southern Poland. **Mycorrhiza** **10**:169-174.
- Velázquez, M.S.; Cabello, M.; Irrazabal, G. & Godeas, A. 2008. *Acaulosporaceae* from El Palmar National Park, Entre Ríos, Argentina. **Mycotaxon** **103**: 171–187.
- Walker, C. 1979. *Complexipes moniliformis*: a new genus and species tentatively placed in the Endogonaceae. **Mycotaxon** **10**: 99 – 104.
- Walker, C & Trappe, J.M. 1981. *Acaulospora spinosa* sp nov. with a key to the species of *Acaulospora*. **Mycotaxon** **12**: 515-521.
- Walker, C. & Rhodes, L.H. 1981. *Glomus albidum*: a new species in the Endogonaceae. **Mycotaxon** **12**: 509-514
- Walker, C. 1982. Species in the Endogonaceae: A new species (*Glomus occultum*) and a new combination (*Glomus geosporum*). **Mycotaxon** **15**: 49-61.
- Walker, C. 1983. Taxonomic concepts in the Endogonaceae: spore wall characteristics in species descriptions. **Mycotaxon** **18**: 443 – 455.
- Walker, C.; Reed, L.E. & Sanders, F.E. 1984. *Acaulospora nicolsonii*, a new endogonaceous species from Great Britain. **Transactions of the British Mycological Society** **83**: 360-364.
- Walker, C. 1986. Taxonomic concepts in the Endogonaceae: II. A fifth morphological wall type in Endogonaceous spores. **Mycotaxon** **25**: 95 – 97.
- Walker, C.; Pfeiffer, C.M. & Bloss, H.E. 1986. *Acaulospora delicata* sp. nov. - an endomycorrhizal fungus from Arizona. **Mycotaxon** **25**: 621-628.
- Walker, C. & Sanders, F.E. 1986. Taxonomic concept in the Endogonaceae: III. The separation of *Scutellospora* gen. nov. from *Gigaspora* Gerd. & Trappe. **Mycotaxon** **27**: 169 – 182.
- Walker, C. & Koske, R. E. 1987. Taxonomic concepts in the Endogonaceae: IV. *Glomus fasciculatum* redescribed. **Mycotaxon** **30**: 253-262.
- Walker, C. & Diederichs, C. 1989. *Scutellospora scutata* sp. nov., a newly described endomycorrhizal fungus from Brazil. **Mycotaxon** **35**: 357-361.
- Walker, C. 1991. *Scutellospora* is *Scutellospora*. **Mycotaxon** **40**: 141-143.
- Walker, C. & Trappe, J.M. 1993. Names and epithets in the Glomales and Endogonales. **Mycological Research** **97**: 339-244.
- Walker, C.; Gianinazzi-Pearson, V. & Marion-Espinasse, H. 1993. *Scutellospora castanea*, a newly described arbuscular mycorrhizal fungus. **Cryptogamie Mycologie** **14**: 279-286.

- Walker, C.; Giovannetti, M.; Avio, L.; Citeresi, A. S. & Nicolson, T. H. 1995. A new fungal species forming arbuscular mycorrhizas: *Glomus viscosum*. **Mycological Research** **99**: 1500-1506.
- Walker, C.; Cuenca, G. & Sánchez, F. 1998. *Scutellospora spinosissima* sp. nov. a newly described Glomalean fungus from low nutrient communities in Venezuela. **Annals of Botany** **82**: 721 – 725.
- Walker, C. & Vestberg, M. 1998. Synonymy amongst the arbuscular mycorrhizal fungi: *Glomus claroideum*, *G. maculosum*, *G. multisubstansum* and *G. fistulosum*. **Annals of Botany** **82**: 601-624.
- Walker, C. & Schüßler, A. 2004. Nomenclatural clarifications and new taxa in the *Glomeromycota*. **Mycological Research** **108**: 981 – 982.
- Walker, C.; Blaszkowski, J.; Scuessler, D. & Schwarzott, A. 2004. *Gerdemannia* gen. nov. a genus separated from *Glomus* and *Gerdemanniaceae* fam. nov., a new family in the *Glomeromycota*. **Mycological Research** **108**: 707 – 718.
- Walker, C.; Vestberg, M.; Demircik, F.; Stockinger, H.; Saito, M.; Sawaki, H.; Nishimura, I. & Schuessler, A. 2007a. Molecular phylogeny and a new taxa in the *Achaeosporales* (Glomeromycota): *Ambispora fennica* gen. sp. nov., *Ambisporaceae* fam. nov., and emendation of *Archaeospora* and *Archaeosporaceae*. **Mycological Research** **111**: 137 – 153.
- Walker, C.; Vestberg, M. & Schuessler, A. 2007b. Nomenclatural clarifications in *Glomeromycota*. **Mycological Research** **111**: 253 – 256.
- Walker, C. 2008. *Ambispora* and *Ambisporaceae* resurrected. **Mycological Research** **112**: 297 - 298.
- Wu C.G. & Chen Z.O. 1986. The Endogonaceae of Taiwan: 1. A preliminary investigation on Endogonaceae of bamboo vegetation at Chi-Tou areas, Central Taiwan. **Taiwania** **31**: 65-88.
- Wu, C.G. & Chen, Z.C. 1987. The Endogonaceae of Taiwan II. Two new species of *Sclerocystis* from Taiwan. **Transactions Mycological Society R.O.C.** **2**: 73 – 83.
- Wu, C.G. 1993a. Glomales of Taiwan: IV. A monograph of *Sclerocystis* (Glomaceae). **Mycotaxon** **59**: 327-349.
- Wu, C.G. 1993b. Glomales of Taiwan: III. A comparative study of spore ontogeny in *Sclerocystis* (Glomaceae, Glomales). **Mycotaxon** **47**: 25 – 39.
- Wu, C.G. & Liu, Y.S. 1995. Glomales of Taiwan V. *Glomus chimonobambusae* and *Entrophospora kentinensis*, spp. nov. **Mycotaxon** **53**: 283-294.
- Wu, C.G.; Liu, Y.S. & Hung, L.L. 1995. Spore development of *Entrophospora kentinensis* in an aeroponic system. **Mycologia** **87**: 582 – 587.
- Wubet, T.; Weiss, M.; Kottke, I. & Oberwinkler, F. 2003. Morphology and molecular diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in wild and cultivated yew (*Taxus baccata*) **Canadian Journal of Botany** **81**: 255 – 266.
- Zhang, Z.W. & Wang, Y.S. 1991. A key to the species in *Glomus*. **Microbiology** **18**: 367 – 371.
- Zycha, H. 1935. **Mucorineae**. Kryptogamenfl. Mark Brandenburg. Leipzig.

Glossário

Albinismo = Modificação genética que se caracteriza pela ausência de pigmentação nos organismos. **Comentário:** Para FMA há apenas um registro de albinismo realizado por Almeida & Schenck (1989) e ainda não comprovado.

Anamorfo = Organismo de origem clonal, ou seja, com desenvolvimento assexuado.

Arbúsculo = Hifa altamente ramificada responsável pela troca de nutrientes entre os simbiontes.

Azigosporo = Um zigosporo partenogenético, característico dos *Mucorales*.

Bulbo = ver célula suspensoróide.

Camada de parede = Unidade estrutural da parede dos glomerosporos.

Célula suspensoróide = (bulbo) Termo referente à hifa com entumescimento terminal que dá origem a esporos de *Gigasporaceae*.

Célula auxiliar = Estruturas extraradiculares formadas por membros de *Gigasporaceae* e *Pacisporaceae* no solo, porém sem função definida.

Cicatriz = Marca geralmente globosa a subglobosa deixada pelo destacamento do sáculo esporífero dos esporos de *Acaulospora*, *Archaeospora*, *Entrophospora*, *Kuklospora*, *Intraspora* e *Otospora*.

Clamidosporo = estrutura de resistência unicelular, de origem endógena que possui uma parede interna hialina ou marrom.

Componente estrutural = (spore wall, parede do esporo) Termo adotado para designar as camadas que compõem a porção mais externa da parede do esporo.

Componente germinativo = (germinal wall, parede germinativa, inner wall, parede interna) Termo adotado para designar as camadas que compõem a porção mais interna da

parede do esporo. Conjunto de camadas relacionadas ao processo de germinativo dos FMA.

Conceito biológico de espécie = Engloba populações com capacidade de intercruzamento.

Conceito filogenético de espécie = Considera uma espécie a menor agregação de populações ou linhagens por uma única combinação de estados de caracteres em indivíduos comparáveis.

Conceito tipológico de espécie = Considera uma população ou um conjunto de populações cujo fenótipo é diferente de outras populações.

Conídio = esporo de origem clonal originado de um conidióforo.

Dimórfico = Quando no mesmo micélio há formação de dois tipos de esporos.

Ectocárpico = Fora do “fruto”. Refere-se a espécies que formam esporos isoladamente no solo.

Efêmero = Refere-se a alguma coisa passageira de vida curta. **Comentário:** Termo geralmente relacionado a camada evanescente da parede dos glomerosporos.

Especiação = Processo evolutivo que conduz ao surgimento de novas espécies.

Espécies-irmãs = Populações fenotipicamente semelhantes ou idênticas que estão reprodutivamente isoladas umas das outras.

Esporocarpos = Sementes em “frutos”. Referente ao conjunto de esporos, agregados frouxamente ou altamente organizados.

Esporóforos = Estruturas que originam um esporo podendo ser uma hifa ramificada ou não.

Esporos = sementes. Termo genérico usado para as estruturas reprodutivas dos fungos.

Glomerosporos = Estruturas reprodutivas assexuadas formadas no fim de uma hifa de sustentação, bulbo suspensor, ou de um sáculo esporífero, nesse caso podendo ser lateral ou intercalar, com ou sem um componente germinativo, apresentando ou não

placa germinativa ou orb, tipicamente formado por fungos que formam associação simbiótica mutualística com plantas.

Grupo de parede = Termo adotado por Walker para designar o agrupamento de algumas camadas em esporos quebrados.

Hifa de sustentação = Hifa que origina esporos glomóides (*Glomus*, *Diversispora*, *Paraglomus*, *Pacispora*, e os sinanomorfos glomóides de *Archaeospora* e *Ambispora*).

Isotipo = Um espécime duplicata do tipo.

Lóbulo = Refere-se aos compartimentos formados pelas placas germinativas ou orbs que originam os tubos germinativos em *Acaulospora*, *Archaeospora*, *Ambispora*, *Kuklospora*, *Otospora**, *Entrophospora**, *Intraspora**, *Racocetra*, *Cetraspora*, *Dentiscutata*, *Quatunica*, *Scutellospora*. (*estruturas de germinação ainda não foram observadas).

Manto = Rede de hifas que recobre as raízes ectomicorrizadas. Esse termo tem sido usado também para designar a rede de hifas que recobre glomerosporos. Porém, o termo mais preciso para essa rede de hifas é peridiosporo.

Mitosporo = Esporo originado de um mitosporângio dos antes denominados fungos mitospóricos, na verdade anamorfos de Ascomycota e Basidiomycota.

Monofilético = Grupo com origem filética comum.

Murografia = Um esquema para representar a composição da parede dos glomerosporos.

Murônimia = Um esquema baseado em letras para representar a parede dos esporos.

Narrativa histórica = Uma teoria proposta para explicar eventos passados que deve ser testável.

Oclusão = Termo usado para designar o fechamento do poro formado entre o esporo e a hifa que dá origem ao esporo.

Ontogenia = Desenvolvimento desde a fase inicial até a adulta; para os FMA também está relacionado ao processo de formação e diferenciação da parede dos glomerosporos.

Orb = similar a uma placa germinativa; originalmente designada para membros de *Acaulosporaceae*, atualmente é usado também em *Ambispora*, *Pacisporaceae* e *Kuklospora*.

Parede do esporo = (Spore wall) Termo utilizado por Morton para designar o grupo mais externo de camadas na parede do glomerosporo.

Parede germinativa = (Germinal wall ou Inner wall) Termo utilizado por Morton para designar o(s) grupo(s) mais interno(s) de camadas na parede de um glomerosporo.

Pedicelo = Vestígio da inserção do sáculo esporífero similar a uma hifa de sustentação de esporos glomóides. Geralmente está relacionado a glomerosporos acaulosporóides do gênero *Ambispora*.

Perídio = Rede de hifas que recobre os esporocarpos.

Peridiosporo = Rede de hifas que recobre apenas esporos.

Placa germinativa (compartimento germinativo) = (Germinal shield) Termo amplamente utilizado para designar estrutura especializada para germinação, formada principalmente em *Scutellospora*, *Racocetra*, *Cetraspora*, *Dentiscutata* e *Quatunica* durante o processo germinativo.

Plexo central = Aglomerado de hifas entrelaçadas que dá origem a esporos de forma radial, formando uma camada única ao redor do plexo. Ocorre geralmente nas espécies com esporocarpos mais organizados.

Pluralismo = Quando um fenômeno observado requer múltiplas explicações. Nesse contexto, o conceito de espécie pode ser considerado como pluralismo, pois requer várias explicações.

Polifilético = Grupos de organismos com origem filética distinta.

Poro = Abertura observada nos esporos e geralmente relacionada à inserção de uma hifa de sustentação.

Reação amilóide = Quando a estrutura do fungo adquire coloração azulada.

Reação dextrinóide = Quando a estrutura do fungo adquire coloração avermelhada.

Reagente de Melzer = Composto à base de iodo usado originalmente para corar representantes de *Russula*.

Sáculo esporífero = Hifa que origina uma estrutura globosa a subglobosa, similar a um esporo glomóide que após completar o desenvolvimento origina, lateralmente ou de modo intercalar no pescoço ou base do sáculo, um esporo de *Acaulospora*, *Ambispora*, *Archaeospora*, *Entrophospora*, *Kuklospora*, *Intraspora* ou *Otospora*.

Septo = Estrutura que separa o material citoplasmático entre o esporo e hifa de sustentação, ou que separa porções de uma mesma hifa. Formado geralmente invaginação da parede.

Sinanomorfo = Termo usado para referir diferentes morfologias em um mesmo organismo.

No filo Glomeromycota apenas os gêneros *Ambispora* e *Archaeospora* apresentam sinanomorfos acaulosporóide e glomóide no mesmo micélio.

Tipo = Organismos usado originalmente para a descrição de uma espécie, sendo a principal referência para consultas.

Tubo germinativo: Primórdio hifal tendo origem durante o processo germinativo de um esporo.

Unizigosporocarpo = (Uni) – referente a único. (Zygo) - referente à origem filética relacionada aos Zygomycetes. (esporocarpo) – referente ao comportamento de ser formado em agregado. Termo utilizado por Wu & Lin (1997) para caracterizar as estruturas reprodutivas de *Peridiospora tatachia* e *P. reticulata*, Zygomycetes da família Endogonaceae que são morfológicamente similares aos FMA.

Vitalismo = Crença na existência de uma força oculta e invisível nos organismos vivos responsável pela manifestação da vida.

Zigosporos = Esporos originado a partir da fusão de gametângios, típico dos Zygomycetes.

ANEXOS

Acta bot. bras. 19(3): 633-637. 2005

Sporocarpic species of arbuscular mycorrhizal fungi (Glomeromycota), with a new report from Brazil

Bruno Tomio Goto¹ and Leonor Costa Maia^{1,2}

Received: September 17, 2004. Accepted: February 18, 2005

RESUMO – (Espécies esporocárpicas de fungos micorrízicos arbusculares (Glomeromycota), com uma nova ocorrência para o Brasil). Os fungos micorrízicos arbusculares (FMA) são amplamente distribuídos nos ecossistemas terrestres; entretanto, espécies esporocárpicas são pouco documentadas em investigações sobre FMA. Cinco dessas espécies foram encontradas em remanescentes de Floresta Atlântica e em áreas cultivadas, no nordeste do Brasil: *Glomus glomerulatum*, *G. sinuosum*, *G. coremioides*, *G. fuegianum* e *G. taiwanensis*, sendo o último primeira ocorrência para o Brasil.

Palavras-chave: Glomerales, Glomeraceae, *Glomus*, micorriza arbuscular, diversidade

ABSTRACT – (Sporocarpic species of arbuscular mycorrhizal fungi (Glomeromycota), with a new report from Brazil). The arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) are widely distributed in terrestrial ecosystems; however the sporocarpic species are less documented on AMF surveys. Five of these species were found in natural areas of Atlantic Forest and in agricultural ecosystems of Northeast Brazil: *Glomus glomerulatum*, *G. sinuosum*, *G. coremioides*, *G. fuegianum* and *G. taiwanensis*, with the last one being registered for the first time in Brazilian soils.

Key words: Glomerales, Glomeraceae, *Glomus*, arbuscular mycorrhiza, diversity

Introduction

Many arbuscular mycorrhizal fungi (AMF), mostly sporocarpic species, are not well known regarding their distribution. Among the AMF species, the former sporocarpic genus *Sclerocystis* was poorly documented in tropical countries such as Brazil. Almeida & Schenck (1990) transferred most of the *Sclerocystis* species to the genus *Glomus*, maintaining only *S. coremioides*. Wu (1993) did not agree with this proposal, while Redecker *et al.* (2000) based on molecular studies, indicated that *S. coremioides* belongs to a clade that contains *Glomus* species. Today, among the sporocarpic species of AMF, only two belong to the genus *Acaulospora*, all others are included in *Glomus*.

The term sporocarp is used for the arrangement of spores in *Acrasiomycota*, *Myxomycota* and *Endogonales* (Kirk *et al.* 2001). The AMF, initially included among the *Endogonales*, were transferred to *Glomerales* (Morton & Benny 1990) but actually constitute a phylum: *Glomeromycota* (Schubler *et al.* 2001). The term sporocarp for this group of organisms is complex, since that similar structures are referred as

“cluster” of spores for some authors, while others mention such structures as “sporocarp”. However, as considered by Schenck & Pérez (1990), sporocarp is a structure with spores borne closely together that may be surrounded by peridial hypha. The species earlier included in *Sclerocystis* have a complex arrangement of their sporocarpic structure, while other *Glomus* species have a less complex arrangement of spores. Species such as *Glomus glomerulatum* Sieverding whose spores have two subtending hypha, present a more complex hyphal arrangement, while others such as *Glomus fasciculatum* (Thaxter) Gerd. & Trappe emend. Walker & Koske have only one subtending hypha per spore and a less complex structure. However, other species (*G. aggregatum* (Schenck & Smith) emend. Koske) show characters that are intermediate, between those of *G. glomerulatum* and *G. fasciculatum*, with spores presenting one or two subtending hypha in the same sporocarp. Thus, the term sporocarp used for the AMF include species with spores in clusters and species with more complex structures such as those found in *G. coremioides*, *G. sinuosum* and *G. taiwanensis*. This work describes

¹ Universidade Federal de Pernambuco, Departamento de Micologia, Av. Prof. Nelson Chaves s/n, Cidade Universitária, CEP 50670-420, Recife, PE, Brasil

² Corresponding Author: leonorcmaia@yahoo.com.br

634 Goto & Maia: Sporocarpic species of arbuscular mycorrhizal fungi (Glomeromycota), with a new report from Brazil

sporocarpic species of AMF registered in some Brazilian soils.

Material and methods

Soil samples were taken from areas cultivated with both *Anacardium occidentale* L. (cashew) and *Manihot sculenta* Cranz. (cassava), in the Municipality of Pacajus (04°10'21"S and 38°27'38"W), Ceará State; and also in areas cultivated with *Passiflora alata* Dryander (sweet passion fruit) in Limoeiro (07°52'29"S and 35°27'01"W), and *Hancornia speciosa* Gomes (mangaba), in Sirinhaém (8°35'30"S and 35°07'00"W), both cities in the State of Pernambuco. In natural ecosystems, soil samples were taken from remnants of Atlantic Forest, in Igarassu (7°50'20"S and 35°00'10"W) and Cabo de Santo Agostinho (8°28'66"S and 35°03'50"W), north and south of the State of Pernambuco, respectively. All samples were taken at random, from 5-20 cm deep. Spores were extracted from soil by wet sieving and sucrose centrifugation (Gerdesmann & Nicolson 1963; Jenkins 1964), separated in Petri dishes on a stereomicroscope and mounted in glass slides with PVLG (Schenck & Pérez 1990).

Results

Five species of *Glomus* are described, with references to the geographical distribution in Brazil.

1. *Glomus glomerulatum* Sieverding, 1987 (Mycotaxon 29:74).

Fig. 1-2.

Sporocarps subglobose to irregular. Spores globose (50-70 µm) to subglobose, all of them with 2-3 subtending hypha. Wall in a group with two layers, the first laminated, from gold yellow to dark brown and the second membranous, thin (<1.0 µm) and hyaline. Subtending hypha delicate and interwoven inside the sporocarp. Septum viewed only in one of the hypha, in spores presenting large thickness of the wall next to the point of insertion of the subtending hypha, as referred in the original description.

Sporocarps of *G. glomerulatum* are similar to those of *G. fasciculatum*, *G. aggregatum* and *G. microaggregatum* Koske, Gemma & Olexia; however in *G. glomerulatum* all spores present 2-3 subtending hyphae, while in the other species the spores have only one subtending hypha. The spores of *G. glomerulatum* that we observed possessed an external

wall, as described by Sieverding (1987).

Material examined: **BRAZIL. Pernambuco:** Municipality of Limoeiro, in the rhizosphere of *Passiflora alata*; Ecological Station of Gurjaú, Municipality of Cabo de Santo Agostinho, in Atlantic Forest area. (IX/2000), Goto URM 44245.

Distribution and habitat: spores found in natural (Atlantic Forest) and agricultural ecosystems, Brazil, Pernambuco State, and in the Amazonian Forest, Brazil, Pará State (Caproni *et al.* 2003).

2. *Glomus taiwanensis* (Wu & Chen) Almeida & Schenck, 1990 (Mycologia 82:711) ex Y.J. Yao, 1995 (Kew Bull. 50:306).

Fig. 3-4.

Sporocarps globose, without peridium, dark brown at the stereomicroscope and red brown at the light microscope. Presence of debris attached to the sporocarp. Spores clavate to cylindrical (84 µm long, 16.8 µm wide at the base and 18.8 µm wide at the apex), brown to slightly red, with the apex darker. Wall in a group, with the external layer thin, hyaline, evanescent and the inner layer laminated, brown. Wall thinner at the base of the spore (3.7 µm) and wider at the apex (20 µm). Spores formed in a radial distribution. Only one subtending hypha per spore. Central plexus approximately 100 µm diam. Sporophores observed in different developmental stages.

This species is similar to *G. clavispurum* (Trappe) Almeida & Schenck in arrangement of the spores inside the sporocarp, in form, as well as in colour. However, *G. clavispurum* presents two spore types: one longer and other wider, with two well defined layers of the same thickness, while *G. taiwanensis* have only one spore type and also presents an evanescent, hyaline layer, easily detached from the laminated wall layer (Wu 1993).

Material examined: **BRAZIL. Pernambuco:** Municipality of Igarassu, in remnant of Atlantic Forest, (II/2003), Melo, URM 45717.

Distribution and habitat: spores isolated only from Atlantic Forest, Pernambuco State, Brazil.

3. *Glomus fuegianum* (Spagazzini) Trappe & Gerd., 1974 (Mycol. Mem. 5:58).

Sporocarps subglobose (273×211 µm), light brown. Peridium scant. Spores subglobose to slightly elongated (97.7-39.4×37.6(-60.1) µm, brown, in a central plexus of thin, interconnected hypha. Only one subtending hypha per spore. Septum not observed. Wall from 5.4-9.4 µm wide, with two layers; one external, thin,

Acta bot. bras. 19(3): 633-637. 2005.

635

easily detached from the inner, laminated, brown layer.

Glomus fuegianum has clusters that are much more compact than in *G. australe* (Berkeley) Berch. Besides, the spores of *G. fuegianum* "tend to be elongated, their shape resulting from mutual packing in the tight clusters", as mentioned by Berch & Fortin (1983), while those of *G. australe* are globose.

This is the first report, in Brasil, of *G. fuegianum*; sporocarps of this species were observed and described in Poland (Błaszowski *et al.* 1998) and Australia (McGee & Trappe 2002). The sporocarps observed in Brazilian soils do not show well defined peridium, confirming data from Błaszowski *et al.* (1998) who mentioned sporocarps of *G. fuegianum*

without a peridium.

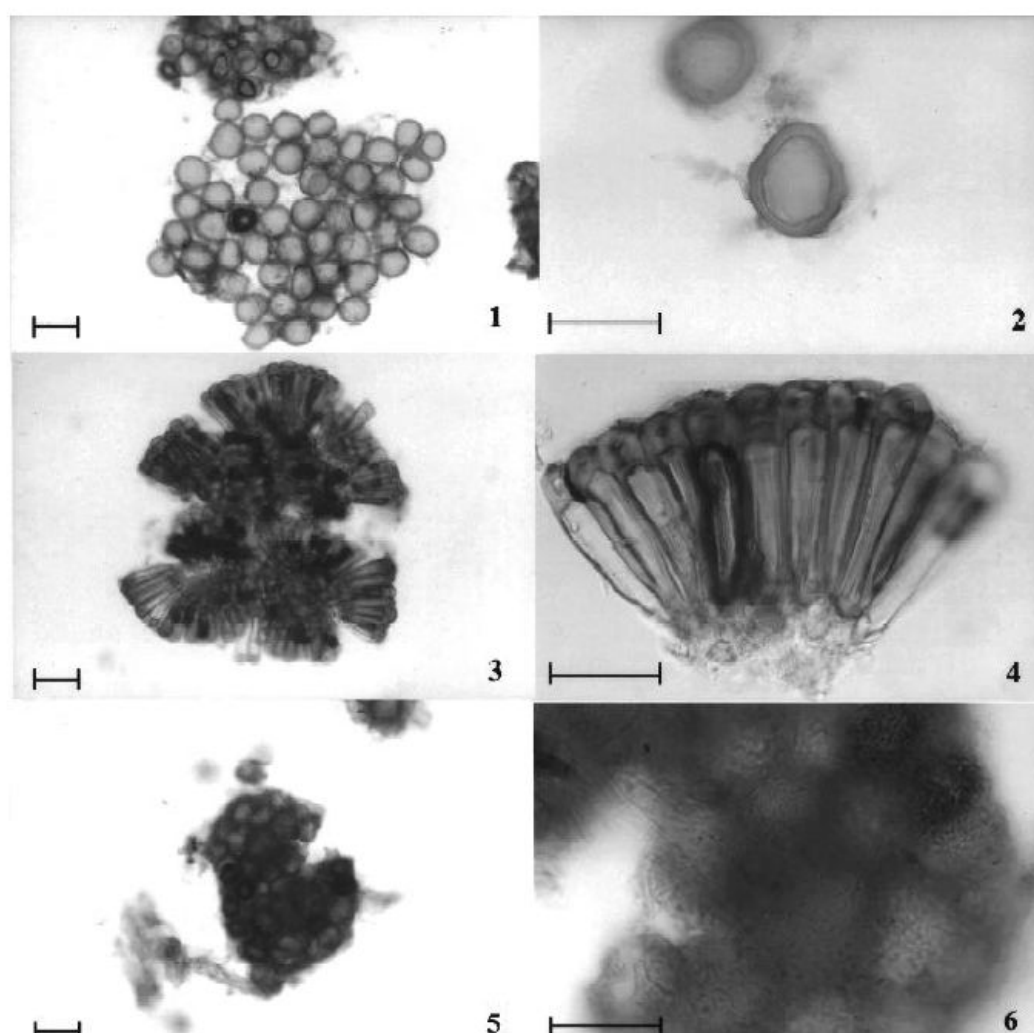
Material examined: **BRAZIL. Pernambuco:** Municipality of Sirinhaém, in the rhizosphere of *Hancornia speciosa* (mangaba). (VI/2002), Costa, URM 45718.

Distribution and habitat: spores isolated only in areas cultivated with *H. speciosa*, Pernambuco State, Brazil.

4. *Glomus sinuosum* (Gerd. & Bakshi) Almeida & Schenck 1990 (Mycologia 82:710).

Fig. 5-6.

Sporocarp globose to subglobose with peridium brown to dark brown (446×330 µm). Subtending hypha with thick wall, interwoven in a sinuose way. Central



Figures 1-6. Spores and sporocarps of species of Glomeromycota. 1-2. *Glomus glomerulatum* Sieverding. General view of a sporocarp and spores with its subtending hypha. 3-4. *Glomus taiwanensis* (Wu & Chen) Almeida & Schenck. General view of a sporocarp and detail of spores. 5-6. *Glomus sinuosum* (Gerd. & Bakshi) Almeida & Schenck. General view of a sporocarp and detail of sinuose hypha from the peridium. Bar: 1, 3 and 5 = 100 µm; 2, 4 and 6 = 50 µm.

636 Goto & Maia: Sporocarpic species of arbuscular mycorrhizal fungi (Glomeromycota), with a new report from Brazil

plexus around 112 µm diam. Spores elongated (94 µm long), with thin wall (2-3 µm), light brown. Septum easily observed between the spore and its subtending hypha. A hyphal stalk originating the sporocarp, as referred by Wu (1993) was not observed.

At the stereomicroscope *G. sinuosum* is similar to *G. coremioides* but differs in the thickness of the peridium as well as in the hyphal arrangement.

Material examined: **BRAZIL. Ceará:** Municipality of Pacajus, in cultivated area. (VII/2003), Gugel, URM 44458.

Distribution and habitat: spores isolated from areas cultivated with both *Anacardium occidentale* and *Manihot esculenta*, Town of Pacajús, Ceará State, Brazil. *G. sinuosum* is widely distributed in Brazilian soils, being cited for agrosystems, Atlantic Forest, sand areas, sand dunes, Cerrado, Caatinga and sandbank (Bononi & Trufem 1983; Trufem & Bononi 1985; Trufem *et al.* 1989; Maia & Trufem 1990; Trufem & Viriato 1990; Trufem *et al.* 1994; Trufem 1995; Trufem & Malatinszki 1995; Souza *et al.* 1999; Carrenho & Trufem 2001; Souza *et al.* 2003; Yano-Melo *et al.* 2003).

5. *Glomus coremioides* (Berkeley & Broome) Redecker & Morton, 2000 (Mycologia 92:284).

Sporocarps red brown at the light microscope and dark brown at the stereomicroscope, hemispheric to spheric (814-)653×571(-499) µm, with thick peridium (56.4 µm). Spores globose (64 µm) to clavate in the same sporocarp. Spores with only one visible wall layer (5.6-3.7 µm). Wall formed by a laminated brown layer, with the same thickness all around. Septum easily observed in most of the spores. Only one subtending hypha per spore. Central plexus of interwoven hypha (307-)230×230(-192) µm.

At the stereomicroscope, sporocarps of *G. coremioides* are similar to those of *G. sinuosum*; however differ in thickness and in the hyphal arrangement of the peridium. In *G. coremioides* the peridium is thick without a sinuose hyphal structure and the sporocarp is hemispheric, while that of *G. sinuosum* is globose to subglobose.

Material examined: **BRAZIL. Pernambuco:** Recife. (VI/2002), Goto, URM 44457.

Distribution and habitat: spores isolated as contaminant in pot cultures of *Gigaspora albida* Schenck & Smith, Laboratório de Micorrizas, UFPE, Recife, Pernambuco State, Brazil. *G. coremioides* was cited in agrosystems, Atlantic Forest and sandbank (Maia & Trufem 1990; Trufem 1990; Trufem 1995).

Acknowledgements

Thanks are due to Inês Gugel, Cynthia Costa and Érika Anjos who provided the soil samples and to Drs. Sandra BotelhoTrufem and José Luis Bezerra for reviewing the manuscript.

References

- Almeida, R.T. & Schenck, N.C. 1990. A revision of the genus *Sclerocystis* (Glomaceae, Glomales). *Mycologia* 82(6): 703-714.
- Berch, S.M. & Fortin, J.A. 1983. Lectotypification of *Glomus macrocarpum* and proposal of new combinations: *Glomus australe*, *Glomus versiforme*, and *Glomus tenebrosus* (Endogonaceae). *Canadian Journal of Botany* 61: 2608-2617.
- Blaszkowski, J.; Madej, T. & Tadych, M. 1998. *Entrophospora baltica* sp. nov. and *Glomus fuegianum*, two species in the Glomales from Poland. *Mycotaxon* 68: 165-184.
- Bononi, V.L.R. & Trufem, S.F.B. 1983. Endomicorrizas vesículo-arbusculares do cerrado da Reserva Biológica de Moji-Guaçu, SP, Brasil. *Rickia* 10: 55-84.
- Caproni, A.L.; Franco, A.A.; Berbara, R.L.L.; Gralha, J.R.D.O.; Ribeiro, E.M.S. & Saggin Junior, O.J. 2003. Capacidade infectiva de fungos micorrízicos arbusculares em áreas reflorestadas após mineração de bauxita no Pará. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 38(3): 937-945.
- Carrenho, R. & Trufem, S.F.B. 2001. Caracterização morfológica de esporos de fungos micorrízicos arbusculares isolados de solo cultivado com milho, na Reserva Biológica e Estação Experimental de Moji-Guaçu, São Paulo, Brasil. *Hoehnea* 28(3): 191-208.
- Gerdemann, J.W. & Nicolson, T.H. 1963. Spores of mycorrhizal *Endogone* species extracted from soil by wet sieving and decanting. *Transactions of the British Mycological Society* 46: 235-244.
- Jenkins, W.R. 1964. A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. *Plant Disease Report* 48: 692.
- Kirk, P.M.; Cannon, P.F.; David, J.C. & Stalpers, J.A. 2001. *Dictionary of the Fungi*. 9th ed. Wallingford, CABI Publishing.
- Maia, L.C. & Trufem, S.F.B. 1990. Fungos micorrízicos vesículo-arbusculares em solos cultivados no estado de Pernambuco, Brasil. *Revista Brasileira de Botânica* 13: 89-95.
- McGee, P.A. & Trappe, J.M. 2002. The Australian zygomycetous mycorrhizal fungi. II. Further Australian Sporocarpic Glomaceae. *Australian Systematic Botany* 15: 115-124.
- Morton, J.B. & Benny, G.L. 1990. Revised classification of arbuscular mycorrhizal fungi (Zygomycetes): a new order, Glomales, two new suborders, Glomineae and Gigasporineae, and two new families, Acaulosporaceae and Gigasporaceae, with an emendation of Glomaceae. *Mycotaxon* 37: 471-491.

Acta bot. bras. 19(3): 633-637. 2005.

637

- Redecker, D.; Morton, J.B. & Bruns T.D. 2000. Molecular phylogeny of the arbuscular mycorrhizal fungi *Glomus sinuosum* and *Sclerocystis coremioides*. **Mycologia** 92(2): 282-285.
- Sieverding, E. 1987. A VA-mycorrhizal fungus, *Glomus glomerulatum* sp. nov., with two hyphal attachments and spores formed only in sporocarps. **Mycotaxon** 29: 73-79.
- Schenck, N.C. & Pérez, Y. 1990. **Manual for identification of VA mycorrhizal fungi**. Gainesville, Synergistic Publications.
- Schubler, A.; Schwarzott, D. & Walker, C. 2001. A new fungal phylum, the *Glomeromycota*: phylogeny and evolution. **Mycological Research** 102(12): 1413-1421.
- Souza, F.A.; Trufem, S.F.B.T.; Almeida, D.L.; Silva, E.M.R. & Guerra, J.G.M. 1999. Efeito de pré-cultivos sobre o potencial de inóculo de fungos micorrízicos arbusculares e produção de mandioca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 34(10): 1913-1923.
- Souza, R.G.; Maia, L.C.; Sales, M.F. & Trufem, S.F.B. 2003. Diversidade e potencial de infectividade de fungos micorrízicos arbusculares em áreas de caatinga, na Região de Xingó, Estado de Alagoas, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica** 26(1): 49-60.
- Trufem, S.F.B. 1990. Aspectos ecológicos de fungos micorrízicos vesículo-arbusculares da mata tropical úmida da Ilha do Cardoso, SP, Brasil. **Acta Botanica Brasilica** 4: 31-45.
- Trufem, S.F.B. 1995. Aspectos ecológicos de fungos micorrízicos arbusculares na rizosfera de plantas de restinga na Ilha do Cardoso, SP, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica** 18(1): 51-60.
- Trufem, S.F.B. & Bononi, V.L.R. 1985. Micorrizas vesículo-arbusculares de culturas introduzidas em áreas de Cerrado. **Rickia** 12: 165-187.
- Trufem, S.F.B.; Malatinszky, S.M.M. & Otomo, H.S. 1994. Fungos micorrízicos arbusculares em rizosferas de plantas do litoral arenoso do Parque Estadual da Ilha do Cardoso, SP, Brasil. 2. **Acta Botanica Brasilica** 8(2): 219-229.
- Trufem, S.F.B. & Malatinszky, S.M.M. 1995. Fungos micorrízicos arbusculares de Melastomataceae e outras plantas nativas resistentes e sensíveis à poluição na Reserva Biológica do Alto da Serra de Paranapiacaba, SP, Brasil. **Hoehnea** 22(1/2): 77-89.
- Trufem, S.F.B.; Otomo, H.S. & Malatinszky, S.M.M. 1989. Fungos micorrízicos vesículo-arbusculares em rizosferas de plantas em dunas do Parque Estadual da Ilha do Cardoso, São Paulo, Brasil. **Acta Botanica Brasilica** 3(2): 141-152.
- Trufem, S.F.B. & Viriato, A. 1990. Fungos micorrízicos vesículo-arbusculares da Reserva Biológica do Alto da Serra de Paranapiacaba, São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica** 13: 51-60.
- Wu, C.G. 1993. Glomales of Taiwan: III. A comparative study of spore ontogeny in *Sclerocystis* (Glomaceae, Glomales). **Mycotaxon** 47: 25-39.
- Yano-Melo, A.M.; Trufem, S.F.B. & Maia, L.C. 2003. Arbuscular mycorrhizal fungi in salinized and surrounded areas at the São Francisco Submedium Valley, Brazil. **Hoehnea** 30(2): 79-87.

MYCOTAXON

Volume 96, pp. 129–132

April–June 2006

**Glomerospores: a new denomination for the spores of
Glomeromycota, a group molecularly distinct
from the Zygomycota**

BRUNO TOMIO GOTO & LEONOR COSTA MAIA

*brunogoto@hotmail.com leonorcmaia@yahoo.com.br**Programa de Pós-Graduação em Biologia de Fungos,**Departamento de Micologia, Universidade Federal de Pernambuco**Av. Prof. Nelson Chaves s/n, Cidade Universitária, 50670-420, Recife, PE, Brazil*

Abstract—The arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) are grouped into the Glomeromycota phylum. However, the names used for the spores formed by these fungi are not clear, being based on morphological characters, some of which can be shared by fungi in separate phyla (Glomeromycota and Zygomycota – *Endogonales*), due to adaptative convergence. Considering also that all other phyla of fungi have their own characteristic spore types, with unique names, we propose a denomination to be used only for the spores of Glomeromycota.

Key Words—Glomeromycetes, mycorrhiza, taxonomy, terminology

Taxonomy

The terminology used for the spores of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) has changed according to each author's view, and different names such as chlamydospores, conidia, sporophores, azygospores or even simply spores have been used to describe these propagative structures (Gerdemann & Trappe 1974, Gibson 1985, Walker & Sanders 1986, Walker 1987, Morton 1988, Schenck & Pérez 1990, Tommerup & Sivasithamparam 1990).

Nowadays the AMF, earlier included in *Glomales*, an order of Zygomycetes (Morton & Benny 1990), are separated from the Zygomycota based on molecular studies. Schüssler et al. (2001) proposed the phylum Glomeromycota and indicated that these fungi are more closely related to Ascomycota and Basidiomycota than to Zygomycetes. This proposal has been accepted (Tehler et al. 2003), although for some it is premature to recognize the glomalean fungi as a phylum (Tanabe et al. 2005). Anyway, each fungal phylum has an appropriate name for its spores: ascospore for Ascomycota, basidiospore for Basidiomycota, zygospore for Zygomycota (Gerdemann & Trappe 1974, Alexopoulos et al. 1996). All of these are formed by sexual reproduction, while in Glomeromycota there is no evidence of a sexual process. On the other hand, asexual spores have different denominations, based on formation and similarity with spores of other groups.

130

Considering that in Glomeromycota the reproductive structures are apparently of asexual origin, there is no agreement among authors in regard to the nature of these spores (Morton 1988). The term chlamydospore, for example, was designated for the resistant spores of other species (Gerdemann & Trappe 1974). In *Acaulospora*, *Entrophospora* and *Gigaspora* the spores have been named azygospores, due to the similarity of the vesicle in the first two genera and the suspensor in the third, with the azygospores formed parthenogenetically in some Zygomycetes, a group in which the AMF were included.

This terminology is confused because within a phyletic group (Morton & Benny 1990, Schüssler et al. 2001), with reproduction exclusively asexual, the spores present diverse nature. This is not uncommon among other groups of asexual fungi such as the "Deuteromycetes", that form chlamydospores, blastospores, arthrospores and conidia (Alexopoulos et al. 1996).

Endogone Link contains fungi morphologically similar to the Glomeromycota, but its spores (zygospores), produced in sporocarps, have sexual origin (Alexopoulos et al. 1996), while azygospores are rarely observed (Berch & Fortin 1983). During zygospore formation, two walls are distinguished: an outer wall, from the zygosporangium, and an inner wall, from the zygospore (O'Donnell et al. 1978a, b). In the AMF, the spore presents a single unique wall (Maia & Kimbrough 1993) formed by many layers of different appearance (Walker 1983).

Germination of spores in *Endogonales* is similar to that of Glomeromycetes (*Acaulospora*, *Entrophospora*, *Scutellospora* and *Pacispora*), with the germ tube emerging either from a germinal shield, directly through the spore wall or from the hyphal insertion point (O'Donnell 1978a, b).

The germinal shield of AMF is highly specialized, being helicoid (*Scutellospora projecturata* Kramad. & C. Walker) or rich in foldings (*Entrophospora colombiana* Spain & N.C. Schenck, *Acaulospora tuberculata* Janos & Trappe, *A. rehmi* Sieverd. & S. Toro, *S. gilmorei* (Trappe & Gerd.) C. Walker & F.E. Sanders, *S. scutata* C. Walker & Dieder., *S. cerradensis* Spain & J. Miranda). Spores of *Endogone pisiformis* Link have a germinal shield less elaborated than that of the AMF, formed between the endospore wall (zygospore) and the exospore wall (zygosporangium) and although each spore can have up to three germinal shields, only one will originate the germinal tube.

On the other hand, spores of AMF produce a germinal shield in various places in the outer or innermost layers of the so-called "germinal wall". Berch & Fortin (1983) mentioned that spores of AMF and *Endogone* present such characteristics by adaptative convergence, since in both cases the thick spore wall provides higher resistance to environmental stresses such as predation and action of soil microorganisms. Molecular data (Schüssler et al. 2001) seem to confirm this hypothesis of adaptative convergence, since the AMF form a homogeneous group separated from the Zygomycetes.

Chlamydospores are resistant spores, with a thick wall (Kirk et al. 2001). Based on molecular data (Schüssler et al. 2001) that show a monophyletic group, and also on the morphological diversity of the complex sub cellular structure of the AMF spore wall, unique in the Regnum Fungi, we propose the name glomerospores for the spores of Glomeromycota. This would distinguish these spores from those of other different taxa.

Glomerospores – Asexual reproductive structures formed at the end of a subtending hypha, or a bulbous sporogenous cell, or from a sporiferous saccule, in this case with lateral or intercalary position, with or without a germinative component, presenting or not a germinal shield or orb, typically formed by fungi that form an arbuscular mutualistic symbiosis with most terrestrial plants.

Etymology: “Glomero” = referring to the Glomeromycota phylum + “spore” = reproductive structure.

Acknowledgements

Thanks are due to Dr. R. Hanlin and J.W. Kimbrough for reviewing the manuscript and making helpful suggestions. The authors are in debt to Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) and Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) for providing PhD scholarship and research grant, respectively.

Literature cited

- Alexopoulos CJ, Mims CW, Blackwell M. 1996. *Introductory Mycology*. 4th ed. John Wiley & Sons: New York.
- Berch SM., Fortin JA. 1983. Germination of zygospores of *Endogone pisiformis*. *Mycologia* 75(2): 328 – 332.
- Gerdemann JW, Trappe JM. 1974. The *Endogonaceae* of the Pacific Northwest. *Mycologia Memoir* 5: 1 – 76.
- Gibson JL. 1985. Morphology, cytology, and ultrastructure of selected species of *Endogonaceae* (Endogonales) (Zygomycetes). PhD Dissertation. University of Florida. Gainesville, FL.
- Kirk PM, Cannon PF, David JC, Stalpers JA. 2001. *Dictionary of the Fungi*. 9th ed. CABI: Wallingford, U.K.
- Maia LC, Kimbrough JW. 1993. Ultrastructural studies of spore walls of *Acaulospora morrowiae* and *A. scrobiculata*. *Mycol. Res.* 97(10): 1183 – 1189.
- Morton, J.B. 1988. Taxonomy of VA mycorrhizal fungi: Classification, nomenclature, and identification. *Mycotaxon* 32: 267-324.
- Morton JB, Benny GL. 1990. Revised classification of arbuscular mycorrhizal fungi (Zygomycetes). A new order, *Glomales*, two new suborders, *Glomineae* and *Gigasporineae*, and two new families, *Acaulosporaceae* and *Gigasporaceae*, with an emendation of *Glomaceae*. *Mycotaxon* 37: 471 – 491.
- O'Donnell KL, Flegler SL, Hooper GR. 1978a. Zygosporangium and zygospore formation in *Phycomyces nitens*. *Can. J. Bot.* 56: 91 – 100.
- O'Donnell KL, Flegler SL, Ellis JJ, Hesseltine CW. 1978b. The *Zygorhynchus* zygosporangium and zygospore. *Can. J. Bot.* 56: 1061 – 1073.
- Schenck NC, Pérez Y. 1990. *Manual for the identification of VA Mycorrhizal fungi*. 3^o ed. Synergistic Publications: Gainesville. 241pp.
- Schüssler A, Schwarzott D, Walker C. 2001. A new phylum, the Glomeromycota: Phylogeny and Evolution. *Mycol. Res.* 105: 1413 – 1421.
- Tanabe Y, Watanabe MM, Sugiyama J. 2005. Evolutionary relationships among basal fungi (Chytridiomycota and Zygomycota): Insights from molecular phylogenetics. *J.Gen. Appl. Microbiol.* 51: 267 – 276.

132

- Tehler A, Little DP, Farris JS. 2003. The full-length phylogenetic tree from 1551 ribosomal sequences of chitinous fungi, *Fungi. Mycol. Res.* 107: 901–916.
- Tommerup IC, Sivasithamparam K. 1990. Zygosporangia and asexual spores of *Gigaspora decipiens*, an arbuscular mycorrhizal fungus. *Mycol. Res.* 94: 897 – 900.
- Walker C. 1983. Taxonomic concepts in the *Endogonaceae*: Spore wall characteristics in species descriptions. *Mycotaxon* 18: 443 – 455.
- Walker C. 1986. Taxonomic concepts in the *Endogonaceae*: II. A fifth morphological wall type in Endogonaceous spores. *Mycotaxon* 25: 95 – 97.
- Walker C. 1987. Current concepts in the taxonomy of the *Endogonaceae*. Pp. 300 – 302. In: *Mycorrhizae in the Next Decade, Practical Applications and Research Priorities*, DM Sylvia, LL Hung, JH Graham (eds.). IFAS, University of Florida. Gainesville, FL.
- Walker C, Sanders FE. 1986. Taxonomic concept in the *Endogonaceae*: III. The separation of *Scutellospora* gen. nov. from *Gigaspora* Gerd. & Trappe. *Mycotaxon* 27: 169 – 182.

MYCOTAXON

Volume 96, pp. 327–332

April–June 2006

**Contribution to the study of *Endogonales* in Brazil:
The first record of *Peridiospora tatachia***

BRUNO TOMIO GOTO & LEONOR COSTA MAIA

*brunogoto@yahoo.com.br**leonorcmaia@yahoo.com.br**Departamento de Micologia, CCB, Universidade Federal de Pernambuco
Av. Prof. Nelson Chaves s/n, Cidade Universitária, 50670-420, Recife, PE, Brasil*

Abstract—The order *Endogonales* contains four genera: *Endogone*, *Peridiospora*, *Sclerogone* and *Youngiomyces*. *Peridiospora* is the only genus with unispored sporocarps, which are quite similar to certain spores of Glomeromycota. In Brazil, there are few collections of the *Endogonales*; it is possible that species of this order are found, but not identified due to the lack of information regarding the group in most tropical countries. The occurrence of *Peridiospora tatachia* is recorded from Brazil, the species description is emended, and characters are discussed that help distinguish *P. tatachia* from similar species of *Glomeraceae* and *Acaulosporaceae*.

Key Words—diversity, *Endogonaceae*, *Glomus*, morphology

Introduction

The genus *Endogone*, characterized by production of sporocarps and zygospores, and formation of ectomycorrhiza, was included in *Endogonales* (Gerdemann & Trappe 1974). *Endogone* was retained in the *Endogonales* when the endomycorrhizal members of the latter order were transferred to the *Glomerales* (Morton & Benny 1990).

Warcup (1990) proposed the genus *Sclerogone* for *Endogonales* with small sclerotoid sporocarps. Later, Yao et al. (1995) added the genus *Youngiomyces*. The members of this genus produce two, three, or even four gametangia that do not contact one another, whereas in *Endogone* and *Sclerogone* two gametangia contacting one another along their entire length are produced. Wu & Lin (1997) proposed a new genus, *Peridiospora*, with sporocarps containing only one zygospore, with a pair of gametangia. Currently, the *Endogonales* contain four genera: *Endogone*, *Peridiospora*, *Sclerogone* and *Youngiomyces*.

In spite of the distinct modes of reproduction — sexual in *Endogonales* (Zygomycota) versus asexual in Glomeromycota (Schußler et al. 2001) — their representatives can be confused due to similarities between spores and sporocarps.

Peridiospora can be easily mistaken for some members of Glomeromycota because of the hyaline hyphal net (mantle) that covers the spore. For this reason, morphological

328

characters that distinguish *Endogonales* (*Peridiospora*) from *Glomerales* (*Glomus*) and *Diversisporales* (*Entrophospora*) will be discussed.

There are few records of *Endogonales* in Brazil, probably due to a lack of knowledge regarding the members of this order; *Endogone lignicola* Pat., *E. fulva* (Berk. & Broome) Pat., *E. malleola* Harkn. and *E. reniformis* Bres. currently are known. These collections were made by Batista and co-workers (Silva & Minter 1995) and Thaxter (1922). Two species of *Endogone*, *E. malleola* and *E. reniformis*, were transferred to *Modicella* (*Mortierellales*) by Gerdemann & Trappe (1974). The objectives of this paper are to document the occurrence of *P. tatachia* in Brazil, and to enhance the description of the species with morphological data that can aid in the identification of members of *Endogonales* that are known to occur in Brazil.

Material and methods

Soil samples were collected (0 to 20 cm deep), in an area cultivated with *Passiflora alata* Curtis (passion fruit) in Limoeiro, Pernambuco State, northeast Brazil. Spores of AMF were extracted from soil by wet sieving (Gerdemann & Nicolson 1963) and sucrose centrifugation (Jenkins 1964), separated and mounted in PVLG (polyvinyl lactoglycerol) or PVLG + Melzer reagent (Schenck & Pérez 1990). For the species description the terminology proposed by Morton (<http://invam.caf.wvu.edu>) was adopted.

Taxonomy

Peridiospora tatachia C.G. Wu & Suh J. Lin, Mycotaxon 64: 181, 1997. Figs. 1, 2.

Unizygosporocarps formed are globose to subglobose, 223–230 µm in diam, or rarely irregular, 208 x 197 µm, red-brown to dark brown in color. Mantle thick, 6.0–9.6 µm, formed by hyaline, interwoven hyphae with a thin wall < 1.0 µm, zygosporocarp covered with a homogeneous layer. Zygosporocarp wall formed by a unit layer, red brown to dark brown in color, 4.8–6.0 µm thick. Zygosporocarp wall with a membranous hyaline layer < 1.0 µm usually rough and readily separated from the zygosporocarpic wall. Gametangia yellow brown, with a thin wall, < 2.4 µm, similar to the sporiferous saccule of members of the *Acaulosporaceae* (Glomeromycota). Insertion point usually globose, 21.6 µm in diam, forming a scar similar to that observed in the latter family.

Examined material: Brazil, Pernambuco State: Municipality of Limoeiro, in the rhizosphere of *Passiflora alata*, Anjos URM 45719. Nam-Tou, Yusan National Park, Taiwan, isotype FL 56217 from the rhizosphere of *Pieris taiwanensis*.

Distribution and habitat: Spores found in areas of natural forests in Nam-Tou, Yu-san National Park (Taiwan) and in an agricultural area in northeast Brazil.

Discussion

Peridiospora tatachia can be mistaken for *Entrophospora baltica* Blaszk. et al., *Glomus globiferum* Koske & C. Walker, *G. mosseae* (T.H. Nicolson & Gerd.) Gerd. & Trappe, *G. mortonii* Bentiv. & Hetrick and *G. tortuosum* N.C. Schenck & G.S. Sm. due to the presence of a net of hyaline hypha that covers the spore. However, *E. baltica* produces a spore wall consisting of five layers (Błaszkowski et al. 1998a) while *P. tatachia* has only two wall layers, one arising from the zygosporocarp and the other from the zygosporocarp.

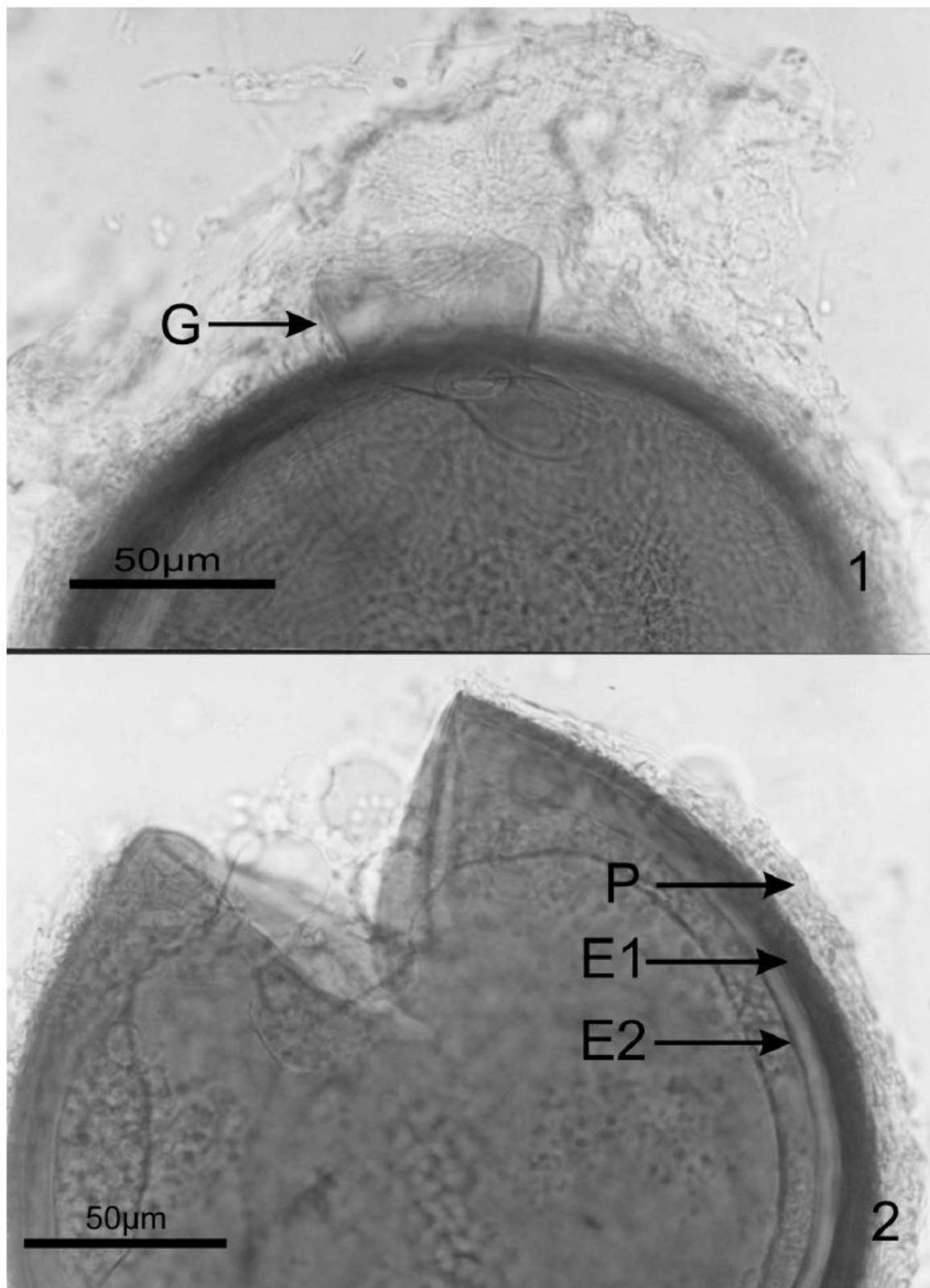


Figure 1-2. *Peridiospora tatachia*. 1- Details of an ephemeral gametangium (G) attached to the zygospore; 2- Detail of the spore wall with mantle surrounding the spore (P), exospore (E1) and endospore (E2).

330

Moreover, the spore wall in *E. baltica* is ornamented, while the spores of *P. tatachia* have a smooth wall. *Peridiospora tatachia* also has a membranous inner wall layer (endospore) while the species of *Glomus* with a mantle, such as those mentioned above, do not have this structure.

Peridiospora tatachia can also be confused with *Endogone maritima* Blaszk. et al., since both species have gametangia, a mantle covering the spore and an inner wall layer (endospore). However, *E. maritima* forms multispored sporocarps, while in *P. tatachia* these are unispored. It is difficult to distinguish between the latter two taxa when single zygo-spores of *E. maritima* are found isolated in the soil (Błaszowski et al. 1998b). Wu & Lin (1997) interpreted the reproductive structure of *Peridiospora* as an unispored sporocarp and not as a spore covered by a mantle, and described the genus based on this character.

The morphological characters used for identification of species of *Endogonales* are the same ones that are used for Glomeromycota since the basis for the study of both groups comes from the review of Gerdemann & Trappe (1974). For this reason, determining members of both groups sometimes can be difficult.

The first character that must be observed in order to distinguish members of *Endogonales* from *Glomerales* (Glomeromycota) is the presence of two or more gametangia and spores with a thick inner wall layer (endospore). Some *Glomus* species, however, have spores with an inner wall layer. Such spores are asexually formed and connected by a single suspensor hypha and not by the union of two gametangia as in *Endogonales*. Recently, the species of *Glomus* with an inner spore wall layer were transferred to the genus *Pacispora*, and they do not have a mantle covering the spores (Oehl & Sieverding 2004).

The gametangium in species of *Endogonales* is ephemeral and probably detached during extraction of spores from soil, using the same technique employed for extraction of spores of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF). Thus, only the remnants of the gametangia or the scar left at the attachment site can be found on the zygo-spores. This scar is similar to the one left at the insertion of the sporiferous saccule in species of *Acaulosporaceae* (*Acaulospora* and *Entrophospora*). Spores of *Glomeraceae* do not have a discrete scar such as that observed in *P. tatachia*, or two scars as those produced by *Entrophospora*; this characteristic is strong evidence for identification of these fungi.

In *Peridiospora* the zygo-sporangial wall is continuous with the gametangial wall, a condition similar to that observed in species of *Glomus*. The supporting hypha produced by *Glomus*, however, is more stable than that found in *Peridiospora*. This structure is not lost at spore maturity as it is in *Entrophospora colombiana* Spain & N.C. Schenck (Morton 1988).

In the majority of species of *Entrophospora*, the external spore wall layer is continuous with the sporiferous saccule; however, this wall layer is ephemeral in *E. colombiana*, and it is lost at maturity (Stürmer & Morton 1999). In *P. tatachia* the external wall (exospore) is continuous with the gametangial wall.

To accurately identify members of *Peridiospora* one needs to observe the Melzer reaction of the hyphal net covering the spores, the external wall (exospore) that is separated from the inner wall (endospore) and for the presence of gametangia. When the latter structures are not discrete, one should look for the scars of the gametangia, and the absence of numerous layers of the inner wall as occurs in species of *Acaulosporaceae*.

The description of the genus *Peridiospora* (Wu & Lin, 1997) should be revised. The character that separates *P. tatchia* and *P. reticulata* C.G. Wu & Suh J. Lin from *Endogone* is sporogenesis, a characteristic also used to define *E. maritima*. *Peridiospora* is unizygosporocarpic, which differs from the typical multispored sporocarps of *Endogone* (Wu & Lin 1997). However, when describing *E. maritima*, Błaszkowski et al. (1998b) observed that the zygosporangia could be found both in a multispored sporocarp or as single zygosporangia isolated in the soil. Such zygosporangia are similar to those of *P. tatchia*, but in *E. maritima* the sporocarps are multispored, while in *P. tatchia* they are unispored. It is possible that *P. tatchia* produces multispored sporocarps but they were not observed in the samples from the field and that the technique used to extract spores may have disrupted the sporocarp structure.

A detailed study of the type material of *P. tatchia*, *P. reticulata* and *E. maritima* would be useful in elucidating the sporocarpic nature of these species and to determine if *P. tatchia* and *P. reticulata* constitute a genus separate from *Endogone*. Although molecular data are available, the phylogenetic position of *Endogonales* is still unclear (Tehler et al. 2003). Additional molecular studies might resolve the phylogeny of the latter order of the Zygomycota and its relationship to the Glomeromycota (Tanabe et al. 2005).

Key to distinguish species of Glomeromycota (with mantle) from species of *Peridiospora* found in Brazil

- 1a. Spore globose with a hyaline mantle and a glomoid attachment hypha 2
- 1b. Spore globose with a hyaline mantle, without a glomoid attachment hypha and usually having a gametangium or sporiferous saccule remnants 5
- 2a. Mantle ephemeral or facultative, hyphal attachment funnel shaped *Glomus mosseae*
- 2b. Mantle persistent, attachment hypha not funnel shaped 3
- 3a. Mantle forming vesicles on the spore surface *Glomus globiferum*
- 3b. Mantle without vesicles on the spore surface 4
- 4a. Spore wall with only one laminated wall layer *Glomus tortuosum*
- 4b. Spore wall with two laminated wall layers *Glomus mortonii*
- 5a. Spores showing a scar and two wall layers *Peridiospora tatchia*
- 5b. Spore showing two scars and five wall layers *Entrophospora baltica*

Acknowledgements

Thanks to: Érika dos Anjos for providing the soil samples for this study, Drs. Gladstone Alves da Silva and Sandra F. B. Trufem for suggestions, Dr. Reginaldo Silva for helping with the pictures. The authors also acknowledge, in special, Dr. Gerald Benny and Dr. Chi-Guang Wu, for reviewing the manuscript and making helpful comments and suggestions. This work was supported by the Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) and Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) that provided, respectively, a research grant to Leonor C. Maia and a PhD scholarship to Bruno T. Goto.

332

Literature cited

- Błaszowski J, Madej T, Tadych M. 1998a. *Entrophospora baltica* sp. nov. and *Glomus fuegianum*, two species in the Glomales from Poland. Mycotaxon 68: 165-184.
- Błaszowski J, Tadych M, Madej T. 1998b. *Endogone maritima*, a new species in the Endogonales from Poland. Mycological Research 102: 1096-1100.
- Gerdemann JW, Nicolson TH. 1963. Spores of mycorrhizal *Endogone* species extracted from soil by wet sieving and decanting. Transactions of the British Mycological Society 46: 235-244.
- Gerdemann JW, Trappe JM. 1974. The *Endogonaceae* in the Pacific Northwest. Mycologia Memoir 5: 1-76.
- Jenkins WR. 1964. A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. Plant Disease Report 48:692.
- Morton JB. 1988. Taxonomy of VA mycorrhizal fungi: Classification, nomenclature, and identification. Mycotaxon 32: 267-324.
- Morton JB, Benny GL. 1990. Revised classification of arbuscular mycorrhizal fungi (Zygomycetes): A new order, Glomales, two new suborders, Glomineae and Gigasporineae, and two new families, Acaulosporaceae and Gigasporaceae, with an emendation of Glomaceae. Mycotaxon 37:471-491.
- Oehl F, Sieverding E. 2004. *Pacispora*, a new vesicular arbuscular mycorrhizal fungal genus in the Glomeromycetes. Journal of Applied Botany 78:72-82.
- Schenck NC, Pérez Y. 1990. Manual for identification of VA mycorrhizal fungi. Synergistic Publications, Gainesville.
- Schüßler A, Schwarzott D, Walker C. 2001. A new fungal phylum, the Glomeromycota: phylogeny and evolution. Mycological Research: 105:1413-1421.
- Silva M, Minter DW. 1995. Fungi from Brazil. Mycological Papers 169:585p.
- Stürmer SL, Morton JB. 1999. Taxonomic reinterpretation of morphological characters in *Acaulosporaceae* based on developmental patterns. Mycologia 91:849-857.
- Tanabe Y, Watanabe MM, Sugiyama J. 2005. Evolutionary relationships among basal fungi (Chytridiomycota and Zygomycota): Insights from molecular phylogenetics. Journal of General and Applied Microbiology 51: 267-276.
- Tehler A, Little DP, Farris JS. 2003. The full length phylogenetic tree from 1551 ribosomal sequences of chitinous fungi, *Fungi*. Mycological Research 107:901-916
- Thaxter R. 1922. A revision of *Endogoneae*. Proceedings of the American Academy of Arts and Sciences 57:291-351.
- Warcup JH. 1990. Taxonomy, culture and mycorrhizal association of some zygosporic *Endogonaceae*. Mycological Research 94:173-178.
- Wu C-G, Lin S-J. 1997. *Endogonales* in Taiwan: A new genus with unizygosporic sporocarps and a hyphal mantle. Mycotaxon 64:179-188.
- Yao Y-J, Pegler DN, Young TWK. 1995. *Youngiomyces*, a new genus in *Endogonales* (Zygomycotina). Kew Bulletin 50:349-357.

Acta bot. bras. 22(2): 583-587. 2008

Notas sobre *Acaulospora bireticulata* Rothwell & Trappe e primeiro registro de *Acaulospora koskei* Blasz. para o Brasil

Bruno Tomio Goto^{1,5}, Milene Moreira², Siu Mui Tsai³,
Elke Jurandir Bran Nogueira Cardoso⁴ e Leonor Costa Maia¹

Recebido em 5/10/2006. Aceito em 15/08/2007

RESUMO – (Notas sobre *Acaulospora bireticulata* Rothwell & Trappe e primeiro registro de *Acaulospora koskei* Blasz. para o Brasil). O conhecimento sobre a distribuição de espécies de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) ainda é restrito e as variações morfológicas observadas em isolados de uma mesma espécie podem proporcionar subsídios adicionais para o entendimento dos caracteres usados na taxonomia do grupo. Os objetivos deste trabalho foram implementar dados sobre a ocorrência de *Acaulospora koskei* Blasz. e *Acaulospora bireticulata* Rothwell & Trappe encontradas em áreas de Floresta de *Araucaria angustifolia* em São Paulo, Brasil, bem como comparar a descrição dessas espécies com a de outras similares.

Palavras-chave: Glomeromycota, *Araucaria angustifolia*, fungo micorrízico, cultura armadilha

ABSTRACT – (Notes on *Acaulospora bireticulata* Rothwell & Trappe and first record of *Acaulospora koskei* Blasz. from Brazil). Our knowledge of species distribution in arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) is still limited and morphological variations found in isolates of one species may provide additional insight for understanding the characters used in the taxonomy of this group. The aims of this work were to expand biogeographical data regarding *Acaulospora koskei* Blasz. and *Acaulospora bireticulata* Rothwell & Trappe, both found in an *Araucaria* Forest in São Paulo state, Brazil, as well as to compare the descriptions of these species with those of other similar AMF.

Key words: Glomeromycota, *Araucaria angustifolia*, arbuscular fungi, trap culture

Introdução

A taxonomia dos fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) tem se baseado nas características morfológicas dos esporos, principalmente na estrutura da parede (Gerdemann & Trappe 1974). Porém, algumas espécies apresentam descrições incompletas, com ausência de detalhes importantes, impedindo assim uma acurada identificação. As descrições passaram a ser apresentadas de forma mais sistemática quando Walker (1983) propôs uma terminologia específica para as estruturas que formavam a parede do esporo. Por outro lado, algumas espécies de FMAs foram redescritas, sendo utilizado como base o material tipo, como em *Scutellospora aurigloba* (Hall) Walker & Sanders, *Glomus macrocarpum* Tul. & Tul. e *G. microcarpum* Tul. & Tul. (Walker & Hall 1991; Berch & Fortin 1983).

As espécies de FMAs apresentam variação em alguns aspectos taxonômicos tais como: cor, forma, dimensão do esporo e detalhes da parede dos esporos como fenótipo e espessura das camadas, que dependem da origem ou ontogenia de cada espécie (Morton 1985; Bentivenga *et al.* 1997; Walker & Vestberg 1998). Além disso, descrições de novas ocorrências têm revelado a presença de camadas não observadas nas descrições originais, como em *Acaulospora koskei* Blasz. (<http://invam.caf.wvu.edu>) e *Acaulospora bireticulata* Rothwell & Trappe (Blaszkowski 1997). Tais descrições complementam dados referentes às variações encontradas em isolados de uma mesma espécie, facilitando a posterior identificação.

Os objetivos deste estudo foram descrever e comparar esporos de *A. koskei* e *A. bireticulata* isolados em Florestas de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze., fornecendo novos dados referentes

¹ Universidade Federal de Pernambuco, Departamento de Micologia, Av. Prof. Nelson Chaves s.n., Cidade Universitária, 50670-420 Recife, PE, Brasil

² Instituto Agrônomo, Centro de Solos e Recursos Ambientais, Av. Barão de Itapura 1481, 13001-970 Campinas, SP, Brasil

³ Universidade de São Paulo, Microbiologia e Biologia Molecular, CENA/USP, Av. Centenário 303, 13416-000 Piracicaba, SP, Brasil

⁴ Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Departamento de Solos e Nutrição de Plantas, Av. Pádua Dias 9, 13418-900 Piracicaba, SP, Brasil

⁵ Autor para correspondência: brunogoto@hotmail.com

584 Goto, Moreira, Tsai, Cardoso & Maia: Notas sobre *Acaulospora bireticulata* Rothwell & Trappe e primeiro...

a variações nos caracteres morfológicos dessas espécies.

Material e métodos

Esporos de FMAs foram extraídos, por peneiramento úmido (Gerdemann & Nicolson 1963) e centrifugação em água e sacarose (Jenkins 1964), do solo rizosférico de *Araucaria angustifolia* nativa do Parque Estadual de Campos do Jordão (22°44'S e 45°30'W), Município de Campos do Jordão, Estado de São Paulo, Brasil. Coletaram-se amostras de solo na profundidade de 0-20 cm em maio/2002, em três subáreas, uma de floresta nativa e duas de replantio. Em cada subárea, com dimensão de aproximadamente 1.000 m², foram escolhidas ao acaso cinco árvores; em cada árvore foram amostrados três pontos, equidistantes entre si, onde foram coletadas 300 g de solo rizosférico. O conjunto (três pontos/árvore) constituiu uma amostra composta. Os esporos, separados em grupos de acordo com as características morfológicas, foram montados em lâminas semipermanentes, com resina de ácido láctico, álcool polivinílico e glicerol (PVLG) e com reagente de Melzer + PVLG (1:1) (Morton *et al.* 1993) e observados em microscópio de luz, sendo identificados com auxílio do manual de Schenck & Pérez (1990), descrições fornecidas pelo INVAM (<http://invam.caf.wvu.edu>) e literatura pertinente.

Foram preparadas culturas armadilha utilizando-se como plantas hospedeiras, milho (*Zea mays* L.) e amendoim (*Arachis hypogaea* L.) num mesmo vaso, e plantas de araucária, noutro vaso. O substrato usado para plantio foi proveniente de uma amostra de Neossolo Quartzarênico (série Paredão Vermelho) + areia de rio lavada, na proporção de 2:3 (v:v), com as seguintes características: pH em CaCl₂ 4,0; 13 g dm⁻³ de M.O.; 3 mg dm⁻³ de P (resina); 1,4 ; 4; 3; 6 e 31 mmol_c dm⁻³ de K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Al³⁺ e H⁺+Al³⁺, respectivamente. Este substrato foi seco, peneirado e autoclavado à 121 °C, por duas horas, sendo posteriormente colocado em vasos de 6 L de capacidade para as plantas de milho e amendoim e em vasos de 20 L para as plantas de araucária, onde foram incorporados 150 g de inóculo (contendo propágulos de FMA) preparado a partir de cada uma das amostras compostas, obtidas em cada subárea. Foram utilizados dez vasos por subárea, metade com consórcio de milho e amendoim e metade com araucária. As sementes de milho e amendoim foram desinfestadas superficialmente com solução de hipoclorito de sódio a 2%, por

cinco minutos e as de araucária foram escarificadas (Moreira-Souza & Cardoso 2003). Dez dias após a semeadura do milho e do amendoim, fez-se o desbaste, mantendo-se a planta mais vigorosa de cada espécie. As culturas armadilha foram mantidas em casa de vegetação por 160 dias (milho e amendoim) e 12 meses (araucária), sendo depois extraídos os esporos de FMAs para estudo morfológico e identificação das espécies. A terminologia dos esporos foi a sugerida por Goto & Maia (2006).

Resultados e discussão

Acaulospora koskei Blaszk., Mycol. Res. 99: 237. 1995.

Fig. 1-2

Glomerosporos globosos a subglobosos (142,5-167,3 (-187,5) µm, de coloração amarelo claro a amarelo escuro, levemente alaranjada em PVLG. Parede do esporo composta de seis camadas, sendo a primeira evanescente, hialina < 1,0 µm de espessura observada normalmente em esporos jovens; vestígios podem ser vistos em esporos maduros; segunda camada laminada, amarelo claro em PVLG e amarelo amarronzado em Melzer, até 2,5 µm de espessura; terceira camada hialina a levemente amarelada, laminada, com lâminas pouco evidentes, até 2,5 µm de espessura, vermelha púrpura em Melzer; quarta camada membranosa, hialina, até 1,0 µm de espessura; quinta camada hialina, membranosa e fina, com granulações, fortemente aderida à sexta camada, que reage em Melzer adquirindo coloração vermelho púrpura, similar ao observado na terceira camada. Juntas, a quinta e a sexta camadas atingem até 2,5 µm de espessura. Granulações da superfície da quinta camada raramente observadas nos esporos quebrados. Sáculo esporífero globoso, hialino, azulado em Melzer (amilóide). Cicatriz do sáculo esporífero facilmente visível na superfície dos esporos, às vezes formando um anel espesso (7,5 µm diâm.), decorrente de um espessamento da parede no local da inserção. Alguns esporos não apresentaram reação em Melzer, principalmente os jovens, que não tinham as camadas do componente germinativo desenvolvidas.

Em alguns esporos quebrados de *A. koskei* foram observados dobramentos da segunda camada (laminada) da parede similares aos referidos na superfície de *A. rugosa* Morton, porém diferenças na dimensão e coloração dos esporos, estrutura da parede e reação ao Melzer facilmente distinguem as duas

Acta bot. bras. 22(2): 583-587. 2008.

585

espécies. Esporos de *A. koskei* podem ser confundidos com os de *A. colossica* Schultz, Bever & Morton principalmente pela coloração que se superpõe (Schultz *et al.* 1999). Todavia, esporos de *A. koskei* são facilmente distinguidos pela reação ao Melzer em duas camadas da parede, enquanto isso não é observado em *A. colossica*. A coloração e a forma globosa a subglobosa também contribui para se confundir esporos de *A. koskei* com os de *A. laevis* Gerdemann & Trappe. No entanto, os esporos de *A. laevis* (119-300×119-520 µm) são maiores que os de *A. koskei* e apresentam parede composta por três camadas (Gerdemann & Trappe 1974), diferindo, portanto, da estrutura de parede de esporos de *A. koskei*, com seis camadas, em três grupos. Uma outra camada, de natureza membranosa, entre a camada laminada e a unitária, tem sido mencionada em esporos de *A. koskei* (<http://invam.caf.wvu.edu>), porém não foi observada nos esporos aqui descritos. O material avaliado nesse estudo apresenta características que se enquadram na descrição de Blaszkowski (1995), que menciona parede composta por apenas seis camadas.

Esporos de *A. koskei* não foram observados quando se fez extração direta do solo das amostras trazidas do campo, porém foram isolados a partir das culturas armadilhas em casa de vegetação, esporulando nas duas condições de cultivo (potes com milho/amendoim e potes com araucária), confirmando a importância das culturas armadilha nos estudos de diversidade de FMAs.

Material examinado: **BRASIL. São Paulo:** Município de Campos do Jordão, V/2002, em potes de cultura armadilha com *Zea mays*, *Arachis hypogaea* e *Araucaria angustifolia*, M. Moreira (URM 45749).

Distribuição e habitat: conhecido para dunas na Polônia (Blaszkowski 1995), áreas alagadiças dos EUA (Miller & Bever 1999) e na Inglaterra (Marryweather & Fitter 1998) e em solos de Campos do Jordão, estado de São Paulo, sudeste do Brasil.

Acaulospora bireticulata Rothwell & Trappe, Mycotaxon 8: 472. 1979.

Fig. 3-4

Glomerosporos globosos (130-)165,3(-187,5) µm, coloração marrom escura ou verde escura, raramente laranja amarronzado em PVLG. Parede do esporo composta de sete camadas: a primeira evanescente e dificilmente observada, a segunda laminada, com 7,5-12,5 µm de espessura, ornamentada por retículos alveolados (circulares ou irregulares) ou poligonais

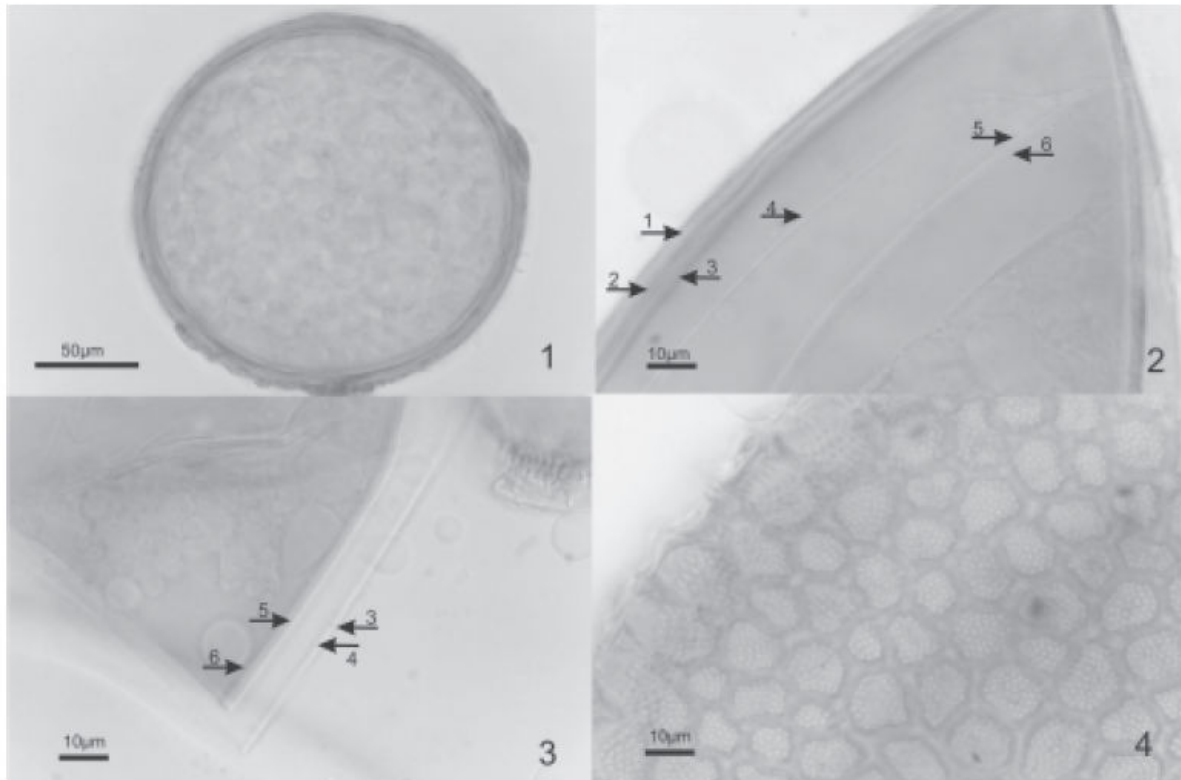
(tetragonal, pentagonal ou hexagonal), correspondendo ao primeiro grupo (*sensu* Walker 1983). Espinhos de coloração amarela clara, inseridos nos retículos que medem de 1,5-2,5 µm larg. A terceira camada é hialina, membranosa, fina, fortemente aderida à quarta camada, também hialina e fina, as duas atingindo 2,0 µm de espessura e correspondendo ao segundo grupo de paredes (*sensu* Walker 1983). A quinta camada é hialina, 1,0 µm, coriácea, fortemente aderida à sexta camada, 1,0 µm, também hialina, juntas alcançando aproximadamente 2,0 µm de espessura e com forte reação ao Melzer, adquirindo coloração vermelha púrpura. A sétima camada é hialina, fina (< 1,0 µm), não reage em Melzer e dificilmente é observada, mesmo em esporos maduros. Sáculo esporífero de coloração hialina a amarela clara, raramente preso ao esporo. Cicatriz normalmente circular, difícil de ser vista devido à ornamentação da camada externa da parede do esporo.

A presença de uma camada evanescente recobrimdo os esporos de *A. bireticulata* tem sido referida (<http://invam.caf.wvu.edu> e <http://www.agro.ar.szczecin.pl/~jblaszkowski>), porém apenas vestígios estavam presentes no material examinado.

Rothwell & Trappe (1979) descreveram os esporos de *A. bireticulata* com coloração hialina a marrom claro e três camadas de parede. No entanto, em análise mais detalhada da parede do esporo, Blaszkowski (1997) descreveu a espécie admitindo a existência de sete camadas, distribuídas em três grupos. Na maioria dos esporos do isolado avaliado, apenas cinco camadas foram facilmente discerníveis, com a primeira e a última (evanescente e membranosa, respectivamente) sendo raramente observadas.

Glomerosporos de *A. bireticulata* são muito semelhantes aos de *A. elegans* Trappe & Gerdemann, principalmente no que se refere à ornamentação da camada laminada, composta por espinhos dentro de um retículo alveolado ou poligonal. Segundo Gerdemann & Trappe (1974), os esporos de *A. elegans* são globosos a subglobosos (140-285×145-330 µm), elipsóides ou reniformes e têm parede com três camadas, enquanto os esporos de *A. bireticulata* são menores (130-)165,3(-187,5) µm e a parede é composta por maior número de camadas, em três grupos (Blaszkowski 1997).

Os esporos isolados da rizosfera de araucária diferem dos de *A. elegans* pelo tamanho (-130)165,3 (187,5-) µm e pela estrutura da parede. Morton (2005, <http://invam.caf.wvu.edu>) sugere que

586 Goto, Moreira, Tsai, Cardoso & Maia: Notas sobre *Acaulospora bireticulata* Rothwell & Trappe e primeiro...

Figuras 1-4. *Acaulospora koskei* Blaszk. e *Acaulospora bireticulata* Rothwell & Trappe. 1. Aspecto geral de um esporo de *A. koskei*. 2. Detalhe da estrutura da parede de esporos de *A. koskei*. 3. Detalhe da estrutura das camadas internas dos esporos de *A. bireticulata*. 4. Detalhe da ornamentação da parede de *A. bireticulata*.

A. bireticulata seja sinônimo de *A. elegans*, com base na sobreposição dos caracteres observados em isolados de ambas as espécies. Variações (plasticidade) entre os isolados podem ser evidências que corroboram esta hipótese. Entretanto, nenhum trabalho foi realizado com o material tipo para confirmar tal sinonimização. No material examinado, a camada laminada não foi observada em detalhes porque esse grupo de parede, onde estão as ornamentações, é resistente à pressão e dificilmente se separa. A sétima camada (do terceiro grupo), referida por Blaszkowski (1997) foi dificilmente visualizada, o que mostra a variabilidade na morfologia da parede de esporos de uma mesma espécie. No caso de *A. bireticulata* e *A. elegans*, muito semelhantes, mas ainda considerados táxons distintos, são necessários estudos ultraestruturais e moleculares para auxiliar na delimitação da identidade taxonômica desses dois fungos.

Esporos de *A. bireticulata* foram extraídos diretamente do solo coletado na área nativa e na reflorestada. O fungo também produziu esporos nas culturas armadilha, nas duas condições de cultivo.

Material examinado: **BRASIL. São Paulo:** Município de Campos do Jordão, V/2002, isolado de floresta nativa e de área reflorestada na rizosfera de *Araucaria angustifolia* e mantido em potes de cultura com *Arachis hypogaea*, M. Moreira (URM 45750).

Distribuição e habitat: conhecida em sistemas agrícolas, Floresta Atlântica e Floresta de Araucária e Pampas Argentinos (Maia & Trufem 1990; Trufem & Malatinszky 1995; Carrenho & Trufem 2001; de Souza *et al.* 2002; Moreira-Souza *et al.* 2003; Focchi *et al.* 2004; Schalamuk *et al.* 2006), com registro também nos Estados Unidos (Rothwell & Trappe 1979) e na Europa (Blaszkowski 1997).

Agradecimentos

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), pela bolsa de Pós-doutorado (proc. 01/13229-9) concedida a Milene Moreira e pelo suporte financeiro ao projeto Biota (proc. 01/05146-6); à CAPES e ao CNPq, respectivamente, pela concessão de bolsa de Doutorado a B.T. Goto e de

Acta bot. bras. 22(2): 583-587. 2008.

587

pesquisa a L.C. Maia, S.M. Tsai e E.J.B.N. Cardoso; à Diretoria do Parque de Campos do Jordão e à Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, por autorizar a coleta do material (proc. 40405/98 COTEC 079/98).

Referências bibliográficas

- Bentivenga, S.P.; Bever, J.D. & Morton, J.B. 1997. Genetic variation of morphological characters within a single isolate of the endomycorrhizal fungus *Glomus clarum* (Glomaceae). **American Journal of Botany** 84: 1211-1216.
- Berch, S.M. & Fortin, J.A. 1983. Lectotypification of *Glomus macrocarpum* and proposal of three new combinations: *Glomus australe*, *Glomus tenebrosum*, and *Glomus versiforme* (Endogonaceae). **Canadian Journal of Botany** 61: 2608-2617.
- Blaszkowski, J. 1995. *Acaulospora koskei*, a new species in Glomales from Poland. **Mycological Research** 99: 237-240.
- Blaszkowski, J. 1997. Notes on *Acaulospora bireticulata* (Glomales, Zygomycetes) found in Poland. **Mycotaxon** 61: 193-204.
- Carrenho, R. & Trufem, S.F.B. 2001. Caracterização morfológica de esporos de fungos micorrízicos arbusculares isolados de solo cultivado com milho na Reserva Ecológica e Estação Experimental de Moji-Guaçu, São Paulo, Brasil. **Hoehnea** 28: 191-208.
- de Souza, P.V.; Schmitz, J.A.K.; Freitas, R.S. & Carrenho, R. 2002. Identificação e quantificação de fungos micorrízicos arbusculares autóctones em municípios produtores de citros no Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 37: 553-558.
- Focchi, S.S.; dal Soglio, F.K.; Carrenho, R.; de Souza, P.V. & Lovato, P.E. 2004. Fungos micorrízicos arbusculares em cultivos de citros sob manejo convencional e orgânico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 39: 469-476.
- Gerdemann, J.W. & Nicolson, T.H. 1963. Spores of mycorrhizal *Endogone* species extracted from soil by wet sieving and decanting. **Transactions of the British Mycological Society** 46: 235-244.
- Gerdemann, J.W. & Trappe, J.M. 1974. The Endogonaceae in the Pacific Northwest. **Mycologia Memoir** 5: 1-76.
- Goto, B.T. & Maia, L.C. 2006. Glomerospores: a new denomination for the spores of Glomeromycota, a group molecularly distinct from the Zygomycota. **Mycotaxon** 96: 129-132.
- Jenkins, W.R. 1964. A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. **Plant Disease Report** 48: 1-692.
- Maia, L.C. & Trufem, S.F.B. 1990. Fungos micorrízicos vesículo-arbusculares em solos cultivados no estado de Pernambuco, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica** 13: 89-95.
- Marryweather, J. & Fitter, A. 1998. The arbuscular mycorrhizal fungi of *Hyacinthoides non-scripta* II. Seasonal and spacial patterns of fungal populations. **New Phytologist** 138: 131-142.
- Miller, S.P. & Bever, J.D. 1999. Distribution of arbuscular mycorrhizal fungi in stands of the wetland grass *Panicum hemitomon* along a wide hydrologic gradient. **Oecologia** 119: 586-592.
- Moreira-Souza, M. & Cardoso, E.J.B.N. 2003. A practical method for germination of *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. **Scientia Agricola** 60: 389-391.
- Moreira-Souza, M.; Trufem, S.F.B.; Gomes-da-Costa, S.M. & Cardoso, E.J.B.N. 2003. Arbuscular mycorrhizal fungi associated with *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. **Mycorrhiza** 13: 211-215.
- Morton, J.B. 1985. Variation in mycorrhizal and spore morphology of *Glomus occultum* and *Glomus diaphanum* as influenced by plant host and soil environment. **Mycologia** 77: 192-204.
- Morton, J.B.; Bentivenga, S.P. & Wheeler, W.W. 1993. Germ plasm in the International Collection of Arbuscular and Vesicular-Arbuscular Mycorrhizal Fungi (INVAM) and procedures for culture development, documentation and storage. **Mycotaxon** 48: 491-528.
- Rothwell, F.M. & Trappe, J.M. 1979. *Acaulospora bireticulata* sp. nov. **Mycotaxon** 8: 471-475.
- Schalamuk, S.; Velazquez, S.; Chidichimo, H. & Cabello, M. 2006. Fungal spore diversity of arbuscular mycorrhizal fungi associated with spring wheat: effects of tillage. **Mycologia** 98: 16-22.
- Schenck, N.C. & Pérez, Y. 1990. **Manual for identification of VA mycorrhizal fungi**. Gainesville, Synergistic Publications.
- Schultz, P.A.; Bever, J.D. & Morton, J.B. 1999. *Acaulospora colossica* sp. nov. from an old field in North Carolina and morphological comparisons with similar species, *A. laevis* and *A. koskei*. **Mycologia** 91: 676-683.
- Trufem, S.F.B. & Malatinszky, S.M.M. 1995. Fungos micorrízicos arbusculares em Melastomataceae e outras plantas nativas resistentes e sensíveis à poluição na Reserva Biológica do Alto da Serra de Paranapiacaba, SP, Brasil. **Hoehnea** 22: 77-89.
- Walker, C. 1983. Taxonomic concepts in the Endogonaceae: spore wall characteristics in species descriptions. **Mycotaxon** 18: 443-455.
- Walker, C. & Hall, I. 1991. Lectotypification of *Scutellospora auriglobosa* (Glomales). **Mycological Research** 95: 398-400.
- Walker, C. & Vestberg, M. 1998. Synonymy amongst the arbuscular mycorrhizal fungi: *Glomus claroideum*, *G. maculosum*, *G. multisubstansum* and *G. fistulosum*. **Annals of Botany** 82: 601-624.

MYCOTAXON

Volume 105, pp. 11–18

July–September 2008

Ambispora brasiliensis*, a new ornamented species in the arbuscular mycorrhiza-forming *GlomeromycetesBRUNO TOMIO GOTO^{1*}, LEONOR COSTA MAIA¹ & FRITZ OEHL²^{1*}*brunogoto@hotmail.com*¹*Departamento de Micologia, CCB, Universidade Federal de Pernambuco
Av. Prof. Nelson Chaves s/n, Cidade Universitaria, 50670-420, Recife, PE, Brazil*²*Zurich-Basel Plant Science Center, Institute of Botany, University of Basel
Hebelstrasse 1, 4056 Basel, Switzerland*

Abstract — A new dimorphic fungal species in the arbuscular mycorrhiza-forming *Glomeromycetes* was found in the Cerrado biome in Minas Gerais (Southeast Brazil) and is here described from acaulosporoid glomerospores under the epithet *Ambispora brasiliensis*. Glomoid glomerospores of this species were found only once, connected to a germinating acaulosporoid glomerospore. The acaulosporoid glomerospores are formed on a pedicel branching from the neck of a sporiferous saccule. They are hyaline to pale yellow in color, globose, 62–95 µm in diameter, to subglobose to oval, 59–88 × 69–100(–118) µm, and with three spore walls. Crowded irregular pustules, 2.4–7.0(–10.0) µm high and 4.2–9.8(–15.0) µm wide, are formed on the surface of the outer wall. The glomoid glomerospores are hyaline to subhyaline, globose, 25–30 µm in diameter, and have a bi-layered spore wall without ornamentation. The acaulosporoid glomerospores of the new fungus can easily be distinguished from all other species in the genus *Ambispora* by spore size and by the distinct pustulate ornamentation.

Key words — *Glomeromycota*, *Ambisporaceae*, bimorphic, germination

Introduction

Species of the genus *Ambispora* C. Walker et al. of the arbuscular mycorrhiza (AM) forming *Ambisporaceae* C. Walker et al. (*Glomeromycetes*) can form acaulosporoid and glomoid glomerospores (Spain et al. 2006, Walker et al. 2007a, Walker 2008). For some species only the acaulosporoid morph is known (e.g. *A. jingerdemannii* (N.C. Schenck & T.H. Nicolson) C. Walker), for others only the glomoid morph (e.g. *A. leptoticha* (N.C. Schenck & G.S. Sm.) C. Walker et al. and *A. callosa* (Sieverd.) C. Walker et al.), while at least *A. appendicula* (Spain et al.) C. Walker, *A. gerdemannii* (S.L. Rose et al.) C. Walker et al. and *A. fennica* C. Walker et al. definitely form both morphs (Spain et al. 2006, Walker et al. 2007a, Walker 2008). There has been some confusion regarding the valid taxonomic nomenclature of *Ambisporaceae* and its type genus *Ambispora* in the

12 ... Goto, Maia & Oehl

recent literature resulting from past incorrect re-combinations and synonymies (see review by Spain et al. 2006), or obviously illegitimate names attributed by Spain et al. (2006) at the genus level (see Walker et al. 2007a,b, 2008).

Acaulosporoid glomerospores of *Ambispora* can quite easily be recognized by their morphology (Spain et al. 2006) whereas the glomoid morph might be mistaken with glomerospores of the *Glomeraceae*. Indeed, Walker et al. (2007a) identified *Glomus callosum* Sieverd. as belonging to *Ambispora* only using molecular biological techniques.

Acaulosporoid glomerospores of an undescribed *Ambispora* species were detected in rhizospheric soil from a natural ecosystem of the Brazilian Cerrado biome in Serra do Cipó (Minas Gerais State, Southeast Brazil). The species, characterized by a distinct pustulate ornamentation on the outer spore wall, is presented here under the epithet *Ambispora brasiliensis*.

Material and methods

Soil sampling and culturing of AM fungi

Soils were sampled in the Cerrado biome of Serra do Cipó (Minas Gerais State, Brazil) from the rhizosphere of typical native plant vegetation, mainly consisting of *Vellozia caruncularis* Mart. ex Seub., in July 2004. The site is located at 19° 06'S and 43° 35'W. Soil pH (H₂O) was 4.7.

For culturing the native AM fungal communities, 50 g of the field soil were mixed with 400 g autoclaved sand-vermiculite substrate (1:1 w/w, pH 5.5) and filled into 500 ml pots. *Sorghum bicolor* (L.) Mölich was used as bait plant. The culture pots were maintained at the greenhouse of the Department of Mycology, Universidade Federal de Pernambuco, Recife. Additionally, multiple glomerospores of the new species were separated and used as infective propagules in single species cultures using the same pot size and sand-vermiculite culture substrate as described above. So far, all trials failed to establish a successful symbiosis with the new AMF species both in bait cultures and in single species cultures.

Morphological analyses

Acaulosporoid glomerospores were extracted from field soils and the culture substrates by wet sieving (Gerdemann & Nicolson 1963) and sucrose centrifugation (Jenkins 1964). The spores were thereafter isolated under a stereo microscope and mounted in polyvinyl-lacto-glycerol (PVLG), PVLG + Melzer's reagent (Brundrett et al. 1994) and in water, respectively. For the description of the glomerospores and the spore walls, the terminology of Spain et al. (2006) recently presented for species of the genus was used. We use the term glomerospore for all spores formed by species of the *Glomeromycetes*, as proposed by Goto & Maia (2006).

Ambispora brasiliensis sp. nov. (Brazil) ... 13

Description of the new species

Ambispora brasiliensis B.T. Goto, L.C. Maia & Oehl, sp. nov.

Figs. 1–9

MYCOBANK MB 511612

Sporocarpia ignota. Sporae dimorphae; sporae acaulosporoideae hyalinae vel subhyalinae, globosae (62–95 µm in diametro) vel subglobosae vel ovaes (59–88 × 69–100(–118)) µm, cum ternibus tunicis stratis pluribus, in solo singulatim formatae appendice lateraliter ex hypha terminata in sacculo sporangifero; sporae cum tunica exterior, tunica media et tunica interior: tunica exterior tunica mediaque coniuncta sacculi et hyphae; tunica exterior stratis tribus in totum 2.7–3.8 µm crassa, stratum exterius tunicae exterioris hyalinum, evanescens, 0.4–0.7 µm crassum; stratum secundum hyalinum at flavo-pallidum, 2.2–3.2 µm crassum, pustulibus irregularibus ornatum altis 2.4–7.0(–10)µm et 4.2–9.8(–15) µm latis ornatum; stratum interius tunicae exterioris hyalinum at flavo-pallidum, subtile; tunica media duobus stratis hyalinis in totum 2.8–5.2 µm crassa; tunica interior de novo formans stratis duabus vel tribus, in totum 2.2–2.9 µm crassa. Sporae glomoidae hyalinae vel subhyalinae, 25–30 µm in diameterum, stratis duobus. Holotypus hic depositus 78879: URM.

ETYMOLOGY: *brasiliensis* referring to Brazil, the country where the species was found.

GLOMEROSPORE FORMATION. Sporocarp formation is unknown. The species is dimorphic producing acaulosporoid and glomoid morphs. Acaulosporoid glomerospores form singly in soils upon a short pedicel arising laterally on the tapering hyphal neck of a sporiferous saccule (Figs. 1–3). The acaulosporoid glomerospores form three spore walls: an outer wall (OW), a middle wall (MW) and an inner wall (IW) (Figs. 4–9). Glomoid glomerospore formation was observed once on a hypha connected to a germinating acaulosporoid morph.

SPORIFEROUS SACCULE OF ACAULOSPOROID GLOMEROSPORES are hyaline to light yellow, globose to subglobose, 65–115 µm in diameter and formed terminally on a hypha (Figs. 1–2). The saccule wall generally is bi-layered with a hyaline to light yellow, rapidly degrading, evanescent outer layer (0.5–0.9 µm thick) and a hyaline to subhyaline, semi-persistent inner layer (0.6–1.5 µm thick). The hyphal neck of the sporiferous saccule is 10–17 µm wide at the saccule base tapering to 8–12 µm at the point where the pedicel of the acaulosporoid glomerospore branches, narrowing further to 5–8 µm at a distance of 40–120 µm from the pedicel. A septum arises in the tapering hyphal neck distal to the saccule where the pedicel forms. The sporiferous saccule generally collapses and detaches from the mature spore while the pedicel often persists on the glomerospore.

ACAULOSPOROID GLOMEROSPORES form singly on a short hyphal pedicel (Fig. 3). The spores are globose (62–95 µm in diameter) to subglobose to oval, 59–88 × 69–100(–118), hyaline to subhyaline in water and generally become light yellow to ochre-yellow in PVLG-based mountants. The two wall layers of the saccule continue on the glomerospore differentiating into two separate glomerospore walls: a two to three layered outer wall (OW) and a bi-layered middle wall (MW).

14 ... Goto, Maia & Oehl

A two-to-three layered inner wall (IW) forms *de novo*, presumably after the spore pore has been closed by the inner layer of the middle wall (MWL2) which differentiates from MWL1. The IW functions as a germinal wall.

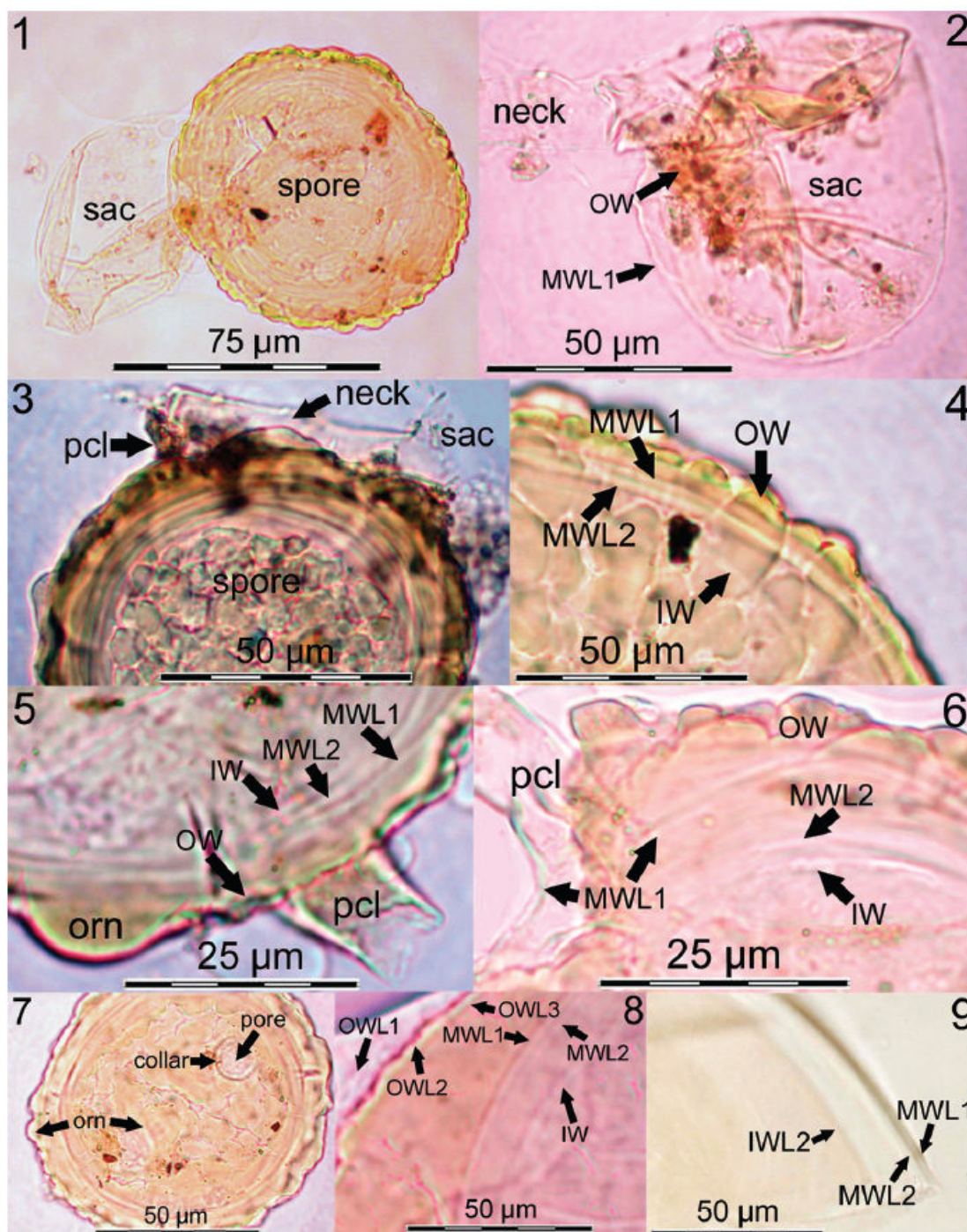
OUTER WALL generally consists of three layers (Figs. 4–8). The outer layer (OWL1) is hyaline to subhyaline, evanescent, 0.4–0.7 μm thick, and often is difficult to detect, as it tightly adheres to OWL2 (Fig. 8). OWL2 is hyaline to light yellow and in total 2.2–3.2 μm thick and crowded with conspicuous, convex pustules (Fig. 3–8). The pustules vary greatly in shape and size and are generally 2.4–7.0(–10) μm wide and 4.2–9.8(–15) high (Figs. 4–7). The inner layer (OWL3) is thin (0.3–0.6 μm), hyaline to subhyaline and tightly attached to OWL2 making it difficult to detect. In older spores, the outer wall might degrade completely, but usually some fragments remain on the surface of the middle wall.

MIDDLE WALL is bi-layered and in total 2.8–5.2 μm thick (Figs. 4–6; Figs. 8–9). MWL1 is hyaline, 1.3–2.6 μm thick and continuous with the persistent inner layer of the pedicel. A septum arising in the pedicel from MWL1 during spore formation was rarely detected. MWL2 is also hyaline, 1.5–2.6 μm thick, tightly adherent to MWL1 and generally closes the pore of the pedicel.

INNER WALL is hyaline and three-layered but generally only the central layer (IWL2; Figs. 4–6; Fig. 8–9) or the inner two layers (IWL2 and IWL3) are visible. The outer layer IWL1 is 0.3–0.6 μm and difficult to detect, as it is tightly adherent to the central layer IWL2 which is 1.5–2.2 μm thick. The innermost layer is 0.4–0.8 μm thick and also tightly adherent to IWL2 but sometimes separates slightly showing several thin folds when pressure is applied.

PEDICEL OF ACAULOSPOROID GLOMEROSPORE branches from the hyphal neck of the sporiferous saccule in about 40–130 μm distance from the globose saccule terminus. The pedicel is (5–)7–16(–25) μm long, and 8–13 μm wide at the glomerospore base tapering to 5–9(–13) μm at the connection to the hypha. The two wall layers of the hyphal neck of the sporiferous saccule differentiate into the outer and the middle wall of the pedicel (OW and MW). On mature spores, the pedicel often persists resembling a subtending hypha of glomoid glomerospores (Fig. 5). Sometimes only the OW (Fig. 5) or the MW (Fig. 6) of the pedicel persist on the spore; rarely both pedicel walls are found on mature glomerospores. The OW sometimes forms a collar (Fig. 7) on the glomerospore (8.5–14 μm in diameter). The OW, if present on the pedicel, is 1.2–2.5 μm thick at the glomerospore base tapering to 0.5–0.9 μm towards the saccule neck. The MW is 1.3–2.1 μm at the glomerospore base tapering to 0.9–1.5 μm .

GLOMOID GLOMEROSPORES were detected only once on a connecting hypha about 250 μm from a germinating acaulosporoid glomerospore. The hyaline to subhyaline glomoid glomerospores were bi-layered and about 25–30 μm in diameter. The glomerospore wall was 1.9–2.5 μm thick in total, and the

Ambispora brasiliensis sp. nov. (Brazil) ... 15

Figs. 1–9: *Ambispora brasiliensis* forming acaulosporoid glomerospores with three walls (outer wall OW, middle wall MW and inner wall IW) upon a short pedicel arising laterally on the neck of a sporiferous saccule. Fig. 1. Acaulosporoid glomerospore and sporiferous saccule (SAC) attached. Fig. 2. Saccule with two layers: evanescent outer layer continuous with OW of the spore and semi-persistent inner layer continuous with MWL1 of the acaulosporoid spore. Fig. 3. Pedicel (PCL) and degrading saccule. Figs. 4–6. Irregular pustulate ornamentation (ORN) on middle layer of OW; MW has two layers (MWL1 + MWL2). Fig. 5. Pcl wall continuous with OW. Fig. 6. Pcl wall continuous with MWL1. Fig. 7. Glomerospore pore and collar formed on OW. Figs. 8–9. Spore wall structure: OW with three layers (evanescent OWL1, pustulate OWL2; OWL3 hardly detectable), MW bi-layered (MWL1 + MWL2); only central layer evident on IW.

16 ... Goto, Maia & Oehl

subtending hypha was 2.0–3.1 μm wide at the base of the glomerospore, where a septum was not visible.

GERMINATION was observed once on an acaulosporoid glomerospore, where it initiated on the IW below the pedicel collar. Three germ tubes (2.4–4.0 μm wide) emerged from the center of a lobed germination structure, which was $34 \times 15 \mu\text{m}$ in diameter and consisted of 6–7 lobes that were each 12–15 μm long and 5–8 μm wide. The germ tubes had grown through the pedicel collar and branched in about 200–250 μm distance from the glomerospore. However, it was not clearly discernable if the lobed germination structure was formed between IW and MW or between the MW and the collar formed by the pedicel on the OW.

MYCORRHIZAL FORMATION — unknown.

DISTRIBUTION — Brazil: so far only found in the Cerrado biome of Serra do Cipó, Minas Gerais State.

SPECIMENS EXAMINED — BRAZIL. Minas Gerais. Serra do Cipó. HOLOTYPE (54-5401) and type specimens (54-5402) deposited at URM, Recife, Pernambuco, Brazil (accession numbers URM 78879 and 78880). Isotype (54-5402) specimens deposited at OSC, Corvallis, Oregon, USA (accession number OSC# 134501); and 54-5406 & 54-5407, deposited at Z+ZT, Zürich, Switzerland (accession number ZT MYC 159).

Discussion

The new fungal species, *Ambispora brasiliensis*, can easily be identified by its acaulosporoid morph and can be distinguished from all other *Ambispora* species forming acaulosporoid morphs by glomerospore size and by the distinct pustular ornamentation on the acaulosporoid glomerospore walls.

Acaulosporoid glomerospores of other genera in the *Glomeromycetes* — namely *Acaulospora*, *Archaeospora* and *Otospora* (Gerdemann & Trappe 1974, Morton & Redecker 2001, Palenzuela et al. 2008) — cannot be confused with *A. brasiliensis*. Spores of *Archaeospora* and *Otospora* have two walls (Palenzuela et al. 2008) contrasting with *Acaulospora* and *Ambispora*, which have three spore walls (Spain et al. 2006, Walker et al. 2007a, Palenzuela et al. 2007). Glomerospores of *Acaulospora* are not formed on a pedicel (= appendix) as known for the acaulosporoid glomerospore formation of *Ambispora*. Furthermore, in *Acaulospora* the middle spore wall forms de novo (e.g. Oehl et al. 2006) and is not continuous with the wall of the sporiferous saccule as noted for *Ambispora brasiliensis* and other *Ambispora* species (Spain et al. 2006, Walker et al. 2007a). Finally, only three *Acaulospora* species are known to form projections on the outer spore wall: *Ac. spinosa*, *Ac. tuberculata* and *Ac. denticulata*, which form — according to their names — either spiny, tuberculate or dentate ornamentations (Walker & Trappe 1981, Janos & Trappe 1982, Sieverding & Toro 1987) but not convex, irregular pustules as in *A. brasiliensis*.

Ambispora brasiliensis sp. nov. (Brazil) ... 17

We found a glomoid morph of this new species connected via hypha to a germinating acaulosporoid morph of *A. brasiliensis* only in one occasion. Such glomoid glomerospore formation during germination of acaulosporoid spores was also found for *A. appendicula* (Spain pers.comm. 2008; Goto & al. unpub. obs.). In addition to the glomoid morph, swollen hyphal tips on mycelia were also noted for *A. appendicula* (Schenck et al. 1984).

We were not able to culture *A. brasiliensis* but hope to conduct genetic analyses as soon as clean cultures are available. However, in the absence of genetic data, *A. brasiliensis* can be identified morphologically by observing its acaulosporoid glomerospores. As stated in the introduction, the glomoid morph of some of the *Ambispora* spp. is still unknown, and, in any case, *Ambispora* is more easily diagnosed by observing the acaulosporoid rather than the glomoid morph.

Acknowledgements

The authors acknowledge, in special, Dr. Ewald Sieverding (Institute of Plant Production and Agroecology in the Tropics, University of Hohenheim, Stuttgart, Germany) and Joyce L. Spain (Corvallis, Oregon USA), for reviewing the manuscript and making helpful comments and suggestions, and Dr. Nanuza Luiza de Menezes (Universidade de São Paulo, Brasil) for providing the opportunity to visit the Serra do Cipó, MG. This work was supported by the Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) and Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) that provided, respectively, a research grant to Leonor C. Maia and a PhD scholarship to Bruno T. Goto. This work was also supported by the Universidade Federal de Pernambuco, which provided a grant to F. Oehl as 'visiting professor'.

Literature cited

- Brundrett M, Melville L, Peterson L. 1994. Practical Methods in Mycorrhizal Research. Mycologue Publications, University of Guelph, Guelph, Ontario, Canada.
- Gerdemann JW, Nicolson TH. 1963. Spores of mycorrhizal *Endogone* species extracted from soil by wet sieving and decanting. Trans. Br. Mycol. Soc. 46: 235-244.
- Gerdemann JW, Trappe JM. 1974. The *Endogonaceae* in the Pacific Northwest. Mycologia Mem. No. 5. 76 p.
- Goto BT, Maia LC. 2006 Glomerospores: a new denomination for the spores of *Glomeromycota*, a group molecularly distinct from *Zygomycota*. Mycotaxon 96: 129-132.
- Janos DP, Trappe JM. 1982. Two new *Acaulospora* species from Tropical America. Mycotaxon 15: 515-522.
- Jenkins WR. 1964. A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. Plant Dis. Rep. 48: 692.
- Morton JB, Redecker D. 2001. Two new families of *Glomales*, *Archaeosporaceae* and *Paraglomaceae*, with two new genera *Archaeospora* and *Paraglomus*, based on concordant molecular and morphological characters. Mycologia 93: 181-195.
- Nicolson TH, Schenck NC. 1979. Endogonaceous mycorrhizal endophytes in Florida. Mycologia 71: 178-198.

18 ... Goto, Maia & Oehl

- Oehl F, Sýkorová Z, Redecker D, Wiemken A, Sieverding E. 2006. *Acaulospora alpina*, a new arbuscular mycorrhizal fungal species characteristic for high mountainous and alpine grasslands of the Swiss Alps. *Mycologia* 98: 286-294.
- Palenzuela J, Ferrol N, Boller T, Azcón-Aguilar C, Oehl F. 2008. *Otospora bareai*, a new fungal species in the *Glomeromycetes* from a dolomitic shrub-land in the National Park of Sierra de Baza (Granada, Spain). *Mycologia* 100: 282-291.
- Schenck NC, Spain J, Sieverding E, Howeler RH. 1984. Several new and unreported vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi (*Endogonaceae*) from Colombia. *Mycologia* 76:685-699.
- Sieverding E, Toro S. 1987. *Acaulospora denticulata* sp. nov. and *Acaulospora rehmsii* sp. nov. (*Endogonaceae*) with ornamented spore walls. *Angew. Bot.* 61: 217-223.
- Spain JL, Sieverding E, Oehl F. 2006. *Appendicispora*, a new genus in the arbuscular mycorrhizal-forming *Glomeromycetes*, with a discussion of the genus *Archaeospora*. *Mycotaxon* 97: 163-182.
- Walker C. 2008. *Ambispora* and *Ambisporaceae* resurrected. *Mycol. Res.* 112: 297-298.
- Walker C, Trappe JM. 1981. *Acaulospora spinosa* sp. nov. with a key of *Acaulospora*. *Mycotaxon* 12: 515-521.
- Walker C, Vestberg M, Demircik F, Stockinger H, Saito M, Sawaki H, Nishimura I, Schüssler A. 2007a. Molecular phylogeny and new taxa in the *Archaeosporales* (*Glomeromycota*): *Ambispora fennica* gen. sp. nov., *Ambisporaceae* fam. nov., and emendation of *Archaeospora* and *Archaeosporaceae*. *Mycological Research* 111: 137-153.
- Walker C, Vestberg M, Schüssler A. 2007b. Nomenclatural clarifications in *Glomeromycota*. *Mycol. Res.* 111: 253-255.

First record of *Glomus halonatum* Rose & Trappe (Glomeromycota) in South America - comments on the morphological characteristics of the species

BRUNO TOMIO GOTO^{1*}, CINTIA MARIA CARNEIRO COSTA¹ & LEONOR COSTA MAIA¹

¹*brunogoto@hotmail.com

¹Departamento de Micologia, CCB, Universidade Federal de Pernambuco, Av. Prof. Nelson Chaves s/n, Cidade Universitária, 50670-420, Recife, PE, Brazil

Abstract — Ornamented glomerospores of an arbuscular mycorrhizal fungi were collected from an area of Atlantic Forest in Goiana (Pernambuco, Brazil). The region had been cultivated with *Coffea canephora* Pierre ex. Froehner (= *Coffea robusta* L. Linden)] and *Bixa orellana* L., then left fallow and today is covered by herbaceous raider species. After taxonomic analysis using current descriptive and terminological criteria, the species was identified as *Glomus halonatum*. This represents the first record of this species in South American soil. A description, illustrations and comments about the species are presented.

Key words — Glomeraceae, Glomeromycota, *Glomus*, diversity, taxonomy

Introduction

Arbuscular mycorrhizal fungi are widely distributed in terrestrial ecosystems and can be found in both natural and agricultural areas. The documentation of new patterns of species distribution is necessary for the accurate estimation of the diversity and distribution of this important group of symbiont fungi.

Some morphological characteristics used for the identification of AMF species, such as color and size of spores, vary and can be affected by intrinsic or environmental factors (Bentivenga et al. 1997; Walker & Vestberg 1998). Thus, isolates of a single species collected from different localities can present variations in color and size, but, although serving as useful morphological support, these differences should not be used on their own to identify separate species, (Silva et al. 2005).

Descriptions of AMF species became more rigorous when Walker (1983) proposed the use of terminology based on separation and types of spore walls. Today, with particular emphasis given to the ontogenesis of the spore wall layers, (Morton 1995, Stürmer & Morton 1997, 1999), most researchers have adopted this terminology Morton (<http://invam.caf.wvu.edu>).

The purpose of this work was to record the occurrence, to describe and illustrate an isolate of *Glomus halonatum* found in Brazil, to compare its description with those of similar species and to provide additional information on the morphological aspects of this AMF species, recorded earlier only in England and Mexico, where it was originally described (Rose & Trappe 1980).

Material and methods

Soil sampling and culturing of AM fungi

Soil samples were collected (0 – 20 cm deep) at random from an area of Atlantic Forest located at the Experimental Station of Itapirema (07°34'00''s e 35°00'00''w) belonging to IPA (Instituto Agronômico de Pernambuco, Goiana Municipality, Pernambuco State, Northeast Brazil). The area had been cultivated with *Coffea canephora* Pierre ex. Froehner (= *Coffea robusta* L. Linden)], and *Bixa orellana* L., then left fallow, and today is covered by a variety of herbaceous raider species.

The local soil has the following characteristics: 3 mg of P dm⁻³ of soil; pH in water 6.20; 0.09 (K), 0.00 (Al), 1.55 (Ca) and 0.60 (Mg) cmol_c dm⁻³; 64% (coarse sand), 24% (fine sand) 2% (silt), and 10% (sandy loam).

Spores of AMF were extracted from soil by wet sieving and sucrose centrifugation (Gerdemann & Nicolson 1963; Jenkins 1964), separated and mounted with PVLG (alcohol polivinyl lactoglycerol) or PVLG + Melzer (Schenck & Pérez, 1990). Pot cultures were mounted using *Panicum miliaceum* L. and *Sorghum bicolor* L. as plant hosts, during two cycles of four months, though without success on spore multiplication. For the description of the species the terminology proposed by Morton (<http://invam.caf.wvu.edu>) was adopted and, for spores, that suggested by Goto & Maia (2006). Species names are according to Walker & Trappe (1993).

Description of the species

Glomus halonatum Rose & Trappe Mycotaxon 10: 413, 1980.

Figs. 1-4

Sporocarps were not observed. **Glomerospores** usually globose (325-)202,5×200(-297,5) µm from yellow to orange brown (Fig. 1). Glomerospore wall with three layers. The first evanescent, hyaline, mucilaginous, varying from 12,5–27,5 µm in thickness and in some cases presenting a tenuous Melzer's reaction (Fig. 2 and

3). This layer is normally smooth in young spores and granulose or with wide depressions at maturity. In senescent glomerospores it can be absent or totally covered by soil debris. The second layer is laminated (17,5–25 μm), yellow brown to orange brown, with 1,0–2,4 μm high spines on the external surface (Fig. 4). Occasionally this second layer can be divided, giving the impression that two laminated layers are present. The third layer is hyaline, with membranous appearance (< 2,0 μm) and apparently forms a septum in the insertion of the subtending hypha. One subtending hypha per glomerospore, with a septum near the insertion, yellow to yellow brown wall (17,5–37,5 μm), formed by two layers: an external one continuous with the evanescent layer, hyaline to mucilagenous, and a laminated layer similar to that of the glomerospore and ornamented. This ornamentation is observed for approximately 10 μm in the subtending hypha. No layer produces a distinct Melzer reaction, but an ill-defined reaction to the surface of the evanescent wall was observed. Germinative tube not observed.

Mycorrhizal formation — unknown.

Distribution — Mexico and England (Rose & Trappe 1980). In Brazil, spores were isolated at the Experimental Station of Itapirema (Goiana, Pernambuco State, Northeast Brazil).

SPECIMENS EXAMINED — **BRASIL. Pernambuco:** Municipality of Goiana, *G. halonatum* Rose & Trappe. (X/2002), Costa, URM 45715; isolated from soil in area covered by herbaceous vegetation, located at the Experimental Station of Itapirema. **GERMANY. Vogtsburg:** *Glomus spinuliferum* Oehl & Sieverding, (VI/2002), Oehl, URM 45714 isotype, isolated from areas covered by semi-natural grassland in Vogelsang Pass, near Vogtsburg (Natural Reserve of Kaiserstuhl), Germany.

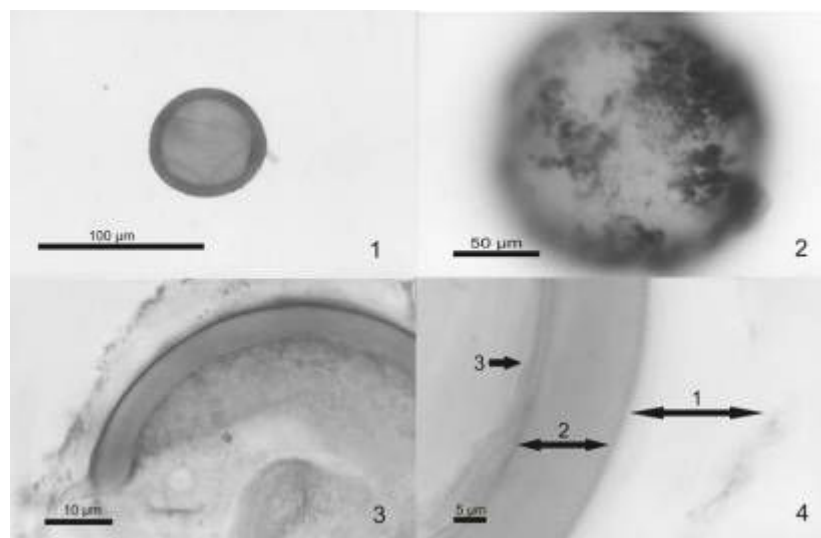


Figure 1 – 4. *Glomus halonatum*. 1- General aspect of a glomerospore in PVLG; 2 – Detail of the surface of the evanescent spore wall reacting in Melzer; 3 – Detail of the structure of the spore wall showing the thick evanescent wall; 4 – Detail of the three layered wall structure (1, 2, 3) with ornamentation of the second layer (2) immersed in the evanescent layer (1).

Discussion

The morphological characteristics (color, size, form and wall structure) of glomerospores of *Gl. halonatum* found in Pernambuco are similar to those described in the protologue (Rose & Trappe 1980), except for the absence of sporocarps and by the thickness of the first glomerospore wall layer. In the examined material this layer was hyaline and evanescent and slightly thicker (12,5–27,5 μm) than that mentioned in the original description (8 – 20 μm).

Glomus halonatum can be mistaken for *Glomus monosporum* Gerdemann & Trappe due to the similarity on color and ornamentation of the glomerospores (Gerdemann & Trappe 1974), but the latter have only two wall layers, while the glomerospores of *G. halonatum* have three wall layers.

Glomerospores of *G. halonatum* can also be mistaken with those of *G. pansihalos* Berch & Koske, *G. spinosum* Hu, *G. verruculosum* Blaszkowski and *G. spinuliferum* Sieverd. & Oehl. For example, *Glomus pansihalos*, *G. spinosum* and *G. halonatum* present the same number of glomerospore wall layers and in all of them a hyaline, thick wall layer is present. However, in *G. pansihalos* the external layer presents radial striations in columns when in PVLG (Berch & Koske 1986), while in *G. halonatum* these striations are not found. Moreover, *G. halonatum* presents an homogeneously-distributed spine ornamentation, whereas *G. pansihalos* and *G. spinosum* present sparser ornamentations, similar to verrugas (Berch & Koske 1986; Hu 2002).

To distinguish *G. pansihalos* from *G. spinosum* is not easy, considering that both can form loosely arranged sporocarps and have the same number of glomerospore wall layers. However, in *G. spinosum* the evanescent layer has hairy projections whereas in *G. pansihalos* these are columnar, although these differences can be somewhat subjective.

The glomerospores of *Glomus halonatum* have three walls whereas those of *G. verruculosum* have only two. Moreover, *G. verruculosum* glomerospores have round tip ornamentation (verrugas) (Błaszowski & Tadych 1997) whereas in *G. halonatum* the ornamentations have thin tips (spines).

Glomerospores of *G. halonatum* are similar to those of *G. spinuliferum* in color and spore wall structure. Both species have glomerospores with three wall layers, one of which has spines that are immersed in the evanescent, hyaline and mucilaginous layer. However, *G. halonatum* has bigger spores than *G. spinuliferum* and sporocarps covered by a peridium of hypha loosely arranged (Rose & Trappe 1980), while in *G. spinuliferum* no sporocarps were observed at all (Oehl et al. 2003). Rose & Trappe (1980) mentioned sporocarps of *G. halonatum* with one, two or three glomerospores loosely grouped. Even the technique for extraction of glomerospores from soil can disturb the sporocarps, contributing for the non-observation of such structures in the examined material. Up to now, spore cultures of *G. halonatum* and *G. spinuliferum* were not successful, so the descriptions are based on glomerospores isolated directly from the field (Rose & Trappe 1980; Oehl et al. 2003).

Glomus halonatum is also distinguished from *G. spinuliferum* by the thick evanescent layer that forms a halo similar to a ring in most spores. Oehl et al. (2003) stated that the external glomerospore wall of *G. spinuliferum* (1 – 2 µm) can occasionally expand up to 50 µm in thickness in PVLG. This effect has also been described for *Glomus pansihalos* Berch & Koske, in the description of *Glomus macrocarpum* Tul. & Tul., in *Glomus coronatum* Giovannetti and lately in *Glomus caesaris* Sieverding & Oehl (Berch & Koske 1986; Berch & Fortin 1983; Giovannetti et al. 1991; Oehl et al. 2002), as discussed by Morton (1986 a,b). It was not possible to observe the expansion of the external wall layer in glomerospores of *G. spinuliferum* probably due to the small number of spores present in the isotypes examined.

The external wall layer of *G. halonatum* glomerospores varied in thickness (12,5–27,5 µm). When observed at higher magnification this layer seemed to be formed by laminations embedded in a gelatinous matrix as has also been observed in the glomerospores of *Glomus mertonii* Bentivenga & Hetrick. However, in this species is the second (Bentivenga & Hetrick 1991) and not the first wall, as in *G. halonatum*, which has this characteristic.

Walker & Vestberg (1998) observed that glomerospore isolates of the same AMF species differ strongly in color and size, according to the conditions under which the fungus was found. It is possible that the differences between the evanescent layer of the glomerospore wall of *G. halonatum* and *G. spinuliferum* result from the diverse environmental pressures suffered by the isolates of both species.

Some of the glomerospores examined presented vertical striations (fistulas) in the laminated layer, as mentioned in the original description of *G. halonatum* and *G. spinuliferum* (Oehl et al. 2003). These striations result from environmental injuries produced by action of the soil microorganisms, and do not represent a typical character of the species, as also observed by Walker & Vestberg (1998) in relation to striations found in glomerospores of *Glomus fistulosum* Skou & Jakobsen.

Glomerospores of *G. halonatum* presented subtending multiseptate hyphae, similar to those observed by Oehl et al. (2003) in *G. spinuliferum*. In the original description of *G. halonatum* a septum was observed 30 µm below the insertion point of the subtending hypha (Rose & Trappe 1980).

The absence of other distinctive characteristics shows the need for better examination of *G. halonatum* and *G. spinuliferum* isolates, to look for more differences between these species, considering that both are, in some ways, morphologically similar.

Walker (<http://www.lrz-muenchen.de/~schuessler/amphylo/>) mentioned that *G. halonatum* can be similar to *G. clarum*, but the ornamentation pattern, glomerospore wall structure and Melzer's reaction are distinct. *G. halonatum* presents glomerospores with three layers: the first evanescent, thick (12,5–27,5 µm), the second laminated, yellow, also thick (17,5–25 µm) and spiny; the third thin, membranous (< 2,0 µm), while glomerospores of *G. clarum* are not ornamented and also have three layers, one evanescent, thinner (4,7 – 8,5 µm), and two laminated one thicker (9 – 14,5 µm) and hyaline and the other thinner, yellowish (1,2 – 3,5 µm). The Melzer's reaction is evident in the evanescent wall layer of *G. clarum* glomerospores, but in *G. halonatum* this reaction is tenuous and less obvious. Moreover, the glomerospore wall pigmentation is related to the second laminated layer in *G. halonatum* while in *G. clarum* it is related to the third layer.

In the same way, none of the species discussed in comparison with *G. halonatum* present this thick, evanescent wall layer, forming a distinct halo around the glomerospore. Thus, *G. halonatum* differs from all other *Glomus* species by presenting these distinctive morphological features.

Acknowledgements

To Dr. Fritz Oehl from the Institute of Botany, University of Basel, Switzerland, for providing slides of the isotype of *G. spinuliferum*, Dr. Reginaldo Silva, from the Universidade Federal Rural de Pernambuco, Brazil, for helping with the photographs, and Dr. David Bousfield, from helping to correct the English text and making suggestions. The assistance of Dr. Fritz Oehl and Sharon Rose are also acknowledged for reviewing the manuscript and making helpful comments. The authors thank the following institutions for support: Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), Fundação de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico de Pernambuco (FACEPE) and Instituto Tecnológico de Pernambuco (ITEP) which provided, respectively, a research grant to L.C. Maia, a PhD scholarship to B.T. Goto and a post-doctoral scholarship to C.M.C. Costa.

Literature cited

- Bentivenga SP & Hetrick BAD. 1991. *Glomus mortonii* sp. nov. a previously undescribed species in the Glomaceae isolated from the tallgrass prairie in Kansas. *Mycotaxon* 42: 9-15.
- Bentivenga SP; Bever JD & Morton JB. 1997. Genetic variation of morphological characters within a single isolate of the endomycorrhizal fungus *Glomus clarum* (Glomaceae). *Am. J. Bot.* 84(9): 1211-1216.
- Berch, S.M. & Fortin, J.A. 1983. Lectotypification of *Glomus macrocarpum* and proposal of new combinations: *Glomus australe*, *Glomus versiforme*, and *Glomus tenebrosus* (Endogonaceae). *Canadian Journal of Botany* 61: 2608-2617.
- Berch SM & Koske RE. 1986. *Glomus pansihalos*, a new species in the Endogonaceae, Zygomycetes. *Mycologia* 78: 832-836.
- Blaszkowski J & Tadych M. 1997. *Glomus multiforum* and *G. verruculosum*, two new species from Poland. *Mycologia* 89(5): 804 – 811.
- Gerdemann JW & Nicolson TH. 1963. Spores of mycorrhizal Endogone species extracted from soil by wet sieving and decanting. *Trans. Br. Mycol. Soc.* 46: 235-244.
- Gerdemann JW & Trappe JM. 1974. The Endogonaceae in the Pacific Northwest. *Mycologia Memoir* n. 5, 75pp.
- Giovanetti M; Avio L & Salutini L. 1991. Morphological, cytological, and ontogenetic characteristics of new species of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus. *Can. J. Bot.* 69: 161-167.
- Goto BT & Maia LC. 2006. Glomerospores: a new denomination for the spores of Glomeromycota, a group molecularly distinct from the Zygomycota. *Mycotaxon* 96: 129 - 132.
- Hu HT. 2002. *Glomus spinosum* sp. nov. in the Glomaceae from Taiwan. *Mycotaxon* 83: 159 – 164.
- Jenkins WR. 1964. A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. *Plant Dis. Rep.* 48: 692.
- Morton JB. 1986a. Three new species of Acaulospora (Endogonaceae) from high aluminium, low pH soils in West Virginia. *Mycologia* 78: 641-648.
- Morton JB. 1986b. Effects of mountants and fixatives on wall structure and Melzer's reaction in spores of two Acaulospora species (Endogonaceae). *Mycologia* 78(5): 787-794.
- Morton JB. 1995. Taxonomic and phylogenetic divergence among five Scutellospora species (Glomales, Zygomycetes) based on comparative developmental sequence. *Mycologia* 87: 127 – 137.
- Oehl F; Wiemken A & Sieverding E. 2002. *Glomus caesaris*, a new arbuscular mycorrhizal fungus from the Kaiserstuhl in Germany. *Mycotaxon* 84: 379-385.
- Oehl F; Wiemken A & Sieverding E. 2003. *Glomus spinuliferum*, a new ornamented species in the Glomales. *Mycotaxon* 86: 157-162.
- Rose SL & Trappe JM. 1980. Three new endomycorrhizal *Glomus* spp. associated with actinorrhizal shrubs. *Mycotaxon* 10: 413-420.
- Schenck NC & Pérez Y. 1990. Manual for identification of VA mycorrhizal fungi. Synergistic Publications, Gainesville.
- Silva GA; Maia LC & Stürmer SL. 2005. A dichotomous key to Scutellospora species (Gigasporaceae, Glomeromycota) using morphological characters. *Mycotaxon* 94: 293 – 301.
- Stürmer SL & Morton JB. 1997. Developmental patterns defining morphological characters in spores of four species in *Glomus*. *Mycologia* 89 (1): 72-81.
- Stürmer SL & Morton JB. 1999. Taxonomic reinterpretation of morphological characters in Acaulosporaceae based on developmental patterns. *Mycologia* 91(5): 849-857.
- Walker C & Trappe JM. 1993. Names and epithets in the Glomales and Endogonales. *Mycol. Res.* 97(3): 339-244.
- Walker C & Vestberg M. 1998. Synonymy amongst the arbuscular mycorrhizal fungi: *Glomus claroideum*, *G. maculosum*, *G. multisubstansum* and *G. fistulosum*. *Annals of Botany* 82: 601-624.
- Walker C. 1983. Taxonomics concepts in the Endogonaceae: Spore wall characteristics in species descriptions. *Mycotaxon* 18: 443-455.

***Pacispora velloziensis*, a new species of arbuscular mycorrhiza-forming Glomeromycetes from Brazil**

BRUNO TOMIO GOTO^{1*} & LEONOR COSTA MAIA¹

¹*brunogoto@hotmail.com

¹Departamento de Micologia, CCB, Universidade Federal de Pernambuco, Av. Prof. Nelson Chaves s/n, Cidade Universitaria, 50670-420, Recife, PE, Brazil

Abstract — During a survey of arbuscular mycorrhizal fungi at the Serra do Cipó, Minas Gerais State, Brazil, a new species of *Glomeromycota* with a subtending hypha and inner wall was found and included in the genus *Pacispora*. Considering that some characteristics were not previously described in the other species of this genus, a new species, *Pacispora velloziensis*, is proposed.

Key words — *Diversisporales*, diversity, mycorrhiza, *Pacisporaceae*, *Vellozia*

Introduction

The arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) are included in the phylum *Glomeromycota*, based on molecular studies that definitively separated the group from the *Zygomycetes*, where they used to be classified (Schüßler et al. 2001). However, the taxonomy of the group remains in continuous move and two new genera were proposed (*Pacispora* and *Diversispora*) for this phylum (Oehl & Sieverding 2004; Walker & Schüßler 2004).

Pacispora, included in *Glomerales*, is characterized by glomerospores with six wall layers, and germination directly through the spore wall, from a germinative plate (Oehl & Sieverding 2004). Using molecular data, Walker & Schüßler (2004) proposed the family *Pacisporaceae* to accommodate the genus, formed by seven species: *P. boliviana* Sieverd. & Oehl, *P. coralloidea* Sieverd. & Oehl, *P. chimonobambusae* (Wu & Liu) Sieverd. & Oehl, *P. dominikii* (Blasz.) Sieverd. & Oehl, *P. franciscana* Sieverd. & Oehl, *P. rubigina* Sieverd. & Oehl, and *P. scintillans* (Rose & Trappe) Sieverd. & Oehl. Register of presence of these AMF species in many ecosystems is rare, mainly in tropical regions. During studies in areas of a Brazilian savannah, with a typical vegetation of high hills, glomerospores of a new species of *Pacispora* were found in the rhizosphere of a *Vellozia* species. Description, comments and illustrations of this new species, named *Pacispora velloziensis* *nom. ined.*, to relate with its possible host, are presented.

Material and methods

Soil sampling and culturing of AM fungi

Soils were sampled in the Cerrado biome of Serra do Cipó (Minas Gerais State, Brazil) from the rhizosphere of typical native plant vegetation, mainly consisting of *Vellozia caruncularis* Mart. ex Seub., in July 2004. The site is located at 19° 06'S and 43° 35'W.

For culturing the native AM fungal communities, 50 g of the field soil were mixed with 400 g autoclaved sand-vermiculite substrate (1:1 w/w) and filled into 500 ml pots. *Sorghum bicolor* L. was used as bait plant. The substrate had a 4.7. pH. The culture pots were maintained at the greenhouse of the Department of Mycology, Universidade Federal de Pernambuco, Recife. Additionally, multiple glomerospores of the new species were separated and used as infective propagules in single species cultures using the same pot size and culture substrate as described above. Unfortunately, growth of the new species was not established successfully in bait cultures or in single species cultures.

Morphological analyses

Spores were extracted from soil by wet sieving and sucrose centrifugation (Gerdemann & Nicolson 1963; Jenkins 1964), separated in Petri dishes on a stereomicroscope and mounted in glass slides with PVLG and PVLG + Melzer reagent (Brundrett et al. 1994). The use of the term glomerospore follows Goto & Maia (2006).

Description of the new species

***Pacispora velloziensis* B.T. Goto & L.C. Maia sp. nov.**

Figs. 1-6

MYCOBANK MB...

Sporocarpia ignota. Sporae hialinae singulatim in solo, globosae 60 – 116.5 µm vel subglobosae (109.4-) 80.8 x 60.1 (-103.4) µm vel irregularis. Sporae cum tunica duas. Struturae tunica (exospore) cum stratis tribus; primus stratum hialinae, < 2.0 – 2.7 µm crassum; secundum stratum hialinae, laminatum, 4.7 – 5.6 µm crassum; tertium stratum tunicae struturae hialinae, membranatum < 1.0 µm crassum. In solutione Melzeri stratum primus tunicae struturae purpureum colorans. Germinatum tunica (endospore) cum stratis tribus; primus stratum cum secundum stratum aderens, coriaceum, 1.8 – 2.8 µm crassum; tertium stratum hialinae, membranatum, < 1.0 µm crassum. Tunica hyphae affixae confluentis cum estratis exterioris tunicae duarum externae sporarum.

Etymology: *velloziensis* – refers to the host in the rhizosphere of which spores of the species were collected.

Glomerospore formation - Sporocarps unknown. Glomerospores formed singly in the soil usually globose 60 – 116.5 µm to subglobose (109.4-) 80.8 x 60.1 (-103.4) µm, rarely irregular (Fig. 1). Spore wall with six layers (Fig. 2; Fig. 5). Outer wall composed by three hyaline layers, the first continuous with the subtending hypha. Inner wall of three layers, the two first tightly together, with semi-rigid consistence, difficult to break under pressure.

Outer wall —consists of three layers (Figs. 2). Outer layer (OWL1) hyaline to subhyaline, permanent, rigid, 2.0-2.7 µm thick, and often difficult to detect, as it tightly adheres to OWL2 (Fig. 2-5). OWL2 smooth, laminated, hyaline to white and in total 4.7-5.6 µm thick (Fig. 2). The inner layer (OWL3) thin (0.5-1.0 µm), hyaline to subhyaline and tightly attached to OWL2 making it difficult to detect. Dextrinoid reaction in Melzer observed in both, the unit and the laminated wall layers of the structural wall, which acquire a pink purple coloration. This color is lost after the first weeks of preparing the slides, leaving the spores slightly pink. Germinal wall do not react in Melzer.

Inner wall —hyaline and three-layered, but generally only the central layer (IWL2; Figs. 2 and 5) is visible in broken glomerospores. The outer layer (IWL1) is 0.5-1.0 µm and difficult to detect, as it is tightly adherent to the central layer IWL2 which is 1.0-2.0 µm thick. The innermost layer (0.5-1.0 µm thick), tightly adherent to IWL2 is also difficult to detect. No Melzer reaction is detected in the inner wall layers.

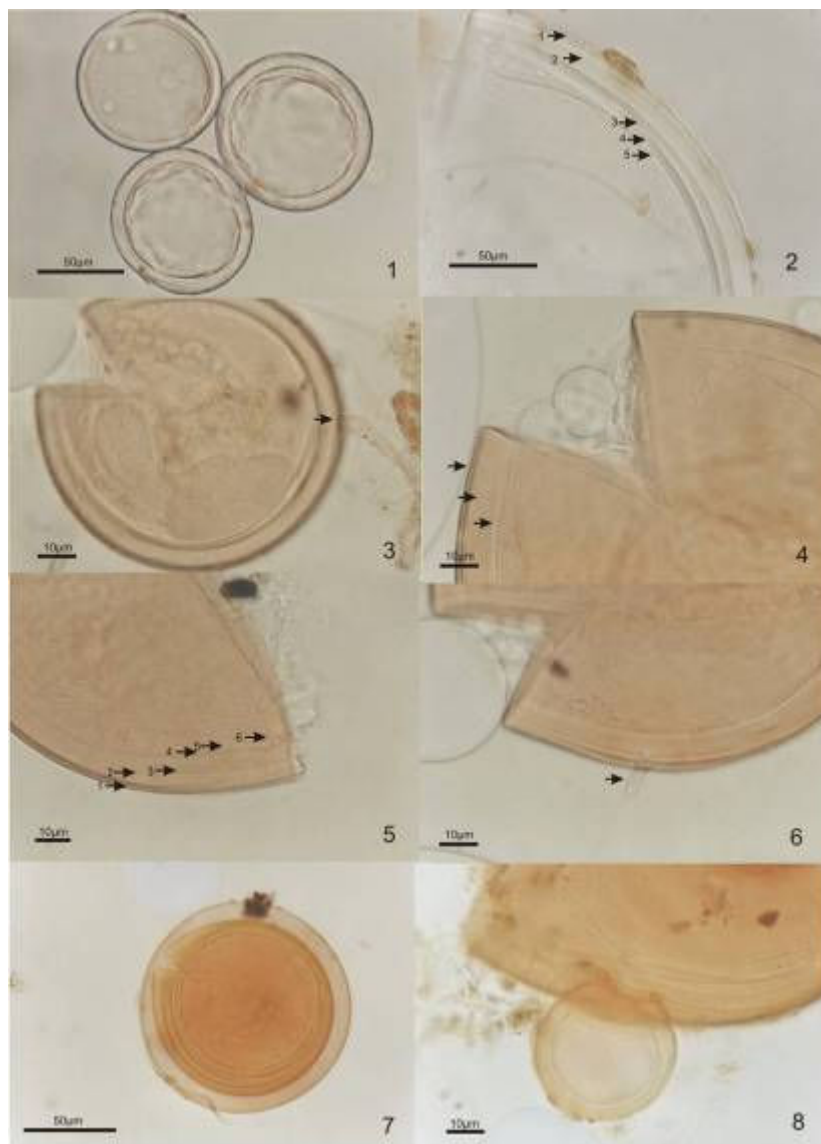
Subtending hypha — ephemeral and difficult to detect, 3.7 – 7.5 µm diameter, formed by only one thin wall layer (OWL1) < 1.0 µm thick. Pore generally occluded by inner layer of spore wall (OWL3). Melzer reaction positive, with the hypha turning pink purple (Fig. 3).

Germination —observed only in one glomerospore, but orb was not detected. Probably the germinal structure is similar to that found in the other *Pacispora* species (see Oehl & Sieverding 2004 and Walker et al. 2004).

Mycorrhizal formation — unknown.

Distribution — Brazil: so far only found in the Cerrado biome of Serra do Cipó, Minas Gerais State.

SPECIMENS EXAMINED — **BRAZIL, Minas Gerais, Serra do Cipó. HOLOTYPE** (54-5401) and type specimens (54-5402 & 54-5403) deposited at URM (Recife, Pernambuco, Brazil). Isotypes: 54-5404 & 54-5405 deposited at OSC (Corvallis, Oregon, USA); and 54-5406 & 54-5407, deposited at Z+ZT (Zurich, Switzerland).



Figs 1 – 8. *Pacispora velloziensis*. **Fig.1-** General aspect of glomerospores in PVLG. **Fig.2-** Detail of glomerospore with outer and inner walls in PVLG. **Fig.3-** Detail of a subtending hypha. **Fig.4-** Outer spore wall layers in Melzer. **Fig.5-** Spore wall structure with six layers. **Fig.6** – Germinal tube initiation emerging from the spore wall. **Fig.7-** Outer wall layer detaching from OWL2 **Fig.8** – Glomerospore formation from a mature spore.

Discussion

Glomerospores of *Pacispora* are characterized by a subtending hypha typical of glomoid spores and an inner wall (germinal component), with germination directly through the spore wall, from a germinal shield (orb). Although the description includes a germinal shield in the inner wall layer, there are no register of such structure in *P. robigina*, *P. chimonobambusae*, *P. coraloides* and *P. boliviana*. In the same way, this shield was not observed in the examined glomerospores of *P. velloziensis*. References to the shield are found in *P. franciscana*, *P. scintillans* and *P. dominikii* (Oehl & Sieverding 2004; Walker et al 2004).

Pacispora velloziensis shows dextrinoid reaction in the structural spore wall, while the germinal wall do not distinctly reacts in Melzer. Conversely, in the other *Pacispora* species with hyaline spores, with the exception of *P. boliviana*, it is the intermediate layer of the germinal wall that shows a dextrinoid reaction (Oehl & Sieverding 2004). Although sharing some wall characteristics, *P. boliviana* and *P. velloziensis* differ because the wall in the former species is ornamented while the latter has a smooth spore wall.

Pacispora velloziensis can be mistaken with *P. franciscana* in PVLG, once that both have a smooth structural spore wall, and the same number of wall layers. However, opposite to *P. velloziensis*, *P. franciscana* do not shows a dextrinoid reaction in the structural wall, but a strong reaction in the germinal wall.

The developmental stage of the spore may affect the Melzer's reaction, mainly in species with a germinal wall layer, as in *Acaulosporaceae*, considering that is the innermost layer that reacts in Melzer and this layer is the

last one to be formed (Stürmer & Morton 1999). In *P. velloziensis* this is not relevant, because the Melzer's reaction occurs in the structural wall. This reaction was observed in all examined spores even in those where the inner wall layers were not completely formed.

The structure of the spore wall of *P. velloziensis* is difficult to distinguish, even in broken spores, mostly because the structural and germinal walls of the spore are not easily separated. The most difficult to observe are the third and the sixty spore wall layers, both flexible and strongly adherent with OWL2 and IWL2, respectively. The third layer is part of the structural component and is tightly together with the second layer; the sixty layer is part of the germinal wall and can be seen only as a rough thin layer. Because of that, glomerospores of *P. velloziensis* can erroneously be interpreted as having only four wall layers.

Pacispora franciscana, *P. rubigina* and *P. coralloidea* were found in the Swiss Alps, at 2800 m above the sea level. *P. velloziensis* was found in a very peculiar region named "Campos Rupestres", at 1100m above the sea level. Studies in isolated or less explored areas, such as Islands (Dalpé et al. 2002), altitude (Oehl & Sieverding 2004) or polar regions (Cabello 1994) have allowed the discovery of new species, adapted to the conditions of those environments. These findings show that knowledge regarding the diversity of arbuscular mycorrhizal fungi is still in the beginning; a wide variety of ecosystems, in different regions, are unexplored, what indicates that continuous taxonomic studies of the group are still needed.

Acknowledgements

The authors acknowledge, in special, Dr. Fritz Oehl (Institute of Plant Production and Agroecology in the Tropics, University of Hohenheim, Stuttgart, Germany) and Joyce L. Spain (Corvallis, Oregon USA), for reviewing the manuscript and making helpful comments and suggestions, and to Dr. Nanuza Luiza de Menezes for providing the opportunity to visit the Serra do Cipó, MG. This work was supported by the Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) and Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) that provided, respectively, a research grant to Leonor C. Maia and a PhD scholarship to Bruno T. Goto.

Literature cited

- Brundrett M, Melville L, Peterson L. 1994. Practical Methods in Mycorrhizal Research. Mycologue Publications, University of Guelph, Guelph, Ontario, Canada.
- Cabello, M; Gaspar, L & Pollero, R 1994. *Glomus antarcticum* sp. nov., a vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus from Antarctica. Mycotaxon 51: 123-128.
- Dalpé, Y; Plenchette, C; Frenot, Y; Gloaguen, JC & Strulu, DG 2002. *Glomus kerguelense* sp. nov., a new Glomales species from sub-antarctic. Mycotaxon 84: 51 – 60.
- Gerdemann, JW & Nicolson, TH 1963. Spores of mycorrhizal *Endogone* species extracted from soil by wet sieving and decanting. Trans. Br. Mycol. Soc. 46: 235-244.
- Goto BT, Maia LC 2006 Glomerospores: a new denomination for the spores of *Glomeromycota*, a group molecularly distinct from *Zygomycota*. Mycotaxon 96: 129-132.
- Jenkins, WR 1964. A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. Plant Disease Report 48:692.
- Oehl, F & Sieverding, E 2004. *Pacispora*, a new vesicular arbuscular mycorrhizal fungi genus in the Glomeromycetes. Jour. Appl. Bot. 78: 72 – 82.
- Schüßler, A Schwarzott, D Walker, C 2001. A new fungal phylum, the *Glomeromycota*: phylogeny and evolution. Mycol. Res. 102(12): 1413-1421.
- Stürmer, SL & Morton, JB 1999. Taxonomic reinterpretation of morphological characters in Acaulosporaceae based on developmental patterns. Mycologia 91(5): 849-857.
- Walker, C; Blaszkowski, J; Schüßler, D & Schwarzott, A 2004. *Gerdemannia* gen. nov. a genus separated from *Glomus*, and *Gerdemanniaceae* fam. nov., a new family in the *Glomeromycota*. Mycol. Res. 108(6): 707 – 718.
- Walker, C & Schüßler, A 2004. Nomenclatural clarifications and new taxa in the *Glomeromycota*. Mycol. Res. 108: 981 – 982.

Notas sobre *Acaulospora excavata* Ingleby & Walker com revisão dos padrões de ornamentação em Acaulosporaceae

Bruno Tomio Goto^{1,4}; Adália Cavalcanti do Espírito Santo Mergulhão^{2,5} & Leonor Costa Maia^{1,3}

¹Departamento de Micologia, Universidade Federal de Pernambuco. Av. Prof. Nelson Chaves s/n, Cidade Universitária, CEP 50670-420, Recife, PE, Brasil.

²Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária – IPA. Av. General San Martin, 1371, Bongi, CEP 50701-000, Recife, PE, Brasil

³Bolsista de Pesquisa CNPq

⁴Autor para correspondência (brunogoto@hotmail.com)

⁵Pesquisadora do IPA

RESUMO – (Notas sobre *Acaulospora excavata* Ingleby & Walker com revisão dos padrões de ornamentação em Acaulosporaceae). Durante levantamento da diversidade de FMA em uma área impactada pela mineração de gipsita no semi-árido nordestino, esporos de uma espécie ornamentada de *Acaulospora* foram encontrados e identificados como *A. excavata*, porém apresentaram pequena variação morfológica na estrutura da parede. Contudo, o padrão de ornamentação observado nesses esporos é similar ao descrito para *A. excavata*. O conhecimento sobre a distribuição de espécies de fungos micorrízicos arbusculares (FMA) ainda é restrito e as variações morfológicas observadas em isolados de uma mesma espécie podem proporcionar subsídios adicionais para entendimento dos caracteres usados na taxonomia do grupo. Além disso, a identificação das espécies de *Acaulospora* muitas vezes é feita com base no padrão de ornamentação sendo de grande importância uma revisão dos padrões de ornamentações em Acaulosporaceae para formulação de chaves que facilitem a identificação das espécies. Os objetivos deste trabalho foram descrever *Acaulospora excavata* Ingleby & Walker, bem como comparar a descrição dessa espécie com as de outras similares discutindo sobre padrão de ornamentação em Acaulosporaceae.

Palavras-chave: Caatinga, cultura armadilha, *Diversisporales*, fungo micorrízico arbuscular, *Glomeromycota*.

ABSTRACT – (Notes on *Acaulospora excavata* Ingleby & Walker with review of ornamentation patterns in Acaulosporaceae). During diversity study of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) in impacted area by mining of gipsita in semi-arid Northeastern spores of the ornamented species of *Acaulospora* were found and identify as *A. excavata*, but this spores presented few morphological variation in spore wall. However, the ornamentation partners observed in these spores were similar to described for *A. excavata*. The knowledgement regarding distribution of species of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) is still restrict and morphological variations found in isolates of a same species may give additional insights for understanding the characters used in the taxonomy of this group. In addition, the identification of the *Acaulospora* species is some times based in ornamentation partners being of great importance a review of the ornamentation partner in *Acaulosporaceae* for identification keys. The objectives of this work were redescrive *Acaulospora excavata* Ingleby & Walker as well as to compare the descriptions of such species with that of others similar AMF revising ornamentation patterns in Acaulosporaceae.

Key-words: Caatinga, trap culture, *Diversisporales*, arbuscular mycorrhizal fungi, *Glomeromycota*.

Introdução

Os fungos micorrízicos arbusculares (FMA) formam simbiose obrigatória com a maioria das famílias de vegetais promovendo seu crescimento ou tolerância a condições de estresse bióticas ou abióticas (Smith & Read 1997). Toda a taxonomia desses fungos está baseada na morfologia dos esporos, estrutura assexuada altamente diversificada que apresenta diferenciações suficientes para delimitação de espécies (Morton 1988; Goto & Maia 2006). A taxonomia, com função de fornecer um índice para espécies e de mostrar as relações filogenéticas entre elas é a ciência da síntese e reúne dados de várias áreas e integrá-os em um sistema. Atualmente, os FMA estão incluídos no filo Glomeromycota, criado por Schuessler et al. (2001) com base em dados moleculares e apoiado por outras evidência moleculares (James et al. 2006). Apesar dos avanços na taxonomia de FMA, um grande problema observado é que muitas espécies foram descritas com base em conceitos taxonômicos tradicionais e antigos. Desta forma, a necessidade de trabalhos de redescrição é indiscutível para diminuir as dificuldades na identificação, visto que a taxonomia do grupo tem evoluído e tornando-se muita mais detalhada.

Dentro do Reino Fungi, os esporos dos FMA são os maiores e um dos mais diversos por apresentar várias camadas com diferentes aparências na composição da parede, sendo as características relacionadas a essas camadas da parede do esporo amplamente usada na taxonomia do grupo (Morton 1988; Goto & Maia 2006).

As descrições passaram a se apresentar de forma mais sistemática quando Walker (1983) propôs uma terminologia específica para as estruturas que formavam a parede dos esporos dos FMA e quando Morton e colaboradores implementaram dados ontogenéticos (Bentivenga & Morton 1995; Morton 1995; Stürmer & Morton 1997; Stürmer & Morton 1999). Porém, algumas espécies do filo Glomeromycota apresentam descrições

incompletas, deixando de informar detalhes importantes e assim dificultando uma acurada identificação (Morton 1988; 1993).

As espécies de FMA podem apresentar variações em alguns aspectos taxonômicos tais como: cor, dimensão e até espessura da parede dos esporos, dependendo da origem ou do modo de propagação dos isolados (Morton 1985; Bentivenga et al. 1997; Walker & Vestberg 1998). Além disso, descrições de novas ocorrências têm revelado camadas não observadas nas descrições originais, como em *Acaulospora koskei* Blaszkowski (<http://invam.caf.wvu.edu>) e *Acaulospora bireticulata* Rothwell & Trappe (Blaszkowski 1997). Tais descrições contribuem para complementar dados referentes às variações encontradas em isolados de uma mesma espécie, facilitando a posterior identificação.

O gênero *Acaulospora* constitui um grupo de espécies mais facilmente identificável, principalmente as espécies que apresentam ornamentação na parede, além disso, as demais espécies que não apresentam essas ornamentações apresentam distinções mais facilmente discerníveis na estrutura da parede, caráter que apresenta alta diversificação nesse gênero. Sendo comparada apenas com o gênero *Scutellospora* em ornamentação e diversidade estrutural.

Apesar dessas facilidades na identificação das espécies, existem evidências que indicam certa variação no padrão de ornamentação de algumas espécies de *Acaulospora*. Blaszkowski (1997) afirma que esporos de *A. bireticulata* apresentam duplos retículo na superfície dos esporos. Já Morton (2005) (<http://invam.caf.wvu.edu>) afirma que esporos de *A. bireticulata* apresentam padrão de ornamentação confuso, apresentando esporos com duplo retículo e esporos com retículos onde espinhos estão imersos. Morton (2005) (<http://invam.caf.wvu.edu>) afirma ainda que esporos de *A. bireticulata* provavelmente são sinônimos com os de *A. elegans* Trappe & Gerdemann. Similar observação foi feita por

Goto et al. (dados não publicados) em esporos de *A. bireticulata* isolados na rizosfera de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze.

Os objetivos deste trabalho foram de redescrever *Acaulospora excavata* Ingleby & Walker, bem como comparar a descrição dessa espécie com as de outras similares discutindo sobre padrão de ornamentação em Acaulosporaceae para ampliar os dados referentes à *A. excavata* assim como ampliar a discussão sobre os caracteres morfológicos relacionados a taxonomia desse grupo de fungos.

Material e métodos

Áreas de estudo: Foram selecionadas áreas caatinga nativa e impactada pela mineração de gipsita no município de Araripina – PE ($7^{\circ} 29' 00''\text{S}$; $40^{\circ} 36' 00''\text{W}$). A região apresenta precipitação anual de 743 mm e temperatura média de 23°C . Tem como vegetação predominante a caatinga hiperxerófila e solo do tipo Latossolo vermelho amarelo distrófico, sendo o clima Semi-árido mesotérmico (Cavalcanti & Lopes 1994).

Coletas: O solo foi coletado em quatro áreas da mineradora: Área de caatinga nativa preservada (AN) sendo esta considerada como controle, área dos arredores da mina (AM), área de rejeito (AR) e área de interface entre a área de rejeito e a caatinga (AI). Em cada área foram coletadas dez amostras de solo (de cinco a 20 cm de profundidade) preferencialmente na rizosfera de plantas, sendo os pontos definidos aleatoriamente. Uma parte do solo (constituíram uma amostra composta) foi encaminhada para Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária (IPA) para análises físicas, químicas e de fertilidade. O solo do local apresentou as seguintes características: 8 mg/dm^3 de P; pH em água 6,43; 0,36 (K), 0,00 (Al), 6,20 (Ca) e 1,15 (Mg) cmolc/dm^3 ; 55% de areia grossa, 19% de areia fina, 18% de silte e 8% de argila, com classe textural Franco Arenoso.

Culturas armadilhas: Foram preparadas culturas armadilhas para FMA, com o solo coletado e diluído em areia (2:1) em copos plásticos com capacidade para 500 mL, tendo como plantas hospedeiras o amendoim (*Arachis hypogaea* L.) e o sorgo granífero (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) cultivar IPA-7301011. Foram mantidos três ciclos dessas culturas em casa-de-vegetação, cada um por cerca de três meses, durante esse período as plantas foram regadas em dias alternados.

Extração dos esporos: Esporos de FMA foram extraídos do solo por peneiramento úmido (Gerdemann & Nicolson 1963) seguido por centrifugação em água e sacarose (Jenkins 1964), separados e montados entre lâmina e lamínula com PVLG (Álcool polivinílico e lactoglicerol) ou PVLG + Reagente de Melzer (Schenck & Pérez 1990). Na descrição das espécies foi adotada a terminologia proposta por Morton (<http://invam.caf.wvu.edu>). Nomes dos epítetos específicos estão de acordo com Walker & Trappe (1993).

Resultados

Acaulospora excavata Ingleby & Walker

Fig. 1 - 3

Esporos globosos a subglobosos (107-) 120 (-135) μm , de coloração amarelo esverdeado a ocre em PVLG. Parede do esporo composta de cinco camadas, sendo a primeira hialina, fina (1,0 μm) e evanescente seguida da segunda camada laminada, amarela esverdeada < 9,4 - 15 μm de espessura ornamentada com depressões geralmente globosas (3,7 - 15 μm) podendo eventualmente ser alongadas ou irregulares, regularmente espaçadas (1,8 - 3,7 μm); terceira camada membranosa, hialina em PVLG não reagindo em Melzer, < 2,0 μm de espessura; quarta camada hialina, “beaded”, até < 1,0 μm de espessura, sem reação em Melzer; quinta camada membranosa, hialina, até 1,0 μm de espessura, reagindo em

Melzer adquirindo coloração rosada. Sáculo esporífero globoso, amarelado. Cicatriz dificilmente observada devido ao padrão de ornamentação da parede muito semelhante à cicatriz. Alguns esporos não apresentaram reação em Melzer, principalmente àqueles que ainda apresentavam sáculo esporífero ainda presos ao esporo, pois provavelmente não apresentavam parede germinativa desenvolvidas.

COLEÇÃO EXAMINADA: Brasil, Pernambuco, Município de Araripina, *A. excavata* Ingleby & Walker na rizosfera de amendoim (*Arachis hypogaea* L.) e sorgo granífero (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) cultivar IPA-7301011, Mergulhão, Dezembro, 2003. Brasil, São Paulo, Município de Campos do Jordão, *A. bireticulata* Rothwell & Trappe isolado de floresta nativa e de área reflorestada na rizosfera de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze., Milene Moreira, Maio, 2002, URM 45750. BRASIL. Pernambuco: Município de Goiana, *G. halonatum* Rose & Trappe. (X/2002), Costa, URM 45715; isolado de solo em área coberta com vegetação herbácea de espécies invasoras, localizada na Estação Experimental de Itapirema.

DISTRIBUIÇÃO E HABITAT: Conhecido para Costa do Marfim (Ingleby et al. 1994). No Brasil foi citado por Gomes & Trufem (1998) no estado de São Paulo e por Yano-Melo et al. (2003) em Pernambuco.

Ingleby et al. (1994) afirmam que os esporos de *A. excavata* apresentam apenas três camadas distribuídas em três grupos (*sensu* Walker 1983). Além disso, essas camadas apresentam aparência laminada, membranosa e amorfa. Esporos de *A. excavata* encontrados em Araripina, Pernambuco, apresentaram cinco camadas, de aparência evanescente, laminada, membranosa, membranosa “beaded” e membranosa. A quinta camada é fortemente

aderida à quarta, sendo facilmente identificada com auxílio do reagente de Melzer, pois adquire coloração rosa enquanto a quarta camada permanece hialina. Essa quinta camada pode ser também observada na figura E do trabalho de Ingleby et al. (1994), porém não mostrada como sendo uma camada distinta.

Segundo Ingleby et al. (1994) a última camada da parede de esporos de *A. excavata* apresenta elasticidade, por esta razão foi descrita como amorfa. Porém, esporos de *A. excavata* observados nesse estudo não apresentaram elasticidade na quarta camada, sendo descrita aqui como membranosa.

Morton (1986 a, b) afirma que a elasticidade da camada amorfa é decorrente de uma reação da parede a acidez do PVLG (álcool polivinílico e lactoglicerol) amplamente utilizado para preservar esporos de FMA (Koske & Tessier 1983). Esse espessamento da camada pode não ser evidente em todos os esporos de um mesmo isolado principalmente por estar geralmente relacionado com a última camada da parede do esporo, tardiamente formada em membros de *Acaulospora*, *Entrophospora*, *Pacispora* e *Scutellospora*.

Essa reação na “parede” amorfa deve-se provavelmente a alguma substância depositada especificamente nessa camada durante o desenvolvimento do esporo, que pode eventualmente estar ausente em outros isolados da mesma espécie devido a diferentes pressões ambientais. Esporos de *G. viscosum* podem secretar uma substância viscosa na superfície do esporo que pode estar relacionada com fatores ambientais (Walker et al. 1995). Uma das evidências para essa hipótese é a existência de plasticidade em uma camada laminada de *Scutellospora biornata* Spain, Sieverd. & S. Toro (Spain et al 1989) característica não observada em nenhuma outra espécie de FMA até o momento descrita.

Contudo, a visualização do espessamento na camada que apresenta elasticidade é relativamente fácil sendo expresso constantemente nas espécies que apresentam esse tipo de

parede (*Acaulospora* e *Scutellospora* principalmente). Porém, nenhum esporo de *A. excavata* isolado de Araripina apresentou espessamento na quinta camada.

A camada amorfa geralmente apresenta forte reação em Melzer (Morton 1986 a, b) o que foi também observado por Ingleby et al. (1994) em *A. excavata*. Porém, esporos de *A. excavata* isolados de Araripina não apresentaram forte reação em Melzer, adquirindo apenas coloração rosa. Esporos jovens de *A. excavata* não apresentaram nenhuma reação, provavelmente por não apresentar todas as camadas da parede desenvolvidas.

Apesar da estrutura da parede ser uma forte característica para delimitar espécies no filo *Glomeromycota*, variações na estrutura da parede já foram citadas em outras espécies como *A. bireticulata* Rothwell & Trappe (Blaszkowski 1997). As antigas descrições podem apresentar falhas na descrição. Esporo de *A. bireticulata* foram originalmente descritos como apresentando apenas três camadas compondo a parede, porém Blaszkowski (1997) afirma que esporos dessa espécie apresentam sete camadas compondo a parede.

Trabalhos que enfatizam as variações morfológicas das espécies de FMA têm contribuído para o melhor entendimento dos limites morfológicos usados na taxonomia do grupo, além de implementar dados biogeográficos sobre as espécies, o que ajuda a entender o padrão de distribuição das mesmas no mundo.

Além da variação na estrutura da parede de *A. excavata*, a reação ao Melzer mostrou-se um caráter bastante variável, sendo influenciado por fatores ontogenéticos como o estágio de desenvolvimento em que o esporo se apresenta podendo em alguns casos não haver reação. Os fatores ontogenéticos parecem irrelevantes apenas quando a reação ao Melzer ocorre no componente estrutural (=spore wall *sensu* Morton) da parede de espécies que não apresentam camada evanescente como *Scutellospora cerradensis* Spain & Miranda, *S. pellucida* (Nicolson & Schenck) Walker & Sanders e espécies de *Gigaspora* (Spain & Miranda 1996; Nicolson & Schenck 1979; <http://invam.caf.wvu.edu>).

O padrão de ornamentação em espécies de *Acaulospora* tem sido uma importante ferramenta morfológica para distinguir espécies, e por essa razão os esporos isolados em Pernambuco foram identificados como *A. excavata* e não designados como uma nova espécie. O padrão de ornamentação desses esporos se enquadra perfeitamente no padrão descrito para *A. excavata* por Ingleby et al. (1994).

A ornamentação da parede de esporos de *Acaulospora* podem ser projeções ou depressões. As espécies que apresentam projeções como ornamentação da parede são menos numerosas que as espécies ornamentadas com depressões.

Acaulospora denticulata Sieverd. & S. Toro apresenta parede ornamentada com projeções em forma de dentes molares, homoganeamente distribuídas na superfície do esporo. Esse padrão de ornamentação é típico dessa espécie, não existindo nenhum padrão de ornamentação similar em Acaulosporaceae nem em outras famílias.

Acaulospora tuberculata Janos & Trappe apresenta espinhos homoganeamente distribuídos na superfície do esporo, sem distanciamento entre as ornamentações. Porém, similar padrão pode ser observado em *A. spinosa*. A ornamentação de *A. tuberculata* é bastante semelhante à de *A. spinosa*, porém em *A. tuberculata*, a ornamentação é uma coluna cilíndrica onde apenas a ponta se torna afilada (similar a um lápis), enquanto em *A. spinosa* a forma da ornamentação é de um típico espinho.

A distinção desses dois padrões de ornamentação é difícil, sendo necessária muita experiência por parte do observador e a utilização de grande aumento (1000x). A distinção entre *A. tuberculata* e *A. spinosa* pode também ser baseada na coloração dos esporos, hialinos a levemente amarelados em *A. spinosa* e marrom avermelhado em *A. tuberculata*. Este último sendo considerado um caráter secundário na identificação.

O padrão de ornamentação de *A. tuberculata* e *A. spinosa* pode ser observado também em outros gêneros. *Scutellospora heterogama* (Nicolson & Gerdemann) Walker & Sanders e

Entrophospora infrequens (Hall) Ames & Schneider apresenta similar padrão de ornamentação de *A. tuberculata* assim como *S. spinosissima* Walker & Cuenca apresentam similar padrão com *A. spinosa* (Koske & Walker 1985; Walker et al. 1998 Ames & Schneider 1979). Apenas em *E. infrequens* pode-se observar uma variação mais evidente no padrão de ornamentação, pois os espinhos são ligeiramente mais separados entre si que os de *A. tuberculata* e *A. spinosa*, além disso, os espinhos apresentam, no seu interior, uma câmara que dá impressão de haver um espinho dentro de outro (<http://invam.caf.wvu.edu>).

Glomus spinuliferum Sieverding & Oehl, *G. halonatum* Rose & Trappe, *G. monosporum* Gerdemann & Trappe e *Glomus tenebrosum* (Thaxter) Berch são exemplos de espécies que apresentam padrão de ornamentação similar aos de *A. tuberculata* e *A. spinosa*, mostrando que o padrão de ornamentação tem origens independentes ao longo do processo evolutivo do filo Glomeromycota.

Espinhos podem ser observados ainda em *A. elegans* Trappe & Gerdemann e *A. bireticulata* Rothwell & Trappe (Gerdemann & Trappe 1974; <http://invam.caf.wvu.edu>). Em *A. bireticulata* há certa confusão quanto ao padrão de ornamentação, Blaszkowski (1997) afirma que a parede apresenta duplo retículo, ou seja, dupla depressão. Morton (2005 <http://invam.caf.wvu.edu>) aumenta ainda mais a confusão comentando que observou, no isolado de *A. bireticulata*, tanto o padrão de ornamentação observado por Blaszkowski (1997) quanto o padrão descrito para *A. elegans* por Gerdemann & Trappe (1974), sugerindo que provavelmente essas espécies sejam sinônimos. Estudos mais aprofundados com o material tipo de ambas as espécies pode ajudar a elucidar essas questões.

Acaulospora bireticulata pode ter sido descrita com dois grupos de espécies de diferentes padrões de ornamentação e a separação desses diferentes morfotipos pode ser difícil limitando um melhor entendimento de ambas as espécies (*A. bireticulata* e *A. elegans*).

Acaulospora cavernata Blaszk., *A. dilatata* Morton, *A. excavata* Ingleby & C. Walker, *A. foveata* Trappe & Janos, *A. lacunosa* Morton, *A. paulinae* Blaszk., *A. rehmii* Sieverd. & S Toro, *A. scrobiculata* Trappe, *A. undulata* Sieverd. e *A. alpina* Oehl, Sykorova & Sieverd. são as espécies que apresentam depressões na parede e correspondem a 28% das espécies de *Acaulospora* e 73% das espécies com ornamentação. Dentre as espécies ornamentadas a maioria possui depressões na parede.

A depressão na parede é um tipo de ornamentação mais freqüente em *Acaulospora*, porém a distinção entre esses padrões de ornamentação é mais difícil.

Acaulospora alpina F. Oehl, Sykorova & Sieverd., *A. cavernata* Blaszk., *A. paulinae* Blaszk. e *A. scrobiculata* Trappe apresentam perfurações homogeneamente distribuídas na superfície dos esporos geralmente globosas a subglobosas, raramente irregulares distantes entre si (Trappe 1977; <http://www.agro.ar.szczecin.pl/~jblaszkowski/>). O padrão de ornamentação observado entre essas espécies são muito semelhantes principalmente entre *A. scrobiculata*, *A. alpina* e *A. cavernata*, sendo a diferença básica entre as espécies está na coloração dos esporos, hialina em *A. scrobiculata*, amarelo em *A. alpina* e marrom em *A. cavernata* (Trappe 1977; Oehl et al. 2006; <http://www.agro.ar.szczecin.pl/~jblaszkowski/>). *Acaulospora paulinae* apresenta perfurações mais irregulares quando comparada com *A. scrobiculata*, *A. alpina* e *A. cavernata*.

Morton (1988) em sua revisão dos caracteres morfológicos usados na taxonomia dos FMA afirma que pode haver considerável variação no grau de ornamentação, porém não tem sido muito bem documentado essa variação. Por essa razão, esporos de *A. paulinae*, *A. scrobiculata* e *A. cavernata* não podem ser separadas apenas com base em sua ornamentação.

Acaulospora rehmii apresenta perfurações irregulares de forma labirintiforme (Sieverding & Toro 1987). Esse padrão de ornamentação é observado apenas nessa espécie.

Esporos de *A. excavata* e *A. foveata* apresentam basicamente o mesmo padrão de ornamentação, perfurações globosas, subglobosas a irregulares (Ingleby et al. 1994; Janos & Trappe 1982; <http://invam.caf.wvu.edu>). Porém, as perfurações em *A. excavata* são mais regulares apresentando-se geralmente globosas enquanto que as de *A. foveata* são geralmente mais irregulares. Porém, em ambas espécies podemos observar ampla variações de ornamentação, por isso outras características são usadas para distinguir essas espécies como: coloração, tamanho e estrutura da parede dos esporos por serem facilmente discerníveis em ambas as espécies.

Acaulospora excavata é ocre, pequena 115 – 200 x 100 – 165 µm, e parede composta por cinco camadas, enquanto *A. foveata* apresenta esporos marrons avermelhados, grandes (410-) 185 – 310 x 215 – 350 (-480) µm e parede composta por sete camadas (Ingleby et al. 1994; Janos & Trappe 1982; <http://invam.caf.wvu.edu>).

Acaulospora lacunosa e *A. dilatata* apresentam ornamentações mais tênues e difíceis de serem observadas do que das demais espécies, por serem menos profundas (Morton 1986a). Além disso, as perfurações em *A. lacunosa* e *A. dilatata* são menores e mais espaçadamente distribuídas do que as de *A. foveata*, *A. excavata*, *A. scrobiculata*, *A. rehmi*, *A. undulata* e *A. cavernata*.

Morton (1986) afirma que a ornamentação de *A. dilatata* é tenue e formada por pequenas perfurações, enquanto *A. lacunosa* apresenta perfurações em forma de salsicha ou em forma de píres. Tanto *A. dilatata* quanto *A. lacunosa* apresentam padrões de ornamentação típicos, sendo observado apenas nessas espécies.

Apesar de o padrão de ornamentação ser um dos caracteres mais informativo para a identificação das espécies de *Acaulospora*, isoladamente pode não ser consistentes visto que um amplo número de espécies apresentam sobreposição de padrão de ornamentação.

Contudo, é uma ferramenta útil para a formulação de chaves delimitando grupo de espécies com o similar padrão de ornamentação.

CHAVE DICOTÔMICA PARA IDENTIFICAÇÃO DE ESPÉCIES DE *ACAULOSPORA* COM PAREDE ORNAMENTADA

| | |
|---|-------------------------|
| 1 – Esporos ornamentados com projeções..... | 2 |
| 1' - Esporos ornamentados com depressões..... | 7 |
| 2 – Projeções em forma de dentes molares ou verrugas..... | 3 |
| 2' – Projeções em forma de espinhos ou tubérculos..... | 4 |
| 3 – Ornamentação em forma de dentes molares homogeneamente distribuídos pela superfície do esporo..... | <i>A. denticulata</i> |
| 3' – Ornamentação em forma de verrugas de diferentes tamanhos..... | <i>Am. brasiliensis</i> |
| 4 – Esporos marrom a marrom avermelhados e projeções tuberculares (0,7 – 1,5 µm de altura) homogeneamente distribuído na superfície do esporo..... | <i>A. tuberculata</i> |
| 4' - Esporos hialinos a levemente amarelados e projeções em forma de espinhos homogeneamente distribuídos na superfície dos esporos ou espinhos imersos em uma depressão pentagonal, hexagonal ou circular..... | 5 |
| 5 – Espinhos homogeneamente distribuídos na superfície de esporos (1 - 4 µm de altura) de coloração hialina a amarelo claro..... | <i>A. spinosa</i> |
| 5' – Espinhos imersos em uma depressão pentagonal, hexagonal ou circular..... | 6 |
| 6 – Esporos com seis ou sete camadas compondo a parede..... | <i>A. bireticulata</i> |
| 6' – Esporos com quatro camadas compondo a parede..... | <i>A. elegans</i> |
| 7 – Esporos hialinos ou amarelados..... | 8 |
| 7' - Esporos pigmentados (marrom ou avermelhados)..... | 14 |
| 8 – Esporos com depressões arredondadas homogeneamente distribuídas na superfície do esporo..... | 9 |
| 8' – Esporos com depressões alongadas, labirintiformes..... | <i>A. rehmi</i> |
| 9 – Parede com três camadas..... | <i>A. undulata</i> |
| 9' – Parede com mais de três camadas..... | 10 |
| 10 – Parede sem uma camada amorfa no componente germinativo..... | <i>A. scrobiculata</i> |
| 10' – Parede com uma camada amorfa no componente germinativo..... | 11 |
| 11 – Esporos com duas camadas unitárias no componente estrutural..... | <i>A. cavernata</i> |
| 11' – Esporos com camada laminada compondo o componente estrutural..... | 12 |

- 12 – Superfície levemente ornamentada com pequenas depressões ou sulcos oriundos de uma superfície rugosa.....13
 12' – Superfície do esporo com depressões mais profundas e evidentes, em forma de pires ou discos.....*A. lacunosa*
- 13 – Superfície levemente ornamentada com pequenas depressões.....*A. dilatata*
 13' – Superfície ornamentada com sulcos oriundos do enrugamento da superfície.....*A. rugosa*
- 14 – Esporos (240 – 360 μm) e sete camadas na parede.....*A. foveata*
 14' – Esporos (115 – 200 μm) com três camadas na parede.....*A. excavata*

Agradecimentos

Ao Prof. Reginaldo Silva pela ajuda com as fotomicrografias e a Dra. Sandra Farto Botelho Trufem pelas sugestões ao manuscrito. À CAPES e ao CNPq pelas concessões de bolsas de Doutorado a B.T. Goto, a A.C.E.S. Mergulhão e a de pesquisa a L.C. Maia e ao IPA pelo suporte técnico nas coletas e na análise do solo.

Referências bibliográficas

- Ames, R.N. & Schneider, R.W. 1979. *Entrophospora*, a new genus in the Endogonaceae. **Mycotaxon** 8: 347 – 352.
- Bentivenga, S.P. & Morton, J.B. 1995. A monography of the genus *Gigaspora* incorporating developmental patterns of morphological characters. **Mycologia** 87: 720 – 732.
- Blaszkowski, J. 1989. *Acaulospora cavernata* (Endogonales) - a new species from Poland with pitted spores. **Cryptogamic Botany** 1: 204-207.
- Blaszkowski, J. 1990. Polish Endogonaceae. VII. *Acaulospora capsicula* sp. nov. **Mycologia** 82(6): 794-798.
- Blaszkowski, J. 1997. Notes on *Acaulospora bireticulata* (Glomales, Zygomycetes) found in Poland. **Mycotaxon** 61: 193-204.
- Cavalcanti, A.C., Lopes, O.F. **Condições edafoclimáticas da Chapada do Araripe e viabilidade de produção sustentável de culturas**. Brasília: EMBRAPA - SPI, 1994. 42p.

- Gerdemann, J.W. & Nicolson, T.H. 1963. Spores of mycorrhizal *Endogone* species extracted from soil by wet sieving and decanting. **Transactions of the British Mycological Society** **46**: 235-244.
- Gerdemann, J.W. & Trappe, J.M. 1974. The Endogonaceae in the Pacific Northwest. **Mycologia Memoir** **5**: 76 pp.
- Gomes, SP; Trufem, SFB. 1998. Fungos micorrízicos arbusculares (Glomales, Zygomycota) na Ilha dos Eucaliptos, Represa de Guarapiranga, São Paulo, SP. **Acta Botanica Brasilica** **12(3)**: 393-401.
- Goto, B.T. & Maia, L.C. 2006. Glomerospores: a new denomination for the spores of Glomeromycota, a group molecularly distinct from the Zygomycota. **Mycotaxon** **96**: 129 - 132.
- Ingleby, K.; Walker, C. & Mason, P.A. 1994. *Acaulospora excavata* sp. nov. - An endomycorrhizal fungus from Cote d' Ivoire. **Mycotaxon** **50**: 99-105.
- James, T.Y.; Kauff, F.; Schoch, C.L.; Matheny, P.B.; Hofstetter, V.; Cox, C.J.; Celio, G.; Gueidan, C.; Fraker, E.; Miadlikowska, J.; Lumbsch, H.T.; Rauhut, A.; Reeb, V.; Arnold, A.E.; Amtoft, A.; Stajich, J.E.; Hosaka, K.; Sung, G.H.; Johnson, D.; O'Rourke, B.; Crockett, M.; Binder, M.; Curtis, J.M.; Slot, J.C.; Wang, Z.; Wilson, A.W.; Arthur Schüßler, A.; Longcore, J.E.; O'Donnell, K.; Mozley-Standridge, S.; Porter, D.; Letcher, P.M.; Powell, M.J.; Taylor, J.W.; White, M.M.; Griffith, G.W.; Davies, D.R.; Humber, R.A.; Morton, J.B.; Sugiyama, J.; Rossman, A.Y.; Rogers, J.D.; Pfister, D.H.; Hewitt, D.; Hansen, K.; Hambleton, S.; Shoemaker, R.A.; Kohlmeyer, J.; Volkmann-Kohlmeyer, B.; Spotts, R.A.; Serdani, M.; Crous, P.W.; Hughes, K.W.; Matsuura, K.; Langer, E.; Langer, G.; Untereiner, W.A.; Lücking, R.; Büdel, B.; Geiser, D.M.; Aptroot, A.; Diederich, P.; Schmitt, I.; Schultz, M.; Yahr, R.; Hibbett, D.S.; Lutzoni, F.; McLaughlin, D.J.; Spatafora, J.W. & Vilgalys, R. 2006. Reconstructing the early evolution of Fungi using a six-gene phylogeny. **Nature** **443 (19)**: 818 – 822.
- Janos, D.P. & Trappe, J.M. 1982. Two new *Acaulospora* species from Tropical America. **Mycotaxon** **15**: 515-522.
- Jenkins, W.R. 1964. A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. **Plant Disease Report** **48**: 692.
- Koske, R.E. & Tessier, B. 1983. A convenient, permanent slide mounting medium. **Mycological Society of America Newsletter** **34(2)**: 59.

- Morton, J.B. 1986a. Three new species of *Acaulospora* (Endogonaceae) from high aluminium, low pH soils in West Virginia. **Mycologia** **78**(4): 641-648.
- Morton, J.B. 1986b. Effects of Mountants and fixatives on wall structure and melzer's reaction in spores of two *Acaulospora* species (Endogonaceae). **Mycologia** **78**(5): 787 – 794.
- Morton, J.B. 1988. Taxonomy of VA mycorrhizal fungi: Classification, nomenclature, and identification. **Mycotaxon** **32**: 267-324.
- Morton, J.B. 1993. Problems and solutions for the integration of Glomalean taxonomy, systematic biology, and the study of endomycorrhizal phenomena. **Mycorrhiza** **2**: 97 - 109.
- Morton, J.B. 1995. Taxonomic and phylogenetic divergence among five *Scutellospora* species (Glomales, Zygomycetes) based on comparative developmental sequence. **Mycologia** **87**: 127 – 137.
- Oehl, F.; Sýkorová, Z.; Redecker, D.; Wiemken, A. & Sieverding, E. 2006. *Acaulospora alpina*, a new arbuscular mycorrhizal fungal species characteristic for high mountainous and alpine regions of the Swiss Alps. **Mycologia** **98**(2): 286 – 294.
- Rothwell, F.M. & Trappe, J.M. 1979. *Acaulospora bireticulata* sp. nov. **Mycotaxon** **8**: 471 - 475.
- Schenck, N.C. & Pérez, Y. 1990. Manual for identification of VA mycorrhizal fungi. Synergistic Publications, Gainesville.
- Schultz, P.A.; Bever, J.D. & Morton, J.B. 1999. *Acaulospora colossica* sp. nov. from an old field in North Carolina and morphological comparisons with similar species, *A. laevis* and *A. koskei*. **Mycologia** **91**(4): 676 – 683.
- Schüßler, A.; Schwarzott, D. & Walker, C. 2001. A new phylum, the Glomeromycota: phylogeny and evolution. **Mycological Research** **105**: 1413 – 1421.
- Sieverding, E. 1988. Two new species of VA mycorrhizal fungi in the Endogonaceae from tropical highlands of Africa. **Angewandte Botanik** **62**: 373-380.
- Sieverding, E. & Toro, T.S. 1987a. *Acaulospora denticulata* sp. nov. and *Acaulospora rehmsii* sp. nov. (Endogonaceae) with ornamented spore walls. **Angewandte Botanik** **61**: 217-223.
- Spain, J.L.; Sieverding, E. & Toro, T. 1989b. *Scutellospora biornata*: a new species in the Endogonaceae from the Llanos Orientales of Colombia. **Mycotaxon** **35**: 219 – 227.

- Spain, J.L. 1990. Arguments for diagnoses based on unaltered wall structure. **Mycotaxon** **38**: 71 – 76.
- Spain, J.L. & Miranda, J.C. 1996. *Scutellospora cerradensis*: an ornamented species in the Gigasporaceae (Glomales) from the cerrado region of Brazil. **Mycotaxon** **55**: 129-136.
- Stürmer, S.L. & Morton, J.B. 1997. Developmental patterns defining morphological characters in spores of four species in *Glomus*. **Mycologia** **89** (1): 72-81.
- Stürmer, S.L. & Morton, J.B. 1999. Taxonomic reinterpretation of morphological characters in Acaulosporaceae based on developmental patters. **Mycologia** **91**(5): 849-857.
- Trappe, J.M. 1977. Three new Endogonaceae: *Glomus constrictus*, *Sclerocystis clavispora*, and *Acaulospora scrobiculata*. **Mycotaxon** **6**: 359-366.
- Walker, C. & Trappe, J.M. 1981. *Acaulospora spinosa* sp nov. with a key to the species of *Acaulospora*. **Mycotaxon** **12**: 515-521.
- Walker, C. 1983. Taxonomic concepts in the Endogonaceae: spore wall characteristics in species descriptions. **Mycotaxon** **18**: 443 – 455.
- Walker, C. & Trappe, J.M. 1993. Names and epithets in the Glomales and Endogonales. **Mycological Research** **97**(3): 339-244.
- Walker, C.; Giovannetti, M.; Avio, L.; Citeresi, A.S. & Nicolson, T.H. 1995. A new fungal species forming arbuscular mycorrhizas: *Glomus viscosum*. **Mycological Research** **99**(12):1500-1506.
- Walker, C. & Vestberg, M. 1998. Synonymy amongst the arbuscular mycorrhizal fungi: *Glomus claroideum*, *G. maculosum*, *G. multisubstansum* and *G. fistulosum*. **Annals of Botany** **82**: 601-624.
- Walker, C.; Cuenca, G. & Sánchez, F. 1998. *Scutellospora spinosissima* sp. nov. a newly described Glomalean fungus from low nutrient communities in Venezuela. **Annals of Botany** **82**: 721 – 725.
- Walker, C.; Blaszkowski, J.; Scuessler, D. & Schwarzott, A. 2004. *Gerdemannia* gen. nov. A genus separated from *Glomus* and *Gerdemanniaceae* fam. nov., a new family in the *Glomeromycota*. **Mycological Research** **108**(6): 707 – 718.
- Walker, C. & Schüßler, A. 2004. Nomenclatural clarifications and new taxa in the *Glomeromycota*. **Mycological Research** **108**(8): 981 – 982.
- Yano-Melo, AM; Trufem, SFB; Maia, LC. 2003. Arbuscular mycorrhizal fungi in salinized and surrounded areas at the São Francisco Submedium Valley, Brasil. **Hoehnea** **30**(2): 79-87.

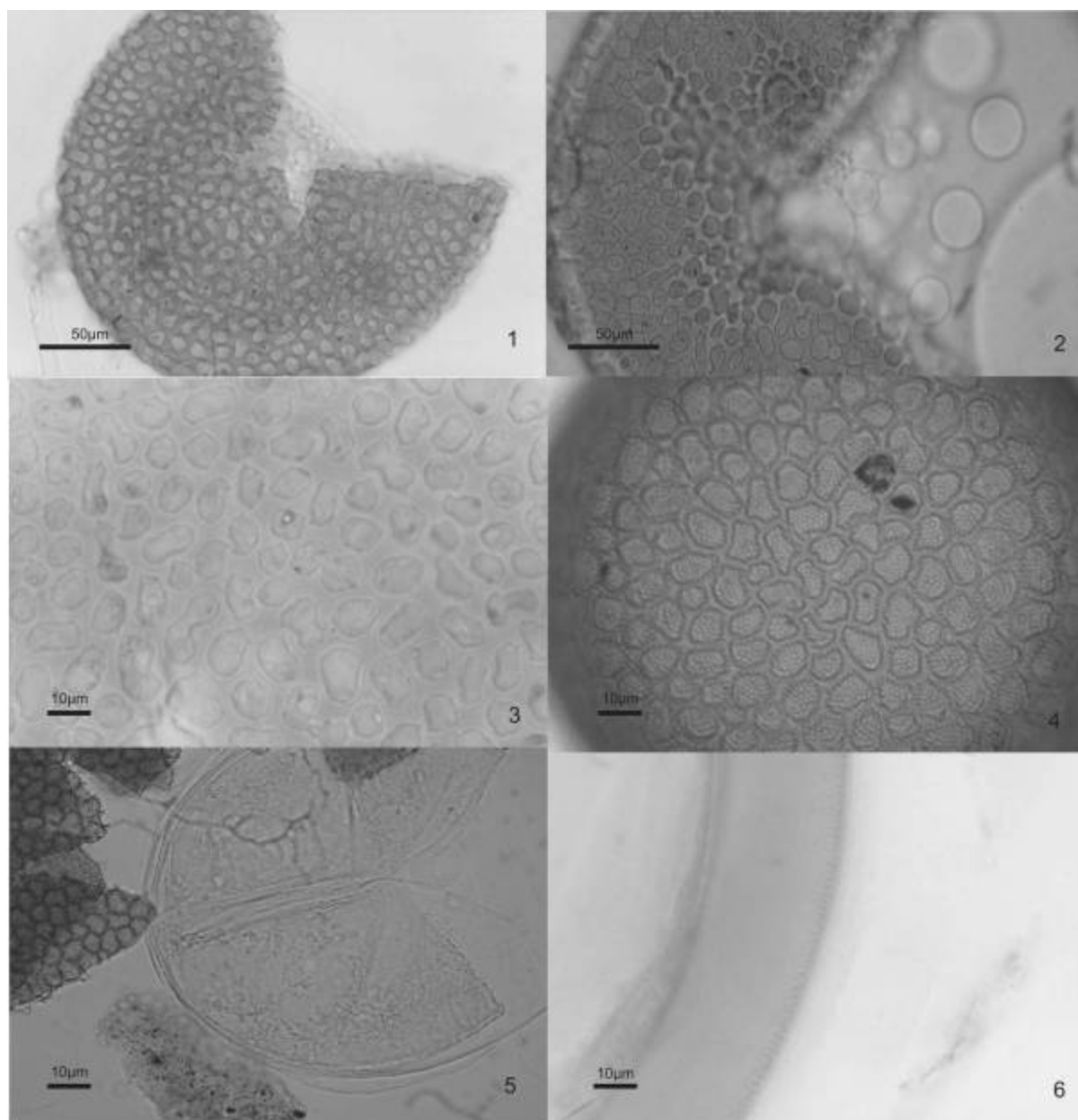


Figura 1 – 4. 1 – Aspecto geral de um esporo de *A. excavata*; 2 – Detalhe da ornamentação na borda da parede de esporos de *A. excavata*; 3 – Detalhe do padrão de ornamentação em *A. excavata*; 4 – Detalhe da estrutura da parede de *A. bireticulata*.; 5 – Detalhe do padrão de ornamentação em *A. bireticulata*; 6 – Detalhe da ornamentação em *G. halonatum*.

***Racocetra intraornata* and *Dentiscutata colliculosa*, two new species in the
Glomeromycetes from Northeastern Brazil with diagnostic spore wall ornamentations**

Bruno Tomio Goto

Leonor Costa Maia

*Departamento de Micologia, CCB, Universidade Federal de Pernambuco, Av. Prof. Nelson
Chaves s/n, Cidade Universitaria, 50670-420, Recife, PE, Brazil*

Fritz Oehl

*Federal Research Institute Agroscope Reckenholz-Tänikon, Ecological Farming Systems,
Reckenholzstrasse 191, CH-8046 Zürich, Switzerland*

Short Title: *Scutellospora* spp.

*For correspondence E-mail: brunogoto@hotmail.com

Abstract: Two new species of the arbuscular mycorrhiza forming Glomeromycetes, *Racocetra intraornata* and *Dentiscutata colliculosa*, were found in a semi-arid biome of Northeastern (NE) Brazil, called Caatinga, and were also isolated from a sand dune ecosystem at the semi-humid Atlantic coastal line of NE Brazil. *Racocetra intraornata* forms yellow to yellow-orange glomerospores, 150–280 µm in diameter, with two spore walls. The inner surface of the outer wall is densely crowded with small tubes that resemble germination warts characteristic for *Gigaspora* species. The germination shield is hyaline to rarely light yellow, open organized and has 4–6 lobes and 4–6 germ tube initiations. *Dentiscutata colliculosa* forms brown to black glomerospores, 330–570 µm in diameter, with three spore walls. The inner surface of the outer wall has a dense and regular colliculate ornamentation resembling the inner surface of the alveolate wall in *Ambispora appendicula*. In addition, the spore surface is crowded with fine papillae. The germination shield is yellow-brown to brown, dentate and is divided by several (8–18) large folds into 8–18 compartments bearing each one germ tube initiation. Due to their novel, diagnostic spore wall ornamentations, the two species cannot be confused with any other known species in the Glomeromycetes.

Key words: Germination, Glomeromycota, Gigasporaceae, *Scutellospora*.

INTRODUCTION

During studies on the diversity of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) in natural ecosystems of Northeastern Brazil, two new species of the *Diversisporales* were found that form spores on sporogenous cells and discrete germination shields on the inner spore wall. Both species were detected in two different ecosystems: in the semi-arid Caatinga biome of Pernambuco State and in a semi-humid sand dune ecosystem at the Atlantic coastal line of Paraíba State. Both species have diagnostic, novel ornamentations on the inner surface of the

outer spore wall, and furthermore differ in the majority of morphological spore characteristics, especially in spore wall numbers and germ shield characteristics.

The large interspecific variability in *Scutellospora* (Walker and Sanders 1986) with respect to spore wall numbers and shield characteristics was - together with molecular phylogenetic analyses on 18S and 25S ribosomal gene sequences - the base for the recent revision of this genus and the re-organization of its so far 36 known species in six genera within three new families (Scutellosporaceae, Racocetraceae and Dentiscutataceae; Oehl et al. 2008). Species of the revised genus have a simple, bi- to rarely mono-lobed, and hyaline to subhyaline germ shield with (1–)2 germ tube initiations (gti), while species of the Racocetraceae have a open organized, multiple-lobed, hyaline to subhyaline germ shield, with 4–12 lobes which each may bear one gti (Oehl et al 2008). The two genera of the later family, *Racocetra* and *Cetraspora*, can easily be differentiated by the number of spore walls and by their staining features in Melzer's reagent (Oehl et al 2008): i) species of *Racocetra* form only two spore walls, while *Cetraspora* species form three walls; ii) in Melzer's, spores of *Racocetra* generally stain on the outer wall but not on the inner wall, while in *Cetraspora* the inner wall generally produces a deep purple reaction in Melzer's reagent, and the outer wall species-specifically may or may not stain. The three genera of Dentiscutataceae form conspicuous yellow-brown to brown germ shields and can be distinguished by the number of walls and the complexity of the germ shield: Spores of *Fuscutata* species have three walls and a simple, bi-lobed shield with two gti, while spores of *Dentiscutata*, with three walls, and *Quatunica*, with four walls, have multiple (8-30) small compartments with generally one gti per compartment (Oehl et al 2008). The two new species could unequivocally be attributed to each one of the six genera mentioned, due to their spore wall numbers and shield characteristics. They are hereafter described under the epithets *Racocetra intraornata* and *Dentiscutata colliculosa*.

MATERIALS AND METHODS

Soil sampling.—Soils were sampled in the semi-arid Caatinga biome in the National Park of ‘Vale do Catimbau’ (Municipality of Buique), Pernambuco State, and in a sand dune ecosystem in Mataraca, Paraíba State. The samples were taken from the rhizosphere (0–20 cm depth) of typical native plants in January 2006 (Buique) and September 2007 (Mataraca). The site in Buique (about 700 m altitude) is situated at 08°32’54’’S and 37°14’50’’W, and the soil is characterized by 7.1–11.2 g kg⁻¹ organic matter, pH (H₂O) of 5.4 and 7 mg kg⁻¹ available P (extracted after Mehlich; Nelson et al. 1953). The climate is semi-arid hot (type Bsh of Köppen) with a dry summer, high temperatures during the day (30–40 °C) and lower temperatures at night (15 °C; <http://prefeituradebuique.com>); the mean annual precipitation is 610 mm. In this semi-arid area, the Caatinga vegetation is represented by species of Euphorbiaceae, Caesalpiniaceae, Malpighiaceae, Myrtaceae, Mimosaceae, Fabaceae and Cactaceae (e.g. *Cnidoscolus obtusifolius*, *Caesalpinia microphylla*, *Byrsonima gardneriana*, *Eugenia biflora*, *Acacia bahiensis*, *Bocoa mollis* and *Pilosocereus tuberculatus*), among others (Gomes et al. 2006).

The site in Mataraca, at 14 m altitude, is located at 06°30’00’’S and 34°57’10’’W and the soil present is characterized by 7.1 – 11.2 g kg⁻¹ organic matter, pH (H₂O) of 5.5–5.8; 3–7 mg kg⁻¹ P. The climate is tropical rainy (type Am of Köppen), with a short dry period of four months. The mean annual temperature is 25.5 °C, and the mean annual precipitation is 1.795 mm. In the sand dune ecosystem, the vegetation is typical of ‘restinga’, with physiognomy varying from tree-shrub to herbaceous plants (Oliveira-Filho and Carvalho 1993) and species of families such as Anacardiaceae, Annonaceae, Bignoniaceae, Caesapiniaceae, Lauraceae, Myrtaceae, Rubiaceae, Rhamnaceae and Sterculiaceae (e.g. *Anacardium occidentale* and *Tapirira guianensis*, *Xilopia nitida*, *Tabebuia roseo-alba*, *Caesalpinia echinata*, *Ocotea*

gardneri, *Eugenia kunthiana*, *Tocoyena selloana*, *Ziziphus joazeiro* and *Guazuma ulmifolia*; Souza 2008).

AMF pot cultures.—The native AMF communities were cultured with *Sorghum bicolor* L. Moench in 500 mL pots, filled with autoclaved sand-vermiculite substrate (1:1; w/w; 400 g per pot) mixed with the natural field soil as AMF inoculum (50 g per pot), at the greenhouse of the Department of Mycology, Universidade Federal de Pernambuco, Recife. Additionally, multiple glomerospores of each species were separated and used as infective propagules in single species cultures on *S. bicolor*. Up to now none of the two species could be propagated successfully either in bait cultures or in single species cultures.

Morphological analyses.—Glomerospores were extracted from field soils and the bait culture substrates by wet sieving (Gerdemann and Nicolson 1963) and sucrose centrifugation (Jenkins 1964). The spores were thereafter mounted in PVLG, PVLG + Melzer's reagent and in water, respectively (Brundrett et al. 1994). About 100 spores were examined of each species. For the species descriptions, the terminology for species in the Diversisporales of Oehl et al. (2006), Sieverding and Oehl (2006) and Palenzuela et al. (2008) was used, as well as the terminology of Walker and Sanders (1986) and Oehl et al. (2008) for the germ shield structures. For the spore denomination the terminology proposed by Goto and Maia (2006) was adopted.

TAXONOMIC ANALYSES

Species descriptions

***Racocetra intraornata* sp. nov.** B.T. Goto, L.C. Maia & Oehl (FIGS. 1–7)

Sporocarpia ignota. Sporae singillatim in solo efformatae anguste adiacetae ad cellulas sporogeneas subterminales vel intercalares, flavae ad flavo-aurantiae, globosae (150–260 μm in diametro) vel subglobosae (145–250 x 165–280 μm); sporae cum tunicis duabus: tunica exterior stratis tribus, in totum (7.5–)9–14(–18) μm crassa, coniuncta tunicam cellulae sporogeneae et tunica hyphae; stratum exterius tunicae exterioris hyalinum, (semi-)persistens, 1.1–2.1 μm crassum; stratum medium laminatum, flavum ad flavo-aurantium, 7.5–14 μm crassum, tuberculis superficiei interiore altis 1.0–1.8(–2.2) μm et 0.5–1.1(–1.4) μm latis ornatum, stratum interius flavum ad flavo-aurantium, 0.5–1.3 μm crassum; stratum medium et stratum interior tunicae exterioris rubro vel rubro-brunneo colorantes reagente Melzeri; tunica interior de novo formans stratis tribus hyalinibus, in totum 3.1–4.5(–5.2) μm crassum; scutellum germinale in superficiei exteriore tunicae interioris, hyalinum ad subhyalinum ad albo-flavum; circular vel ovale vel rarum late ellipsoideum, (85–125 x 60–85 μm) in diameter, lobatum, paucioribus (4–6(–8)) lobis depressionibusque germinationis. Holotypus hic designatus # 81–8101: URM 79247.

Sporocarp formation unknown.

Glomerospores formed singly in soils terminally on a subterminal or intercalary bulbous suspensor cell (= ‘sporogenous’ cell; FIG. 1). They are globose (150–260 μm in diameter), to subglobose (145–250 x 165–280 μm) to rarely irregular, bright yellow to yellow-orange, with two walls: an outer and an inner wall (OW and IW; FIG. 2).

Outer wall is three-layered (FIGS. 2–3): outermost wall layer (OWL1) is hyaline to subhyaline, semi-persistent to persistent, 1.1–2.1 μm thick. Second layer (OWL2) is bright yellow to yellow-orange, laminate, and 7.5–14 μm thick, densely packed with tube projections on the inner surface, that are 1.0–1.8(–2.2) μm long and 0.5–1.1(–1.4) μm broad

(FIGS. 2–3). Tubes are about $(0.6\text{--})1.1\text{--}2.5\text{--}(3.6)$ μm apart from each other (FIGS. 2–5).

OWL3 is concolorous with OWL2, $0.5\text{--}1.3$ μm thick, and is profiled by tube projections of OWL2 (FIGS. 2–3). OWL2 and OWL3 sometimes darken to bright orange to orange-red several months after being mounted in PVLG, and both layers stain red to red-brown in Melzer's reagent (FIGS. 5–6). The straight pore channel at the spore base (about $2.5\text{--}3.6$ μm broad) is rarely closed by a plug formed by spore wall material of OWL2, and by OWL3, but often appears to be open.

Inner wall is three-layered (FIG. 2) bearing a germination shield on the outer surface (FIG. 5). Outer layer of the inner wall (IWL1) is hyaline, semi-flexible and $0.8\text{--}1.6$ μm thick. Second layer (IWL2) is unit to finely laminate and $1.9\text{--}2.8$ μm thick. Innermost layer (IWL3) is thin ($0.4\text{--}0.8$ μm thick), flexible and generally tightly adherent to IWL2, difficult to observe. The three layers do not stain in Melzer's reagent.

Sporogenous cell is subglobose to elongate, concolorous with the spore, or slightly lighter in color than the spore, and $55\text{--}85$ μm long and $32\text{--}46\text{--}(56)$ μm broad (FIG. 1). Two wall layers are visible on the sporogenous cell, continuous with OWL1 and with OWL2. OWL1 on the sporogenous cell is about $0.7\text{--}1.9$ μm ; adherent OWL2 is about $2.8\text{--}4.8$ μm thick. The tuberculate ornamentation on OWL2 does not continue on the wall of the sporogenous cell. The pore of the sporogenous cell is generally closed at the connection to the attached 'sporogenous hypha' by a septum arising from OWL2. The sporogenous hypha generally is also bi-layered, but OWL1 is evanescent and has often sloughed off completely. In the hypha, usually $6\text{--}12\text{--}(16)$ additional septa arising from OWL2 are visible in up to $150\text{--}350\text{--}(600)$ μm distance from the sporogenous cell. Within this distance, the sporogenous hypha tapers from $7.5\text{--}12.0$ to $5.1\text{--}8.3$ μm , and the hyphal wall tapers from $2.1\text{--}4.8$ to $1.1\text{--}2.6$ μm .

Germination shield is hyaline to subhyaline (to rarely light yellow in older spores), oval to ellipsoid (FIG. 5) or rarely subglobose, 85–125 x 60–85 μm in diameter, and have 4–6(–8) lobes (FIG. 6), that are difficult to differentiate when the shield cannot readily be observed in plan view. Irregular folds (about 5–15 μm long) arising from the shield wall separate the lobes. The one-layered shield wall and the folds are hyaline to subhyaline and generally only 0.5–1.7 μm thick. Each lobe may bear one rounded germ tube initiation (FIG. 7), 1.7–2.6 μm in diameter, from where the germination tubes emerge during initial germination in *Racocetra* species. The germ tube initiations, however, were difficult to detect in the specimens analyzed.

Spore development could be deduced from unequivocally identified spores found in different developmental stages in the field samples. First the outer wall differentiates a semi-persistent, unit layer (OWL1), a laminate layer with the characteristic tube projections on its inner surface (OWL2) and an adherent thin inner layer (OWL3). After the formation of one to several septa in the sporogenous hypha, separating the cell content of the spore from the hypha, the inner wall develops *de novo* without visible attachment to the outer wall. Finally, the lobed germination shield develops on the outer surface of the inner wall.

Auxilliary cells were not found.

Mycorrhiza formation is so far unknown but assumed from the unequivocal attribution to Racocetraceae in the Diversisporales.

Etymology. from the Latin: ‘intra’ (within, inside) and ‘ornata’ (ornamented) referring to the position of the tuberculate ornamentation on the inner surface of the outer spore wall.

Type. Isolated from soil samples from the semi-arid Caatinga biome in the National Park of ‘Vale do Catimbau’ (Municipality of Buíque), Pernambuco State, Brazil. Holotype (81–8101 = URM 79247) and type specimens (81–8102 & 81–8103) deposited at URM (Recife, Pernambuco, Brazil). Isotypes 81–8104 & 81–8105 (= OSC #134506) deposited at

OSC (Corvallis, Oregon, USA). Isotypes 81–8106 & 81–8107 (ZT Myc 775) deposited at Z+ZT (Zurich, Switzerland).

Distribution. So far known only from Northeastern Brazil: it was found in the Caatinga biome (municipality Buique, Pernambuco State) and at the Atlantic coastal line in a sand dune ecosystem (municipality Mataraca, Paraíba State).

Species description

Dentiscutata colliculosa sp. nov. B.T. Goto, L.C. Maia & Oehl (FIGS. 8–18).

Sporocarpia ignota. Sporae singillatim in solo efformatae anguste adiacetae ad cellulas sporogeneas subterminales vel intercalares, brunneae vel rubro-brunneae vel oscuro-brunneae vel nigrae, globosae (330–570 μm in diametro) vel subglobosae (350–390(–430) \times 360–470(–590), sporae cum tunicis tribus: tunica exterior stratis quatuoribus in totum 12–23 μm crassa, coniuncta tunicam cellulae sporogeneae et tunica hyphae; stratum exterius tunicae exterioris hyalinum, evanescens, 1.0–1.8 μm crassum; stratum secundum hyalinum et papillosum, papillae 0.7–1.4 μm altae and 0.5–1.1 μm latae; stratum tertium brunneum vel rubro-brunneum vel oscuro-brunneum, laminatum, 10.5–18.0 μm crassum, superficie interiore colliculoso; colliculi convexi, 2.4–5.1 μm alti et (3.2–)5.1–11.5 μm lati; stratum interius tunicae exterioris brunneum vel rubro-brunneum, subtile, 0.5–1.2 μm crassum; tunica media et tunica interior de novo formans stratis hyalinibus; tunica media duobus stratis in totum 3.1–5.3 μm crassum; tunica interior tribus stratis, (3.2–)4.2–6.6(–8.7) μm crassum; solo stratum medium tunicae interioris purpureo colorans reagente Melzeri; scutellum germinale coniunctum ad tunicam interiorem, flavo-brunneum ad brunneum; ovale vel ellipsoideum, 200–275 \times 160–225 μm in diametro, cum 8–18 depressionibus germinationis. Holotypus hic designatus # 82–8201: URM 79244.

Sporocarp formation is unknown.

Glomerospores formed singly in soils terminally on a subterminal or intercalary bulbous suspensor cell (= 'sporogenous' cell; FIG. 9). Glomerospores are red-brown to dark brown to black, globose (330–)400–480(–570 μm) to subglobose (350–390(–430) x 360–470(–590) μm in diameter (FIG. 9), with three walls: an outer, an middle and an inner wall (OW, MW and IW; FIG. 10).

Outer wall is 12–23 μm thick in total and consists of four layers (FIGS. 10–14): outermost wall layer (OWL1) hyaline to subhyaline to light yellow, evanescent and about 1.0–1.8 μm thick (FIGS. 10–11). Under field conditions, OWL1 is often recognized as fragmented remnants only, remaining on the spore surface (FIG. 11). The second layer (OWL2) is hyaline to subhyaline to light yellow, semi-persistent, and densely crowded with fine papillae, which are 0.7–1.4 μm long and 0.5–1.1 μm wide, and 0.5–0.9 μm apart from each other (FIG. 12). The papillae may disappear in PVLG based mountants after a while, since OWL2 sometimes slightly expands in this lactic acid based mountant (FIG. 10). Third layer (OWL3) is (red-)brown to dark-brown to black, laminate, and 10.5–18.0 μm thick, and on the inner surface densely crowded with shallow undulate-colliculate elevations that are 2.4–5.1 μm high and (3.2–)5.1–11.5 μm in diameter (FIGS. 10–14). OWL4 is concolorous with OWL3, or slightly lighter in color, thin and flexible (0.5–1.2 μm thick) and usually difficult to observe as closely adherent to colliculate OWL3 (FIG. 11). None of the layers stains in Melzer's reagent. The straight pore channel at the spore base (about 2.8–5.2 μm broad) is often closed by a plug formed by spore wall material of OWL3, and by OWL4, but sometimes appears to be open.

Middle wall is hyaline and bi-layered (FIGS. 15–16). Outer layer (MWL1) is about 1.1–2.6 μm thick. Inner layer (MWL2) generally is more rigid as being slightly thicker (2.0–2.7 μm). In recently crushed spores the undulate ornamentation of OWL3 and OWL4 is

profiled on the middle wall (FIG. 15), but this profile ornamentation on MW generally disappears within the first hours or days after mounting the spores in PVLG.

Inner wall is three-layered (FIG. 16) bearing a germination shield on the outer surface (FIG. 17). Outer layer of the inner wall (IWL1) is hyaline, semi-flexible to sometimes finely laminate and 0.8–2.6 μm thick. Second layer (IWL2) is unite to finely laminate, sometimes ‘amorph’ when slightly expanding in PVLG based mountants and generally 2.0–2.9(–5.0) μm thick. Innermost layer (IWL3) is thin (0.4–1.1 μm thick), flexible, generally tightly adherent to IWL3, and thus often difficult to observe. Only IWL2 stains in Melzer’s reagent producing a dark red purple reaction within a few hours.

Sporogenous cell is globose to elongate, concolorous with the spore, or slightly lighter in color, and 85–110 μm long and 62–90 μm broad (FIG. 9). Two wall layers are generally visible on the sporogenous cell, and are continuous with OWL1+OWL2 and with laminated OWL3. OWL1+OWL2 is about 0.5–1.5 μm thick and evanescent, and OWL3 is about 2.0–2.9 μm thick. The colliculate ornamentation continues on the inner surface of the sporogenous cell wall, while the papillae ornamentation on the outer surface does not. The sporogenous hypha attached is 18–28 μm thick and also bi-layered tapering to 9–13 μm within 280–550(–800) μm distance from the sporogenous cell. Within this distance, the sporogenous hyphal wall tapers from 2.7–5.5 μm to 1.1–1.6(–2.4) μm , and 11–17(–25) septa originating from the inner layer (OWL2) might be visible in the sporogenous hypha.

Germination shield is yellow brown to brown, ellipsoid to oval (200–275 x 160–225 μm) and conspicuously dentate (FIGS. 17–18) as having multiple short folds, (4.5–)12–18(–25) μm long and 1.2–2.2 μm wide, and multiple (8–18) large folds (50–75 μm long and 1.3–2.5 μm wide) arising from the shield wall (FIG. 18). The larger folds often branch to form a ‘T’ on the shield, and divide the shield into 8–18 small compartments (FIG. 8; FIG. 18). Each

compartment generally has one central rounded germ tube initiation (gti, 9–12 µm in diameter) from where the germination tubes emerge during initial germination.

Spore development could be deduced from unequivocally identified spores found in different developmental stages in the field samples. First the outer spore wall differentiates two outer layers (OWL1 and OWL2), a laminate and colliculate layer (OWL3) and the adherent thin inner layer (OWL4). The bi-layered middle wall (MW), and subsequently the three-layered inner wall (IW) develop *de novo* without visible connection with the outer wall. Finally, the germination shield develops on the outer surface of the inner wall forming multiple germination compartments separated by large folds.

Auxilliary cells were not found.

Mycorrhiza formation unknown but assumed from the unequivocal attribution to the genus *Dentiscutata* in the *Diversisporales*.

Etymology. Latin, *colliculosa* (colliculate = covered with rounded or hillock-like elevations), referring to the characteristic projections on the inner surface of the outer spore wall.

Type. Isolated from soil samples from the semi-arid Caatinga biome in the National Park of ‘Vale do Catimbau’ (Municipality of Buique), Pernambuco State, Brazil. Holotype (82-8201 = URM 79244) and isotype (82-8202 & 82-8203 = URM 79245 & 79246) specimens deposited at URM (Recife, Pernambuco, Brazil). Isotypes: 82-8204 & 82-8205 (OSC #134505) deposited at OSC (Corvallis, Oregon, USA). Isotypes: 82-8206 & 82-8207 (ZT Myc 776) deposited at Z+ZT (Zurich, Switzerland).

Distribution. So far, *D. colliculosa* is only known from Northeastern Brazil, found in the Caatinga biome (Municipality Buique, Pernambuco State) and in a sand dune ecosystem of the Atlantic coastal line (Mataraca, Paraíba State).

DISCUSSION

By their distinct ornamentation types positioned on the inner surface of the outer spore wall, the two new species, *Racocetra intraornata* and *Dentiscutata colliculosa*, can be easily distinguished from each other and from all other known species in the *Glomeromycetes*.

Racocetra intraornata is so far the only species in *Racocetra* having two spore walls and an ornamentation on the inner surface of the outer wall. All other *Scutellospora* species with two spore walls have either no ornamentation (e.g. *R. alborosea*, *R. fulgida* and *R. castanea*; Ferrer and Herrera 1980, Koske and Walker 1986, Walker et al. 1993), or the ornamentation is positioned on the outer surface of the spore wall (*R. coralloidea*, *R. gregaria*, *R. minuta*, *R. persica* and *R. verrucosa*; Gerdemann and Trappe 1974, Nicolson and Schenck 1979, Ferrer and Herrera 1980, Koske and Walker 1985).

Dentiscutata colliculosa can unequivocally be identified through the colliculate ornamentation on the inner surface of the outer spore. None of the other species in *Dentiscutataceae* has a similar ornamentation, but only the inner surface of the aveolate middle walls in *Ambispora appendicula* and *A. jimgerdemannii* (Spain et al. 2006, Walker) superficially resemble this inner ornamentation type of *D. colliculosa*. Through this ornamentation, *D. colliculosa* can be identified even when the papillae ornamentation on the outer spore surface has been lost through sloughing from the spore or when the ornamentation has disappeared in PVLG-based mountants with time. There is only one other species in *Dentiscutata* with a simultaneous ornamentation on the outer and the inner surface of the spore wall, which is *D. biornata* (Spain et al. 1989b). However, the inner ornamentation in *D. biornata* does not consist of wide and shallow colliculate elevations but of small, blunt projections generally < 1.0 µm in diam (Spain et al. 1989b).

Remarkably, *D. colliculosa* has an evanescent outer layer on the outer surface of OW (OWL1), which in *Dentiscutataceae* has been reported so far only for *D. reticulata* after propagation in a root organ culture system (de Souza et al. 2005). We assume that initially such an evanescent outer layer is also present on spores of other *Dentiscutata* species but so far no attention has been paid on the presence of this evanescent wall layer.

The ornamentation on the inner surface of OW in *R. intraornata* resembles the germinal wall layer in *Gigaspora* species, but in *Gigaspora* the germ warts are on the surface of the thin innermost layer (Spain et al. 1989a, Maia & Kimbrough, 1993, Maia et al. 1994), while the tube ornamentation of *R. intraornata* is on the inner surface of the laminate layer OWL2 profiling into thin OWL3. Nevertheless, we speculated that the new species might evolutionary be closely related to *Gigaspora*, and that this species might be able to germinate not only from one of the germ tube initiations of the germ shield but also from the warty structure of the outer wall. However, we did not find any hint proofing this idea, but recently published phylogenetic trees support the close evolutionary relationship between *Scutellospora* species with two spore walls (e.g. *R. castanea* and *R. fulgida*) and *Gigaspora* species (e.g. de Souza et al. 2005; Sýkorová et al. 2007). In this respect, our observation that all known *Gigaspora* and *Racocetra* species show a staining reaction on the outer spore wall in Melzer's reagent is remarkable (Oehl et al. 2008).

Until recently, especially the germ shield characteristics did not get much attention in the former Gigasporaceae, although interspecific differences were known since decades (Walker and Sanders 1986), and especially Spain and co-workers largely increased the knowledge about the germ shield characteristics for selected species in the AM fungi (e.g. Spain et al.

1989b, Spain 1992, Spain and Miranda 1996). Moreover, although some species with similar spore wall characteristics can easily be distinguished through their germ shield morphology, e.g. *Cetraspora gilmorei* (Gerdemann and Trappe 1974), *Fuscutata savannicola* (Ferrer and Herrera 1980) and *D. scutata* (Walker and Diederichs 1989), the characterization of the shield structures often remained rudimentary, or was completely neglected in species descriptions. Recently, Oehl et al. (2008) described and illustrated the germ shields of almost all known former *Scutellospora* species and revised the genus based on combined morphological analyses with molecular phylogenetic findings. Thus, it has become indispensable to describe the shield characteristics as precisely as the general spore wall characteristics in species descriptions. The two new species presented in our study greatly differ in the majority of spore wall and germ shield characteristics: i.e. in spore size, color and ornamentation type, number of walls, as well as in size, color, number of lobes respective compartments, and germ tube initiations, and in the dentate structure of the shield periphery (= shield wall), and accordingly, they were attributed to different AMF genera.

Despite of several attempts, both new species did not grow in bait cultures or in single species cultures. Nevertheless, we assume that both species form arbuscular mycorrhiza on plants without intraradical vesicle formation, as it is assumed for all species in the Diversisporales forming spores on sporogenous cells, i.e. in the family Gigasporaceae (Morton and Benny 1990, Schüßler et al. 2001).

Both species were found in two quite different ecosystems in Northeastern Brazil: in the semi-arid 'Caatinga' biome of the National Park 'Vale de Catimbau' and in a semi-humid sand dune ecosystem of the Brazilian Atlantic coastal line. The findings suggest that both species may have a wide distribution in Northeastern Brazil, although they had not been

detected before (e.g. Maia & Trufem 1990, Maia et al. 2006). They were associated with several other *Scutellospora* species like *R. verrucosa*, *R. fulgida*, *C. pellucida*, *F. heterogama*, *F. rubra*, *D. cerradensis* and *D. biornata* (Koske and Walker 1985, 1986, Spain and Miranda 1996, Stürmer and Morton 1999, Spain et al. 1989b, Oehl et al. 2008). The later species were all found in or even described from semi-arid to semi-humid regions in Brazil or neighbored Colombia and Venezuela (e.g. Sieverding 1989, Maia and Trufem 1990, Walker et al. 1998, Herrera-Peraza et al. 2001, Lovera and Cuenca 2007), indicating that the species richness of *Racocetraceae* and *Dentiscutataceae* is high in South American Tropical areas. Also referring to other recent studies (Mathimaran et al. 2007, Tchabi et al. 2008), we expect an even higher diversity of species of these families than known so far from semi-arid to semi-humid warm climates, which has to be further explored in the upcoming years.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors acknowledge Renata G. de Souza for providing soil samples from Mataraca, Paraíba State, Brazil. This work was supported by the Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) and Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) that provided, respectively, a research grant to Leonor C. Maia and a PhD scholarship to Bruno T. Goto. This work was also supported by the Universidade Federal de Pernambuco which provided a grant to F. Oehl as ‘visiting professor’.

LITERATURE CITED

- Brundrett M, Melville L, Peterson L. 1994. Practical Methods in Mycorrhizal Research. University of Guelph, Guelph, Ontario, Canada, Mycologue Publications.
- De Souza FA, Declerck S, Smit E, Kowalchuk GA. 2005. Morphological, ontogenetic and molecular characterization of *Scutellospora reticulata* (Glomeromycota). Mycol Res 109:697–706.
- Ferrer RL, Herrera RA. 1980. El genero *Gigaspora* Gerdemann et Trappe (Endogonaceae) en Cuba. Rev Jardin Bot Nacional Habana 1:43–66.
- Gerdemann JW, Nicolson TH. 1963. Spores of mycorrhizal *Endogone* species extracted from soil by wet sieving and decanting. Trans Brit Mycol Soc 46:235–244.
- _____, Trappe JM. 1974. The *Endogonaceae* in the Pacific Northwest. Mycologia Memoir No. 5. 76 pp.
- Gomes APS, Rodal MJN, Melo AL. 2006. Florística e fitogeografia da vegetação arbustiva subcaducifolia da Chapada de São José, Buíque, PE, Brasil. Acta Bot Bras 20:37–48.
- Goto BT, Maia LC. 2006. Glomerospores, a new denomination for the spores of *Glomeromycota*, a group molecularly distinct from *Zygomycota*. Mycotaxon 96:129–132.
- Herrera-Peraza RA, Cuenca G, Walter C. 2001. *Scutellospora crenulata*, a new species of Glomales from La Gran Sabana, Venezuela. Can J Bot 79:674–678.
- Jenkins WR. 1964. A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. Plant Dis Rep 48:692.
- Koske RE, Walker C. 1985. Species of *Gigaspora* (Endogonaceae) with roughened walls. Mycologia 77:702–720.
- _____, Walker C. 1986. Species of *Scutellospora* (Endogonaceae) with smooth-walled spores from maritime sand dunes: Two new species and a redescription of the spores of *Scutellospora pellucida* and *Scutellospora calospora*. Mycotaxon 27:219–235.

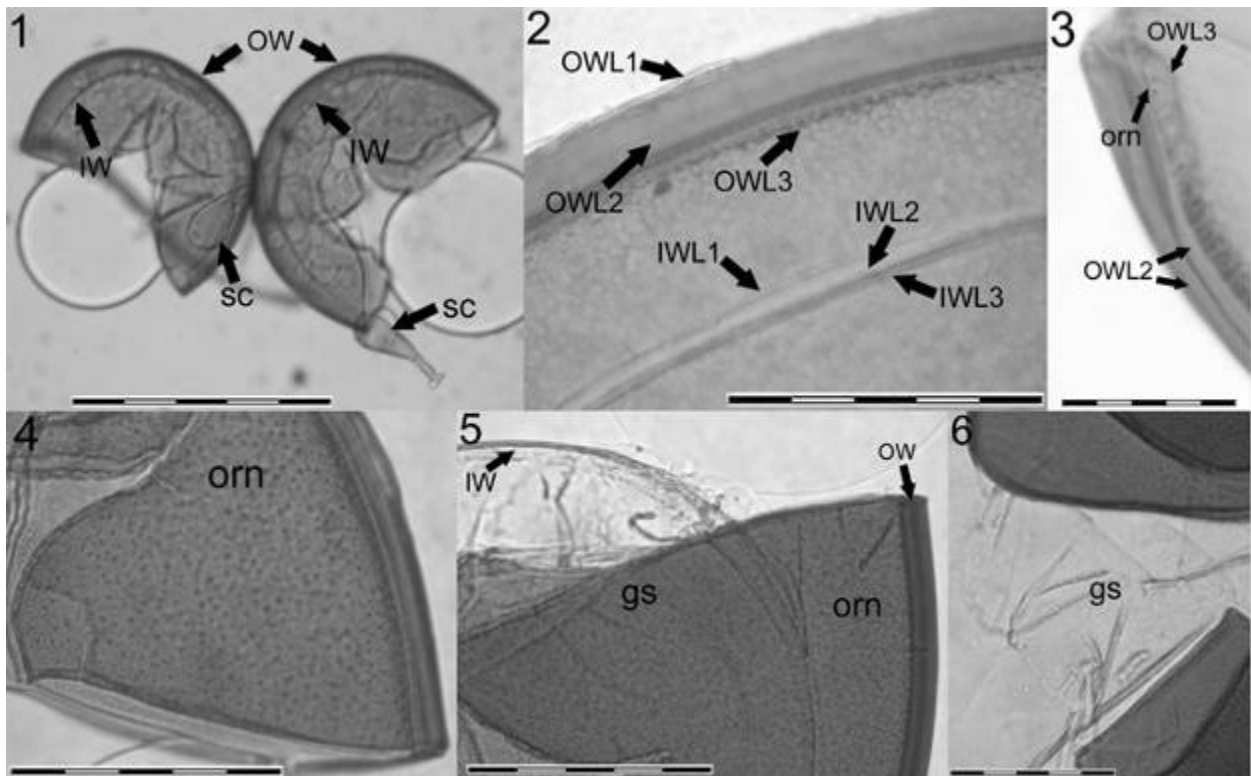
- Lovera M, Cuenca G. 2007. Diversity of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) and mycorrhizal potential of the soil from a natural and a disturbed savannah from La Gran Sabana, Venezuela. *Interciencia* 32:108–114.
- Maia LC, Kimbrough JW. 1993. Ultrastructure of the spore wall of *Gigaspora albida*. *Mycologia* 85:883–889.
- _____, Trufem SFB. 1990. Vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi in cultivated soils in Pernambuco State, Brazil. *Rev Bras Bot* 13:89–95.
- _____, Kimbrough JW, Benny GL. 1994. Ultrastructure of spore germination in *Gigaspora albida*. *Mycologia* 86:343–349.
- _____, Yano-Melo AM, Goto BT. 2006. Filo Glomeromycota. In: *Diversidade e caracterização dos fungos do semi-árido. Série Instituto do Milênio do Semi-Árido. Vol. II. Recife, MCT/Associação Plantas do Nordeste. pp. 109–126.*
- Mathimaran N, Ruh R, Jama B, Verchot L, Frossard E, Jansa J. 2007. Impact of agricultural management on arbuscular mycorrhizal fungal communities in Kenyan Ferralsol. *Agric Ecosyst Environ* 119:22–32.
- Morton JB, Benny GL. 1990. Revised classification of arbuscular mycorrhizal fungi (Zygomycetes): A new order, Glomales, two new suborders, Glomineae and Gigasporineae, and two new families, Acaulosporaceae and Gigasporaceae, with an emendation of Glomaceae. *Mycotaxon* 37:471–491.
- Nelson WL, Mehlich A, Winters E. 1953. The development, evaluation and use of soil tests for phosphorus availability. In: Pierre WH, Norman AF. *Soil and fertilizers phosphorus in crop nutrition. Aponany Monogr. Academic Press, New York. pp. 153–188.*
- Nicolson TH, Gerdemann JW. 1968. Mycorrhizal *Endogone* species. *Mycologia* 60:313–325.

- _____, Schenck NC. 1979. Endogonaceous mycorrhizal endophytes from Florida. *Mycologia* 71:178–198.
- Oehl F, de Souza FA, Sieverding E. 2008. Revision of *Scutellospora* and description of five new genera and three new families in the arbuscular mycorrhiza-forming *Glomeromycetes*. *Mycotaxon* 106:311–360.
- Oehl F, Sýkorová Z, Redecker D, Wiemken A, Sieverding E. 2006. *Acaulospora alpina*, a new arbuscular mycorrhizal fungal species characteristic for high mountainous and alpine grasslands of the Swiss Alps. *Mycologia* 98:286–294.
- Oliveira-Filho AT, Carvalho DA. 1993. Florística e fisionomia da vegetação no extremo norte do litoral da Paraíba. *Revista Brasil Bot* 16:115–130.
- Palenzuela J, Ferrol N, Boller T, Azcón-Aguilar C, Oehl F. 2007. *Otospora bareai*, a new fungal species in the *Glomeromycetes* from a dolomitic shrub-land in the Natural Park of Sierra de Baza (Granada, Spain). *Mycologia* 100:296–305.
- Schüßler A, Schwarzott D, Walker C. 2001. A new fungal phylum, the Glomeromycota: phylogeny and evolution. *Mycol Res* 105:1413–1421.
- Sieverding E. 1989. Ecology of VAM fungi in tropical agrosystems. *Agric Ecosyst Environ* 28:369–390.
- _____, Oehl F. 2006. Revision of *Entrophospora*, and description of *Kuklospora* and *Intraspora*, two new genera in the arbuscular mycorrhizal *Glomeromycetes*. *J Appl Bot Food Qual – Angew Bot* 80:69–81.
- Souza, R.G. 2008. Aspectos ecológicos e introdução de mudas micorrizadas para revegetação de áreas de dunas mineradas, no litoral da Paraíba. PhD Thesis, Recife, Universidade Federal de Pernambuco.
- Spain JL. 1992. Patency of shields in water mounted spores of four species in *Acaulosporaceae* (*Glomales*). *Mycotaxon* 43:331–339.

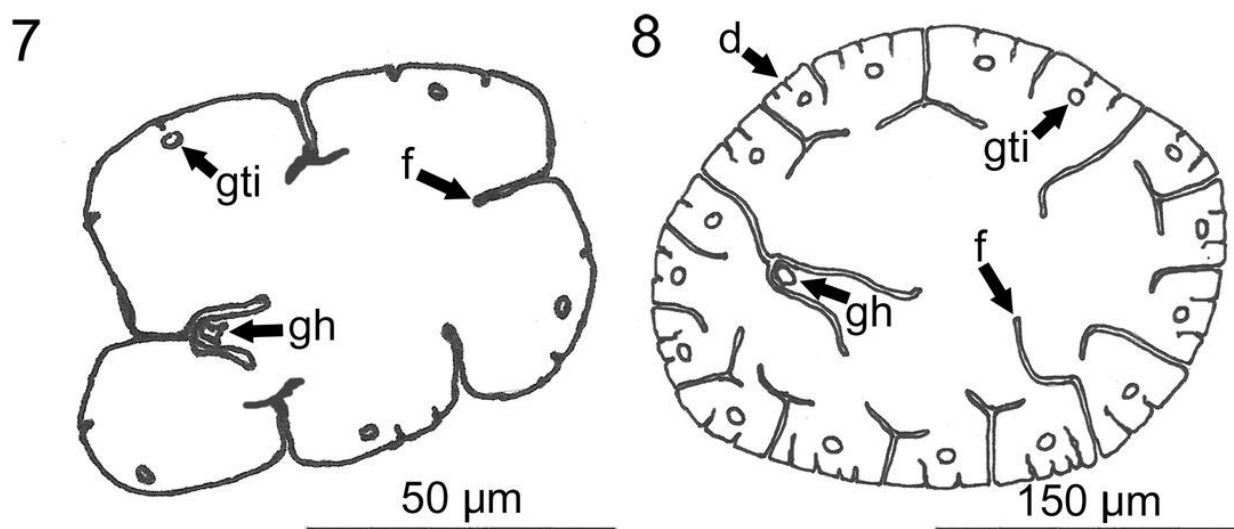
- Spain JL, Miranda JC. 1996. *Scutellospora cerradensis*: an ornamented species in the Gigasporaceae (Glomales) from the Cerrado region of Brazil. *Mycotaxon* 60:129–136.
- _____, Sieverding E, Schenck NC. 1989. *Gigaspora ramisporophora*: a new species with novel sporophores from Brazil. *Mycotaxon* 34:667–677.
- _____, _____, Oehl F. 2006. *Appendicispora*, a new genus in the arbuscular mycorrhizal-forming Glomeromycetes, with a discussion of the genus *Archaeospora*. *Mycotaxon* 97:163–182.
- _____, _____, Toro S. 1989. *Scutellospora biornata*, a new species in the *Endogonaceae* from the Llanos Orientales of Colombia. *Mycologia* 35:219–227.
- Stürmer SL, Morton JB. 1999. *Scutellospora rubra*, a new arbuscular mycorrhizal species from Brazil. *Mycol Res* 103:949–954.
- Sýkorová Z, Wiemken A, Redecker D. 2007. Cooccurring *Gentiana verna* and *Gentiana acaulis* and their neighboring plants in two Swiss upper montane meadows harbor distinct arbuscular mycorrhizal fungal communities. *Appl Environ Microbiol* 73:54265–434.
- Tchabi A, Coyne D, Hountondji F, Lawouin L, Wiemken A, Oehl F. 2008. Arbuscular mycorrhizal fungal communities in sub-Saharan savannas of Benin, West Africa, as affected by agricultural land use intensity and ecological zone. *Mycorrhiza* 18:181–195.
- Walker C. 2008. *Ambispora* and *Ambisporaceae* resurrected. *Mycol Res* 112:297–298.
- Walker C, Diederichs C. 1989. *Scutellospora scutata* sp. nov., a newly described endomycorrhizal fungus from Brazil. *Mycotaxon* 35:357–361.
- _____, Sanders FE. 1986. Taxonomic concepts in the Endogonaceae: III. The separation of *Scutellospora* gen. nov. from *Gigaspora* Gerd. & Trappe. *Mycotaxon* 27:169–182.

_____, Cuenca G, Sánchez F. 1998. *Scutellospora spinosissima* sp. nov. a newly described glomalean fungus from acidic, low nutrient plant communities in Venezuela. *Annals Bot* 82:721–725.

_____, Gianinazzi-Pearson V, Marion-Espinasse H. 1993. *Scutellospora castanea*, a newly described arbuscular mycorrhizal fungus. *Cryptogamie* 14:279–286.

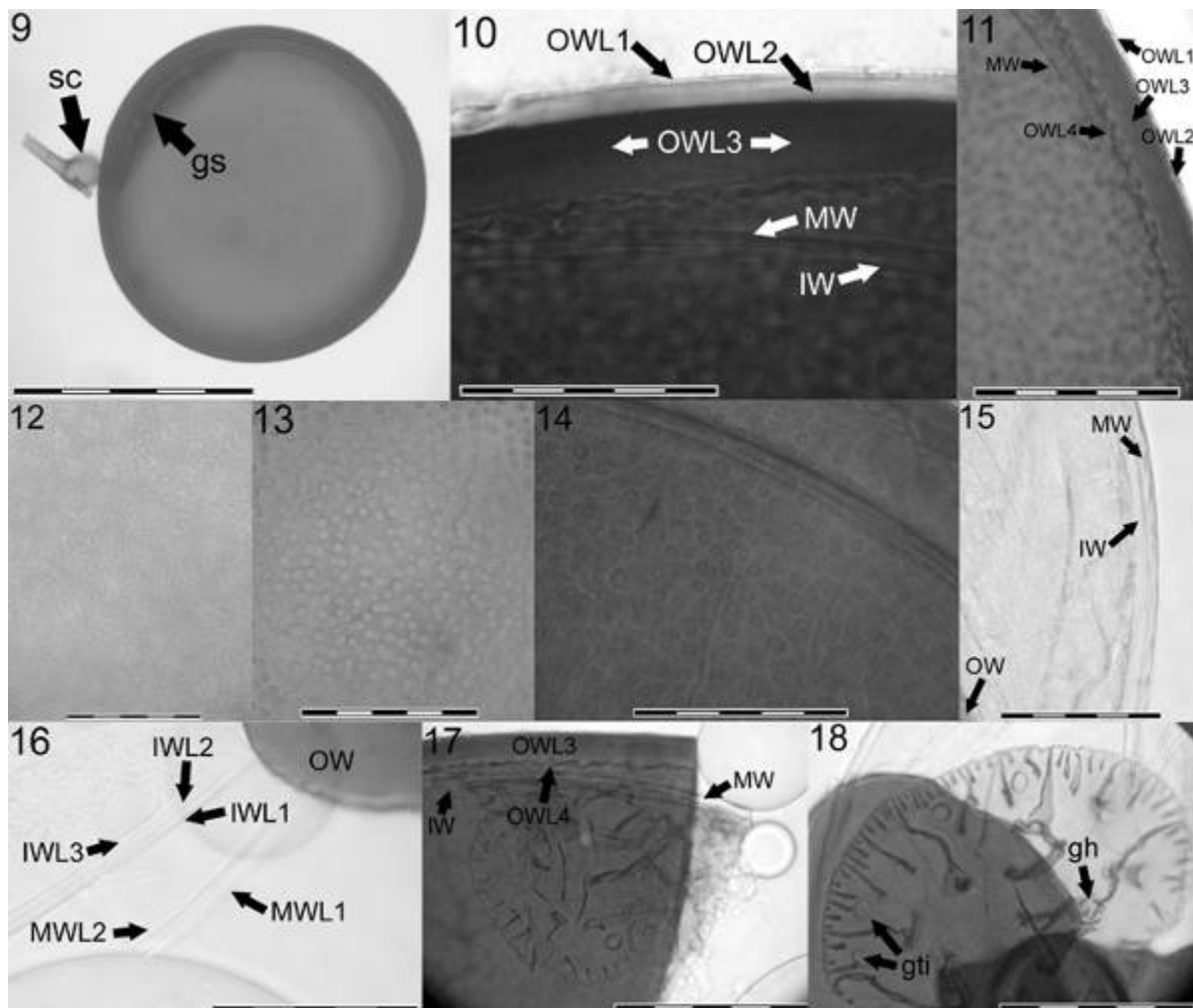


FIGS. 1–6. *Racocetra intraornata*. 1. Spores with sporogenous cells (sc) attached; bar = 300 μm . 2. Spore wall structure with three-layered outer wall (OW; layers OWL1-3) and three-layered inner wall (IW; layers IWL1-3). Characteristic tube ornamentation (orn) on inner surface of OWL2 and on OWL3; bar = 40 μm . 3. Crushed OW showing tube ornamentation on the inner surface of splitting OWL2; OWL3 separating from OWL2; bar = 50 μm . 4. Tube ornamentation (orn) on inner surface of OW in plan view; bar = 100 μm . 5. Hyaline germination shield on the surface of IW; lobed shield structure difficult to see in cross view; bar = 100 μm . 6. Germination shield with three lobes visible; bar = 50 μm . 5–6. Outer wall (OWL2 and OWL3) staining red to red-brown in Melzer's reagent.



FIGS. 7–8. Drawings of germination shields in plan view. 7. *Racocetra intraornata*.

Germination shield with a initial germ hole (gh) and with five lobes bearing each one germ tube initiation (gti); bar = 50 µm. 8. *Dentiscutata colliculosa*. Germination shield with a initial germ hole (gh), and 16 small compartments separated by large folds (f) and bearing each one germ tube intiation (gti); shield wall conspicuously dentate (d); bar = 150 µm.



FIGS. 9–18. *Dentiscutata colliculosa*. 9. Spore with gemination shield (gs), and with sporogenous cell (sc) attached; bar = 350 μ m. 10–11. Spore wall structure with four-layered outer wall (OW; layers OWL1–4), middle and inner wall (MW and IW). Characteristic colliculate ornamentation (orn) on inner surface of OWL3 and on OWL4. 10. bar = 150 μ m. 11. bar = 50 μ m. 12. Papillae ornamentation on OWL2 in plan view; bar = 50 μ m. 13–14. Colliculate ornamentation on the inner surface of OWL3 in plan view. 13. Focus from spore inside on OW; bar = 100 μ m. 14. Focus from spore surface; bar = 75 μ m. 15. Colliculate ornamentation of OWL3 profiled on outer surface of MW; bar = 50 μ m. 16. Wall structure of bi-layered MW (MWL1–2) and three-layered IW (IWL1–3); bar = 40 μ m. 17. Brown, compartmented germination shield positioned between MW and IW; bar = 200 μ m. 18. Germination shield with a initial germ hole (gh), and multiple small compartments separated by large folds (f) and bearing each one germ tube initiation (gti); shield wall conspicuously dentate; bar = 150 μ m.

***Glomus granulatum*, a new species of arbuscular mycorrhizal fungi from Brazil**GOTO, B.T.¹; SILVA, G.A.¹; TRUFEM, S.F.B.² & MAIA, L.C.¹brunogoto@yahoo.com.brleonoremaia@yahoo.com.br¹-Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Ciências Biológicas, Departamento de Micologia, 50670-420, Recife, PE, Brazil. ²-Universidade São Marcos, São Paulo, SP, Brazil.

Abstract - A new species of arbuscular mycorrhizal fungi, *Glomus granulatum* nom. ined. (Glomeromycota) was isolated from soil cultivated with both, *Anacardium occidentale* and *Manihot esculenta*, in the State of Ceará, Brazil. The spores, singly or in cluster attached to the hypha are globose (93 – 144 µm) when young, becoming ellipsoid to irregular with age (389-) 151 x 97 (-276) µm. The wall presents four layers. The outer layer is hyaline, mucilaginous, and evanescent, adding to the second, a hyaline, laminated layer; the third layer is hyaline and unit and the fourth is light yellow to yellow and membranous; the cytoplasmic content is granulated and yellow green in PVLG.

Key Words - *Anacardium occidentale*, Glomeromycota, *Manihot esculenta*, Mycorrhiza, Taxonomy

Introduction

The arbuscular mycorrhizal fungi are widely distributed in the ecosystems, forming an obligate association with most terrestrial plants (Smith & Read 1997). Knowledge regarding the diversity of AMF in tropical areas, including Brazil is limited, although some new species such as *Scutellospora cerradensis* Spain & Miranda, *Scutellospora scutata* Walker & Diederichs, *Paraglomus brasilianum* (Spain & Miranda) Morton & Redecker and *Scutellospora rubra* Stürmer & Morton had been described in this country (Spain & Miranda 1996a; Spain & Miranda 1996b; Walker & Diederichs 1989; Stürmer & Morton 1999). Only a few species of *Glomus* forming hyaline spores were mentioned to Brazil. We describe a new species with some characteristics that are not found in other *Glomus* species.

Material and methods

Soil samples were taken from areas cultivated with both, *Anacardium occidentale* L. (cashew) and *Manihot esculenta* Cranz. (cassava) in Pacajus, Ceará State, Northeast Brazil. This sandy soil is characterized by pH= 4.5; 3 mg P dm⁻³; 0.06 mg K dm⁻³; 0.15 mg Al dm⁻³; 0.75 mg Ca dm⁻³ and 0.5 Ma Mg dm⁻³. The samples were taken at random (5 to 20 cm deep) and spores of AMF were extracted from soil by wet sieving (Gerdemann & Nicholson 1963) and sucrose centrifugation (Jenkins 1964), separated and mounted in glass slides with PVLG and PVLG + Melzer (Schenck & Pérez 1990). Trap cultures were prepared in plastic pots (300 mL) using the native soil, with *Panicum miliaceum* L. as host. The pots were maintained at the greenhouse for two periods of 90 days. Tentative to obtain pure pot cultures of the new described species were unsuccessful. For the spore denomination the terminology proposed by Goto & Maia (2006) was adopted.

Glomus granulatum Goto sp. nov.

Fig. 1-4

Sporocarpia ignota. Sporae hyalinae. Communiter ellipsoideae, (389-) 151 x 97 (-276) µm singulae in solo. Tunica sporae constituitur straitis quartuo (ex mensuris sporarum ruptarum in PVLG): primo, mucilagino, 15 µm crasso. Communiter cum detritu affixo et in secundo adherente. Secundo, 6 µm crasso in lamellatum flexibile que adherens tertio, quod est membranaceum, 1,5 – 2,0 µm crasso stratum quartum membranaceum Typud hic designatus: URM 44455

Sporocarps unknown. Spores single or clustered in groups of three to five. Spore with a discrete thick halo, formed by the wall around the cytoplasmic content yellow green, with much granulation (Fig. 1). Spores yellow to yellow green with hyaline halo at the stereomicroscopes. Spores globose when young (93 – 144 µm), ellipsoid to irregular at maturity (389-) 151 x 97 (-276) µm. Young spores with two hyaline wall layers. Mature spores with four layers (Fig 2): the outer layer flexible, flaky, mucilaginous, evanescent: the second layer laminated. The width of these two layers varies from 7.5 to 18.8µm; the third is a unit layer, (3.7-) 5.6 (-9.4) µm and the fourth layer, light yellow to yellow, is membranous < 1,0µm width (Fig. 4). Spore wall layers do not react in Melzer's.

Subtending hypha hyaline, one per spore, straight or slightly constricted (12 to 50 µm) at the attachment point (Fig. 3). Hyphal wall 3.7 to 9.4 µm near the spores and 1.8 to 5.6 µm at a distance of 20µm, with a curved septum formed by the innermost spore wall layer, that invaginates into the subtending hypha up to 118µm. Hyphal wall formed only by the unit layer. The evanescent and laminated layers are not presents in the hypha, being observed only near the hyphal insertion.

Cytoplasm granulated, yellow-green in young and red brown in senescent spores.

Etymology: Latin, granulatum refering to the granulations of the cytoplasmic material observed in all spores both at the light and the stereomicroscope.

Collection examined: Type: Brazil, Ceará State, Pacajus, among roots of *Anacardium occidentale* and *Manihot esculenta*, Inês Gugel, October, 2002.

Distribution and Habitat: Known only from cultivated soil in the State of Ceará, Northeast Brazil.

Mycorrhizal association: Unknown, but the spores were extracted from the rhizosphere of cultivated plants.

Holotype: Brazil, Pernambuco: Collected in Pacajus - Ceará State: URM 44455 (slide). Slides of isotype material deposited in Z+ZT, Switzerland.

Discussion

The wall structure of *Glomus granulatum* is complex. The evanescent, mucilaginous outermost layer is hardly adherent with the second layer. The four layers are difficult to distinguish in mature spores, mostly the innermost layer. When broken, the second (laminated) layer separates in two layers.

Glomus granulatum is similar to *Glomus clarum* T.H. Nicol. & N.C. Schenck in size and presence of a mucilaginous and evanescent external layer and a laminated thick layer (Błaszkowski 1994). However, colour of the cytoplasmic material differs being yellow green in *G. granulatum* and slightly hyaline to yellow in *G. clarum*. The wall structure is also different between these species. In *G. granulatum* the first wall layer is wide (5.6 – 20 μm) while in *G. clarum* is thinner (0.3 to 0.9 μm); the second, laminated layer in *G. granulatum* is tightly together with the first layer, and the third is an unit layer, while in *G. clarum* the first and second layers are separated, and the third layer is laminated. Spores of *G. granulatum* are similar to *Glomus segmentatum* Trappe, Spooner & Ivory in colour of the cytoplasmic material. However the latter is a sporocarpic species with spores presenting only two layers in the wall.

Acknowledgements

Thanks are due to CNPq and CAPES for grant support, to Inês Helena Gugel who provided the soil samples and to Drs. Gerald Benny, Fritz Oehl and Chi-Guang Wu for reviewing the manuscript.

Literature cited

- Błaszkowski J. 1994. *Glomus clarum* (Glomales, Zygomycetes), a new vesicular-arbuscular fungus to Poland. Mycotaxon 52: 99-107.
- Gerdemann JW. & Nicolson TH. 1963. Spores of mycorrhizal *Endogone* species extracted from soil by wet sieving and decanting. Trans. Br. Mycol. Soc. 46: 235-244.
- Goto, B.T. & Maia, L.C. 2006. Glomerospores: a new denomination for the spores of Glomeromycota, a group molecularly distinct from the Zygomycota. Mycotaxon 96: 129 - 132.
- Jenkins WR. 1964. A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. Plant. Dis. Rep. 48:692.
- Schenck NC. & Pérez Y. Manual for Identification of VA Mycorrhizal Fungi. Synergistic Publications, Gainesville, 1990.
- Smith SE & Read DJ. 1997. Mycorrhizal Symbioses. Academic Press, London.
- Spain JL. & Miranda JC. 1996a. *Scutellospora cerradensis*: an ornamented species in the *Gigasporaceae* (Glomales) from the cerrado region of Brazil. Mycotaxon 60: 129-136.
- Spain JL & Miranda JC. 1996b. *Glomus brasilianum*: an ornamented species in the *Glomaceae*. Mycotaxon 60: 137-142.
- Stürmer SL. 1999. Evolução, classificação e filogenia dos fungos micorrízicos arbusculares. In Inter-relação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas. (Siqueira, J.O.; Moreira, F.M.S.; Lopes, A.S.; Guilherme, L.R.G.; Faquin, V.; Furtini Neto, A.E. & Carvalho, J.G., eds.) Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, Lavras, p. 797-817.
- Walker C & Diederichs C. 1989. *Scutellospora scutata* sp. nov., a newly described endomycorrhizal fungus from Brazil. Mycotaxon 35: 357-361.

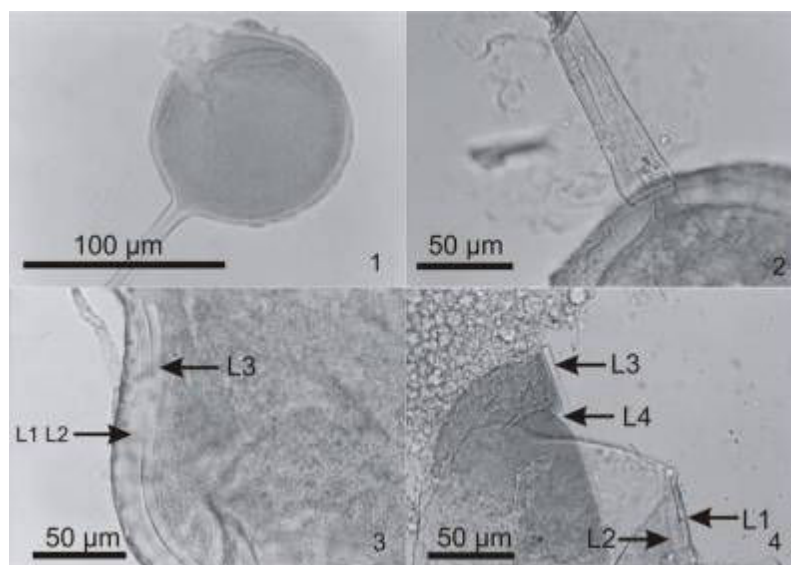


Figure 1-4 Spores of *Glomus granulatum*. 1- General view of spores; 2- Septum separating the spore from the subtending hyphae; 3- Mature spore wall showing the first, second and third layers.; 4- Mature spore wall showing the third and fourth layers.

Goto, Bruno Tomio

Taxonomia de Glomeromycota: revisão morfológica, chaves dicotômicas e descrição de novos táxons / Bruno Tomio Goto. – Recife: O Autor, 2009.

vi, 357 folhas : il., fig., tab.

**Tese (doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco.
CCB. Biologia de Fungos, 2009.**

Inclui bibliografia, anexo e glossário.

**1. Glomeromycota – Taxonomia 2. Fungos micorrízicos
arbusculares 3. Morfologia | Título.**

**582.281.2
579.53**

**CDU (2.ed.)
CDD (22.ed.)**

**UFPE
CCB – 2009-136**