



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
CENTRO DE BIOCÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SISTEMÁTICA E EVOLUÇÃO

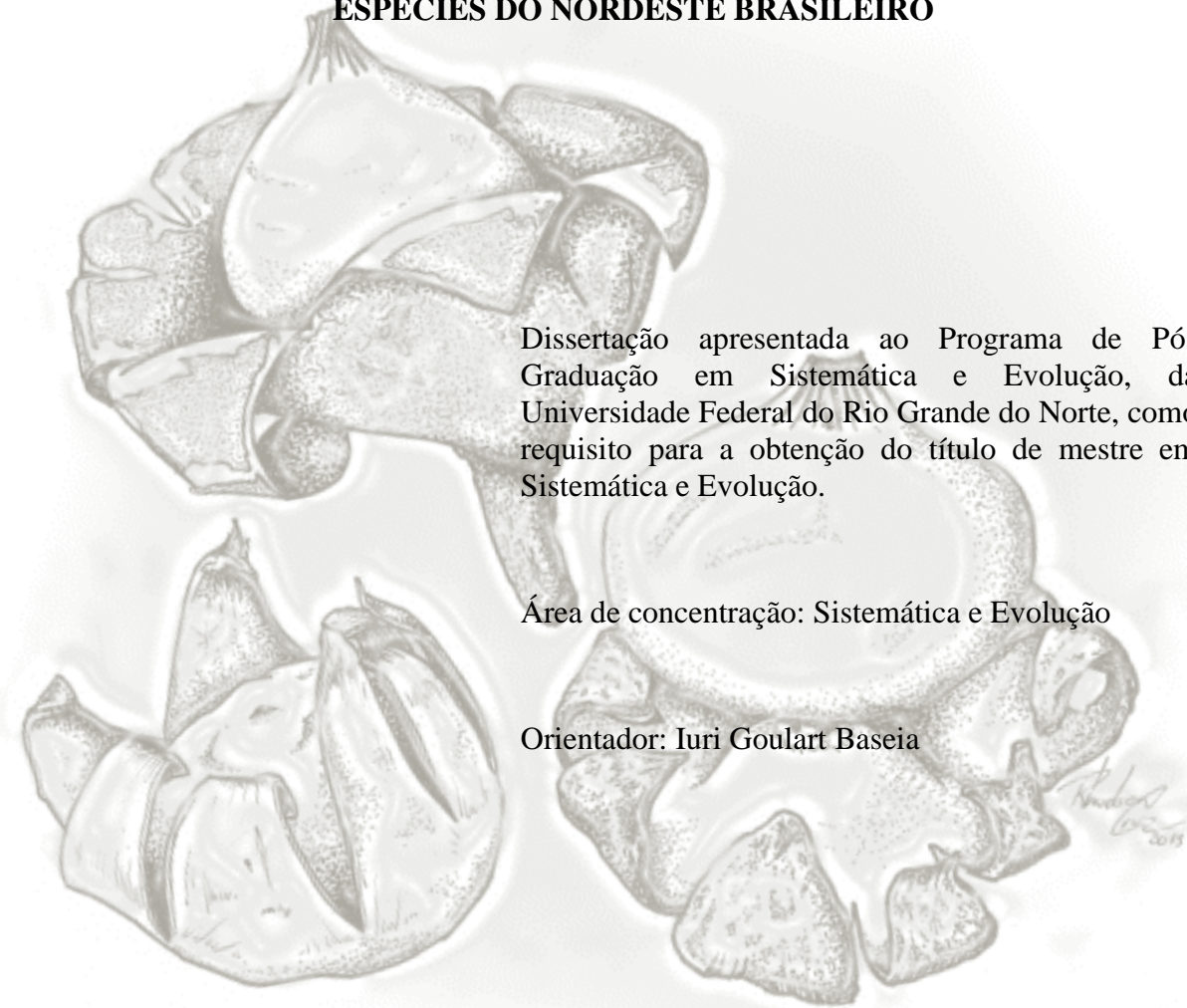
O GÊNERO *GEASTRUM* PERS. (GEASTRACEAE, BASIDIOMYCOTA):
OCORRÊNCIA, CHAVE TAXONÔMICA E DESCRIÇÕES DE
NOVAS ESPÉCIES DO NORDESTE BRASILEIRO

JULIETH DE OLIVEIRA SOUSA

Dissertação de Mestrado
Natal/RN, março de 2015

JULIETH DE OLIVEIRA SOUSA

**O GÊNERO *GEASTRUM* PERS. (GEASTRACEAE, BASIDIOMYCOTA):
OCORRÊNCIA, CHAVE TAXONÔMICA E DESCRIÇÕES DE NOVAS
ESPÉCIES DO NORDESTE BRASILEIRO**



Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Sistemática e Evolução, da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, como requisito para a obtenção do título de mestre em Sistemática e Evolução.

Área de concentração: Sistemática e Evolução

Orientador: Iuri Goulart Baseia

Natal-2015

Catálogo da Publicação na Fonte. UFRN / Biblioteca Setorial do Centro de Biociências

Sousa, Julieth de Oliveira.

O gênero *Geastrum* Pers. (Geastraceae, Basidiomycota): ocorrência, chave taxonômica e descrições de novas espécies do Nordeste brasileiro / Julieth de Oliveira Sousa. – Natal, RN, 2015.

162 f.: il.

Orientador: Prof. Dr. Iuri Goulart Baseia.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Centro de Biociências. Programa de Pós-Graduação em Sistemática e evolução.

1. Taxonomia. – Dissertação. 2. Gasteromycetes. – Dissertação. 3. Micobiota. – Dissertação. I. Baseia, Iuri Goulart. II. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. III. Título.

RN/UF/BSE-CB

CDU 581.961

JULIETH DE OLIVEIRA SOUSA

O GÊNERO *GEASTRUM* PERS. (GEASTRACEAE, BASIDIOMYCOTA):
OCORRÊNCIA, CHAVE TAXONÔMICA E DESCRIÇÕES DE NOVAS ESPÉCIES
DO NORDESTE BRASILEIRO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós
Graduação em Sistemática e Evolução, da
Universidade Federal do Rio Grande do Norte, como
requisito parcial para a obtenção do título de mestre
em Sistemática e Evolução.

Área de concentração: Sistemática e Evolução

APROVADA EM 13 /03/ 2015

BANCA EXAMINADORA

Prof Dr. Iuri Goulart Baseia

Universidade Federal do Rio Grande do Norte

(Orientador)

Prof Dr. Bruno Tomio Goto

Universidade Federal do Rio Grande do Norte

(Membro interno)

Prf Dr. Franciso de Diego Calonge

(Membro externo)

AGRADECIMENTOS

Aproveito esta oportunidade para expressar meus sinceros agradecimentos a todas as pessoas e instituições que de alguma forma contribuíram com a realização deste trabalho. Inicialmente agradeço ao Dr. Iuri Goulart Baseia, a quem devo a oportunidade de poder realizar o trabalho que gosto. Agradeço por sempre me aconselhar, dar credibilidade e proporcionar o suporte para que eu siga o melhor caminho possível nesta jornada acadêmica.

Agradeço as instituições: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoa de Nível Superior (CAPES) por financiar minha bolsa de estudos, a Universidade Federal do Rio Grande do Norte por possibilitar minha formação e ao Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) por permitir autorização para que as amostras fossem coletadas; ao Programa de Pesquisa em Biodiversidade no Semiárido (PPBio – Semiárido) e Pós Graduação de Sistemática e Evolução por tornar este trabalho possível através de financiamento e apoio.

Aos Professores Dr. Bruno Goto e Dr. Francisco Calonge, sou grata por aceitarem participar da banca avaliadora; e aos Professores Dr. Vagner Cortez e Dra. Bianca Silva pela disponibilidade de participar como suplentes.

Sou imensamente grata aos meus pais, Fátima Gomes e Almir Sousa, aos quais dedico todas as minhas vitórias, pois são eles os pilares da minha educação. Agradeço aos meus irmãos, Juliana e João Paulo, por estarem do meu lado compartilhando os momentos da minha vida. Também expresso minha gratidão ao meu noivo e melhor amigo Mário Branco, grande incentivador do meu sucesso, sempre disposto a me ouvir e apoiar nos momentos mais difíceis e angustiantes desta jornada.

Muito obrigada aos colegas do Laboratório de Biologia de Fungos e Laboratório de Biologia de Micorrizas pela solidariedade, reconhecimento e parceria. Sobretudo os colegas que me acompanharam nas coletas para realização desta dissertação (Bianca, Clarissa, Donis, Elielson, Nathalia, Rhudson, Ruy e Yasmin). Devo agradecimento especial a Rhudson Cruz pelas ilustrações e Alexandre Garcia pela tradução do resumo.

Quero agradecer aos amigos de infância pelas palavras de apoio e aos colegas que fiz na graduação e pós-graduação, os quais compartilharam bons e maus momentos necessários para nos tornarmos o que somos hoje.

“Quanto mais se aprende mais se tem consciência de que nada se sabe”

(Autor desconhecido)

RESUMO

Geastraceae é uma família monofilética pertencente ao clado “gomphoid-phalloid”, composta apenas por dois gêneros *Geastrum* e *Myriostoma*, que são muito próximos tanto na morfologia quanto na filogenia, ambos apresentam basidiomas angiocárpicos, poro apical, basidiosporos liberados passivamente através do mecanismo de fole e exoperídio deiscente em raios, sendo diferenciados pelo número de ostíolos e pedicelos. Devido à deiscência do exoperídio, são conhecidos popularmente como “estrelas-da-terra”. Ocorrem geralmente degradando liteira ou madeira, sendo, portanto, saprofíticos, com raras exceções de espécies ectomicorrízicas. *Geastrum* é um dos gêneros gasteroides mais diversos no Brasil, com 51 registros. Contudo, existem lacunas de conhecimento quanto à distribuição geográfica e sistemática deste gênero no país. Especialmente, devido às características encontradas em território brasileiro (megaviversidade, “hotspots” e tamanho continental), as quais o tornam área prioritária para inventário de espécies. Desta forma, o presente trabalho objetivou realizar inventariar espécies *Geastrum* ocorrentes em áreas da Caatinga e Mata Atlântica do Nordeste. Foram realizadas pelo menos duas expedições de campo, com duração aproximada de quatro dias, durante períodos de chuva dos anos 2013 e 2014 para as áreas: Reserva Biológica de Guaribas, localizada no domínio Mata Atlântica da Paraíba e Reserva Ecológica Estadual Mata do Pau Ferro, localizada nos “Brejos Paraibanos”. Além disso, foram analisados espécimes depositados no Herbário UFRN-Fungos, os quais foram coletados no Parque Nacional Vale do Catimbau, Caatinga de Pernambuco. Os espécimes foram identificados de acordo com a análise de macro e micromorfologia, seguindo literatura específica. Foram analisados cerca de 400 basidiomas, distribuídos em 73 exsicatas. Foram identificadas 21 espécies, 19 em nível de espécie, sendo duas destas propostas como novas espécies (*Geastrum magnosporum* sp. nov. e *G. pusillupilosum* sp. nov.) e duas em nível de gênero (sp. e aff.). Destaca-se um novo registro para o Brasil, 12 novos registros para o estado da Paraíba, quatro novos registros para a região Semiárida do Brasil e seis novos registros para a vegetação de “Brejos de Altitude”. Desta forma, os resultados representam um aumento de 200% no conhecimento do gênero *Geastrum* na Paraíba, 24 % no Semiárido e 55% no “Brejo de Altitude”, demonstrando que o Nordeste brasileiro apresenta uma alta riqueza de espécies.

Palavras-chave: Taxonomia; Gasteromycetes; Micobiota; Neotrópicos; Geastrales.

ABSTRACT

Geastraceae is a monophyletic family included in the gomphoid-phalloid clade, it is composed only by two genus: *Geastrum* and *Myriostoma*. These genus are closely related in their morphology and phylogeny, both showing angiocarpic basidiomata, apical stoma, basidiospores passively released by the bellows mechanism and exoperidium dehiscent in rays, these genus are distinct by the number of stomas and pedicels. Because of dehiscence of exoperidium they are popularly known as “earthstars”. Usually they occur on decomposing leaf-litter and decaying wood. They are, thus, saprophytic, with rare exceptions of ectomycorrhizal species. *Geastrum* is the most diverse gasteroid genus in Brazil, with an estimated 51 records. However, there are large gaps in the geographic distribution and systematics studies about the *Geastrum* in this country, especially because of the characteristics found in the Brazilian territory (megadiverse, *hotspots* and continental size), which makes it a priority area for species inventory. Thus, this work was aimed at realizing inventory of species of *Geastrum*, which occur in Caatinga and Northeastern Atlantic Rainforest. At least two field expeditions were realized, during about four days on rainy season of 2013 and 2014 in the areas: Reserva Biológica de Guaribas, located in Atlantic Rainforest domain, Paraíba State and Reserva Ecológica Estadual Mata do Pau Ferro, located on “Brejos Paraibanos”, Paraíba State. Furthermore, specimens deposited in the Herbarium of the Universidade Federal do Rio Grande do Norte, which were collected in Parque Nacional Vale do Catimbau, Caatinga of Pernambuco State, were analyzed. The specimens were identified according to analysis of macro and micro morphology based on specific literature. Approximately 400 basidiomata, distributed in 73 exsiccates were analyzed. 21 species were identified, 19 are in specie level, which two are proposed to new species. (*Geastrum magnosporum* sp. nov. e *G. pusillupilosum* sp. nov.) and two in genera level (sp. e aff.). We emphasize one new record for Brazil, 12 new records for Paraíba State, four new records for semiarid region in Brazil and six new records to Atlantic Rainforest relicts “Brejo de Altitude”. So, the results improved the knowledge about *Geastrum* in Paraíba State by 200%, 24 % in Brazilian semiarid region and 55% in Atlantic Rainforest relicts “Brejo de Altitude”, evincing that Northeastern Brazil has high species richness.

Keywords: Taxonomy; Gasteromycetes; Mycobiota; Neotropics; Geastrales.

Lista de Gráficos

Gráfico 1. Distribuição das espécies de <i>Geastrum</i> entre os países de América Latina.	- 32
-	
Gráfico 2. Distribuição das espécies de <i>Geastrum</i> entre os biomas/ fitofisionomias brasileiras.	- 33 -
Gráfico 3. Distribuição das espécies de <i>Geastrum</i> entre as Unidades Federativas brasileiras.	- 34 -
Gráfico 4. Número de espécies conhecidas para os Brejos de Altitude, o Estado da Paraíba e a região Semiárida antes e depois deste estudo.	- 52 -

Lista de Figuras

Figura 1. Formas gasteroides.	- 14 -
Figura 2. Formas não gasteroides.	- 16 -
Figura 3. A: <i>Geastrum</i> ; B: <i>Myriostoma</i> ; C: <i>Radiigera</i> (= <i>Geastrum</i>)	- 18 -
Figura 4. Espécimes imaturas crescendo sobre subículo.....	- 23 -
Figura 5. Tipos de raios.	- 24 -
Figura 6. Tipos de peristômio.....	- 27 -
Figura 7. Microestruturas.	- 30 -
Figura 8. Mapa de localização geográfica da Reserva Ecológica Estadual Mata do Pau Ferro.	- 45 -
Figura 9. Mapa de localização geográfica da Reserva Biológica de Guaribas.....	- 46 -
Figura 10. Mapa de localização geográfica do Parque Nacional Vale do Catimbau. -	- 46 -
Figura 11. Coleta, Processamento e Herborização.....	- 48 -

Lista de Pranchas

Prancha 1. <i>Geastrum albonigrum</i>	- 58 -
Prancha 2. <i>Geastrum</i> aff. <i>echinulatum</i> ..	- 61 -
Prancha 3 <i>Geastrum entomophilum</i>	- 64 -
Prancha 4. <i>Geastrum fimbriatum</i>	- 67 -
Prancha 5. <i>Geastrum floriforme</i> ..	- 70 -
Prancha 6. <i>Geastrum hieronymi</i>	- 73 -
Prancha 7. <i>Geastrum hirsutum</i> . s.....	- 76 -
Prancha 8. <i>Geastrum javanicum</i>	- 79 -
Prancha 9. <i>Geastrum lageniforme</i> ..	- 82 -
Prancha 10. <i>Geastrum lloydianum</i> . ..	- 85 -
Prancha 11. <i>Geastrum morganii</i>	- 88 -
Prancha 12. <i>Geastrum pectinatum</i>	- 91 -
Prancha 13. <i>Geastrum rusticum</i>	- 94 -
Prancha 14. <i>Geastrum schweinitzii</i>	- 97 -
Prancha 15. <i>Geastrum setiferum</i>	- 100 -
Prancha 16. <i>Geastrum triplex</i> ..	- 103 -
Prancha 17. <i>Geastrum violaceum</i> . ..	- 106 -
Prancha 18. <i>Geastrum xerophilum</i> ..	- 109 -
Prancha 19. <i>Geastrum</i> sp.	- 112 -
Prancha 20. <i>Geastrum magnosporum</i>	- 115 -
Prancha 21. <i>Geastrum pusillupilosum</i>	- 118 -

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Espécies de Geastraceae ocorrentes no Brasil.....	- 35 -
Tabela 2 - Relação das espécies do gênero <i>Geastrum</i> analisadas, indicando o local de coleta e primeiro registro.....	- 51 -

Lista de abreviaturas e siglas

a.n. m.	Acima do nível do mar
M	Metros
MEV	Microscopia eletrônica de varredura
mm	Milímetros
MOP	Microscopia óptica
n	Número de basidiosporo analisados
PPBio	Programa de Pesquisa em Biodiversidade
Q_m	Quociente entre largura e altura média dos basidiosporos
REBIO	Reserva Biológica
UC	Unidade de Conservação
UFRN	Universidade Federal do Rio Grande do Norte
μm	Micrômetros
x	Média
\pm SD	Desvio padrão

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	- 13 -
2.	FUNDAMENTAÇÃO TERÓRICA	- 17 -
2.1.	Caracterização do gênero <i>Geastrum</i>	- 22 -
2.1.1.	Macroestruturas	- 22 -
2.1.2.	Microestruturas	- 27 -
2.2.	O gênero <i>Geastrum</i> no Brasil.....	- 31 -
3.	O DOMÍNIO MATA ATLÂNTICA	- 41 -
4.	O DOMÍNIO CAATINGA.....	- 42 -
5.	OBJETIVO	- 44 -
5.1.	Objetivos específicos	- 44 -
6.	MATERIAL E MÉTODOS	- 44 -
6.1.	Áreas Estudadas	- 44 -
6.1.1.	Reserva Ecológica Estadual Mata do Pau Ferro.....	- 44 -
6.1.2.	Reserva Biológica de Guaribas.....	- 45 -
6.1.3.	Parque Nacional Vale do Catimbau.....	- 46 -
6.2.	Coleta, Processamento e Herborização	- 47 -
6.3.	Avaliação dos Espécimes	- 48 -
7.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	- 50 -
7.1.	Chave de Identificação para as espécies analisadas	- 53 -
7.2.	Taxonomia.....	- 56 -
7.2.1.	Novas espécies.....	- 113 -
8.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	- 119 -
	REFERÊNCIAS	- 120 -
	APÊNCIDE I – ARTIGO PUBLICADO NA MYCOSPHERE	- 140 -
	APÊNCIDE II – ARTIGO PUBLICADO NA DARWINIANA	- 148 -

1. INTRODUÇÃO

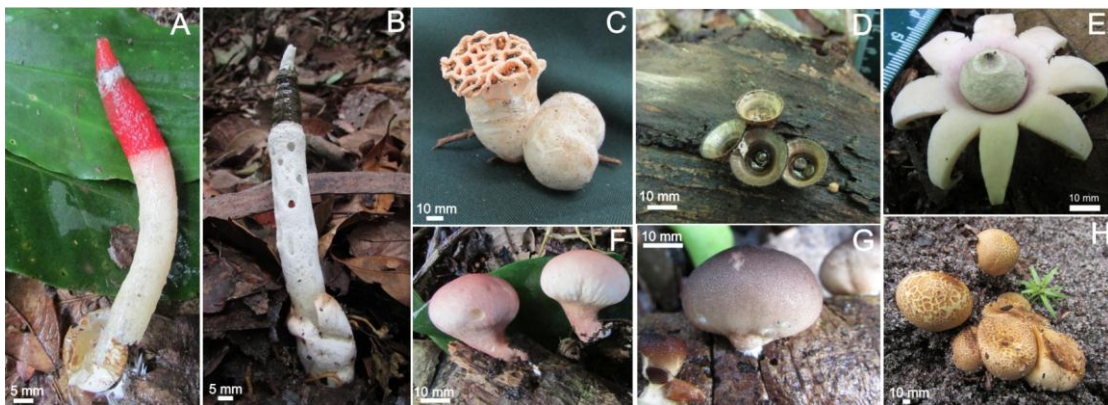
Os fungos são organismos heterotróficos extremamente diversos, os quais detém riqueza aferida em 5,1 milhões de espécies (BLACKWELL, 2011). Atualmente, em torno de 98 mil espécies fúngicas são conhecidas cientificamente, representando apenas cerca de 1,9 % do que se estima existir (KIRK et al., 2008). Os representantes do Reino Fungi são os agentes principais na decomposição da biomassa vegetal morta em ecossistemas terrestres, realizam importantes interações ecológicas com animais e plantas, além de deter alta aplicabilidade em vários setores da economia mundial (CARLILE et al., 2001; JONES et al., 2011).

O filo Basidiomycota é caracterizado pela estrutura microscópica denominada basídio, a partir de onde são originados os basidiosporos (WEBSTER e WEBER, 2007). Este filo, juntamente com Ascomycota, compõe o sub-reino Dicarya, apresentando hifas com dois núcleos em uma das etapas do desenvolvimento (fase dicariótica). Esta característica ontogenética é a sinapomorfia do sub-reino (HIBBETT et al., 2007; OBERWINKLER, 2012). A etapa dicariótica ocorre após a plasmogamia (fusão de citoplasma), durante a reprodução sexuada. Geralmente, há formação do corpo de frutificação (basidioma), onde os núcleos passam por cariogamia e originam os basidiosporos haploides após meiose (OBERWINKLER, 2012). Os grampos de conexão, típicos de Basidiomycota, são adaptações essenciais na manutenção da fase dicariótica e formação de novas células no micélio secundário (WEBSTER e WEBER, 2007), essas estruturas são homólogas em estrutura e função aos “*croziers*” do filo Ascomycota (OBERWINKLER, 2012).

Os fungos gasteroides, ou gasteromicetos, compõem um grupo polifilético que reúne táxons do filo Basidiomycota caracterizados por apresentar corpos de frutificação com porção fértil recoberta (basidioma angiocárpico) e basidiosporos liberados passivamente (esporos estatimósporos). Esses fungos apresentam basidiomas peculiares bastante elaborados, sendo conhecidos popularmente como “*stinkhorns*” (chifres fedorentos), “*false truffle*” (falsa trufa), “*earthballs*” (bolotas da terra), “*bird-nest-fungi*” (fungos ninho de passarinho), “*puffballs*” (bolas de sopro), “*cage-fungi*” (fungos em forma de gaiola) e “*earthstars*” (estrelas da terra) (Fig.1) (ALEXOPOULOS et al., 1996; CALONGE, 1998; WEBSTER e WEBER, 2007).

Por vários anos os fungos gasteroides foram agrupados na classe Gasteromycetes (MILLER e MILLER, 1988), entretanto, este termo passou a ser desprovido de valor taxonômico e tratado como um agrupamento artificial, pois vários estudos filogenéticos comprovam a múltipla ancestralidade de seus representantes (HIBBETT et al., 1997; HIBBETT et al., 2004; HIBBETT et al., 2007). Atualmente os gêneros da tradicional classe Gasteromycetes estão classificados na classe Agaricomycetes, subclasse Agaricomycetidae e Phallomycetidae K. Hosaka, Castellano e Spatafora (HIBBETT et al., 2007; WILSON et al., 2010). (WILSON et al., 2010).

Figura 1. Formas gasteroides. A-B: “stinkhorns”; C: “cage-fungi”; D: “bird-nest-fungi”; E: “earthstar”; F- G “puffballs”; H: “earthballs”.



Fonte: autoria própria.

O termo “*Gaster*” é proveniente do grego e significa estômago, enquanto “*mycetes*” quer dizer fungos, remetendo a ontogenia dos basidiosporos, os quais se desenvolvem na porção interna do basidioma (MILLER e MILLER, 1988). A porção fértil (himênio) dos fungos gasteroides é denominada gleba, sendo recoberta por uma ou mais camadas de hifas estéreis, chamadas perídio (CALONGE, 1998; MILLER e MILLER, 1988). Acredita-se que a forma angiocárpica dos basidiomas gasteroides foi obtida a partir de um processo evolutivo denominado neotonia. Desta forma, supõe-se que foram selecionadas linhagens ancestrais que detinham a capacidade de manter características dos estágios jovens, ou seja, um basidioma incluso, e mesmo assim atingir a maturidade dos basidiosporos (HIBBETT et al., 1997).

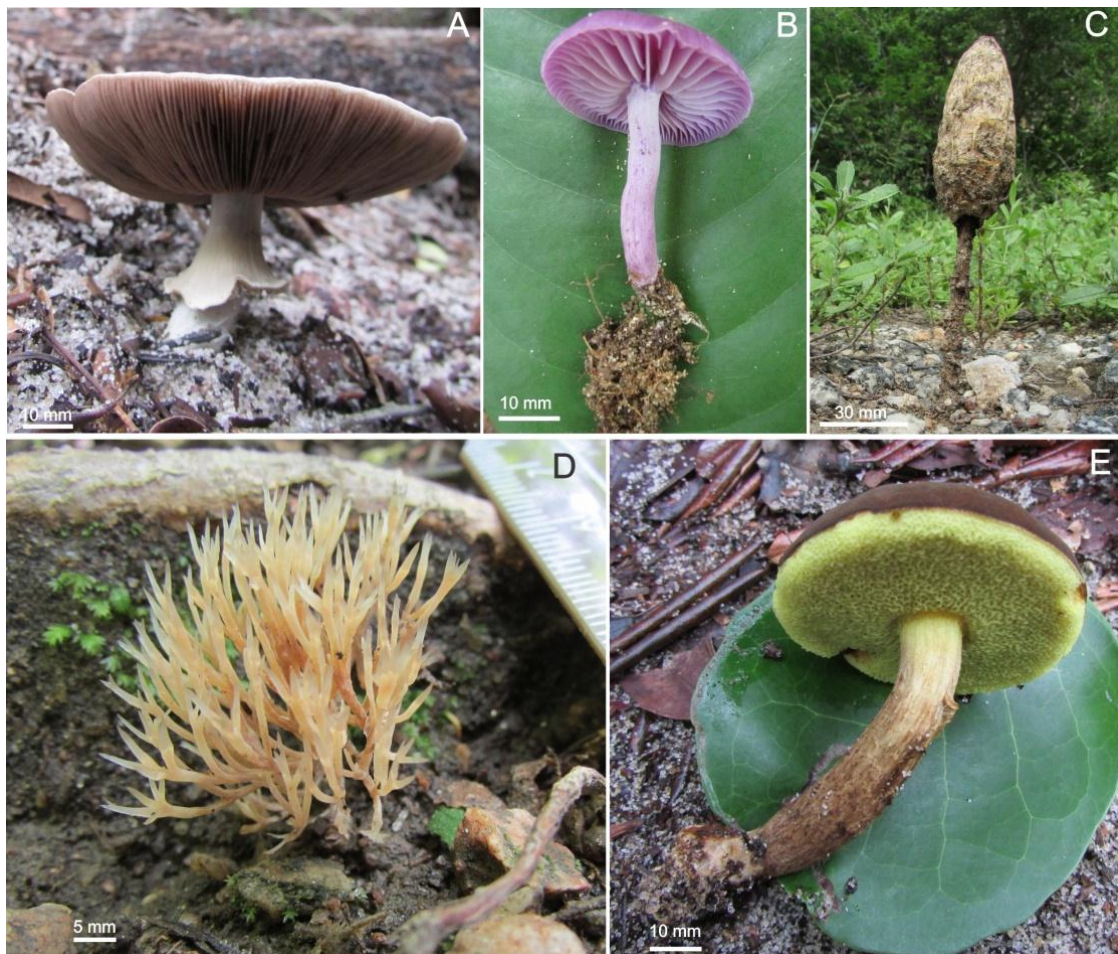
Por não possuir balistosporos (esporos dispersos de forma ativa), os fungos gasteroides necessitam de agentes externos que auxiliem a dispersão, como o vento e a chuva, ou animais. Os artrópodes, como isentos, são os principais responsáveis pela dispersão dos fungos falóides em regiões tropicais, adicionalmente roedores, ruminantes e marsupiais também participam da dispersão dos gasteroides em diversas localidades

(BURR et al., 1996; OLIVEIRA e MORATO, 2000; FAZOLINO et al., 2008; HOSAKA et al., 2008).

Existem fortes evidências de que os fungos gasteroides divergiram a partir de diferentes linhagens não gasteroides (como os cogumelos) no mínimo quatro vezes durante a evolução dos representantes da classe Agaricomycetes, apresentando fortes adaptações convergentes a ambientes xerófitos (HIBBETT et al., 1997; WILSON et al., 2010; YANG, 2011). As formas não gasteroides (agaricoide, boletoide, colaroide, poliporoide, ramarioide, secotioide) (Fig.2) apresentam balistosporos e himênio maduro exposto, sendo estas características mais plesiomórficas dentro da classe Agaricomycetes (WILSON et al., 2010). Os balistosporos precisam de alta umidade para ser dispersos, além disso, sua total exposição maximiza a perda de água para o ambiente. Deste modo, para ocorrência da evolução gasteroide, foram selecionados fungos que demonstraram perda irreversível da capacidade ativa de dispersão, acompanhada da produção de um corpo de frutificação incluso, conseqüentemente um basidioma com melhor atuação em climas mais secos (HIBBETT et al., 2004; WEBSTER e WEBER, 2007; WILSON et al., 2010).

Dentre os fungos não gasteroides, os secotioides são tidos como possíveis fungos com morfologia intermediária entre a transição dos fungos não gasteroides para os gasteroides. Esses fungos são principalmente observados em habitats áridos, desenvolvendo basidioma angiocárpico, porém ainda exibindo a plesiomorfia balistosporos. (GABEL e GABEL, 2011; WEBSTER e WEBER, 2007; WILSON et al., 2010).

Análises realizadas por Hibbett et al. (1994) demonstraram que a ocorrência de um alelo recessivo em um único gene modificava o desenvolvimento de *Lentinus tigrinus* (Bull.) Fr., cogumelo com morfologia agaricoide, para produção de basidiomas secotioides. Assim, a facilidade na “gasteromicetização” dos basidiomas reforça seu surgimento independente a partir de vários ancestrais não gasteroides. Todavia, os mecanismos responsáveis pelo complexo desenvolvimento de basidiomas gasteroides como os “*stinkhorns*” e “*earthstars*” ainda são desconhecidos (WEBSTER e WEBER, 2007).

Figura 2. Formas não gasteroides. A-B: agaricoide; C: secotioide; D: ramarioide; E: boletoide.

Fonte: autoria própria.

As múltiplas linhagens gasteroides demonstram recente surgimento na história evolutiva do filo Basidiomycota (WILSON et al., 2010). De acordo com registros fósseis, “*puffballs*” e “*earthstars*” têm aproximadamente 22-24 milhões e 18-22 milhões de anos, respectivamente, enquanto basidiomas com apêndice hilar (estrutura responsável pela dispersão ativa dos esporos) foram datados em aproximadamente 90-94 milhões de anos (WEBSTER e WEBER, 2007). Contudo, existem controvérsias sobre a origem das linhagens gasteroides, tendo em vista que recentemente foram descobertos fósseis gasteroides datados em 100 milhões de anos (POINAR et al., 2014).

Nos últimos dez anos os estudos taxonômicos sobre fungos gasteroides no Brasil foram intensificados. O número de espécies que ocorrem no país aumentou consideravelmente, como também novas espécies foram descritas para a ciência. Especificamente em relação à família Geastraceae, o conhecimento foi deveras incrementado, com publicação de novas espécies e novos registros (BASEIA, 2003,

2005a, 2005b; BASEIA et al., 2006, 2007; BASEIA e CALONGE, 2005, 2006, 2008; LEITE et al., 2007a, 2007b; LEITE e BASEIA, 2007; CORTEZ et al., 2008a, 2008b; FAZOLINO et al., 2008; LEITE et al., 2011; SILVA et al., 2011, 2013; ALFREDO et al., 2012a, 2012b, 2014; CORTEZ e ALVES, 2012; CORTEZ et al., 2012; CRUZ et al., 2012a, 2012b; CABRAL et al. 2012, 2014; RODRIGUES e BASEIA, 2013; SULZBACHER et al., 2013; ALFREDO e BASEIA, 2014; CRUZ e BASEIA, 2014; SOUSA et al., 2014a, 2014b, 2014c, 2014d).

Todavia, existem lacunas de conhecimento quanto à distribuição geográfica, análises filogenéticas e estudos de sistemática sobre os fungos gasteroides no Brasil. Especialmente, devido às características encontradas neste país, as quais o tornam área prioritária para estudos de inventários de espécies, como megadiversidade, “hotspots”, tamanho continental e presença de ecossistemas tropicais, onde possivelmente existam um milhão de espécies fúngicas novas para a ciência, sendo extensa parcela desses táxons fungos gasteroides (MYER et al., 2000; HAWKSWORTH et al., 2001; JOPPA et al., 2013).

2. FUNDAMENTAÇÃO TERÓRICA

Geastraceae Corda é uma família monofilética incluída na subclasse Phallomycetidae (Agaricomycetes), proposta por Hosaka et al. (2006). Phallomycetidae, ou clado gomphoide-phalloide, representa um agrupamento monofilético que abrange as ordens Phallales E. Fish. (Ordem tipo), Hysterangiales K. Hosaka e Castellano, Geastrales K. Hosaka e Castellano e Gomphales Julich, das quais, as três primeiras são compostas integralmente por fungos gasteroides. Esta subclasse foi elucidada por meio de técnicas de filogenia molecular, porém uma característica sinapomórfica não foi totalmente definida (GIACHINI et al., 2010). Acredita-se que a morfologia da rizomorfa (presença de hifas ampulares e acanto-hifas) seja um potencial caráter que una esses táxons (AGERER, 2006; HOSAKA et al., 2006).

O clado “gomphoide-phalloide” apresenta uma alta diversidade morfológica (HOSAKA et al., 2006). Os fungos não gasteroides que são coraloides-clavarioides, provavelmente, foram os ancestrais dos fungos gasteroides deste clado (“*stinkhorns*”, “*earthstars*” e “*false truffle*”) (HIBBETT et al., 2004). Além disso, as formas sequestradas, ou seja, os fungos hipógeos (“*false truffle*”), são considerados os mais derivados para Gomphales, enquanto na ordem Phallales, esses fungos são considerados

ancestrais dos “*stinkhorns*” (HOSAKA et al., 2006; YANG, 2011), sendo assim o hábito hipógeo uma homoplasia nestes clados.

Geastraceae é a família tipo da ordem Geastrales, a qual também abrange as famílias Sclerogastraceae Locq., Sphaerobolaceae J. Schröt. e Pyrenogastraceae Jülich. Até o momento não foi definida uma sinapomorfia que caracterize a família Geastraceae. A rizomorfa é uma estrutura com potencial para abrigar variações que podem caracterizar de modo distintivo o clado Geastraceae (AGARER, 2006; HOSAKA et al., 2006).

A família Geastraceae passou por várias modificações em seus componentes nos últimos anos. Ponce de León (1968) considera que Geastraceae apresenta três gêneros: *Geastrum* Pers.n, *Myriostoma* Desv. e *Geasteropsis* Hollós. De acordo com estudo sobre as espécies de Geastraceae no Norte da Europa, Sunhede (1989) considera oito gêneros na família: *Geastrum*, *Myriostoma*, *Geasteropsis*, *Trichaster* Czern., *Phialastrum* Sunhede, *Pyrenogaster* Malençon e Rioussset, *Radiigera* Zeller e *Terrostella* Long. Alguns desses gêneros, como *Trichaster* e *Geasteropsis* são considerados por Kirk et al. (2008) sinônimos de *Geastrum*.

Em uma classificação mais atual, baseada em técnicas de filogenia molecular, Hosaka et al. (2006) consideram que Geastraceae possui três gêneros gasteroides: *Geastrum*, *Myriostoma* e *Radiigera* (Fig.3). Jeppson et al. (2013) e Zamora et al. (2014a) propuseram recentemente uma sinonimização do gênero *Radiigera* com o gênero *Geastrum*. Estudos filogenéticos realizados por outros autores como Hosaka et al. (2006), Hosaka e Castellano (2008), Cabral et al. (2011) e Silva et al. (2013), já sugerem a polifilia do gênero *Radiigera*, o qual se agrupava em diferentes clados com o gênero *Geastrum*. Assim, a família Geastraceae passa a apresentar apenas dois gêneros: *Geastrum* e *Myriostoma*, classificação adotada neste trabalho.

Figura 3. A: *Geastrum*; B: *Myriostoma*; C: *Radiigera* (= *Geastrum*)



Fonte: A: Bianca Silva. B: Sousa et al. (2014c). C TRAPPE et al., 2009).

Geastrum é um dos mais diversos gêneros gasteroides, ocorrendo em uma gama de diferentes habitats (KUHAR e PAPINUTII, 2009; ZAMORA et al., 2013a). De acordo com o Dicionário de Fungos de autoria de Paul Kirk e colaboradores, publicado em 2001, este gênero possui cerca de 50 espécies. Em uma edição mais recente Kirk et al. (2008) mantiveram esta estimativa. Todavia, este número apresentado pelo Dicionário de Fungos pode ser considerado subestimado, pois nos últimos 12 anos pelo menos 12 espécies novas de *Geastrum* foram publicadas (BASEIA e MILANEZ, 2002; CALONGE e MATA, 2004; DOUANLA-MELI et al., 2005; FAZOLINO et al., 2008; GARDEZI, 2005; ZAMORA e CALONGE, 2007; HEMMES e DESJARDIN 2011; SILVA et al., 2013; CABRAL et al., 2014a, 2014b; ZAMORA et al., 2014b). Além disso, Zamora et al. (2014), em uma recente revisão da sistemática do gênero, estima que exista cerca de 100 espécies agrupadas no gênero.

Myriostoma é um gênero muito próximo morfologicamente e filogeneticamente de *Geastrum* (HOSAKA et al., 2006; JEPPSON et al., 2013; ZAMORA et al., 2014a). Contudo, é monoespecífico, e representado por *Myriostoma coliforme* (Dicks.) Corda, que mesmo apresentando distribuição global, tem ocorrência rara, sendo classificada como espécie em declínio em algumas localidades europeias (JEPPSON et al., 2013). *Geastrum* e *Myriostoma* são muito similares e podem ser reconhecidos pelo basidioma maduro estreliforme (SUNHEDE, 1989). Desta forma, são designados popularmente estrelas-da-terra, remetendo a etimologia do nome Geastraceae, “geo” é um termo grego que significa terra, enquanto “aster” significa corpo celeste ou estrela (BATES, 2004).

Os representantes anteriormente agrupados em *Radiigera* eram denominados comumente falsas-trufas. São caracterizados pelo basidioma esférico, hábito geralmente hipógeo e gleba desenvolvida radialmente a partir de uma columela globosa e central, sendo muito próximos a espécimes de *Geastrum* não expandidas (TRAPPE et al., 2009; ZAMORA et al., 2014a). O crescimento hipógeo dos espécimes de *Radiigera* demonstra novamente o caráter homoplásico deste hábito, o qual surgiu independente várias vezes dentro da subclasse Phallomycetidae (HOSAKA et al., 2006; ZAMORA et al., 2014aa).

Os ostíolos presentes em *Geastrum* e *Myriostoma* são aberturas apicais no perídio por onde os basidiosporos são liberados passivamente através do mecanismo de fole. Esses gêneros são basicamente diferenciados de acordo com o número de ostíolos, o *Geastrum* é uniostiolado, enquanto *Myriostoma* é pluriostiolado (SOUSA et al., 2014a). O mecanismo de fole se caracteriza pela depressão do perídio flexível por

algum agente externo (por exemplo, gotas de chuva) dando origem a uma nuvem de basidiosporos que é extravasada através do ostíolo e disseminada pelo vento (SUNHEDE, 1974). Este mecanismo surgiu pelo menos três vezes durante a diversificação dos Basidiomycota, sendo compartilhado por alguns gêneros de “puffballs” como *Bovista* Pers. (Lycoperdaceae, Agaricales), os quais não apresentam ancestral comum recente com as estrelas-da-terra. Assim, o mecanismo de fole é considerado uma homoplasia entre esses grupos (WEBSTER e WEBER, 2007).

Análises sobre a capacidade de dispersão dos basidiosporos mostram que essas estruturas podem proporcionar fluxo gênico em distribuição global, principalmente os que são auxiliados pelo vento como *Geastrum* e *Myriostoma*. No entanto, o insuficiente conhecimento sobre esses mecanismos, escassa análise de dados neotropicais e utilização apenas de ferramentas morfológicas têm demonstrando apenas uma visão especulativa sobre a biogeografia das espécies (KASUYA et al., 2012; YANG, 2011).

Além de *Geastrum* e *Myriostoma*, o gênero *Astraeus* Morgan. (Diplocystidiaceae, Boletales) também apresenta basidioma estreliforme, denominado popularmente “*false earthstar*” (falsa estrela-da-terra), porém com origem evolutiva independente de Geastraceae (BATES, 2004; WEBSTER e WEBER, 2007). Segundo Kuhar et al. (2012a), este tipo de deiscência do perídio representa um dos mais especializadas morfologias na evolução gasteroide. Por outro lado, de acordo com Giachini et al. (2010) e Hosaka et al. (2006), as estrelas-da-terra representam uma linhagem ancestral em relação aos fungos da ordem Gomphales, Phallales e Hysterangiales, como também, de acordo com Zamora et al. (2014b), este grupo é considerado uma linhagem basal na classe Agaricomycetes.

A família Geastraceae engloba fungos essencialmente saprofíticos. É interessante ressaltar a importância ecológica dessas espécies, os quais possuem um aparato enzimático encontrado em um restrito grupo de organismos, capaz de decompor substratos como madeira e liteira (CALONGE et al., 1998; CARLILE et al., 2001). A decomposição da matéria vegetal morta torna disponíveis diversas moléculas como as de carbono e moléculas de nitrogênio, exercendo fundamental papel no ciclo desses elementos (CARLILE et al., 2001).

Além de ter capacidade decompositora, os basidiomas do gênero são substrato para organismos como algas, líquens e musgos, como também servem de alimento para insetos (SUNHEDE, 1989; FAZOLINO et al., 2008). Podem ainda se associar com raízes de determinadas espécies de plantas, formando associações ectomicorrízicas,

como colocado em estudos realizados por Agerer e Beenken (1998), onde se observou formação de fino manto e rede de Hartig em associação entre *Geastrum fimbriatum* Fr. e *Fagus sylvatica* L. Segundo Tedersoo et al. (2009), as espécies de *Geastrum* são, provavelmente, biotróficas facultativas, sugerindo que se associam aos vegetais quando não há outras espécies de fungos micorrízicos competindo, participando, assim, da estabilidade de ecossistemas florestais.

De acordo com Kasuya et al. (2011) e Hosaka e Castellano (2008), fungos saprofitos tem ocorrência mais ampla em relação aos fungos que dependem de um hospedeiro, como os fungos ectomicorrízicos. O que se observa na distribuição dos gêneros da família Geastraceae, em que *Geastrum* e *Myriostoma* têm distribuição cosmopolita e os antigos representantes de *Radiigera*, ectomicorrízicos, apresentam ocorrência menos ampla (DOUANLA-MELI et al., 2005; KASUYA et al., 2012).

Há escassos relatos sobre a utilização dos representantes da família Geastraceae na etnomicologia. Esses fungos parecem ser pouco atrativos para uso culinário, devido a sua textura e massa pulverulenta de basidiosporos (SHEPARD et al., 2008), sendo definidos por Wright e Albertó (2006) como pouco palatáveis. Apesar disso, não apresentam toxicidade ou patogenicidade (CUNNINGHAM, 1944; CALONGE et al., 1998; SRIVASTAVA e SORENG, 2012). Salvo exceção, Burni et al. (2006), em um inventário da microbiota do Paquistão, cita que *Geastrum mammosum* De Toni é considerado tóxico.

Em relação ao uso na medicina popular, Shepard et al. (2008) afirmam que a gleba de estrelas-da-terra era usada pelos Maias para tratamento de problemas dérmicos como verrugas e ferimentos. Trujillo (2009) afirma que povos mestiços do Equador utilizam a gleba como cicatrizante e no Brasil índios tupi-guarani utilizam *Geastrum saccatum* Fr. para tratar de hemorragias e problemas uterinos. De acordo com Guzmán (2003), no estado mexicano Iucatan esta espécie é nomeada flor-da-terra, sendo utilizada por populações Maias, até os dias de hoje, para cessar diarreia em crianças. Segundo Shrestha e Kropp (2009), a gleba pode ser aplicada no cordão umbilical de recém-nascidos para promover cicatrização. Outros relatos da medicina popular asseguram que *G. saccatum* é indicado para o tratamento de infecções oculares e asma (DORE et al., 2007; SHRESTHA e KROPP, 2009).

Raros estudos comprovam a eficácia farmacológica desses organismos. Ensaio bioquímico *in-vitro* e *in-vivo*, realizadas por Dore et al. (2007) com β -glucanos

extraídos de *G. saccatum*, demonstraram ação antioxidante e anti-inflamatória, respectivamente.

2.1. Caracterização do gênero *Geastrum*

2.1.1. Macroestruturas

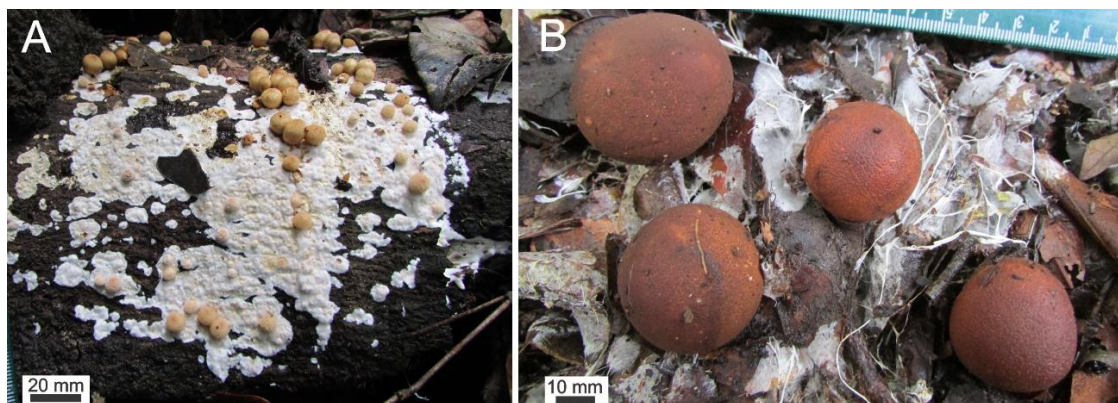
A família Geastraceae tem seus representantes reconhecidos à primeira vista pelos corpos de frutificação maduros em forma de estrela. Contudo, a taxonomia deste grupo é embasada em diversas características morfológicas, especialmente encontradas nas macroestruturas, as quais podem, por si só, definir a identificação de gêneros ou até espécies (SUNHEDE, 1989; DOUANLA-MELI et al., 2005; HEMMES e DESJARDIN 2011; JEPPSON et al., 2013).

Os basidiomas apresentam perídio pluriestratificado, normalmente dividido em duas camadas: exoperídio, camada mais externa responsável pela deiscência em raios na maturidade; e endoperídio, camada mais interna, a qual continua envolvendo a porção fértil (gleba) durante todo o desenvolvimento. Raramente um mesoperídio pode ocorrer (ZAMORA et al. 2014a). As camadas do perídio (exoperídio e endoperídio) se encontram unidos no estágio jovem, sendo os basidiomas imaturos normalmente globosos, subglobosos, ovoides, depresso-globosos, lageniformes ou irregulares. Os basidiomas jovens de *Geastrum* são muitos semelhantes a fungos gasteroides do grupo dos “*puffballs*”, podendo ser facilmente confundidos. Porém, realizando um corte longitudinal dos basidiomas pode-se separá-los, uma vez que as estrelas-da-terra apresentam interior esbranquiçado com columela central, caracterizando uma porção fértil não totalmente desenvolvida (SUNHEDE, 1989; DOUANLA-MELI et al., 2005).

De acordo com o gradiente de solo onde se desenvolvem, os basidiomas imaturos podem ser classificados em epígeos, quando se desenvolvem acima da camada superficial de solo; ou hipógeo, quando se desenvolve abaixo da cama superficial do solo. Formas intermediárias entre epígeo e hipógeo podem ocorrer, sendo denominadas semi-hipógeas ou parcialmente hipógeas (SOUSA et al., 2014a). Algumas espécies podem se desenvolver sobre uma massa de hifas finas, entrelaçadas e sinuosas que macroscopicamente formam uma camada cotonosa esbranquiçada, denominada subcúculo (SUNHEDE, 1989; DOUANLA-MELI et al., 2005). Esta camada é principalmente encontrado em espécie capazes de decompor lignina (lignícolas), mas também ocorrendo sobre liteira (folícolas) (Fig. 4) (CALONGE et al., 2005). Normalmente o

subículo é encontrado em espécies com distribuição Neotropical, sendo raro em espécies europeias (SUNHEDE, 1989; DISSING e LANGE, 1962). De acordo com Zamora et al. (2014a), as espécies do gênero *Geastrum* que apresentam subículo são classificadas na seção *Myceliostroma* (Henn.) P.Ponce de León, a qual é suportada por dados morfológicos e dados de filogenia molecular.

Figura 4. Espécimes imaturas crescendo sobre subículo. A: Hábito lignícola. B: Hábito folícola

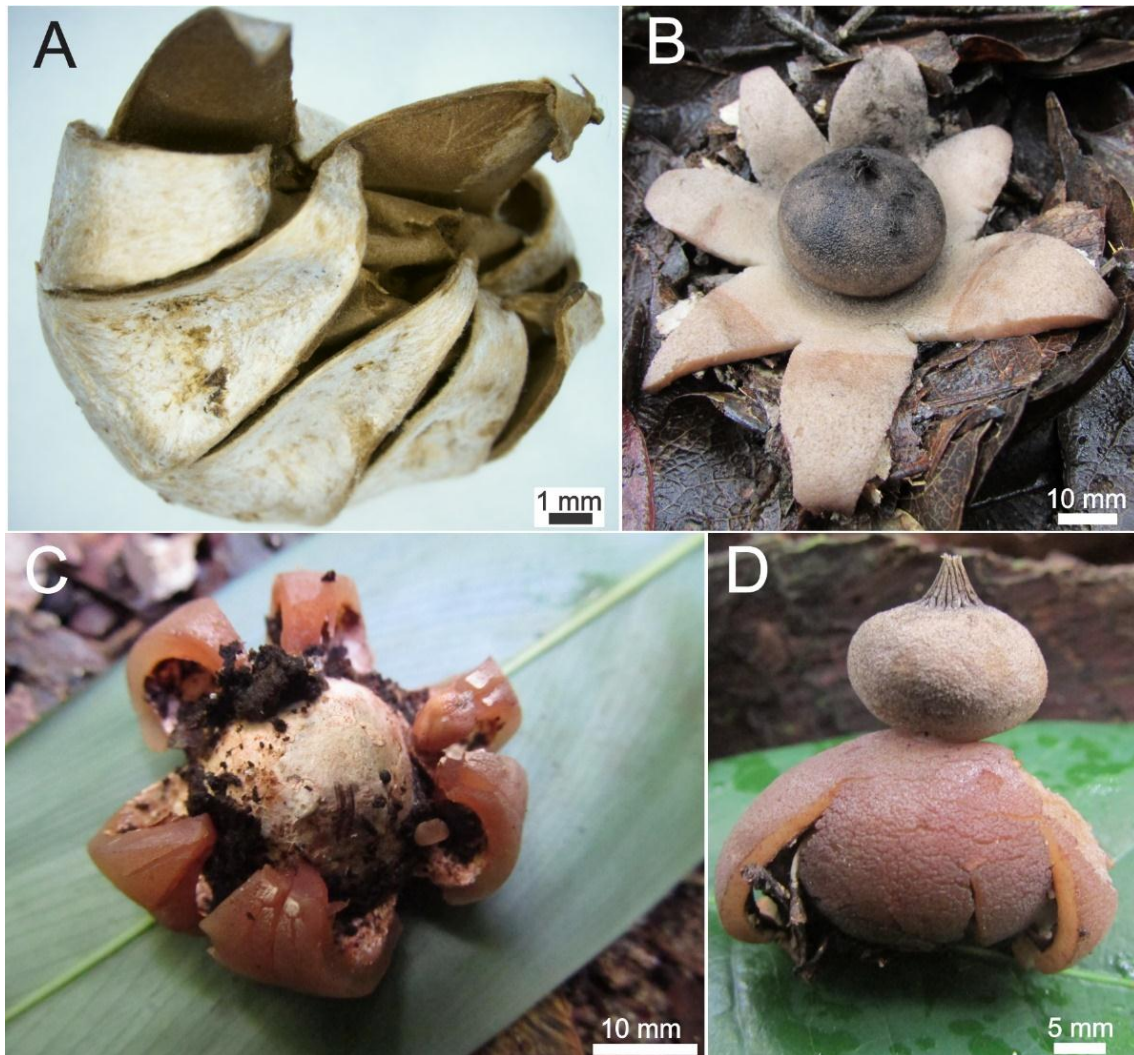


Fonte: autoria própria.

Quando os basidiosporos se aproximam da maturação o exoperídio sem rompe em raios e o endoperídio é exposto (DOUANLA-MELI et al., 2005). Baseado na forma do exoperídio, os basidiomas podem ser classificados em saculiformes, arqueados ou fornicados. Os raios provenientes do rompimento do exoperídio podem ser classificados de acordo com sua disposição em revolutos (sob o basidioma), involutos (sobre o endoperídio ou abaixo dele) ou horizontalizados (aplanados) (Fig. 5); como também em higroscópicos e não higroscópicos (BATES, 2004; SUNHEDE, 1989).

A higroscopia é basicamente caracterizada pelo comportamento dos raios quando o ambiente está úmido ou seco (ZAMORA et al. 2013a). No caso de ocorrer higroscopia, quando o basidioma expandido é desidratado os raios tornam-se involutos, ou seja, ficam voltados para o endoperídio recobrimdo totalmente sua superfície, já quando hidratados os raios retornam a ser arqueados ou revolutos. No caso de não ocorrer higroscopia, os raios são alteram sua posição quando desidratados ou reidratados. Variações sub-higroscópicas (não verdadeiramente higroscópico) ocorrem se os raios se tornam involutos quando desidratados, porém não recobrem totalmente o endoperídio (BATES, 2004; SUNHEDE, 1989).

Figura 5. Tipos de raios. A: Raios involutos. B- Raios horizontalizados (aplanados). C: Raio revolutos. D: Raios arqueados.



Fonte: autoria própria.

O exoperídio apresenta três subdivisões: camada micelial, camada fibrosa e camada pseudoparenquimatosa. A camada micelial é a mais externa, permanecendo em contato com o substrato durante o desenvolvimento. Em algumas espécies a camada micelial pode ser subdividida em camada micelial interna e camada micelial externa. Esta camada apresenta variações em suas características que são fundamentais para a taxonomia de Geastraceae, como seu aspecto (papiroácea, coriácea, cotonosa) e variações da sua superfície (estriada, hirsuta, equinulada, aculeada, velutínea, tomentosa). Além disso, em espécies cujo desenvolvimento imaturo é hipógeo a camada micelial apresenta

incrustações. De acordo com o tipo de substrato onde a espécie se desenvolveu, essas incrustações podem ser de natureza inorgânica (sedimentos como areia) ou orgânica (folhas em decomposição), sendo denominada comumente “*debris*”. A capacidade de a camada micelial aderir sedimentos ou matéria orgânica levou alguns autores a dividir o gênero *Geastrum* em seções: *Basimyceliata* agrupa as espécies que não apresentam incrustações na camada micelial, enquanto *Perimyceliata* para as espécies que apresentam esta capacidade. Contudo, de acordo com Zamora et al. (2014a) esta classificação não é natural, uma vez que as espécies classificadas nessas seções não se agrupam em grupos monofiléticos.

Outra particularidade da camada micelial é sua persistência ou não durante o desenvolvimento dos espécimes, em alguns casos esta camada se desprende (sendo denominada: efêmera), podendo formar uma “taça” sob o basidioma, a qual é denominada “*cup*”. Quando o basidioma apresenta um “*cup*” na ponta de seus raios o exoperídio é classificado como fornicado (SUNHEDE, 1989).

A camada fibrosa é intermediária entre a camada micelial e a pseudoparenquimatosa, podendo variar quanto a seu aspecto geralmente em papirácea ou coriácea. A camada pseudoparenquimatosa é constituída de hifas celulares, ou seja, com formas circulares. O termo “*pseudo*” quer dizer falso, enquanto *parenquimatosa* faz menção a sua semelhança com o tecido *parenquimatoso* de uma planta. É também conhecida como camada carnosa, pois é espessa e suculenta quando fresca. Esta camada pode apresentar algumas variações importantes na taxonomia do grupo, como a presença de um distinto colar em volta do endoperídio de determinadas espécies como *Geastrum triplex* Jungh., *G. morganii* Lloyd e *G. melanocephalum* (Czern.) V.J. Staněk. Adicionalmente, pode se desprender totalmente da camada fibrosa com a idade, tornando-se ausente em basidiomas mais velhos.

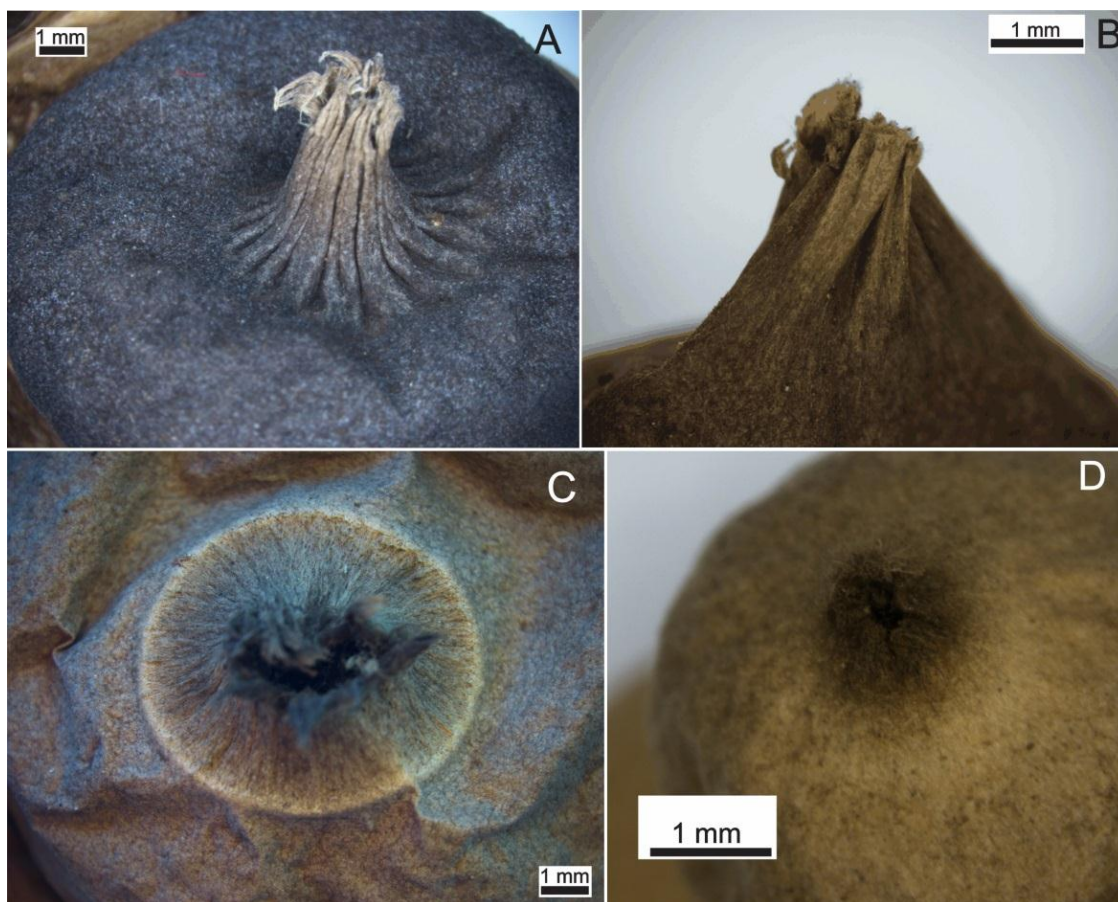
O corpo endoperidial tem formato globoso, subgloboso, ovoide ou depresso-globoso, envolvendo a gleba durante todo o desenvolvimento, com exceção da espécie *Geastrum melanocephalum*, na qual o endoperídio é efêmero, expondo totalmente a gleba (KASUYA et al., 2012). A superfície endoperidial pode conter hifas protuberantes (ver microestruturas) ou ser pruinosa, apresentando, assim, material cristalino (pruína) incrustado, como em *Geastrum minimum* Schwein. (SUNHEDE, 1989). O endoperídio apresenta algumas estruturas associadas que são de suma importância para a caracterização macroscópica dos espécimes, são elas: o pedicelo, a apófise e o ostíolo.

Assim, o endoperídio é classificado como séssil quando não possui pedicelo ou como pedicelado quando esta estrutura está presente (BATES, 2004; SUNHEDE, 1989). O ostíolo, poro, ou boca, é uma abertura apical central por onde os basidiosporos são liberados passivamente através do mecanismo de fole. O número de ostíolos e pedicelos define as diferenças básicas entre os gêneros de Geastraceae, *Geastrum* possui um único ostíolo e um até um pedicelo. Enquanto *Myriostoma* é pluripedicelado (mais de um pedicelo) e pluriostiolado (mais um de ostíolo), o que remete ao nome do gênero: “myri” remete a palavra grega “myriad”, que significa inúmeros já “stoma” significa orifício (BATES, 2004; JEPPSON et al., 2013).

Em *Geastrum*, as espécies apresentam o ostíolo envolto por uma estrutura denominada peristômio, sendo de grande valor taxonômico para o gênero. O peristômio pode ser sulcado (plicado), finamente fimbriado ou fibriloso. Quando sulcado, os sulcos estão dispostos regularmente ou irregularmente, observados em *G. pectinatum* Pers. e *G. violaceum* Rick, respectivamente. Os sulcos regulares apresentam mesma profundidade e largura, já sulcos irregulares não apresentam padronização. No caso dos peristômios finamente fimbriados, esta estrutura forma uma rede de finas fibras que envolvem totalmente o ostíolo, enquanto os peristômios classificados como fibrilosos as fibras são mais espessas e geralmente a abertura do ostíolo é visível (Fig. 6) Adicionalmente, em algumas espécies o peristômio pode mudar sua morfologia com a idade, tornando-se lacerado, por exemplo. O peristômio pode ser delimitado (quando uma linha circular separa o peristômio do endoperídio) ou a delimitação pode não existir. A morfologia dessa estrutura normalmente é cônica, colunar, aplanada ou mamiforme. De acordo com Zamora et al. (2014a), as variações da morfologia do peristômio (fibriloso ou sulcado) tiveram várias origens durante a evolução do gênero, sendo uma homoplasia dentro do grupo.

A apófise é uma porção inflada ou dilatada na base do endoperídio, geralmente acima do pedicelo. Pode conter estrias ou sulcos como em *G. pectinatum* (SUNHEDE, 1989). A gleba tem coloração amarronzada, marrom oliva a negra e aspecto cotonoso a pulverulento (MILLER e MILLER, 1998). A columela corresponde a uma estrutura estéril que emerge da porção basal central da gleba sendo cilíndrica ou clavada (BATES, 2004; SUNHEDE, 1989).

Figura 6. Tipos de peristômio. A: Peristômio regularmente sulcado não delimitado. B: Peristômio irregularmente sulcado não delimitado. C: Peristômio finamente fimbriado distintamente delimitado. D: Peristômio fibriloso não delimitado.



Fonte: autoria própria.

2.1.2. Microestruturas

As principais microestruturas estudadas na taxonomia de *Geastrum* são as hifas das camadas do exoperídio, superfície do endoperídio e componentes da gleba (basídios, basidiosporos e capilícios) (SUNHEDE, 1989; ZAMORA et al., 2013b).

As hifas constituintes das subcamadas mais interna do exoperídio de *Geastrum* (camada pseudoparenquimatosa) são hifas celulares, apresentando largura, altura e formas variáveis (globosas, subglobosas, ovoides, lageniformes, alongadas) (Fig. 7-A). Esta camada, também conhecida como camada carnosa, geralmente apresenta hifas com parede espessa em espécies com raios higroscópicos (SUNHEDE, 1989). Enquanto as hifas das camadas mais externas (camada micelial e camada fibrosa) são filamentosas. Na camada fibrosa as hifas filamentosas geralmente são hialinas e podem apresentar parede espessa ou não. Na camada micelial as hifas podem ser do tipo generativas,

apresentando septos e grampos de conexão, ou esqueléteas, apresentando parede espessa (Fig. 7 –B) (SUNHEDE, 1989; BATES, 2004).

A superfície do endoperídio em representantes do gênero *Geastrum* é normalmente lisa, porém algumas espécies apresentam hifas protuberantes, podendo formar fascículos em forma de verrugas ou espinho (SUNHEDE, 1989). As variações morfológicas das hifas protuberantes (cimbiformes, vermiformes, aglutinadas, emaranhadas) são de suma importância na taxonomia deste gênero, sendo utilizadas como caractere distintivo em nível de espécie (Fig.7 – E, F) (BASEIA e MILANEZ, 2002; FAZOLINO et al., 2008). De acordo com Zamora et al. (2014a), além de grande importância na taxonômica, as hifas protuberante do endoperídio têm valência na sistemática do grupo, pois fornecem dados para uma classificação natural, baseada na filogenia do grupo.

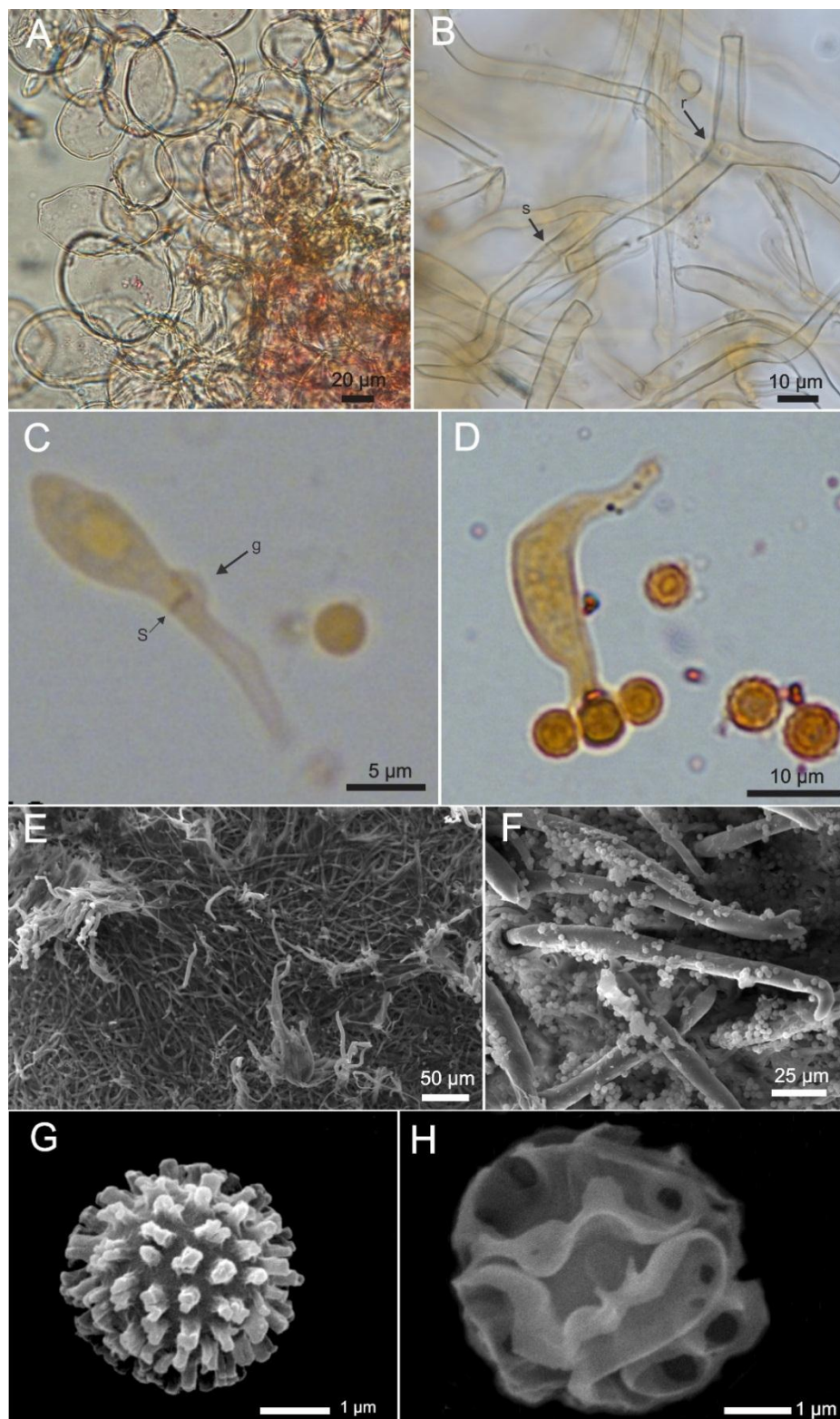
A gleba de *Geastrum* é composta por capilícios verdadeiros (eucapilícios), os quais são hifas do tipo esqueléteas, apresentam paredes ligeiramente espessas, são pigmentadas, não apresentam septos ou grampos de conexão e as ramificações são raras. Essas hifas se desenvolvem radialmente a partir da columela, sendo bastante abundantes na gleba desses fungos. A função dos capilícios está relacionada com a dispersão passiva, essas estruturas impedem que os basidiosporos sejam liberados de uma vez só, prolongando o tempo de dispersão (SUNHEDE 1974, 1989; MILLER e MILLER 1988; BATES, 2004). Os capilícios apresentam características que são importantes na taxonomia de Geastraceae, como sua superfície (com verrugas ou glabra) e a presença ou ausência de incrustações (SUNHEDE, 1989).

Outro componente da porção fértil de *Geastrum* são os basídios, os quais são hifas generativas especiais encontradas exclusivamente no filo Basidiomycota (Fig. 7 C, D). É nos basídios onde ocorre o processo de cariogamia, resultando na produção dos basidiosporos (WEBSTER e WEBER, 2007). Essas estruturas normalmente são encontradas apenas em espécimes imaturas de *Geastrum* (SILVA et al. 2014), pois são colapsados após a maturidade (ZAMORA et al., 2014a). Este fenômeno ocorre em espécies gasteroides, uma vez que não necessitam dos basídios após a maturação para liberação dos basidiosporos, os quais são dispersos de forma passiva. Enquanto os fungos não gasteroides, os quais precisam do apêndice hilar presentes nos basídios para que possam ser liberados de forma ativa, mantém os basídios durante toda a ontogenia.

Em *Geastrum* os basídios têm cerca de 4-8 esterigmas, e apresentam grampos de conexão na hifa generativa, têm morfologia geralmente clavada a lageniforme (SUNHEDE, 1989; ZAMORA et al., 2014a). Quando imaturo, os basídios são denominados basidíolos, e são normalmente subglobosos (GUERREIRO e SILVEIRA, 2003).

A porção fértil de *Geastrum* é ainda composta pelos basidiosporos. Estima-se que os espécimes abriguem cerca de trilhões dessas estruturas. Os basidiosporos em *Geastrum* são normalmente globosos a subglobosos, com no mínimo 2 μm de diâmetro, como em *Geastrum hirsutum* Baseia e Calonge, a no máximo 8 μm , como em *Geastrum campestre* Morgan e *Geastrum platense* Spegazzini. As verrugas normalmente variam de colunares, cônicas a irregulares (Fig.7- G). Enquanto *Myriostoma* apresenta basidiosporos geralmente globosos a subglobosos com ornamentação reticulada (Fig.7- H) (MILLER e MILLER, 1988; SOTO e WRIGHT 2000; BASEIA e CALONGE, 2006).

Figura 7. Microestruturas. A: camada pseudoparenquimatosa. B: camada micelial, r = ramificações, s = septo. C: Basidiólo, s = septo, g = grampo de conexão. D: Basídio. E: hifas protuberantes do endoperídio. F: Hifas protuberantes da superfície endoperidial em forma de seta. G: basidiospоро de *Geastrum*. H: basidiospоро de *Myriostoma*.



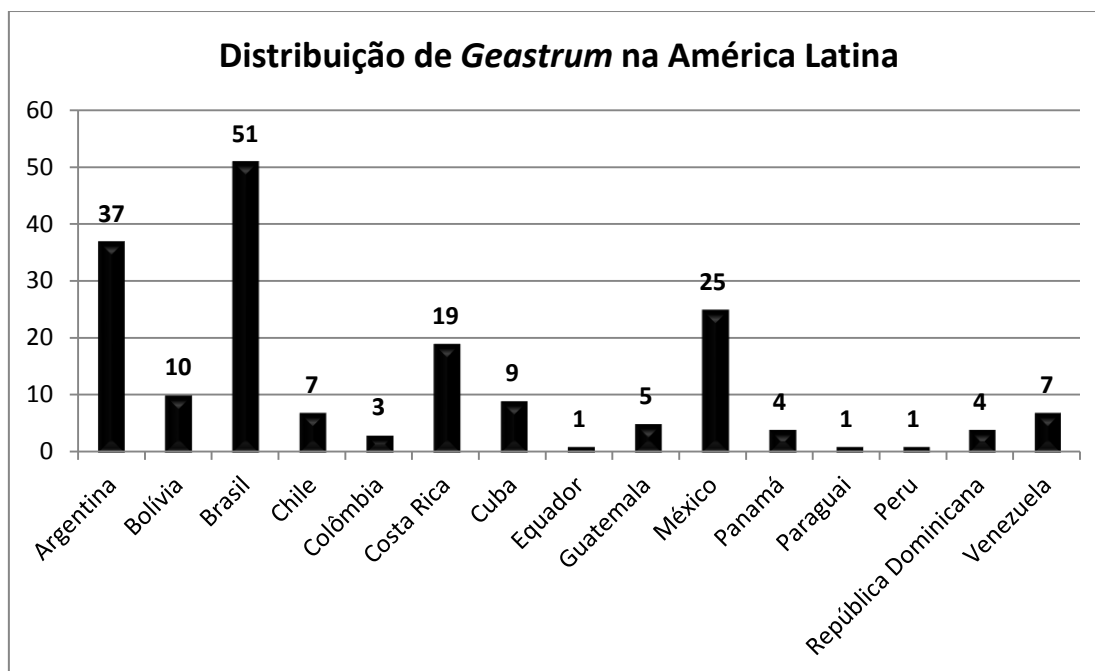
Fonte: autoria própria.

2.2. O gênero *Geastrum* no Brasil

Estudos que deram ênfase a família Geastraceae no Brasil tiveram início no século XX, com os trabalhos do Padre austríaco Johannes Rick, nos quais 29 espécies são reportadas para o Estado do Rio Grande do Sul (RICK, 1961). Anteriormente, escassos trabalhos foram realizados no Brasil, cujas análises não enfatizaram Geastraceae: Berkley e Cooke (1876) com *G. saccatum* (estado não informado) e *G. fimbriatum* (Rio de Janeiro); Hennings (1904b) com *G. lageniforme* (Rio de Janeiro); Hennings (1904a) com *G. englerianum* Henns., *G. saccatum*, *G. scleroderma* Mont. e *G. juruensis* Henn. (ambos para o Amazonas); Sydow e Sydow (1907) com *G. englerianum*, *G. rickii* Lloyd, *G. velutinus* (ambos para Minas Gerais) e *G. saccatum* (São Paulo); Viégas (1945) *G. minutus* Henn. (São Paulo).

Segundo o último “*CheckList*” dos fungos gasteroides para o Brasil, 44 espécies da família Geastraceae são registradas para o país (TRIERVEILER-PEREIRA e BASEIA, 2009). Contudo, este levantamento bibliográfico encontra-se desatualizado. Acordante com publicações recentes e levantamento bibliográfico feito neste estudo, 52 espécies da família são registradas para o país, sendo 51 destas pertencentes ao gênero *Geastrum* (Tabela 1). Este gênero demonstra ser bem distribuído, ocorrendo em diferentes biomas e fitofisionomias (“Brejo de Altitude”, Caatinga, Cerrado, “Floresta de Araucária”, Floresta Amazônica, Mata Atlântica e Pampas) e em todas as regiões políticas do Brasil (Norte, Nordeste, Centro-oeste, Sul e Sudeste). Enquanto o gênero *Myriostoma* se distribui apenas pela Mata Atlântica do Sudeste e Nordeste, além da Caatinga nordestina (Tabela 1).

Na América Latina o Brasil se destaca como país onde existe o maior número de espécies e o maior número de registros de *Geastrum*. Nesta região do continente americano ocorrem cerca de 76 espécies do gênero *Geastrum*, sendo cerca de 67 % dessas ocorrentes no território brasileiro. A Argentina é o segundo país da América Latina em número de espécies de *Geastrum*, seguida do México, esses países abrigam 38 (49% da riqueza da América Latina) e 26 (34% da riqueza da América Latina) espécies, respectivamente (Gráfico 1).

Gráfico 1. Distribuição das espécies de *Geastrum* entre os países de América Latina.

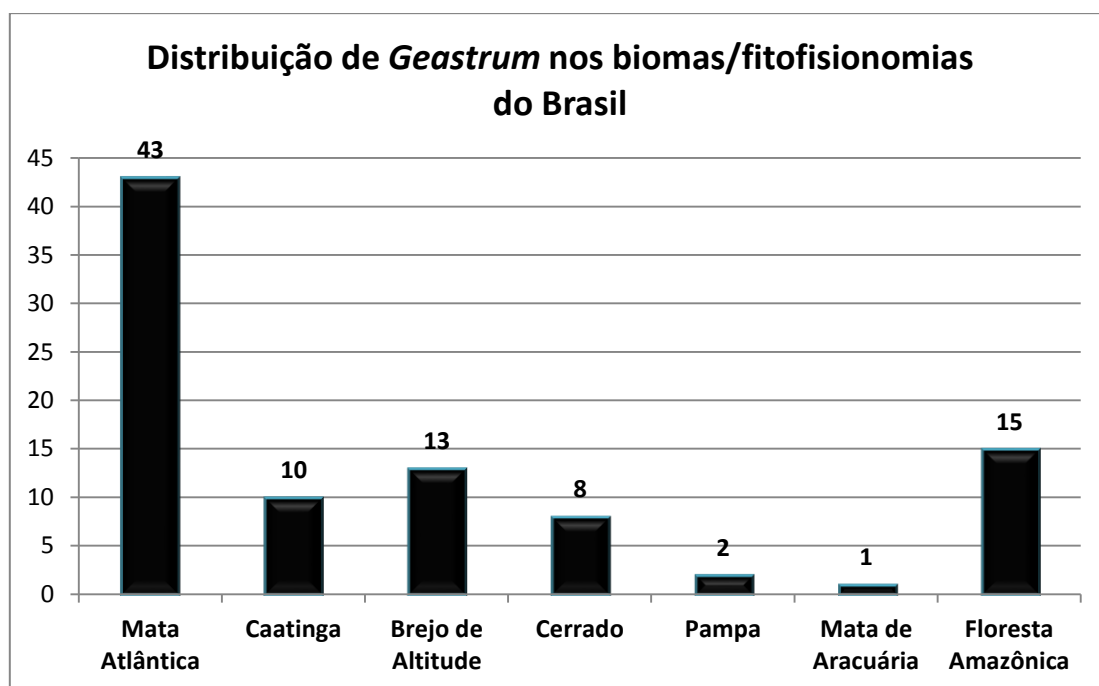
As principais contribuições para o conhecimento do gênero *Geastrum* no Brasil foram realizadas nos últimos 12 anos, sete novos táxons encontrados no território do país foram publicados: *Geastrum setiferum* Baseia (BASEIA e MILANEZ, 2003), *G. hirsutum* (BASEIA e CALONGE, 2006), *G. entomophilum* Fazolino, Calonge e Baseia (FAZOLINO et al., 2008), *G. aculeatum* B.D.B. Silva e Baseia, *G. echinulatum* T.S. Cabral, B.D.B. Silva e Baseia (SILVA et al., 2013), *G. rusticum* Baseia, B.D.B. Silva e T.S. Cabral (CABRAL et al., 2014b) e *G. inpaense* T.S. Cabral, B.D.B. Silva e Baseia (CABRAL et al., 2014a). Como também, estudos de ampliação do conhecimento sobre espécies ocorrentes foram realizados: Baseia et al. (2003, 2006), Cortez et al. (2008a, 2008b), Leite e Baseia (2007), Leite et al. (2007a; 2007b, 2011), Silva et al. (2011, 2013), Trierveiler-Pereira et al., (2009, 2011a; 2011b), Cabral et al. (2014a, 2014b) e Sousa et al. (2014a, 2014b, 2014c, 2014d).

As espécies de *Geastrum* do Brasil estão concentradas sobretudo, na Mata Atlântica, 43 das espécies que ocorrem no país são encontradas neste domínio vegetativo, correspondendo a 84 % do total que existe no país. A proximidade deste domínio com os centros acadêmicos e capitais brasileiras representa umas das principais explicações para esta dominância ocorrer. Ainda assim, os inventários de biodiversidade no domínio Mata Atlântica continuam sendo enfatizados, visto que trata-se de ambiente

extremamente ameaçados pelas preções antrópicas (BROOKS et al., 2006; MYERS et al., 2000).

Este cenário de dominância de inventários na Mata Atlântica vem sendo modificado, sobretudo devido ao Programa de Pesquisa em Biodiversidade (PPBio) iniciado em 2004, que visa intensificar os trabalhos com biodiversidade e descentralizar as publicações científicas. Este Programa Nacional aplicou fortes investimentos no conhecimento da biodiversidade da região semiárida do Nordeste (GUSMÃO e FERREIRA, 2014). Em 2012 o domínio Caatinga abrigava apenas seis espécies da família Geastraceae. Com as publicações recentes este domínio passou a apresentar 11 espécies (21 % das espécies que ocorrem no Brasil), representando um aumento de mais de 180%. Adicionalmente, fitofisionomias como os “Brejos de Altitude” tiveram, finalmente, atenção dos inventários de fungos, sendo as publicações sobre espécies de Geastraceae, sobretudo *Geastrum*, ocorrentes neste ambiente realizadas apenas nos últimos quatro anos, abrigando, assim, 13 espécies (25% das que ocorrem no Brasil). (DRECHSLER-SANTOS et al., 2008; LEITE et al., 2011; SILVA et al., 2011, 2013; TRIERVEILER-PEREIRA et al., 2011b; SOUSA et al. 2014a, b, c). Outros domínios como Cerrado, Pampa e Mata de Araucárias ainda são negligenciados, embora tenham potencial para abrigar espécies endêmicas e contenham ampla biodiversidade (Gráfico 2) (LEAL et al., 2005; BROOKS et al., 2006; MYERS et al., 2000).

Gráfico 2. Distribuição das espécies de *Geastrum* entre os biomas/ fitofisionomias brasileiras.



Em relação à divisão política, as espécies de *Geastrum* estão principalmente concentradas na região Sul (61% das espécies) do Brasil. A grande centralização das espécies nesta região se deve principalmente às investigações realizadas por Rick no Rio Grande do Sul, o que influenciou para que este estado fosse o com maior quantidade de registros de *Geastrum* (Gráfico 3). As exsicatas, que são fruto dos esforços de Rick estão depositadas no Herbário PACA (Porto Alegre, Colégio Anchieta), representando uma das mais importantes coleções de Geastraceae da América do Sul (TRIERVEILER-PEREIRA e SILVEIRA, 2012), ainda assim, é necessário que esta coleção seja revisada, uma vez que as descrições são muito desatualizadas, algumas vezes negligenciando descrições micromorfológicas.

Gráfico 3. Distribuição das espécies de *Geastrum* entre as Unidades Federativas brasileiras.



Apesar da grande concentração de espécies no Sul do Brasil, a região Nordeste nos últimos anos vem se destacando, como vários novos registros sobre o gênero *Geastrum*, 50% das espécies registradas para o Brasil estão concentradas nesta região. Os dois principais estados onde se concentram os registros das espécies do gênero são Pernambuco e Rio Grande do Norte, onde cada um desses estados abriga 33,3% das espécies de *Geastrum* do Brasil. É importante ressaltar que nestes dois Estados se encontram os dois principais centros de estudos micológicos do Nordeste e onde vários jetos de pós-graduação foram e estão sendo executados. As regiões Sudeste e Norte

apresentam 16 e 15 espécies, respectivamente. Enquanto a região Centro-Oeste é a mais negligenciada, com ocorrência de apenas uma espécie.

Tabela 1. Espécies de Geastraceae ocorrentes no Brasil.

Espécies	Estado	Referências	Bioma
<i>Geastrum aculeatum</i> B.D.B Silva e Baseia	Piauí	Silva et al. (2013)	Caatinga
<i>Geastrum albonigrum</i> Calonge e Mata	Mato Grosso	Trierveiler-Pereira et al. (2011b)	Floresta Amazônica
	Rio Grande do Norte	Sousa et al. (2014d)	Mata Atlântica
<i>Geastrum ambiguum</i> Mont.	Rio Grande do Sul	Rick (1961)	Mata Atlântica
	São Paulo	Bononi et al. (1981)	Mata Atlântica
<i>Geastrum archeri</i> Berk.	Rio Grande do Sul	Rick (1961)	Mata Atlântica
<i>Geastrum asperum</i> Lloyd	Rio Grande do Sul	Rick (1961)	Mata Atlântica
<i>Geastrum calceum</i> Lloyd	Rio Grande do Sul	Rick (1961)	Mata Atlântica
<i>Geastrum coronatum</i> Pers.	Rio Grande do Sul	Rick (1961)	Mata Atlântica
	Pernambuco	Leite et al. (2007a)	Mata Atlântica
<i>Geastrum echinulatum</i> T.S. Cabral et al.	Amazonas	Silva et al. (2013)	Floresta Amazônica
	Bahia	Silva et al. (2013)	“Brejo de Altitude”
<i>Geastrum elegans</i> Vittad.	Rio Grande do Sul	Rick (1961)	Mata Atlântica
	Pernambuco	Leite et al. (2007a)	Mata Atlântica
	Rio de Janeiro	Saccardo (1888) como <i>G. umbilicatus</i>	Mata Atlântica
<i>Geastrum englerianum</i> Henn.	Rio Grande do Sul	Rick (1961)	Mata Atlântica
	Minas Gerais	Sydow e Sydow (1907)	Cerrado
	Amazonas	Hennings (1904a)	Floresta Amazônica
<i>Geastrum entomophilum</i> Fazolino, Calonge e Baseia	Rio Grande do Norte	Fazolino et al. (2008)	Mata Atlântica
	Pernambuco	Trierveiler-Pereira e Baseia (2010)	Mata Atlântica
		Trierveiler-Pereira et al. (2011a)	“Brejo de Altitude”
	Pará	Leite et al. (2011)	Floresta Amazônica
Paraíba	Trierveiler-Pereira et al. (2011a)	“Brejo de Altitude”	

Espécies	Estado	Referências	Bioma
<i>Geastrum fenestratum</i> (Batsh) Lloyd	Rio Grande do Sul	Rick (1961)	Pampa
<i>Geastrum fimbriatum</i> Fr.	Rio Grande do Sul	Rick (1961) Lazarotto et al. (2014)	Mata Atlântica Mata Atlântica e monocultura de eucalipto
	Pernambuco	Leite et al. (2007a) Trierveiler-Pereira et al. (2011a)	Mata Atlântica “Brejo de Altitude”
	Paraíba	Trierveiler-Pereira et al. (2011a)	“Brejo de Altitude”
	Rio de Janeiro	Berkeley e Cooke (1876) Hennings (1904b) como <i>G. tunicatum</i> Saccardo (1988)	Mata Atlântica Mata Atlântica Mata Atlântica
	Bahia	Trierveiler-Pereira et al. (2009)	Mata Atlântica
	Pará	Leite et al. (2011)	Floresta Amazônica
		Trierveiler-Pereira et al. (2011a)	Floresta Amazônica
	Rio Grande do Norte	Sousa et al. (2014c)	Mata Atlântica
	Piauí	Sousa et al. (2014a)	Caatinga
	<i>Geastrum floriforme</i> Vittad.	Pernambuco	Sousa et al. (2014b)
<i>Geastrum fornicatum</i> (Huds.) Hook	Pernambuco	Leite et al. (2007a)	Mata Atlântica
<i>Geastrum hariotii</i> Lloyd	Rio Grande do Sul	Rick (1961)	Mata Atlântica
	Rio de Janeiro	Coker e Couch (1928)	-
	Pará	Sotão et al. (2009)	Floresta Amazônica
<i>Geastrum hieronymi</i> Henn.	Pernambuco	Leite et al. (2007a)	Caatinga
	Bahia	Trierveiler-Pereira et al. (2009)	Mata Atlântica
<i>Geastrum hirsutum</i> Baseia e Calonge	Pernambuco	Baseia e Calonge (2006) Trierveiler-Pereira et al. (2011a)	Mata Atlântica “Brejo de Altitude”
	Pará	Sotão et al. (2009)	Floresta Amazônica
	Paraíba	Sousa et al. (2014a)	“Brejo de Altitude”

Espécies	Estado	Referências	Bioma
<i>Geastrum inpaense</i> T.S. Cabral et al.	Amazonas	Cabral et al. (2014a)	Floresta Amazônica
<i>Geastrum javanicum</i> Lév.	Pernambuco	Trierveiler-Pereira et al. (2011a)	“Brejo de Altitude”
	Paraíba	Trierveiler-Pereira et al. (2011a) Sousa et al. (2014c)	“Brejo de Altitude”
	Rio de Janeiro	Trierveiler-Pereira et al. (2011a)	Mata Atlântica
	Minas Gerais	Trierveiler-Pereira et al. (2011a)	Mata Atlântica
	Pará	Leite et al. (2011) Sotão et al. (2009)	Floresta Amazônica
	Rio Grande do Norte	Sousa et al. (2014c)	Mata Atlântica
	Ceará	Sousa et al. (2014c)	“Brejo de Altitude”
<i>Geastrum juruense</i> Henn.	Amazonas	Hennings (1904a)	Floresta Amazônica
<i>Geastrum lageniforme</i> Vittad.	Rio Grande do Sul	Rick (1961); Cortez et al. (2008a)	Mata Atlântica Mata Atlântica
	Pernambuco	Trierveiler-Pereira et al. (2011a)	“Brejo de Altitude”
	Rio de Janeiro	Hennings (1904b)	Mata Atlântica
	Bahia	Trierveiler-Pereira et al. (2009)	Mata Atlântica
	Pará	Leite et al. (2011)	Floresta Amazônica
	Amazonas	Cabral et al. (2014a)	Floresta Amazônica
	Ceará	Sousa et al. (2014c)	“Brejo de Altitude”
	Paraíba	Sousa et al. (2014c)	“Brejo de Altitude” Mata Atlântica
	Rio Grande do Norte	Sousa et al. (2014c)	Mata Atlântica
	<i>Geastrum lilloi</i> L.S.Domínguez	Paraná	De Meijer (2006)
Pará		Leite et al.(2011)	Floresta Amazônica
<i>Geastrum limbatum</i> Fr.	Rio Grande do Sul	Rick (1961)	Mata Atlântica
<i>Geastrum lloydianum</i> Rick	Pernambuco	Trierveiler-Pereira et al. (2011a)	“Brejo de Altitude”
	Ceará	Trierveiler-Pereira et al. (2011a)	Caatinga
	Paraíba	Sousa et al. (2014c)	“Brejo de

Espécies	Estado	Referências	Bioma
			Altitude” Mata Atlântica
	Rio Grande do Norte	Sousa et al. (2014c)	Mata Atlântica
<i>Geastrum minimum</i> Schwein.	Rio Grande do Sul	Rick (1961)	Mata Atlântica
	Paraná	de Meijer (2006)	Mata Atlântica
	Rio Grande do Norte	Sousa et al. (2014c)	Mata Atlântica
<i>Geastrum minutus</i> Henn.	São Paulo	Viégas (1945)	Mata Atlântica
<i>Geastrum mirabile</i> Mont.	Rio Grande do Sul	Rick (1961)	Mata Atlântica
	Rio Grande do Norte	Sousa et al. (2014d)	Mata Atlântica Caatinga
<i>Geastrum morganii</i> Lloyd			
<i>Geastrum ovalisporum</i> Calonge e Mor.-Arr.	Santa Catarina	Cortez et al. (2008b)	Mata Atlântica
	Rio Grande do Norte	Leite et al. (2007a)	Mata Atlântica
<i>Geastrum pectinatum</i> Pers.	Rio Grande do Sul	Rick (1961) Cortez et al. (2008a)	Mata Atlântica Mata Atlântica
	Paraná	de Meijer (2006)	Mata Atlântica
	São Paulo	Baseia et al. (2003)	Cerrado
	Pernambuco	Baseia et al. (2003)	Caatinga
	Ceará	Sousa et al. (2014c)	“Brejo de Altitude”
	Paraíba	Sousa et al. (2014c)	“Brejo de Altitude”
	Rio Grande do Norte	Sousa et al. (2014c)	Mata Atlântica
<i>Geastrum peruvianum</i> Cooke	Rio Grande do Sul	Rick (1961)	Mata Atlântica
<i>Geastrum quadrifidum</i> DC. ex Pers.	Rio Grande do Norte	Sousa et al. (2014d)	Mata Atlântica
<i>Geastrum reinkingii</i> Lloyd	Rio Grande do Sul	Rick (1961)	Mata Atlântica
<i>Geastrum rufescens</i> Pers.	Rio Grande do Sul	Rick (1961)	Mata Atlântica
	São Paulo	Bononi et al. (1981)	Mata Atlântica
<i>Geastrum rusticum</i> T.S. Cabral et al.	Rio Grande do Norte	Cabral et al. (2014b)	Mata Atlântica
	Ceará	Sousa et al. (2014c)	“Brejo de Altitude”
	Paraíba	Sousa et al. (2014c)	“Brejo de

Espécies	Estado	Referências	Bioma Altitude”
<i>Geastrum saccatum</i> Fr.	Rio Grande do Sul	Sobestiansky (2005); Rick (1961) Cortez et al. (2008a)	Plantação de Pinus (Vegetação exótica) Mata Atlântica e Pampa Mata Atlântica
	Paraná	de Meijer (2006);	Mata Atlântica
	São Paulo	Bononi et al. (1984); Baseia et al. (2003) Sydow e Sydow (1907);	Mata Atlântica Cerrado Mata Atlântica
	Pernambuco	Kimbrough et al. (1994/1995); Baseia et al. (2003) Trierveiler-Pereira et al. (2011a)	Mata Atlântica Mata Atlântica “Brejo de Altitude”
	Rio Grande do Norte	Leite e Baseia (2007)	Mata Atlântica
	Bahia	Trierveiler-Pereira et al. (2009)	Mata Atlântica
	Amazonas	Hennings(1904a) Cabral et al. (2014a)	Floresta Amazônica
	Pará	Leite et al. (2011)	Floresta Amazônica
	Paraíba	Sousa et al. (2014a)	“Brejo de Altitude”
	<i>Geastrum schmidelii</i> Vittad.	Rio Grande do Sul	Rick (1961)
<i>Geastrum schweinitzii</i> (Berk e M.A. Curtis) Zeller	São Paulo	Bononi et al. (1981) Baseia et al. (2003)	Mata Atlântica Cerrado e Mata Atlântica
	Pernambuco	Kimbrough et al. (1994/1995) Trierveiler-Pereira et al. (2011a)	Mata Atlântica “Brejo de Altitude”
	Paraíba	Trierveiler-Pereira et al. (2011a) Sousa et al. (2014c)	“Brejo de Altitude” “Brejo de Altitude”
	Bahia	Trierveiler-Pereira et al. (2009) Trierveiler-Pereira et al. (2011a)	Mata Atlântica Mata Atlântica
	Amazonas	Cabral et al. (2014a)	Floresta Amazônica
	Rio Grande do Norte	Sousa et al. (2014c)	Mata Atlântica
	<i>Geastrum schweinitzii</i> var. <i>stipitatum</i> (Solms) P.	Rio Grande do Sul	Rick (1961) como <i>G. stipitatum</i>

Espécies	Estado	Referências	Bioma
Ponce de León			
<i>Geastrum scleroderma</i> Mont.	Amazonas	Hennings (1904a)	Floresta Amazônica
<i>Geastrum setiferum</i> Baseia	São Paulo	Baseia e Milanez (2002)	Cerrado
	Pernambuco	Baseia e Milanez (2002)	Caatinga
		Baseia et al. (2006)	Caatinga
	Paraíba	Leite et al. (2007b) Sousa et al. (2014c)	Mata Atlântica “Brejo de Altitude”
	Rio Grande do Norte	Sousa et al. (2014c)	Mata Atlântica
<i>Geastrum smardae</i> V.J Stanek	Rio Grande do Sul	Cortez et al. (2008a)	Mata Atlântica
	São Paulo	Baseia et al. (2003)	Cerrado
<i>Geastrum smithii</i> Lloyd	Rio Grande do Sul	Rick (1961)	Mata Atlântica
<i>Geastrum spegazzinianum</i> de Toni	Rio Grande do Sul	Rick (1961) como <i>G.vittatum</i>	Mata Atlântica
	Rio Grande do Sul	Rick (1961) como <i>G.bryantii</i>	Mata Atlântica
<i>Geastrum striatum</i> D.C			
<i>Geastrum subiculosum</i> Cooke e Masee	Rio Grande do Sul	Rick (1961)	Mata Atlântica
	São Paulo	Bononi et al. (1981)	Mata Atlântica
<i>Geastrum triplex</i> Jungh.	Rio Grande do Sul	Rick (1961)	Mata Atlântica
	Santa Catarina	Sobestiansky (2005)	Mata Atlântica
	São Paulo	Baseia et al. (2003)	Cerrado
	Rio Grande do Norte	Leite e Baseia (2007)	Mata Atlântica
	Pernambuco	Trierveiler-Pereira et al. (2011a) Drechsler-Santos et al. 2008	“Brejo de Altitude” Caatinga
		de Meijer (2006)	Mata Atlântica
	Paraná	de Meijer (2006)	Mata Atlântica
	Amazonas	Cabral et al. (2014a)	Floresta Amazônica
	Ceará	Sousa et al. (2014a)	“Brejo de Altitude”
		Sousa et al. (2014c)	“Brejo de Altitude”
Paraíba	Sousa et al. (2014c)	“Brejo de Altitude”	
<i>Geastrum velutinum</i> Morgan	Rio Grande do Sul	Sobestiansky (2005)	“Mata de Araucária”
	Minas Gerais	Sydow e Sydow (1907)	Cerrado
	Paraná	de Meijer (2006)	Mata Atlântica

Espécies	Estado	Referências	Bioma
<i>Geastrum violaceum</i> Rick	Rio Grande do Sul	Rick (1961) Trierveiler-Pereira e Silveira (2012)	Mata Atlântica Mata Atlântica
	Paraíba	Sousa et al. (2014a)	“Brejo de Altitude”
<i>Geastrum xerophilum</i> Longe x Desjardin	Rio Grande do Norte	Silva et al. (2011)	Caatinga
	Pernambuco	Sousa et al. (2014b)	Caatinga
<i>Myriostoma coliforme</i> (Dicks.) Corda	Paraíba	Baseia e Galvão (2002)	Caatinga
	Rio Grande do Norte	Sousa et al. (2014c)	Mata Atlântica
	Rio Grande do Sul	Rick (1961)	Mata Atlântica
		Homrich (1973)	Mata Atlântica
	Pernambuco	Baseia e Galvão (2002) Leite e Baseia (2007)	Caatinga Caatinga

3. O DOMÍNIO MATA ATLÂNTICA

A Mata Atlântica é uma das maiores florestas tropicais do planeta e umas das mais extensas florestas úmidas da América do Sul, se estendendo por grande parte do litoral oriental deste continente (TABARELLI et al., 2005; MELO SANTOS et al., 2007). Abrange latitudes de 4° a 32°, englobando florestas tropicais e subtropicais em seu domínio (TABARELLI et al., 2005). Inicialmente ocupava uma área de cerca de 1.500.00 km² (92 % desta área estava localizada no Brasil), ocupando 16% do território nacional. Contudo, esta área foi significativamente reduzida. Atualmente, estima-se que exista 98.878 km² de Mata Atlântica no Brasil, apenas 7% da cobertura original (GALINDO-LEAL e CÂMARA, 2005; MELO SANTOS et al., 2007).

Os remanescentes de Mata Atlântica brasileira encontram-se extremamente fragmentados, sendo distribuídos desde o litoral do Estado do Rio Grande do Norte até o Rio Grande do Sul. A extensão por diferentes latitudes e longitudes proporciona uma composição vegetativa heterogênea. Este domínio abrange Florestas Ombrófilas (pluviais) Densas e Abertas, Florestas Ombrófilas Mistas (Araucárias) e as Florestas Estacionais e Semidecíduas, além de ecossistemas como Manguezais, Restingas, Campos de Altitude e Matas Serranas e zonas de transição (áreas de tensão ecológica) (GALINDO-LEAL e CÂMARA, 2005; MARTINI et al., 2007).

O domínio Mata Atlântica é reconhecidamente uma área prioritária para conservação, sendo definido como um “*hotspot*” de biodiversidade. Três principais razões motivam a classificação da Mata Atlântica como um “*hotspot*”: elevada riqueza de espécies, alto grau de endemismo e crescentes pressões antrópicas (MYERS et al. 2002; MARTINI et al., 2007). O Nordeste brasileiro abriga quatro dos cinco centros de endemismo inseridos no domínio Mata Atlântica. Nesta região o domínio Mata Atlântica vem sendo submetido à intensas fragmentação de habitat, promovendo o desaparecimento de táxons que possivelmente não serão conhecidos pela ciência (MYERS et al., 2000; GALINDO-LEAL e CÂMARA, 2005; TABARELLI et al., 2005).

4. O DOMÍNIO CAATINGA

A região semiárida brasileira compreende grande parte do território nordestino (cerca 70% desta região), onde é caracterizada pelo baixo e irregular índice pluviométrico, altas temperaturas, luminosidade, radiação solar e evapotranspiração (SÁ et al., 2003). Dentre os tipos de vegetação incluídos nesta zona climática, destacasse a Caatinga, vegetação exclusivamente brasileira, e os enclaves de Mata Atlântica, popularmente conhecidos como “Brejos de Altitude” ou “Matas Serranas” (SÁ et al., 2003; LEAL et al., 2005; RODRIGUES et al., 2008; MACHADO et al., 2012).

O domínio Caatinga é predominante na região semiárida, se estendendo por cerca de 10% do território nacional, cerca de 735.000 Km². Abrange oito Estados no Nordeste (Alagoas, Bahia, Ceará, Paraíba, Pernambuco, Piauí Rio Grande do Norte e Sergipe) e um Estado na região Sudeste (Minas Gerais) (PRADO, 2003). As vegetações de Caatinga apresentam raramente florestas arbóreas sendo constituídas principalmente por arbustos espinhosos, famílias como Cactaceae, Euphorbiaceae e Bromeliaceae são comuns nesta região (LEAL et al., 2005; PRADO, 2003; MACHADO et al., 2012).

O termo Caatinga é proveniente da língua indígena Tupi e significa “Mata Branca”, fazendo referência ao comportamento adaptativo das vegetações típicas deste domínio, as quais liberam sua folhagem durante as estações mais secas, sendo assim constituídas apenas de árvores e arbustos com troncos esbranquiçados nus nestes períodos. A liberação das folhas diminui a perda de água para o ambiente (evapotranspiração) (LEAL et al., 2005; PRADO, 2003). Além disso, as vegetações são caracterizadas principalmente pela morfologia adaptada à aridez como porte baixo,

microfilia, folhas modificadas em espinhos, caules suculentos e colunares, cutícula espessa e outras características xerófitas (PRADO, 2003). As Caatingas podem ser divididas, de acordo com SÁ et al., 2003, em Caatinga hipoxerófila, Caatinga hiperxerófila e ilhas úmidas. As últimas são conhecidas como Brejos de Altitude ou Matas Serranas.

A diversidade biológica que a Caatinga abriga é ainda pobremente conhecida, este domínio tem sido fragilmente protegido, englobando escassas Unidades de Conservação em seu território. Ademais, negligenciada pelos inventários de biodiversidade realizados no país (MMA, 2014). Apesar de pouco investigada, a Caatinga já demonstra grande diversidade biológica e alto grau de endemismo, levando em conta apenas plantas suculentas e lenhosas, há cerca de 20 gêneros exclusivos deste domínio (LEAL et al., 2005). Nos últimos o Programa de Pesquisa de Biodiversidade do Semiárido (PPBio- Semiárido) vem modificando o “*status*” de pouco estudada no qual a Caatinga se encontrava, principalmente devido aos levantamentos de biodiversidade que vem desenvolvendo, incrementando, assim, o conhecimento sobre os organismos encontrados na Caatinga.

Os Brejos de Altitude são compostos de fragmentos de floresta do tipo semidecidual estacional montana inseridas no semiárido nordestino (TABARELLI e SANTOS, 2004). Segundo Leal et al. 2005, existem cerca de 30 Brejos de Altitude, ocupando cerca de 9% da região semiárida, os quais estão sempre associados ao alto relevo (chapadas e planaltos), com no mínimo 500 m e atingindo até 1.100 m de altitude. Apresentam um índice pluviométrico maior do que as áreas de Caatinga circundantes (superior a 1.200 mm/ano), assim, são consideradas “ilhas úmidas” (SÁ et al., 2003; TABARELLI e SANTOS, 2004).

O alto índice pluviométrico encontrados nos “Brejos de Altitude” se deve essencialmente às chuvas orográficas, as quais são massas de ar carregas de umidade proveniente do oceano que precipitam quando encontram altos relevos, como os encontrados nestas regiões. Esta fitofisionomia exhibe cobertura vegetal arbórea exuberante, sendo considerada um refúgio florestal com semelhança florística à Floresta Atlântica, sendo também influenciada pela Floresta Amazônica, além de abrigar espécies endêmicas (TABARELLI e SANTOS, 2004; MACHADO et al., 2012). Por abrigar essas peculiaridades florísticas, os Brejos de Altitude podem ser considerados

uma relíquia ou refúgio vegetacional destoante do contexto que está inserida (BARBOSA et al., 2004).

A hipótese pela qual os Brejos de Altitude foram formados é conhecida como “Teoria do Refúgio”. Acredita-se que a origem destas “ilhas úmidas” tenha ocorrido durante o Pleistoceno quando variações climáticas permitiram que a Floresta Atlântica, como também a Floresta Amazônica em alguns pontos, penetrasse no domínio Caatinga. Após períodos interglaciais esta vegetação foi retraída. Desta forma, ocupando apenas regiões pontuais da região semiárida, onde se encontra microclima adequado (TABARELLI e SANTOS, 2004; GALINDO-LEAL e CÂMARA, 2005; WERNECK et al., 2011). Como a Caatinga, os Brejos de Altitude vem sofrendo grandes perdas de biodiversidade devido às pressões antrópicas, principalmente, e por propiciar áreas potencialmente agricultáveis (LEAL et al., 2005).

5. OBJETIVO

Inventariar, descrever e revisar o gênero *Geastrum* em áreas de Caatinga e Mata Atlântica nordestina.

5.1. Objetivos específicos

- Realizar expedições de coleta de espécimes nas localidades definidas;
- Identificar as espécies através de literatura especializada e/ou através de comparação com espécimes emprestados de herbários;
- Descrever as macro e microestruturas dos corpos de frutificação;
- Elaborar chave de identificação e acrescentar comentários taxonômicos sobre as espécies estudadas;
- Desenvolver revisão de espécimes que estão depositados em herbários do nordeste.

6. MATERIAL E MÉTODOS

6.1. Áreas Estudadas

6.1.1. Reserva Ecológica Estadual Mata do Pau Ferro

Área protegida de domínio Estadual criada em 1992, apresentando aproximadamente 600 ha. A Mata do Pau Ferro se encontra no município de areia (6° 58'12"S e 35°42'15"W), estado da Paraíba, mais especificamente na borda úmida oriental do Planalto da Borborema, com altitude entre 400 a 600m (Fig. 8). Exibe vegetação típica de “Brejo de Altitude”, sendo localizada em área do Semiárido

nordestino definida como de alta importância biológica (BARBOSA et al., 2004; VELLOSO et al., 2002).

6.1.2. Reserva Biológica de Guaribas

Unidade de Proteção (UC) Integral criada em 1990, é composta por um dos maiores remanescentes de Mata Atlântica do Nordeste brasileiro, com aproximadamente 4.321 ha. Abrange os municípios de Mamaguape (92%) e Rio Tinto (8%), localizados no estado da Paraíba, com as coordenadas geográficas 6°44'02" S 35° 10'32" W e 6° 40'53" S 35° 09'59" W, respectivamente (Fig. 9). A REBIO Guaribas é regida pelo órgão federal Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade e está dividida em três áreas descontínuas denominadas SEMA: SEMA I (616 ha), SEMA II (3.378 ha) e SEMA III (327 ha), apresentando fitofisionomias como restinga e tabuleiro (PEREIRA e BARBOSA, 2006; ICmBio, 2013). Foi atribuída a esta reserva grau extremamente alto de importância biológica (MMA, 2007).

Figura 8. Mapa de localização geográfica da Reserva Ecológica Estadual Mata do Pau Ferro.

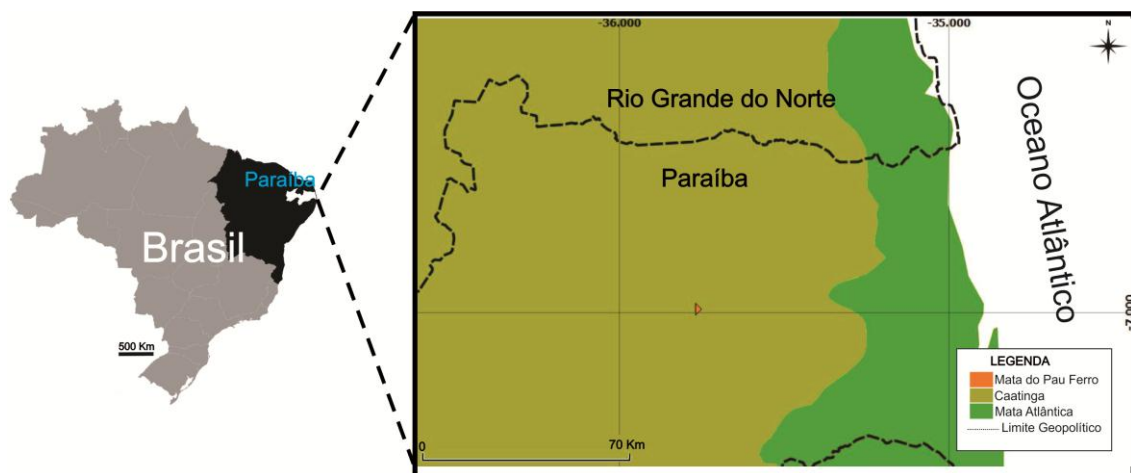
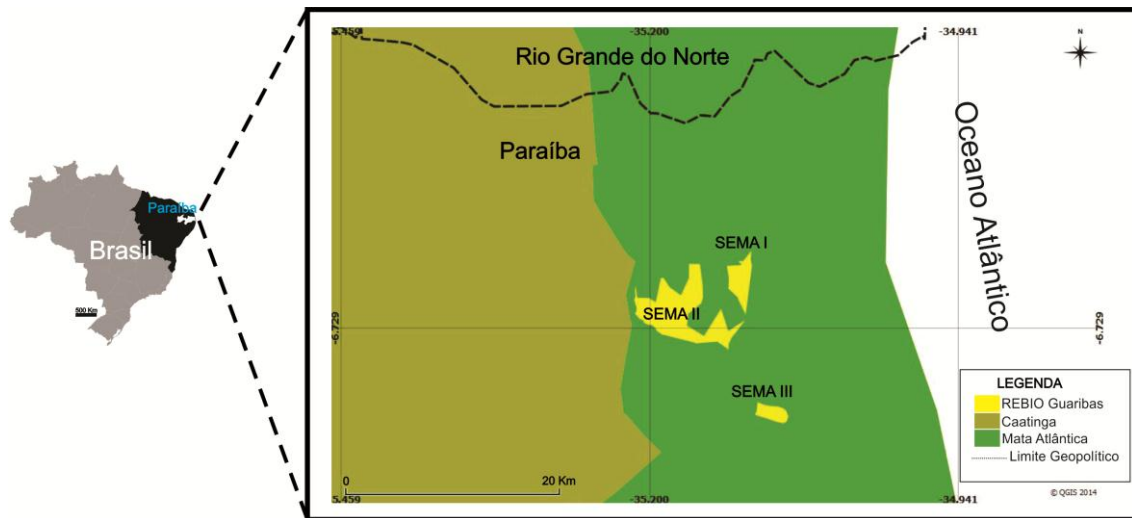


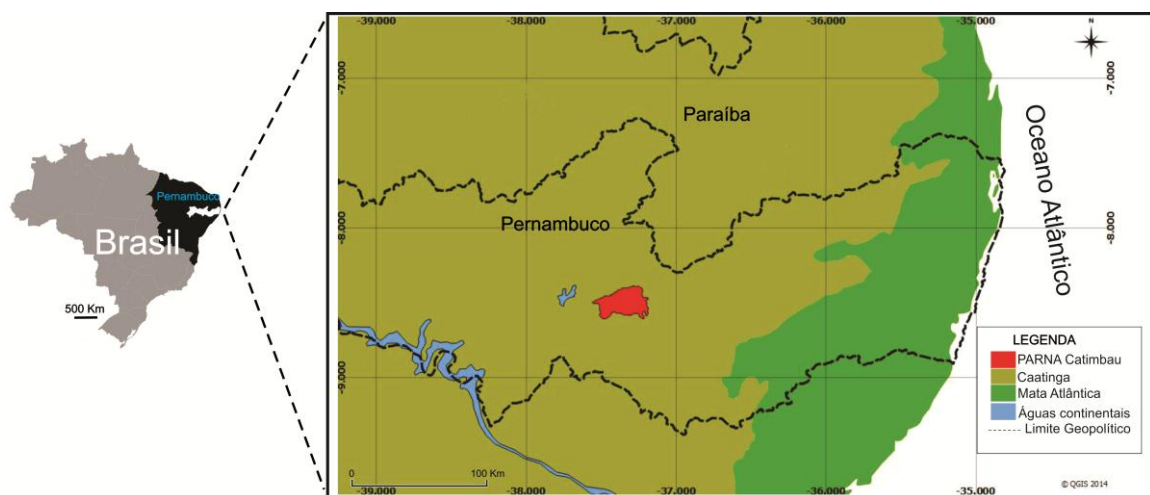
Figura 9. Mapa de localização geográfica da Reserva Biológica de Guaribas.



6.1.3. Parque Nacional Vale do Catimbau

Unidade de Proteção Integral criada em 2002, o Parque Nacional (PARNA) abrange os municípios de Buíque, Ibimirim, Sertânia e Tupanatinga, ambos inseridos no estado de Pernambuco, encontra-se localizado entre as coordenadas geográficas: 8°24'00" e 8°36'35" S e 37°09'30" e 37°14' 40" W. Este Parque engloba área de 62.300 ha, sendo localizada no domínio semiárido nordestino. Por sua variações de relevo e micro-clima abriga um mosaico vegetativo que varia de Caatinga a ecótopos de Cerrado, Campos Rupestres e Mata Atlântica (SENA et al., 2012). A região do PARNA do Catimbau foi definida pelo Ministério de Meio Ambiente como de extrema importância biológica. Adicionalmente, destaca-se a importância histórica do Parque, onde se encontra sítios arqueológicos (ICmBIO, 2014).

Figura 10. Mapa de localização geográfica do Parque Nacional Vale do Catimbau.



6.2. Coleta, Processamento e Herborização

Foram realizadas pelo menos duas expedições de campo, com duração aproximada de quatro dias, para as duas áreas de coleta propostas: Reserva Biológica de Guaribas, localizada no domínio Mata Atlântica da Paraíba e Reserva Ecológica Estadual Mata do Pau Ferro localizada nos Brejos Paraibanos.

As expedições de campo foram realizadas nos meses com maior incidência pluviométrica dos anos de 2013 e 2014, de acordo com cada área de estudo. O período chuvoso favorece o desenvolvimento dos corpos de frutificação, os quais são constituídos principalmente por água e são alvo principal dos estudos taxonômicos aqui desenvolvidos. Foram realizadas caminhadas aleatórias em trilhas pré-existentes observando-se substratos como madeira em decomposição e serapilheira úmida (Fig. 11, A) (SILVA et al., 2014).

A metodologia de coleta foi baseada em Silva et al. (2014), com algumas modificações. Assim, consistiu, essencialmente, na obtenção de fotos com escala dos basidiomas, retirada dos mesmos do substrato com auxílio de canivete ou manualmente, procurando coletar estruturas aderidas ao substrato, como as rizomorfas e subículo (Fig. 11E). Quando possível, foi necessário remover a serapilheira para localização de basidiomas imaturos hipógeos. Durante as expedições, os fungos foram acondicionados em caixas plásticas compartimentadas, evitando a contaminação das amostras. Os dados foram registrados seguindo ficha de coleta elaborada neste estudo, a saber: habitat, hábito, coletor, data, número de coleta, coordenada geográfica e outros.

Os basidiomas coletados foram levados ao Laboratório de Biologia de Fungos da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), onde foi realizada a herborização e estudo dos espécimes. Para o processo de herborização, as amostras foram desidratadas em um desidratador elétrico a uma temperatura aproximada de 40°C durante cerca de 24h, dependendo das dimensões dos basidiomas (Fig. 11, C-D).

Após secagem, os corpos de frutificação foram acondicionados em envelopes de papel, recebendo uma etiqueta com os dados referentes à coleta (local de coleta, coletor, data, substrato) e identificação (Fig. 11, F). Todos os basidiomas analisados neste estudo foram adicionados ao sistema BRAHMS (Botanical Research And Herbarium Management System) e ao acervo de fungos do Herbário-UFRN.

Figura 11. Coleta, Processamento e Herborização. A: Coleta dos espécimes. B: Caixa compartimentada. C: Processamento das amostras. D: Desidratador elétrico. E: Utensílios de coleta. F: Envelope de herborização.



(Fonte: autoria própria)

6.3. Avaliação dos Espécimes

Os espécimes coletados em campo, como também os obtidos na coleção do Herbário UFRN-Fungos, foram analisados no Laboratório de Biologia de Fungos da UFRN. Descrições detalhadas das características macro e micro morfológicas foram realizadas com os basidiomas desidratados. O estudo macroscópico foi desenvolvido

com auxílio de microscópio estereoscópico, e as mensurações das estruturas dos basidiomas foram feitas com paquímetro milimetrado ou com régua acoplada ao microscópio estereoscópico. Para definição das cores do basidioma seguiu-se tabela de cores proposta por Kørnerup e Wanscher (1978). O estudo micromorfológico (basidiosporos, eucapilícios e hifas do perídio) foi realizado com auxílio de pinças, os conteúdos foram hidratados em hidróxido de potássio (KOH) concentração 5%. Posteriormente, as amostras foram fixadas sob lamínula para serem observadas em microscópio óptico, normalmente, utilizando as objetivas com aumento de 40 ou 100 vezes (SILVA et al. 2014). Foram medidos trinta basidiosporos aleatoriamente, todas as medições incluíram a ornamentação. Medidas estatísticas como média do diâmetro e altura dos basidiosporos, desvio padrão ($x \pm SD$, respectivamente), além do quociente entre largura e altura média (Q_m) foram realizadas.

A preparação do material analisado em MEV seguiu Silva et al. (2011): uma pequena porção da amostra foi retirada com pinça e espalhada sobre uma fita carbonada adesiva de dupla face, a qual estava localizada em suporte discoide, revestido com platina, específico para amostra, denominado “*stub*”.

A descrição dos espécimes foi baseada em trabalhos como Silva et al. (2011, 2013) e Zamora et al. (2013b). Adicionalmente, a identificação a nível de espécie baseou-se em chaves de identificação disponíveis nas principais referências sobre o gênero. Trabalhos de autores como Calonge (1998); Sunhede (1989); Ponce de LÉON (1968); Bates (2004); Dissing e Lange (1962); Pegler et al. (1995), Liu (1984) e Zamora et al. (2014a) foram consultados. A nomenclatura micológica seguida foi proposta por Index Fungorum. Foi calculado o Índice de Jaccard, seguindo a fórmula $S_j = (C/A+B+C) * 100$ - onde “C” é o número de espécies comuns as duas áreas, “A” é número de espécies que só ocorre na área 1 e “B” é o número de espécies que ocorre exclusivamente na área 2- a fim de estabelecer a similaridade entre as comunidades de *Geastrum* encontradas nas áreas de coleta: REBIO Guaribas e Mata do Pau Ferro.

7. RESULTADOS E DISCUSSÃO

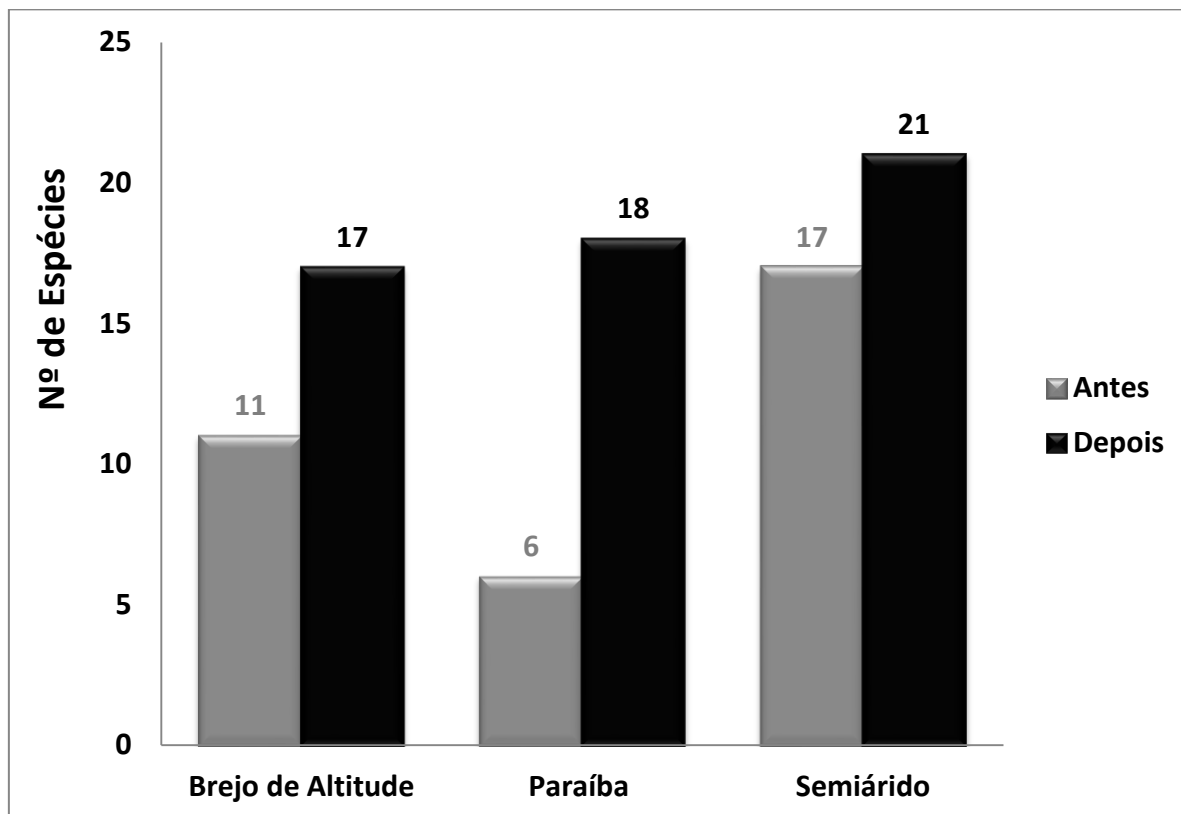
Foram analisados cerca de 400 basidiomas (espécimes), distribuídos em 73 exsicatas (amostras), totalizando 21 espécies identificadas do gênero *Geastrum*. Das quais 19 foram identificadas em nível de espécie, sendo duas destas propostas como novas espécies, e duas estão em nível de gênero (sp. e aff.) (Tabela 1). Dentre as 73 exsicatas analisadas, 10 são provenientes da revisão do Herbário UFRN-Fungos, a qual abrangeu o material coletado no Parque Nacional Vale do Catimbau – Caatinga. Esta revisão resultou na identificação de três espécies: *Geastrum floriforme*, *G. hieronymi* e *G. xerophilum*. As demais exsicatas analisadas foram coletadas em expedições de campo, realizadas durante este estudo, para a Reserva Ecológica Estadual Mata do Pau Ferro (“Brejo de Altitude”) e Reserva Biológica de Guaribas (Mata Atlântica). Oito espécies foram coletadas exclusivamente na Mata do Pau Ferro, três espécies foram coletadas exclusivamente na REBIO Guaribas e sete foram coletadas tanto na Mata do Pau Ferro quanto na REBIO Guaribas, demonstrando alta similaridade entre essas reservas (Sj=38,88 %). Esses dados corroboram os estudos anteriores sobre similaridade florística entre essas fitofisionomias, os quais sustentam a teoria do refúgio (TABARELLI e SANTOS, 2004; GALINDO-LEAL e CÂMARA, 2005; WERNECK et al., 2011).

As espécies aqui descritas tiveram sua distribuição ampliada. Em relação à distribuição Política e Geoclimática, foi obtido um novo registro para o Brasil, 12 novos registros para o estado da Paraíba, dois novos registros para o estado de Pernambuco, e quatro novos registros para a região Semiárida do Brasil. Em relação à distribuição entre as fitofisionomias brasileiras, destacam-se seis novos registros para os “Brejos de Altitude” do Brasil. Desta forma, os resultados representam um aumento de 200% no conhecimento da família Geastraceae na Paraíba, 24 % no Semiárido e 55% no “Brejo de Altitude” (Gráfico 4).

Tabela 2. Relação das espécies do gênero *Geastrum* analisadas, indicando o local de coleta e primeiro registro.

ESPÉCIE	LOCAL DE COLETA	LOCAL DE 1º REGISTROS
<i>Geastrum albonigrum</i>	Mata do Pau Ferro	Paraíba (Região Semiárida)
<i>Geastrum</i> aff. <i>echinulatum</i>	Mata do Pau Ferro	Paraíba
<i>Geastrum entomophilum</i>	REBIO Guaribas / Mata do Pau Ferro	-
<i>Geastrum fimbriatum</i>	REBIO Guaribas	-
<i>Geastrum floriforme</i>	PARNA Vale do Catimbau	Brasil (Região Semiárida)
<i>Geastrum hieronymi</i>	PARNA Vale do Catimbau	-
<i>Geastrum hirsutum</i>	REBIO Guaribas / Mata do Pau Ferro	Paraíba
<i>Geastrum javanicum</i>	REBIO Guaribas / Mata do Pau Ferro	-
<i>Geastrum lageniforme</i>	REBIO Guaribas / Mata do Pau Ferro	Paraíba
<i>Geastrum lloydianum</i>	REBIO Guaribas / Mata do Pau Ferro	Paraíba
<i>Geastrum morganii</i>	Mata do Pau Ferro	Paraíba
<i>Geastrum pectinatum</i>	Mata do Pau Ferro	Paraíba
<i>Geastrum rusticum</i>	REBIO Guaribas / Mata do Pau Ferro	Paraíba (Região Semiárida)
<i>Geastrum schweinitzii</i>	REBIO Guaribas / Mata do Pau Ferro	-
<i>Geastrum setiferum</i>	Mata do Pau Ferro	-
<i>Geastrum triplex</i>	Mata do Pau Ferro	Paraíba
<i>Geastrum violaceum</i>	Mata do Pau Ferro	Nordeste (Região Tropical)
<i>Geastrum xerophilum</i>	PARNA Vale do Catimbau	Pernambuco
<i>Geastrum</i> sp. 1	Mata do Pau Ferro	-
<i>Geastrum magnosporum</i> sp. nov.	REBIO Guaribas	Mundo
<i>Geastrum pusillipilosum</i> sp. nov.	REBIO Guaribas	Mundo

Gráfico 4. Número de espécies conhecidas para os Brejos de Altitude, o Estado da Paraíba e a região Semiárida antes e depois deste estudo.



A Reserva Ecológica Estadual Mata do Pau Ferro apresentou uma maior número de espécies (15) que a REBIO Guaribas (10). Contudo, este resultado não necessariamente indica que a primeira tem uma maior riqueza de espécies de *Geastrum* que a segunda. Os estudos taxonômicos realizados neste trabalho foram baseados nos corpos de frutificação dos fungos, por se tratar de uma região de “Brejo de Altitude”, a Reserva Mata do Pau Ferro recebe uma maior quantidade de chuvas, o que favorece o crescimento e, conseqüentemente, coleta dessas estruturas. Este fato não exclui a possibilidade que exista um maior número de espécies na REBIO Guaribas do que o amostrado neste estudo, uma vez que, estas podiam estar em sua fase vegetativa, impedindo que fossem coletadas de acordo com a metodologia aqui proposta. Ainda assim, destaca-se uma grande diversidade em ambas as reservas, levando em conta que, antes deste estudo, em todo o estado da Paraíba se conhecia apenas 6 espécies da família Geastraceae (*Geastrum entomophilum*, *G. fimbriatum*, *G. javanicum*, *G. shweintizii*, *G. setiferum*, *Myriostoma coliforme*). Assim, esses dados demonstram que as áreas são subamostradas e necessitam ser mais bem investigadas.

7.1. Chave de Identificação para as espécies analisadas

1. Camada micelial incrustada com sedimentos ou matéria orgânica; basidioma imaturo hipógeo.....2
- 1'. Camada micelial não incrustada; basidioma imaturo epígeo.....11
- 2 (1). Peristômio sulcado.....3
- 2'. Peristômio não sulcado.....6
- 3 (2). Endoperídio negro a amarronzado, setoso ou asperulado.....4
- 3'. Endoperídio cinza amarronzando, pruinoso ou furfuráceo.....5
- 4 (3). Endoperídio setoso, com hifas cimbfiformes; basidiosporos com $x = 3,7 \mu\text{m}$ de diam.....*G. setiferum*
- 4'. Endoperídio asperulado; com hifas em forma de gancho, basidiosporos com $x = 4,9 \mu\text{m}$ de diam.....*G. lloydinaum*
- 5 (3'). Endoperídio pruinoso; pedicelo distinto (com até 10 mm de altura); apófise distinta e sulcada, raios arqueados.....*G. pectinatum*
- 5'. Endoperídio furfuráceo; pedicelo inconspícuo (<1 mm); apófise inconspícua, não sulcada, raios involutos.....*G. xerophilum*
- 6 (2'). Exoperídio higroscópico; camada micelial efêmera..... *G. floriforme*
- 6'. Exoperídio semi ou não higroscópico; camada micelial persistente ou se desprendendo de forma irregular com a idade.....7
- 7 (6'). Endoperídio negro; com hifas protuberantes vermiformes.....*G. entomophilum*
- 7'. Endoperídio amarronzado ou acinzentado; ausência de hifas vermiformes.....8
- 8 (7'). Basidioma expandido normalmente arqueado; pedicelo discreto presente.....9
- 8'. Basidioma expandido normalmente saculiforme; pedicelo ausente.....10
- 9 (8). Basidiosporos com até 8,3 μm de diam.....*G. magnosporum sp. nov.*
- 9'. Basidiospros com até 7 μm de diam.....*G. hieronymi*

- 10 (8')**. Camada fibrosa coriácea; endoperídio com hifas protuberantes ausentes; basidiosporos com verrugas interconectadas através do ápice; hábito geralmente lignícola..... *G. ruscitum*
- 10'**. Camada fibrosa papirácea; endoperídio com hifas protuberantes; basidiosporos sem verrugas interconectadas pelo ápice; hábito geralmente folícola..... *G. fimbriatum*
- 11 (1')**. Camada micelial glabra.....**12**
- 11'**. Camada micelial com hifas protuberantes (hirsuta, tomentosa, velutínea ou equilunada).....**15**
- 12 (11)**. Peristômio sulcado não delimitado.....**13**
- 12'**. Peristômio fibriloso delimitado.....**14**
- 13 (12)**. Camada pseudoparenquimatosa lilás a rosada, basidiosporos com $x = 3,1 \mu\text{m}$ de diam.....*G. violaceum*
- 13'**. Camada pseudoparenquimatosa amarronzada, basidiosporos com $x = 5,3 \mu\text{m}$ de diam.....*G. morganii*
- 14 (12')**. Raios afinando-se nas pontas, aracnoides; ausência de colar formado pela camada pseudoparenquimatos; camada micelial com ranhuras longitudinais.....*G. lageniforme*
- 14'**. Raios triangulares, não aracnoides; presença de colar formado pela camada pseudoparenquimatosa; camada micelial sem ranhuras longitudinais.....*G. triplex*
- 15**. Peristômio não delimitado.....**16**
- 15'**. Peristômio delimitado.....**17**
- 16 (15)**. Camada micelial pilosa, efêmera; endoperídio negro; presença de subículo.....*G. albonigrum*
- 16'**. Camada micelial equinulada, persistente; endoperídio marrom acinzentado; ausência de subículo;.....*G. aff. equinulatum*
- 17 (15')**. Camada micelial coriácea, velutínea, efêmera, formando um cup sob o basidioma.....*G. javanicum*
- 17'**. Camada micelial papirácea, pilosa a tomentosa, persistente, não formando um cup sob o basidioma.....**18**
- 18 (17')**. Camada micelial sem pelos.....**19**

- 18'**. Camada micelial com pelos.....**20**
- 19 (18)**. Camada pseudoparenquimatosa avermelhada quando fresco; basidiosporos globosos ($Q_m = 1,01$) com até 4,8 μm de diam.....***G. schweintzii***
- 19'**. Camada pseudoparenquimatosa bege quando fresco; basidiosporos subglosos a quase elipsoides ($Q_m = 1,07$) com até 5,3 μm de diam.....***Geastrum sp.1***
- 20**. Basidioma expandido 8–23 mm de largura; pelos alongados (1-3 mm de altura); basidiosporos $x = 3,0 \mu\text{m}$ de diam, com verrugas curtas arredondas no ápice.....***G. hirsutum***
- 20'**. Basidioma expandido 6–11 mm de largura; pelos curtos (< 1 mm de altura); basidiosporos $x = 5,9 \mu\text{m}$ de diam, com verrugas colunares aplanadas no ápice.....***G. pusillipilosum sp. nov.***

7.2. Taxonomia

Geastrum albonigrum Calonge e M. Mata, Boln Soc. Micol. Madrid 28: 332 (2004).

Etimologia: Em referência a cor branca da camada fibrosa e ao endoperídio e camada pseudoparenquimatosa negros.

Descrição: Basidioma imaturo epígeo, marrom (6E4) a amarelado (5D4), subgloboso a ovoide, 17–21 mm de altura × 15–21 mm de largura, superfície densamente hirsuta, pelos com 1,8 mm de altura e ápice reto, livre de incrustações, com rizomorfo aderido. Basidioma expandido saculiforme a arqueado, 15–29 mm de altura × 26–33 mm de largura (incluindo peristômio), com rizomorfa aderida na base. Exoperídio aberto formando 5–8 raios, arqueados a revolutos, se enrolando abaixo do basidioma, não higroscópicos. Camada micelial amarelada (5D4), superfície hirsuta a glabra com a idade, efêmera em alguns basidiomas. Camada fibrosa branca (4A1), superfície coriácea. Camada pseudoparenquimatosa marrom avermelhada (8E3), ramosa, persistente. Endoperídio marrom escuro (8F3), subgloboso, 13–17 mm de altura (incluindo peristômio) × 15–20 mm largura, séssil, superfície glabra. Apófise e pedicelo ausentes. Peristômio fibriloso, tornando-se lacerado com a idade, não delimitado, levemente cônico (até 2 mm de altura), concolor o endoperídio. Gleba marrom acinzentada (6F3).

Basidiosporos fortemente amarronzados, globosos a subglobosos, 4,5–5,3 × 4,2–5,2 µm [$x = 4,7 \pm 0,2 \times 4,5 \pm 0,2$, $Q_m = 1,01$, $n = 30$], ornamentação pouco evidente em MOP, verrugoso em MEV; verrugas curtas a médias, arredondas no ápice. Basídios robustos, subglobosos a levemente clavados, 9,1–17,2 × 6,1–9,3 µm, 2–4 esterigmas. Eucapilícios fortemente amarronzados, com 3,7–6,9 µm diam., superfície incrustada, densamente verrucosa, lúmen visível, ramificações presentes. Camada micelial composta de hifas hialinas a amareladas, com paredes sinuosas e espessas (> 1 µm), 2,5–3,8 µm diam., superfície não incrustada, lúmen inconspícuo, com ramificações. Camada fibrosa formada por hifas hialinas a amareladas, com paredes retas, 2,5–3,8 µm diam., superfície incrustada, lúmen visível. Camada pseudoparenquimatosa consiste de hifas amarronzadas, com parede espessa (>1 µm), subglobosas a ovaladas, 33,2–57,1 × 25,4–41,9 µm.

Habitat: solo argiloso coberto por liteira e madeira em decomposição.

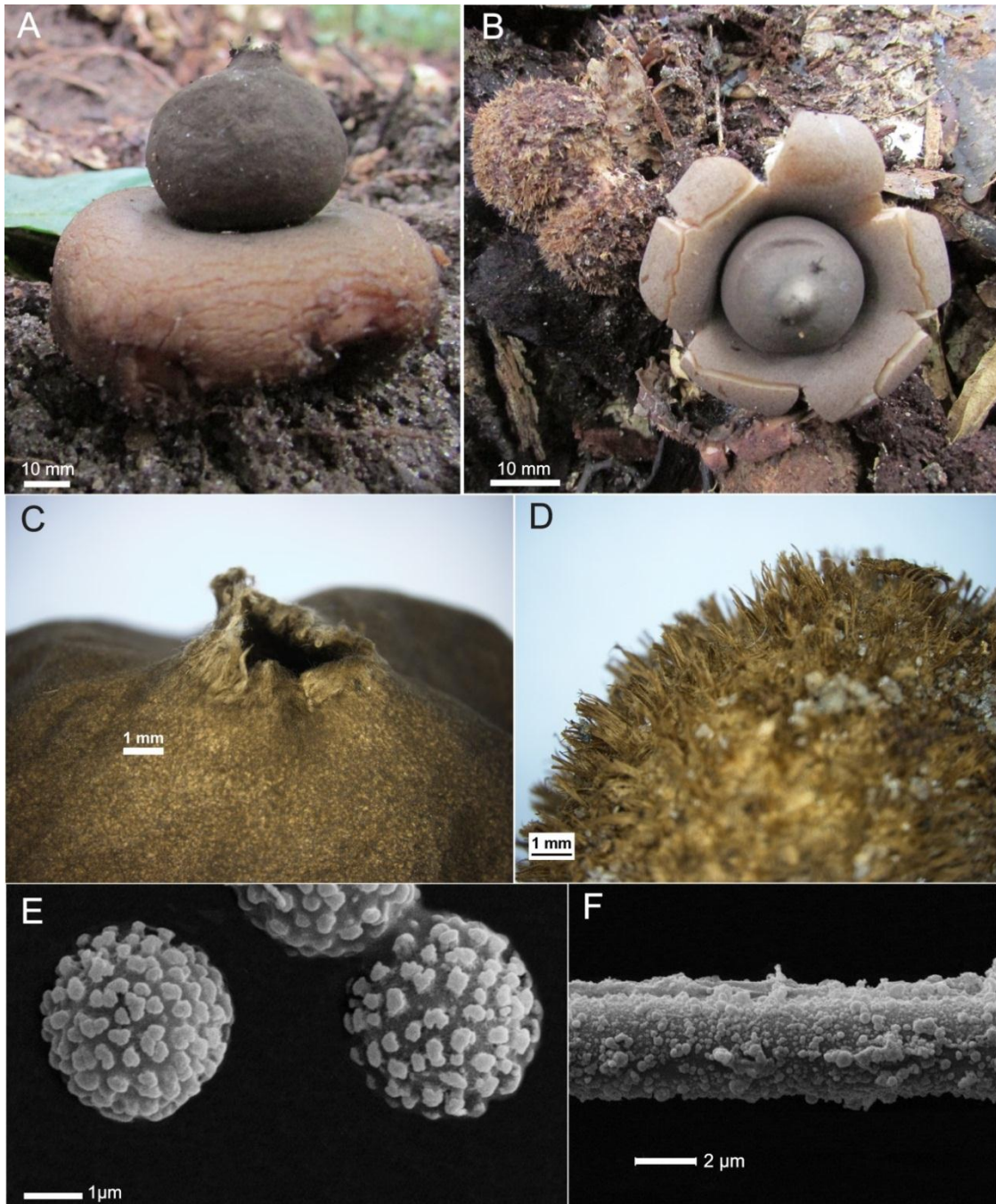
Hábito: crescimento gregário ou cespitoso

Material examinado: BRASIL – Paraíba, **Areia**, Parque Estadual Mata do Pau Ferro, Trilha do Rio Pitu, 06°58'31.0"S, 35°44'53.6" W, 546 m a.s.l 22/VII/2014, col. Sousa, J.O.; Alfredo, D.S.; Souza, E.J., JM151 (UFRN Fungos–2279).

Distribuição: **América Central** – COSTA RICA (CALONGE E MATA, 2004, 2006). **América do Norte** – MÉXICO (CALONGE E MATA, 2004). **América do Sul** – BRASIL, estado do Mato Grosso (TREIRVEILER-PEREIRA et al., 2011b), Rio Grande do Norte (SOUSA et al., 2014d).

Observações: *Geastrum albonigrum* distingue-se pelo exoperídio com pelos, camada micelial efêmera, peristômio fibriloso não delimitado, endoperídio e camada pseudoparenquimatosa negros. Outra peculiaridade desta espécie é o rizomorfo proeminente persistente no basidioma expandido. De acordo com Zamora et al. (2014a), esta espécie é classificada na seção *Exareolata*, a qual apresenta alta variedade morfológica, agrupando espécies como *Geastrum argentinum* Speg. e *Geastrum rufescens* Pers. Essas espécies, assim, como *G. albonigrum*, apresentam peristômio fibriloso não delimitado, contudo se diferenciam por não apresentar pelos na camada micelial (SOUSA et al., 2014d; ZAMORA et al., 2014b). Esta espécie é próxima morfológicamente de *G. hirsutum*, pois ambos apresentam exoperídio com pelos, porém *G. hirsutum* diferencia-se pelo peristômio delimitado, tamanho dos pelos (até 3 mm de altura), endoperídio marrom acinzentado, presença de subículo e basidiosporos menores (até 3 µm) (CALONGE e MATA 2004; BASEIA e CALONGE, 2006). Outras espécies do gênero *Geastrum* apresentam endoperídio enegrecido, como *Geastrum lloydianum* e *G. entomophilum*, porém a primeira diferencia-se pelo peristômio sulcado, endoperídio pedicelado asperulado e pelos ausentes, enquanto a última apresenta endoperídio com hifas vermiformes, camada micelial incrustada e pelos ausentes (PONCE DE LÉON, 1968; FAZOLINO et al., 2008). Recentemente, *Geastrum inpaense* foi descrita por Cabral et al. (2014a) como uma espécie muito próxima morfológicamente e filogeneticamente a *G. albonigrum*, ambas apresentam camada micelial hirsuta, endoperídio enegrecido e rizomorfo persistente no basidioma expandido, contudo se diferenciam por *G. inpaense* apresentar basidiosporos menores (até 3,8 µm diam.), comprimento dos pelos da camada micelial menores (até 0,6 mm) e peristômio delimitado (CABRAL et al., 2014a; SOUSA et al., 2014d). Até o momento, esta espécie apresentar distribuição restrita ao continente Americano, sendo este o primeiro registro para a região Semiárida do Brasil.

Prancha 1. *Geastrum albonigrum*. A: Basidioma expandido arqueado. B: Basidiomas não expandidos e expandido. C: Peristômio. D: Exoperídio com pelos. E: MEV dos basidiosporos. F: MEV do capilício.



Geastrum **aff. echinulatum** T.S. Cabral, B.D.B. Silva e Baseia, Nova Hedwigia 96 (3–4): 450 (2013).

Etimologia: Em referência ao endoperídio com hifas equinuladas.

Descrição: Basidioma imaturo epígeo, marrom (6E5, 6E4), subgloboso a reniforme, 17–26 mm de altura × 19–29 mm de largura, com ápice umbunado, superfície echinulada, com pequenos tufo de hifas, livre de incrustações, com rizomorfo aderido, crescendo sobre subcículo esbranquiçado. Basidioma expandido saculiforme a arqueado, 14–18 mm de altura × 17–40 mm de largura (incluindo peristômio), com base côncava. Exoperídio aberto formando 6–7 raios, arqueados a revolutos, se enrolando abaixo do basidioma, não higroscópicos. Camada micelial marrom (6E5, 6E4), superfície com hifas protuberantes a glabra com a idade, papirácea a coriácea, não incrustada, se desprendendo com a idade a partir da base. Camada fibrosa branco amarelada (4A2), superfície papirácea. Camada pseudoparenquimatosa marrom amarelada (5E5), rimosa, formando colar em alguns basidiomas, persistente. Endoperídio marrom acinzentado (6F3), globoso a subgloboso, 11–21 mm de altura (incluindo peristômio) × 10–24 mm largura, sésstil, superfície glabra. Apófise e pedicelo ausentes. Peristômio fibriloso, tornando-se lacerado com a idade, não delimitado, cônico (até 2 mm de altura), mais claro que o endoperídio. Gleba marrom acinzentada (6F3).

Basidiosporos amarronzados, globosos a subglobosos, 4,1–5,2 × 4,0–5,2 µm [$x = 4,9 \pm 0,3 \times 4,8 \pm 0,2$, $Q_m = 1,01$, $n = 30$], ornamentação evidente em MOP, verrucosos em MEV; verrugas cilíndricas a colunares, médias, arredondadas no ápice; apículo proeminente. Basídios subglobosos a lageniformes, 12,0–17,3 × 6,3–8,5 µm, 3–6 esterigmas. Eucapilícios amarelados, de paredes retas com 3,8–6,3 µm diam., superfície incrustada, verrucosa, lúmen visível, ramificações ausentes. Camada micelial composta de hifas hialinas a amareladas, de paredes sinuosas e espessas (> 1 µm), com 2,5–10,6 µm diam., superfície não incrustada, lúmen visível, com ramificações, com ápice inflado. Camada fibrosa formada por hifas hialinas a esverdeadas, de paredes retas, com 3,1–5,2 µm diam., superfície incrustada, lúmen visível. Camada pseudoparenquimatosa consiste de hifas hialinas a amareladas, de parede espessa (>1 µm), subglobosas, alongadas a ovaladas, 40,6–95,2 × 29,2–72,3 µm.

Habitat: Solo argiloso coberto por liteira, madeira em decomposição e cupinzeiro.

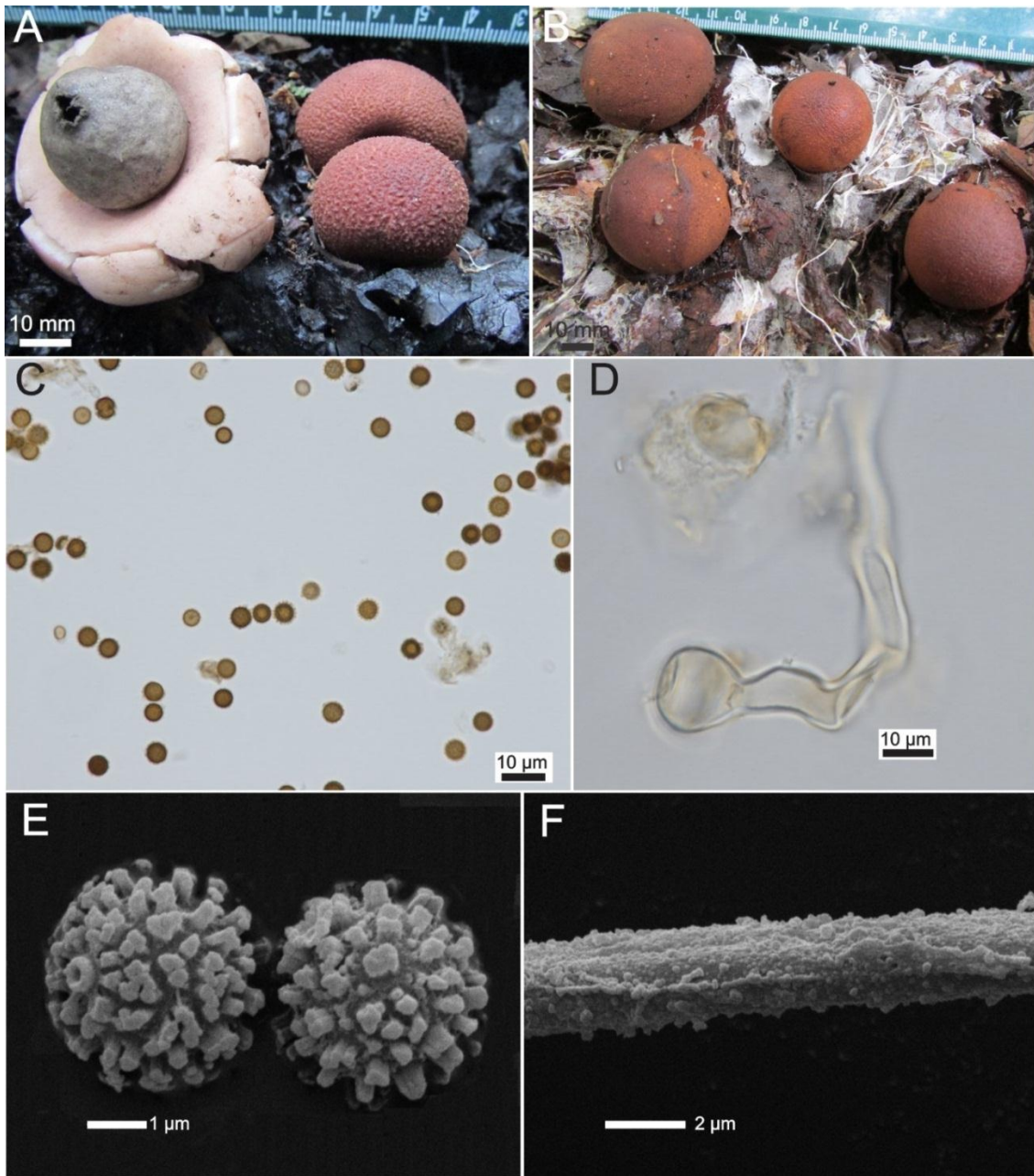
Hábito: Crescimento gregário ou solitário.

Material examinado: BRASIL – Paraíba, **Areia**, Parque Estadual Mata do Pau Ferro, Trilha do Cumbe, 15/VII/ 2013, col. Sousa, J.O. e Alfredo, D.S., JM29 (UFRN Fungos–2124). Trilha Engenho Triunfo, 06°59'04.4"S, 35°44'42.1" W, 586 m a.s.l, 17/VII/ 2013, col. Sousa, J.O.; Alfredo, D.S.; Lavor, P.R., JM49 (UFRN Fungos–2125). Trilha Engenho Triunfo, 17/VII/ 2013, col. Sousa, J.O.; Alfredo, D.S.; Lima, R.A., JM55 (UFRN Fungos–2126). Trilha Engenho Triunfo, 18/VII/ 2013, col. Sousa, J.O.; Alfredo, D.S.; Lima, R.A., JM58 (UFRN Fungos–2127).

Distribuição: América do Sul – BRASIL, estado do Amazonas e Bahia (SILVA et al., 2013).

Observações: *Geastrum echinulatum* é reconhecida por apresentar camada micelial equinulada, camada carnosa avermelhada, presença de subículo e peristômio fibriloso não delimitado. As amostras aqui descritas têm sua morfologia estreitamente relacionada a *G. echinulatum*. Contudo, há algumas variações morfológicas: os basidiosporos de *G. echinulatum* são levemente menores (3,8- 5 µm), como também os basidiomas apresentam menor largura (18-22 mm) e as hifas protuberantes do exoperídio são mais densamente organizadas. De acordo com Zamora et al. (2014a), esta espécie pode ser agrupada na seção Exareolata, contudo análises mais detalhadas são necessárias para confirma a posição de *G. echinulatum*. Outras espécies com hifas protuberantes no exoperídio são *Geastrum litchiforme* Desjardin e Hemmes e *Geastrum reticulatum* Desjardin e Hemmes, a primeira apresenta camada carnosa amarronzada e basidiosporos menores (até 3,8 µm), já a última apresenta peristômio regularmente sulcado delimitado (HEMMES e DESJARDIN, 2011). *Geastrum echinulatum* é morfológicamente semelhante à *Geastrum javanicum*, ambas apresentam subículo, peristômio fibriloso e camada carnosa avermelhada, no entanto *G. javanicum* apresenta camada micelial efêmera, coriácea normalmente formando um “cup” sob o basidioma e peristômio delimitado (CALONGE et al., 2005). Outra espécie próxima é *Geastrum aculeatum*, a qual se distingue pelo exoperídio com ornamentação aculeada, ausência de subículo e camada pseudoparenquimatosa acinzentada (SILVA et al., 2013). *Geastrum echinulatum* apresenta distribuição restrita ao território brasileiro até o momento.

Prancha 2. *Geastrum* aff. *echinulatum*. A: Basidioma expandido e basidioma imaturo sobre cupinzeiro. B: Basidiomas imaturos sobre subículo. C: MOP dos basidiosporos. D: Hifas da camada micelial com ápice inflado. E: MEV dos basidiosporos. F: MEV do capilício.



Geastrum entomophilum Fazolino, Calonge e Baseia 104: 450 (2008)

Etimologia: Em referência a coleópteros encontrados dentro da gleba dos espécimes tipo.

Descrição: Basidioma imaturo não observado. Basidioma expandido arqueado, 12–37 mm de altura × 21–52 mm de largura (incluindo peristômio). Exoperídio aberto formando 4–6 raios, arqueados a revolutos, recurvados sob o basidioma, não higroscópicos. Camada micelial dupla, porção externa branca (4A1) cotonosa, porção interna branco acinzentada (5B3), superfície papirácea, totalmente incrustada com sedimentos, se desprendendo irregularmente. Camada fibrosa branca (4A1), superfície coriácea. Camada pseudoparenquimatosa marrom escuro (7F3), rimosa, persistente. Endoperídio marrom acinzentado (6F3), depresso globoso a subgloboso 9–16 mm de altura × 14–20 mm largura (incluindo peristômio), séssil, superfície com hifas protuberantes. Apófise inconspícua. Pedicelo ausente. Peristômio fimbriado, tonando-se fibriloso com a idade, não delimitado, cônico, concolor com o endoperídio. Gleba marrom acinzentado (7F2).

Basidiosporos fortemente amarronzadas, globosos a subglobosos, $4,1-5,5 \times 4-5,3 \mu\text{m}$ [$x = 4,7 \pm 0,3 \times 4,6 \pm 0,3$, $Q_m = 1,02$, $n = 30$], ornamentação evidente em MOP, verrucoso em MEV; verrugas curtas a colunares, truncadas, aplanadas ou arredondadas no ápice; apículo reduzido. Basídios não visualizados. Eucapilícios fortemente amarronzadas, de paredes finas ($< 1 \mu\text{m}$), com $3,6-10,2 \mu\text{m}$ diam., superfície incrustada, lúmen visível, ramificações presentes. Camada micelial formada por hifas hialinas, com paredes finas ($< 1 \mu\text{m}$), $1,2-2,5 \mu\text{m}$ diam., superfície não incrustada, lúmen não evidente, ramificações ausentes. Camada fibrosa formada por hifas hialinas a esverdeadas, com paredes finas ($< 1 \mu\text{m}$), $3,1-7,6 \mu\text{m}$ diam., superfície não incrustada, lúmen visível. Camada pseudoparenquimatosa consiste de hifas amarronzadas, de parede espessa ($> 1 \mu\text{m}$), subglobosas, piriformes, alongadas a ovoides, $34,9-63,5 \times 24,1-50,8 \mu\text{m}$.

Habitat: Solo arenoso ou argiloso coberto por liteira.

Hábito: Crescimento gregário ou solitário.

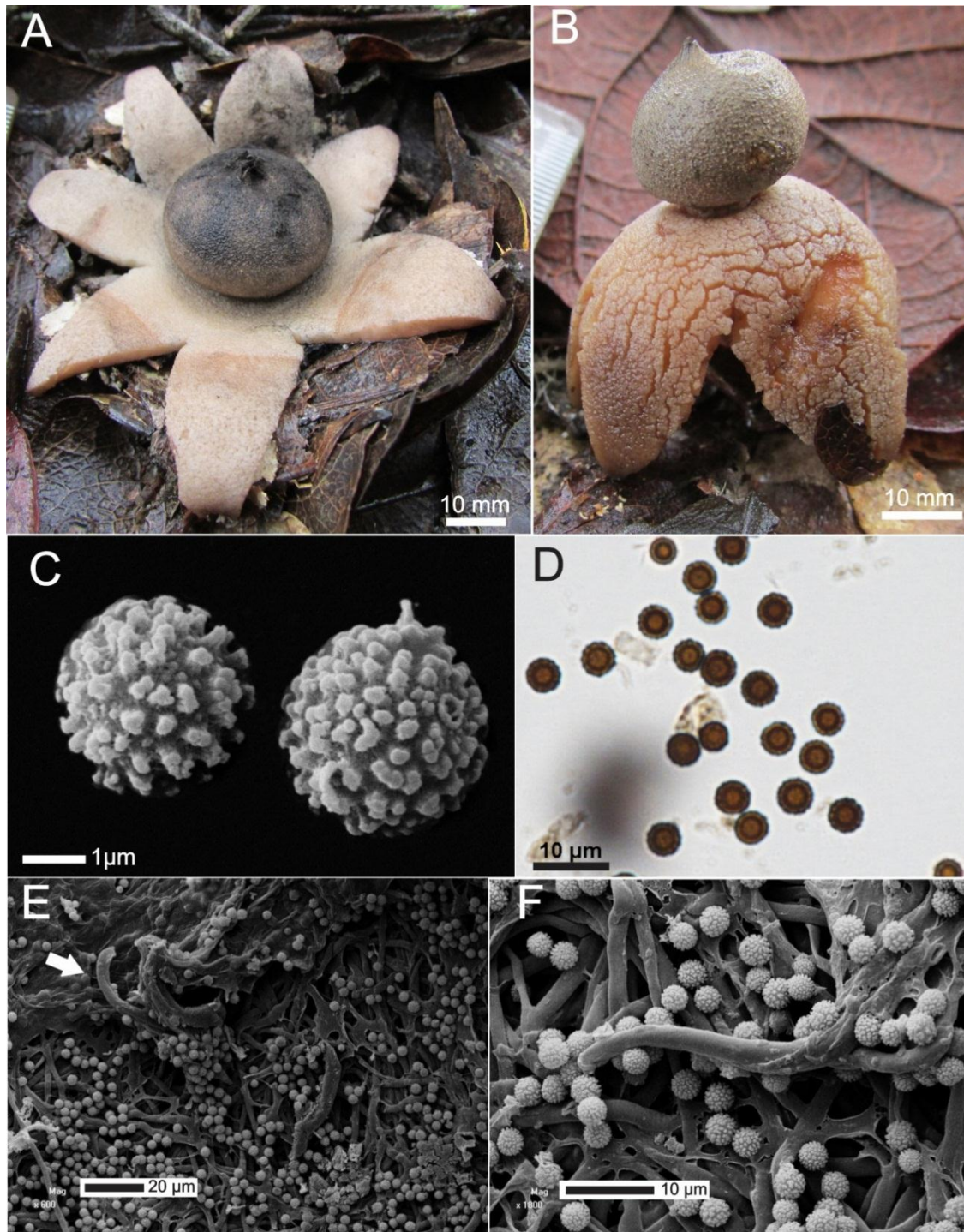
Material examinado: BRASIL – Paraíba, Mamanguape, SEMA II, REBIO Guaribas, 26/VI/2014, col. Sousa, J.O.; Nascimento. Y.M.; Souza, E., JM104 (UFRN Fungos – 2280). Areia, Mata do Pau Ferro, Trilha do Rio Pitu, 22/VII/2014, col. Sousa, J.O.; Alfredo, D.S.; Souza, E.J.; JM145 (UFRN Fungos – 2281). 23/VII/2014, Trilha

Engenho Triunfo, col. Sousa, J.O.; Alfredo, D.S.; Souza, E.J.; JM158 (UFRN Fungos – 2282).

Distribuição: América do Sul – BRASIL, Estado do Rio Grande do Norte (FAZOLINO et al., 2008), Pernambuco (TRIERVEILER-PEREIRA e BASEIA, 2010; TRIERVEILER-PEREIRA et al., 2011a), Paraíba (TRIERVEILER-PEREIRA et al., 2011a), Pará (LEITE et al., 2011).

Observações: Esta espécie é caracterizada por apresentar exoperídio arqueado, endoperídio sésstil, enegrecido, com hifas protuberantes vermiformes, peristômio fibriloso não delimitado. De acordo com Zamora et al. (2014a), esta espécie aproxima-se, em análises filogenéticas de máxima parcimônia, com *Geastrum hieronymi* Henn., porém não compondo um agrupamento bem suportado, como também podem diferenciar-se morfológicamente por *G. hieronymi* apresentar pedicelo e hifas endoperidiais não vermiformes. Outra espécie próxima filogeneticamente é *G. lloydianum*, porém esta espécie apresenta peristômio sulcado. *Geastrum fimbriatum*, *G. setiferum* e *G. campestre* também têm hifas protuberantes no endoperídio, contudo, essas hifas não apresentam morfologia vermiforme (PONCE DE LÉON, 1968; BASEIA e MILANEZ, 2002; BATES, 2004). *Geastrum setiferum*, particularmente, pode ser inicialmente confundido com *G. entomophilum*, pois também apresenta basidioma arqueado e endoperídio visivelmente ornamentado, porém essas espécies se diferenciam por *G. setiferum* possuir peristômio sulcado e hifas cimbfiformes no endoperídio (BASEIA e MILANEZ, 2002; FAZOLINO et al., 2008). *Geastrum rufescens* também apresenta hifas protuberantes no endoperídio e peristômio fibriloso não delimitado, sendo morfológicamente muito próximo a *G. entomophilum*, porém diferencia-se pela coloração mais clara do endoperídio, presença de pedicelo e ausência de hifas vermiformes no endoperídio (BATES, 2004; SUNHEDE, 1989). Até o momento, *G. entomophilum* foi encontrado especificamente em território brasileiro, apresentando distribuição restrita a região Norte e Nordeste deste país. Este o primeiro registro para a vegetação de Brejos de Altitude do estado da Paraíba.

Prancha 3 *Geastrum entomophilum*. A: Basidioma expandido com raios horizontalizando. B: Basidioma expandido com raios arqueados. C: MEV dos basidiosporos. D: MOP dos basidiosporos. E: MEV da superfície endoperidial, seta = hifa vermiforme. F: MEV da superfície endoperidial, com foco na hifa vermiforme.



Geastrum fimbriatum Fr., Syst. mycol. (Lundae) 3(1): 16 (1829)

Etimologia: Em referência ao peristômio fimbriado.

Descrição: Basidioma imaturo semi-hipógeo, branco alaranjado (5A2), subgloboso, 10–15 mm de altura × 10–17 mm de largura, superfície papirácea, com incrustações. Basidioma expandido saculiforme a arqueado, 7–29 mm de altura (incluindo peristômio) × 12–32 mm de largura. Exoperídio aberto formando 5–8 raios, horizontalizados a revolutos, se enrolando sob o basidioma, triangulares, não higroscópicos. Camada micelial laranja claro (5A4) a laranja acinzentado (5B4), superfície papirácea, incrustada, persistente ou se desprendendo com a idade. Camada fibrosa branco alaranjado (5A2; 6A2) a laranja pálido (6A3), superfície papirácea. Camada pseudoparenquimatosa marrom acinzentado (5D3; 6D3) a marrom (6E3), rimoso, persistente, colar inconspícuo, se desprendendo na base do raios em alguns basidiomas. Endoperídio subgloboso a piriforme, 6–13 mm de altura (incluindo peristômio) × 8–19 mm largura, séssil, superfície glabra, cinza amarronzado (6C3; 6D3), cinza alaranjado (6B2) a marrom (5E4). Apófise e pedicelo ausentes. Peristômio fibriloso a lacerado, não delimitado, mamiforme a aplanado, concolor com o endoperídio. Gleba marrom escuro (6F4).

Basidiosporos amarronzados, globosos a subglobosos, 5,1–6,3 × 4,8–6,3 µm [$x = 5,5 \pm 0,3 \times 5,3 \pm 0,3$, $Q_m = 1,04$, $n = 30$], ornamentação evidente em MOP, verrucosos em MEV; verrugas proeminentes (até 1,1 µm de altura), truncadas, aplanadas ou arredondadas no ápice; apículo discreto. Basídios não visualizados. Eucapilícios amarelados, de paredes finas (<1 µm), com 3,7–5,7 µm diam., superfície incrustada, levemente verrucosa, lúmen visível, ramificações ausentes. Camada micelial composta de hifas com paredes finas (<1 µm), 2,2–4,0 µm diam., superfície incrustada, lúmen presente, ramificações ausentes, hialinas. Camada fibrosa formada por hifas hialinas, com paredes espessas (>1 µm), 4,1–6,6 µm diam., superfície incrustada, lúmen visível, ramificações ausentes. Camada pseudoparenquimatosa consiste de hifas hialinas, de parede espessa (>1 µm), subglobosas a piriformes, 30,1–55,5 × 24,9–34,5 µm.

Habitat: Solo arenoso coberto por liteira.

Hábito: Crescimento gregário.

Material examinado: BRASIL – Paraíba, Mamanguape, REBIO Guaribas, 11/VII/2013, col. Sousa, J.O.; Silva, B.D.B.; Rodrigues, A.C.; Cruz, R.H.S.F., JM12 (UFRN Fungos – 2283). 25/VI/2014, col. Sousa, J.O.; Nascimento, Y.M.; Souza, E.,

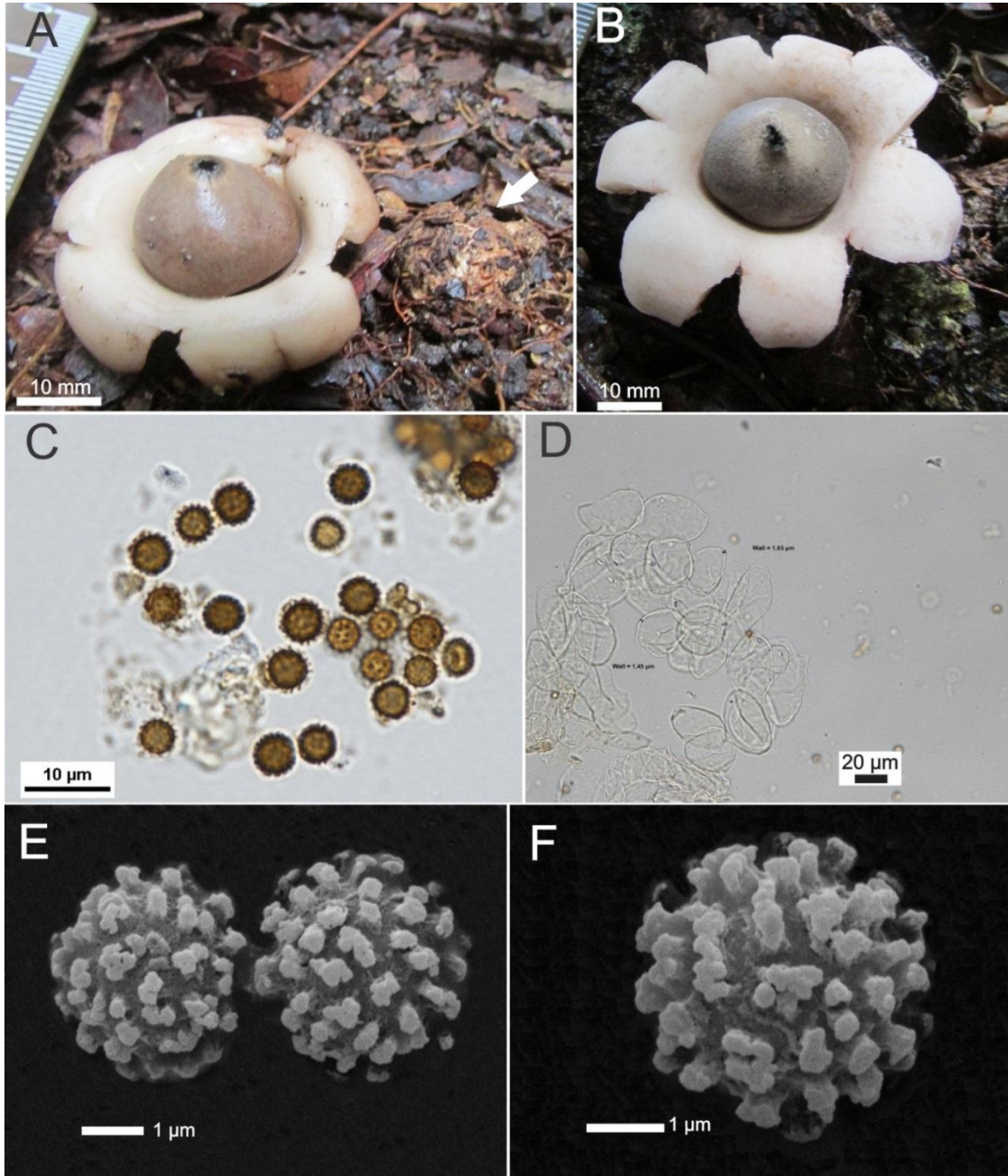
JM85 (UFRN Fungos – 2284). 25/VI/2014, col. Sousa, J.O.; Nascimento, Y.M.; Souza, E., JM86 (UFRN Fungos – 2285).

Distribuição: **América Central** – COSTA RICA (CALONGE et al., 2005); BOLÍVIA (CALONGE, et al., 2000); CUBA (SARACCADO, 1988), GUATEMALA (ARZÚ et al. 2012). **América do Norte** – ESTADOS UNIDOS (BATES, 2004); MÉXICO (ESQUEDA-VALLE et al. 1999, 2000; ESQUEDA et al. 2003, 2009; HERRERA et al., 2005). **América do Sul** – ARGENTINA (SOTO e WRIGHT, 2000; WRIGHT e ALBERTÓ, 2006; KUHAR et al., 2012a; CAFFOT et al., 2013); BRASIL, Estado da Bahia (TRIERVEILER-PEREIRA et al., 2009), Paraíba (TRIERVEILER-PEREIRA et al., 2011a), Pará (LEITE et al., 2011; TRIERVEILER-PEREIRA et al., 2011a), Pernambuco (LEITE et al., 2007; TRIERVEILER-PEREIRA et al., 2011a), Rio de Janeiro (BERKLEY e COOKE, 1876; HENNINGS, 1904b; SARCCADO, 1988), Rio Grande do Norte (SOUSA et al., 2014c), Rio Grande do Sul (RICK, 1961; Lazarotto et al., 20140). **Ásia** – CHINA (LIU, 1984); BOLÍVIA (CALONGE et al., 2000); **Europa** – ESPANHA (CALONGE, 1998), HUNGRIA, LITUÂNIA (SUNHEDE, 1989); INGLATERRA (PEGLER et al.,1995). **Havaí** (HEMMES e DESJARDIN, 2011). **Oceania** - AUSTRÁLIA (GRGURINOVIC, 1997).

Observações: Esta espécie distingue-se por possuir peristômio fibriloso não delimitado, camada micelial incrustada, endoperídio subséssil com hifas protuberantes. De acordo com Zamora et al. (2014a), *G. fimbriatum* constitui a seção *Fimbriata*, sendo próxima filogeneticamente da seção *Fornicata*, a qual engloba espécies como *Geastrum setiferum* e *G. fornicatum*. Contudo, *G. fornicatum* apresenta camada micelial efêmera formando uma taça sob o basidioma, enquanto *G. setiferum* diferencia-se por apresentar superfície do endoperídio coberta por setas cimbiformes e peristômio sulcado (BASEIA e MILANEZ, 2002; BATES, 2004). Esta espécie tem morfologia muito próxima a *Geastrum rusticum*, porém a última apresenta camada micelial cotonosa, camada fibrosa coriácea, endoperídio glabro e basidiosporos com ornamentação distinta (CABRAL et al., 2014b). Outra espécie muito similar morfológicamente é *Geastrum rufescens*, a qual se diferencia por apresentar basidiomas geralmente maiores (25 – 55 mm de largura), basidiomas arqueados e endoperídio pedicelado com hifas protuberantes proeminentes (BATES, 2004; ZAMORA et al., 2014a). As amostras aqui analisadas apresentaram basidiosporos maiores do que as analisadas por Bates (2004) (3,2-4,0 µm, Estados Unidos), Kuhar et al. (2012) (3,5-4,0 µm, Argentina), Trierveiler-Pereira et al. (2011a)

(4-5 μm , Brasil) e Sunhede (1989) (3,5-4,0 μm , Europa Nórdica). Este é o primeiro registro para a Mata Atlântica paraibana.

Prancha 4. *Geastrum fimbriatum*. A: Basidioma expandido, seta = basidioma imaturo semi-hipógeo. B: Basidioma expandido. C: MOP dos basidiosporos. D: MOP da camada pseudoparenquimatosa, hifas com paredes espessas. E-F: MEV dos basidiosporos.



Geastrum floriforme Vittad., Monographia Lycoperdineorum 23 (1842)

Etimologia: Em referência ao basidioma em forma de flor.

Descrição: Basidioma imaturo não observado. Basidioma expandido saculiforme 12 mm de altura × 10 mm de largura (incluindo peristômio). Exoperídio aberto formando 9 raios, involutos, recurvados acima do endoperídio, se dividindo nas pontas, fortemente higroscópicos. Camada micelial amarelada (5D4), efêmera, com alguns remanescentes aderidos a camada fibrosa. Camada fibrosa laranja claro (5A2), superfície coriácea. Camada pseudoparenquimatosa marrom (6F4), glabra persistente. Endoperídio depresso globoso 6 mm de altura × 9 mm largura (incluindo peristômio), séssil, superfície furfurácea, marrom (6E4). Apófise e pedicelo ausentes. Peristômio fibriloso, tornando-se lacerado com a idade, não delimitado, mamiforme (< 1 mm), concolor com o endoperídio. Gleba marrom amarelada (5E4).

Basidiosporos amarronzados a amarelados, globosos a subglobosos, 4,8–7,1 × 4,6–6,8 µm [$x = 6,1 \pm 0,7 \times 5,9 \pm 0,6$, $Q_m = 1,01$, $n = 30$], ornamentação evidente em MOP, densamente verrucoso em MEV; verrugas irregulares, fortemente truncadas, com ápice aplanado ou confluyente; apículo não visualizado. Basídios não visualizados. Eucapilícios amarelados, com 3,6–5,1 µm diam., de paredes retas, finas (< 1 µm), superfície não incrustada, verrucosa, lúmen visível, ramificações ausentes. Camada micelial ausente. Camada fibrosa formada por hifas amareladas a hialinas, de paredes espessas (> 1 µm), 3,5–7,0 µm diam., superfície não incrustada, lúmen visível. Camada pseudoparenquimatosa consiste de hifas hialinas a amareladas, de parede espessa (> 1 µm), subglobosas, 16,7–33,6 × 12,6–22,0 µm, de altura.

Habitat: Solo arenoso.

Hábito: Crescimento solitário.

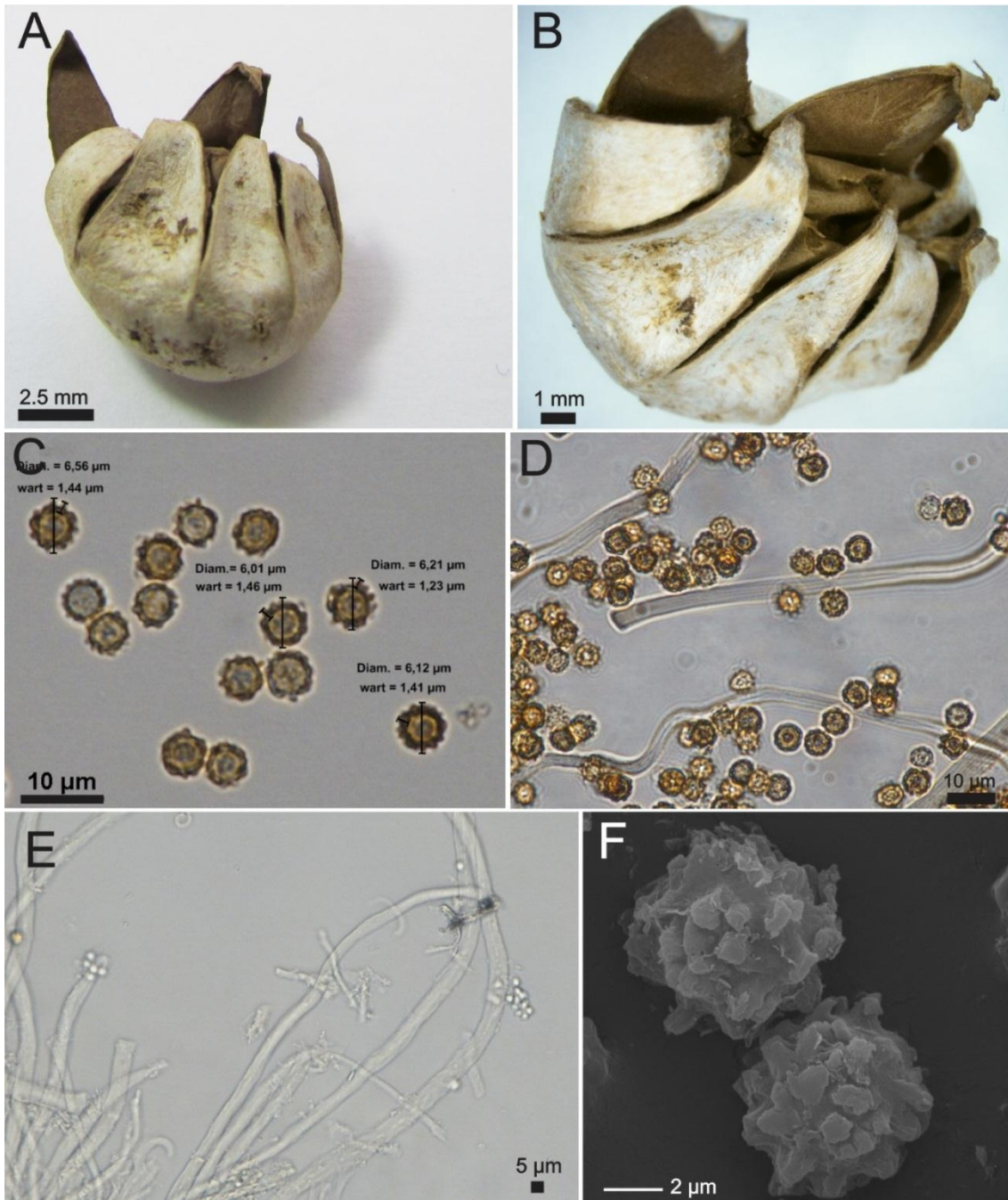
Material examinado: BRASIL – Pernambuco, Buíque, Parque Nacional Vale do Catimbau, 21/VII/ 2007, col. Ottoni T.B.S., (UFRN Fungos– 1278).

Distribuição: África– ÁFRICA DO SUL (BOTTOMLEY, 1948). América do Norte – ESTADOS UNIDOS (BATES, 2004); MÉXICO (ESQUEDA, et al. 2002, 2009). América do Sul– ARGENTINA (DOMINNGUEZ DE TOLEDO, 1989; SOUTO e WRIGHT, 2000; KUHAR et al., 2012a); BRASIL, Estado de Pernambuco (SOUSA, et al., 2014), CHILE (LAZO, 1972). Ásia – CHINA (LIU, 1984). Europa – ESPANHA (CALONGE, 1998); FINLÂNDIA (SUNHEDE, 1989); INGLATERRA (PEGLER et al., 1995); SUÉCIA (SUNHEDE, 1989; CARLSSON et al. 2008; JEPSON et al.,

2013). **Havaí** – (HEMMES e DESJARDIN, 2011). **Oceania** – AUSTRÁLIA (GRGURINOVIC, 1997); NOVA ZELÂNDIA (CUNNINGHAM, 1944).

Observações: *Geastrum floriforme* é caracterizado pelo exoperídio fortemente higroscópico, peristômio fibriloso não delimitado, endoperídio sésil furfuráceo e camada micelial efêmera. De acordo com Zamora et al. (2014a) esta espécie compõe a seção *Papillata*, a qual também inclui a espécie *Geastrum pseudolimbatum* Hollós. Ambas espécies apresentam raios higroscópicos, peristômio fibriloso e endoperídio com hifas protuberantes, porém *G. pseudolimbatum* se diferencia de *G. floriforme* por apresentar pedicelo e peristômio delimitado (SUNHEDE, 1989; BATES, 2004). *Geastrum hungaricum* Hollós também apresenta morfologia semelhante *G. floriforme*, as duas espécies têm raios higroscópicos, peristômio fibriloso e camada micelial incrustada com sedimentos, porém *G. hungaricum* diferencia-se por possuir peristômio distintamente delimitado, endoperídio pruinoso e basidiomas menores (até 10 mm de largura) (SUNHEDE, 1989; BATES, 2004; HEMMES e DESJARDIN, 2011). Outras espécies próximas morfologicamente a *Geastrum floriforme* são *G. campestre*, *G. corollinum* (Batsch) Hollós e *G. kotlabae* V.J. Staněk, as quais também apresentam raios fortemente higroscópicos, característica observada em espécies que ocorrem em ambientes secos (JEPPSON et al., 2013). Contudo, *Geastrum corollinum* distingue-se por exibir peristômio distintamente delimitado, camada micelial livre de incrustações, pedicelo e esporos menores (até 5 µm diam.); *G. kotlabae* pode ser diferenciado pelo peristômio sulcado e endoperídio verrucoso; enquanto *Geastrum campestre* apresenta peristômio sulcado delimitado e pedicelo (SUNHEDE, 1989; PEGLER, et al., 1995; CALONGE, 1998; BATES, 2004). *Geastrum floriforme* exibe distribuição cosmopolita, sendo este o primeiro registro para o Brasil.

Prancha 5. *Geastrum floriforme*. A-B: Basidioma expandido. C-D: MOP dos basidiosporos. E: MOP da camada fibrosa. F: MEV dos basidiosporos.



Geastrum hieronymi Henn. Hedwigia 36: 211 (1897)

Etimologia: Em referência botânico alemão George Hans Emmo Wolfgang Hieronymus, estudioso da flora sul-americana e ex editor da revista botânica “Hedwigia”.

Descrição: Basidioma imaturo não observado. Basidioma expandido arqueado, 12–19 mm de altura (incluindo peristômio) × 10–17 mm de largura. Exoperídio aberto formando 7–6 raios, arqueados a involutos, se enrolando sob o endoperídio, semi-higroscópicos. Camada micelial branco alaranjada (5A2), superfície cotonosa, totalmente incrustada, persistente ou se desprendendo com a idade. Camada fibrosa branco amarelada (4A2), superfície coriácea. Camada pseudoparenquimatosa marrom escura (6F5), não persistente em alguns basidiomas, se desprendendo irregularmente. Endoperídio laranja acinzentado (5C3), subgloboso, 5–9 mm de altura (incluindo peristômio) × 9–11 mm largura, pedicelado, superfície com hifas protuberantes. Apófise glabra, concolor com o endoperídio. Pedicelo curto, mais claro que o endoperídio. Peristômio fimbriado a lacerado com a idade, não delimitado, mamiforme a aplanado, concolor com o endoperídio. Gleba marrom escura (6F5).

Basidiosporos amarronzados, globosos a subglobosos, $5,5-7,0 \times 5,2-6,7 \mu\text{m}$ [$x = 6,4 \pm 0,3 \times 6,2 \pm 0,3$, $Q_m = 1,02$, $n = 30$], ornamentação evidente em MOP, densamente verrucoso em MEV; verrugas proeminentes (até 1,2 μm de altura), triangulares. Basídios não visualizados. Eucapilícios amarelados, de paredes finas ($<1 \mu\text{m}$), com 2,5–5,0 μm diam., superfície incrustada, glabra, lúmen visível, ramificações ausentes. Camada micelial composta de hifas com paredes finas ($<1 \mu\text{m}$), 2,2–3,9 μm diam., superfície incrustada, lúmen presente, com ramificações, hialinas. Camada fibrosa formada por hifas hialinas a amareladas, com paredes finas ($<1 \mu\text{m}$), 3,8–6,5 μm diam., superfície incrustada, lúmen visível, com ramificações. Camada pseudoparenquimatosa consiste de hifas hialinas, com parede espessa ($>1 \mu\text{m}$), subglobosas a piriformes, colapsadas. Endoperídio com hifas protuberantes.

Habitat: Solo arenoso.

Hábito: Crescimento gregário.

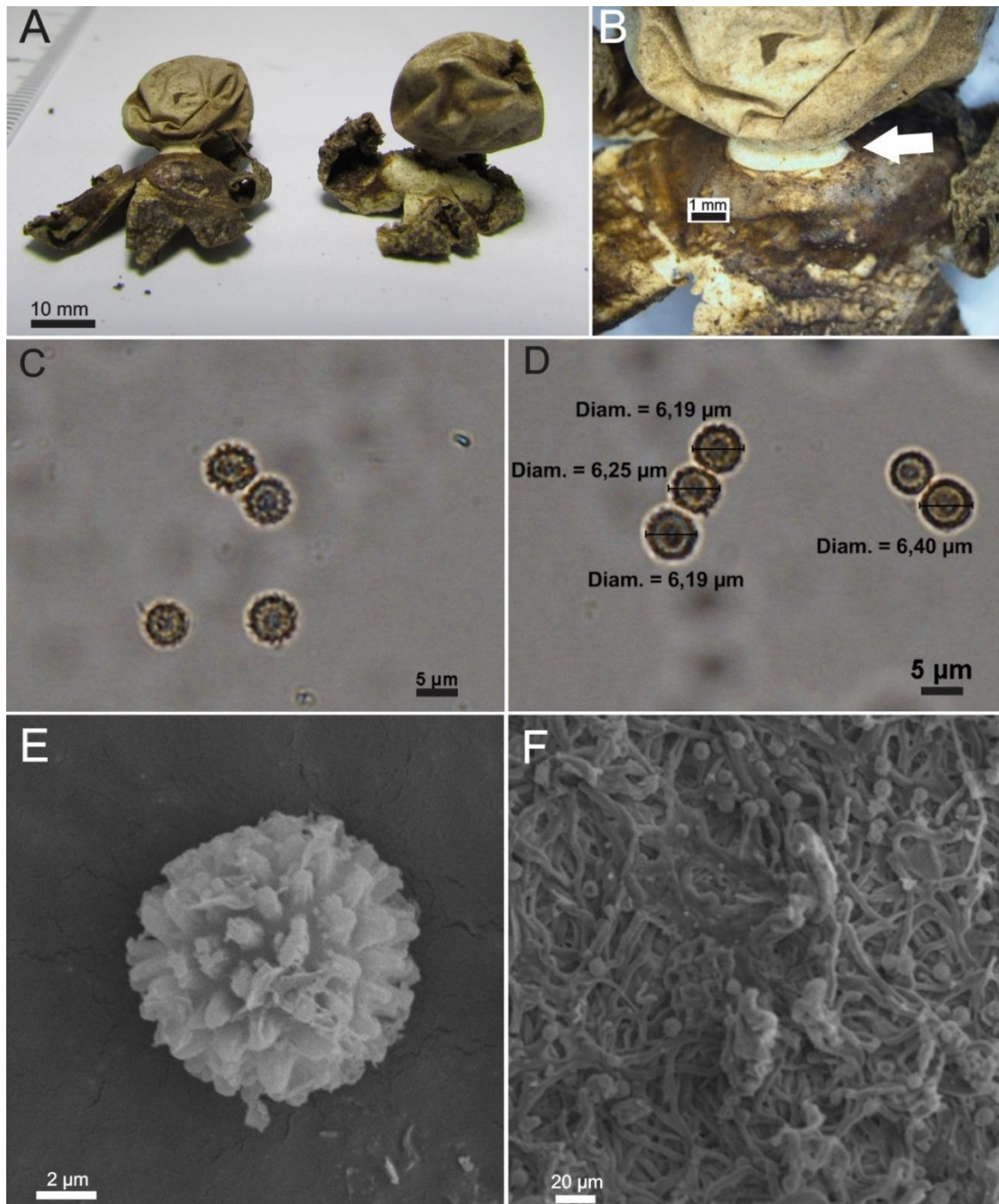
Material examinado: BRASIL – Pernambuco, Buíque, Parque Nacional Vale do Catimbau, 23/VII/ 2007, col. Ottoni T.B.S., (UFRN Fungos– 1277).

Distribuição: América do Norte – ESTADOS UNIDOS (BATES, 2004). América do Sul – ARGENTINA (DOMINGUEZ DE TOLEDO, 1989; DIOS et al., 2011; KUHAR

et al., 2012a); BRASIL, Estado de Pernambuco (LEITE et al., 2007), Bahia (TRIERVEILER-PEREIRA et al., 2009).

Observações: Esta espécie é caracterizada pelos basidiomas arqueados, camada micelial incrustada, endoperídio pedicelado com hifas protuberantes, peristômio fibriloso não delimitado e basidiosporos densamente verrucosos. De acordo com Zamora et al. (2014a), esta espécie constitui a seção *Hieronimya*, sendo relacionada filogeneticamente com *G. entomophilum* em análises filogenéticas de parcimônia. *Geastrum campestre* apresenta morfologia próxima a *G. hieronymi*, ambas apresentam camada micelial incrustada com sedimentos, raios involutos e pedicelo, mas *G. campestre* pode ser distinguido por apresentar peristômio sulcado delimitado, endoperídio verrucoso, raios fortemente higroscópicos e basidiosporos maiores (até 8 µm diam.) (BATES, 2004; SUNHEDE, 1989). Outras espécies similares morfológicamente são *Geastrum lloydianum* e *G. entomophilum*, ambas também apresentam endoperídio com hifas protuberantes. Porém, a primeira se diferencia pelo peristômio sulcado delimitado, enquanto a última possui endoperídio sésil com hifas vermiformes e basidiosporos menores (até 5 µm diam.) (FAZOLINO et al., 2008; TRIERVEILER-PEREIRA et al., 2011). Adicionalmente, outra espécie que pode ser confundida, a primeira vista, é *Geastrum arenarium* Lloyd, ambas apresentam camada micelial incrustada com sedimentos, raios involutos e peristômio fibriloso e hifas protuberantes do endoperídio. Contudo, *G. arenarium* apresenta peristômio delimitado e basidiosporos menores (até 4 µm) (BATES, 2004; KUHAR et al., 2012a). As amostras aqui analisadas apresentaram basidiosporos maiores do que as analisadas por Bates (2004) (4,0-4,8 µm, Estados Unidos), Kuhar et al. (2012) (3,5-4,5 µm, Argentina) e Leite et al. (2007) (3-5 µm, Brasil). Esta espécie apresenta distribuição restrita ao continente americano e africano, sendo este o segundo registro para o estado de Pernambuco.

Prancha 6. *Geastrum hieronymi*. A: Basidioma expandido. B: Detalhe do basidioma expandido, seta = pedicelo. C-D: MOP dos basidiosporos. E: MEV dos basidiosporo. F: MEV das superfície endoperidial.



Geastrum hirsutum Baseia e Calonge, Mycotaxon 95: 302 (2006)

Etimologia: Em referência ao exoperídio com pelos.

Descrição: Basidioma imaturo epígeo, amarelado (5D4) a marrom (6E5), subgloboso a piriforme, 6 – 8,8 mm de altura × 4 – 6 mm de largura superfície recoberta por pelos rígidos, alongados (1–3 mm), crescendo sobre subículo branco, cespitosos ou não. Basidioma expandido saculiforme, 4–26 mm de altura (incluindo peristômio) × 8–23 mm de largura. Exoperídio aberto formando 5–8 raios, triangulares, saculiformes a revolutos, não higroscópicos. Camada micelial, superfície laranja acinzentado (5B3), marrom amarelado (5D5) a marrom escuro (6F5), hirsuta, superfície totalmente recoberta por pelos rígidos, alongados (1–2 mm) de coloração marrom (6F5), os quais se desprendem com a idade, incrustações ausentes, persistente. Camada fibrosa branco alaranjada (5A2) a amarelo pálida (4A3), papirácea. Camada pseudoparenquimatosa marrom (6E4), amarelada (5D4) a marrom (5E5), persistente. Endoperídio laranja amarronzado (5C3) a marrom acinzentado (5D3, 6D3), subgloboso a depresso globoso, 2–6 mm de altura (incluindo peristômio) × 3 –6 mm largura, séssil, glabro. Peristômio finamente fimbriado, distintamente delimitado, delimitação amarelo pálido (4FE) a marrom (6F4), mais claro ou mais escuro que o endoperídio, aplanado a cônico (até 2,2 mm de altura). Gleba marrom (6E4).

Basidiosporos hialinos a amarelados, globosos, 2,5–3,5 × 2,7–3,5 μm [$x = 3,0 \pm 0,2 \times 3,1 \pm 0,2$, $Q_m = 1,00$, $n = 30$], ornamentação inconspícua em MOP, verrucoso em MEV; verrugas curtas (até 0,4 μm); apículo curto. Basídios não visualizados. Eucapilícios amarelados amarronzados, de paredes finas (<1 μm), com 2,0–5,0 μm diam., superfície levemente incrustada, com ramificações, lúmen visível,. Camada micelial composta de hifas hialinas a amareladas, de paredes finas (<1 μm), com 2,5–5,0 μm diam., lúmen visível. Pelos formados por conjunto de hifas entrelaçadas amarronzadas, com 30 – 48,2 μm . Camada fibrosa formada por hifas hialinas, de paredes finas (< 1 μm), com 2,5–4,0 μm diam., lúmen visível,. Camada pseudoparenquimatosa consiste de hifas hialinas, de parede espessas (>1 μm), subglobosas, alongadas, ovaladas a piriformes, 24,1–67,3 × 15,2–34,2 μm .

Habitat: Solo argiloso coberto por liteira.

Hábito: crescimento solitário ou gregário.

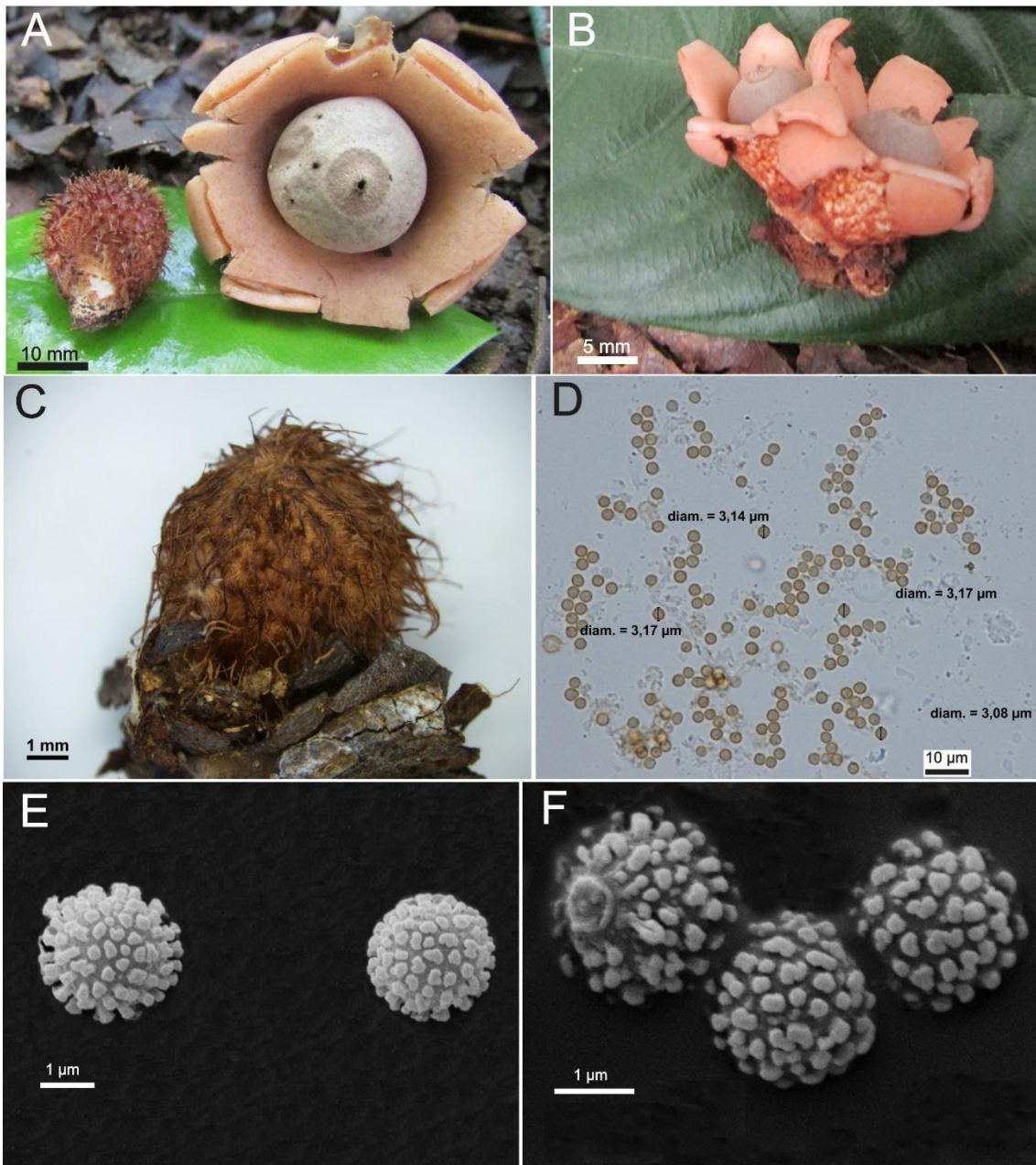
Material examinado: BRASIL – Paraíba, **Areia**, Mata do Pau Ferro, Trilha Boa Vista, 16/VII/2013, col. Sousa, J.O. e Alfredo, D.S., JM45 (UFRN Fungos – 2131). Trilha

Engenho Triunfo, 18/VII/2013, col. Sousa, J.O. e Alfredo, D.S., JM63 (UFRN Fungos – 2132). **Mamanguape**, REBIO Guaribas, SEMA II, 26/VI/ 2014, col. Sousa, J.O.; Nascimento, Y.M.; Souza, E., JM101 (UFRN Fungos – 2286). JM106 (UFRN Fungos – 2287). JM107 (UFRN Fungos – 2288).

Distribuição: **América do Sul** – BRASIL, estado do Pará (SOTÃO et al. 2009), Pernambuco (BASEIA e CALONGE, 2006; TRIERVEILER-PEREIRA et al., 2011a), Paraíba (SOUSA et al., 2014a).

Observações: Esta espécie se distingue das demais espécies do gênero *Geastrum* por apresentar camada micelial com pelos longos (até 3 mm) e escuros não persistentes, peristômio fibriloso delimitado, basidioma saculiforme e basidiosporos pequenos ($x = 3,1 \mu\text{m}$), com verrugas curtas de ápice arredondado. Outras espécies no gênero *Geastrum* apresentam porção externa do exoperídio ornamentada com hifas protuberantes como *G. aculeatum*, *G. albonigrum*, *G. echinulatum*, *G. schweinitzii* e *G. litchiforme*, porém essas espécies diferem na morfologia das hifas protuberantes. Além disso, *G. aculeatum*, *G. albonigrum* e *G. echinulatum* possuem peristômio não delimitado e basidiosporos maiores (até $7,5 \mu\text{m}$, $5 \mu\text{m}$ e $5 \mu\text{m}$, respectivamente) (SILVA et al., 2013; SOUSA et al., 2014d). *Geastrum schweinitzii* apresenta basidiomas menores (até 20 mm) e basidiosporos maiores (até $4,2 \mu\text{m}$) (CORTEZ et al., 2008a), enquanto *G. litchiforme* apresenta camada micelial efêmera e peristômio não delimitado (HEMMES e DESJARDIN, 2011). *Geastrum hirsutum* vêm sendo envolvido com problemas taxonômicos e nomenclaturais nos últimos anos. Esta espécie foi sinonimizada com *Geastrum trichifer* Rick, a qual também apresenta exoperídio hirsuto. Contudo, análises morfológicas aprofundadas dos tipos demonstraram distinções significativas no tamanho e ornamentação dos basidiosporos: *G. trichifer* (lectótico, BPI 607086) apresenta basidiosporos com até $6,3 \mu\text{m}$, enquanto *G. hirsutum* (holótipo, UFRN-Fungos 245) com até $4,8 \mu\text{m}$. Além disso, uma análise da descrição original de *G. trichifer*, demonstrou tratar-se de um “nomen nudum” (Art.38 Ex.1, Rec. 50B), em razão da ausência de um protólogo válido. Fazendo-nos considerar que exsicatas de *Geastrum* com o exoperídio hirsuto podem estar relacionadas em complexos de espécies dentro do gênero, o que somente poderá ser reforçado mediante estudos moleculares. *Geastrum hirsutum* tem distribuição restrita à América do Sul, sendo este o primeiro registro para o estado da Paraíba.

Prancha 7. *Geastrum hirsutum*. A: Basidiomas expandido e imaturo. B: Basidioma expandido com crescimento cespitoso. C: Detalhe do pelo do exoperídio. D: MOP dos basidiosporos. E-F: MEV dos basidiosporos.



Geastrum javanicum Lév., Anns Sci. Nat., Bot., sér., 3: 161, (1846)

Etimologia: Em referência ao local de coleta dos espécimes tipos, Ilhas de Java-Indonésia.

Descrição: Basidioma imaturo epígeo, laranja avermelhado (7C8) quando fresco, laranja acinzentado (5B2) a laranja amarronzado (5C3) quando seco, subgloboso, ovoide a depresso globoso, 9–22 mm de altura × 8–20 mm de largura, com ápice umbunado, superfície não incrustada, coriácea levemente velutínea, rizomorfo aderido, crescendo sobre subículo branco. Basidioma expandido saculiforme 12–17 mm de altura (incluindo peristômio) × 22–28 mm de largura. Exoperídio aberto formando 6–9 raios, revolutos a involutos triangulares, não higroscópicos. Camada micelial laranja amarronzada (5C3; 5C4) a amarelada (5D4), superfície coriácea, velutínea, não incrustada, não persistente, se desprendendo com a idade formando um “cup” sob o basidioma. Camada fibrosa branco amarelada (4A2), coriácea. Camada pseudoparenquimatosa laranja amarronzada (5C3), persistente, glabra. Endoperídio marrom acinzentado (6D3; 6F3), subgloboso, 10–15 mm de altura (incluindo peristômio) × 12–13 mm largura, séssil, glabro. Apófise e pedicelo ausentes. Peristômio finamente fimbriado, distintamente delimitado, delimitação branco alaranjada (5A2), mais escuro que o endoperídio, cônico (até 2 mm de altura). Gleba marrom escura (7F4).

Basidiosporos marrom escuro, globosos a subglobosos, (3,9) 4,5 –5,7 × (3,8) 4,5 –5,7 µm [$x = 5,2 \pm 0,3 \times 5,3 \pm 0,3$, $Q_m = 1,02$, $n = 30$], ornamentação levemente conspícua em MOP. Verrucosos em MEV; verrugas curtas, arredondas no ápice, densamente organizadas; ápulo curto. Basídios clavados, 20 × 6,5–7,0 µm, 6 esterigmas. Eucapilícios amarronzados, de paredes retas e finas (< 1 µm), com 3,8–6,3 µm diam., não incrustada, lúmen não evidente, ramificações ausentes. Camada micelial composta de hifas hialinas a amareladas, com 6,3–10,6 µm diam., algumas com ápice inflado, lúmen presente, com ramificações. Camada fibrosa formada por hifas hialinas a amareladas, com 3,5–5,0 µm diam., paredes finas (<1 µm), lúmen não evidente, ramificações ausentes, incrustadas. Camada pseudoparenquimatosa consiste de hifas amarronzadas, de paredes finas (<1 µm), globosas, piriformes a ovaladas, 20,3–53,3 × 16,4–38,1 µm,.

Habitat: Solo argiloso ou arenoso coberto por liteira.

Hábito: Crescimento gregário.

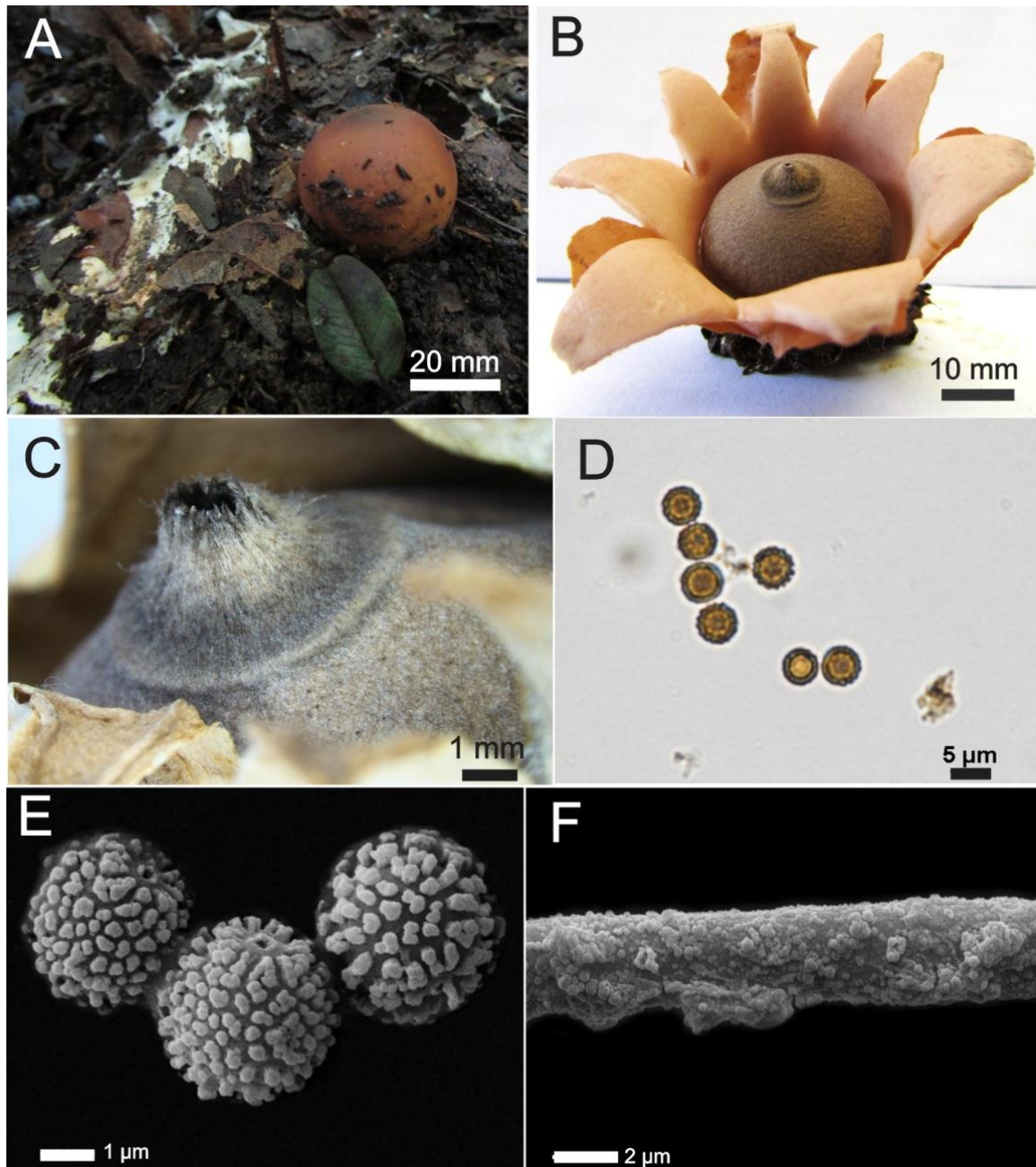
Material examinado: BRASIL – Paraíba, **Areia**, Mata do Pau Ferro, Trilha Boa Vista, 6°58'1.30"S, 35°44'55.11"W, 598 m a. n. m., 16/VII/2013, col. Sousa, J.O. e Alfredo, D.S., JM42 (UFRN Fungos – 2134). Trilha do Cumbe, 21/VII/2014, col. Sousa, J.O.; Alfredo, D.S.; Souza, E.J., JM122 (UFRN Fungos – 2289). JM123 (UFRN Fungos – 2290). Trilha Rio Pitu, 22/VII/2014, col., Sousa, J.O.; Alfredo, D.S.; Souza, E.J., JM143 (UFRN Fungos – 2291). 06°58'31.01"S, 35°44'53.6"W, 546 m a. n. m, 22/VII/2014, col., Sousa, J.O.; Alfredo, D.S.; Souza, E.J., JM152 (UFRN Fungos – 2292). Trilha Engenho Triunfo, 23/VII/2014, col., Sousa, J.O.; Alfredo, D.S.; Souza, E.J., JM153 (UFRN Fungos – 2293). **Mamanguape**, REBIO Guaribas, SEMA II, 6°44'20.05"S, 35°8'17.11"W, 180 m a. n. m., 11/VII/2013, col. Sousa, J.O.; Silva, B.D.B.; Rodrigues, A.C.; Cruz, R.H.S.F., JM27 (UFRN Fungos – 2133). 25/VI/2014, col. Sousa, J.O.

Distribuição: **África** – ILHAS MASCARENHAS (Kriesel e Hausknecht, 2002); **América Central** – COSTA RICA (CALONGE et al., 2005); CUBA (GUBE e PIPEBRING, 2009), REPÚBLICA DOMINICANA (GUBE e PIPEBRING, 2009). **América do Norte** – MÉXICO (HERRERA et al., 2005). **América do Sul** – BRASIL, estado do Amazonas (LEITE et al., 2011), Pará (SOTÃO et al., 2009), Ceará, Paraíba e Rio Grande do Norte (SOUSA et al., 2014c); VENEZUELA (CALONGE e VERDE, 1996). **Ásia** – CHINA (LIU, 1984). **Havaí** (HEMMES e DESJARDIN, 2011; SMITH e PONCE-DE-LÉON, 1982).

Observações: Esta espécie é caracterizada pelo basidioma saculiforme, peristômio delimitado, presença de subículo, camada carnosa avermelhada, camada micelial velutínea, coriácea efêmera, formando um “cup” sob o basidioma. Esta espécie pode ser confundida com *Geastrum echinulatum* e *Geastrum argentinum* os quais também apresentam camada carnosa avermelhada a rosada e subículo. Porém, a primeira apresenta exoperídio equinulado, peristômio não delimitado e camada micelial persistente, enquanto a última é bastante relacionada morfologicamente, sendo distinguida apenas pelo peristômio não delimitado (SILVA et al., 2013; ZAMORA et al., 2013b). Outra espécie com morfologia similar é *Geastrum pleosporus* Douanla-Meli, a qual se diferencia pela forma de seus basidiosporos (DOUANLA-MELI et al., 2005). Problemas taxonômicos envolvendo a identificação de *Geastrum javanicum* são evidentes. Características como delimitação do peristômio e sua sinonimização com *Geastrum velutinum* Morgan permanecem incertas, o que demonstra a clara necessidade

de uma revisão morfológica e análises filogenéticas com o tipo desta espécie (ZAMORA et al., 2013b). *Geastrum javanicum* apresenta distribuição tropical, sendo este o primeiro registro para os “Brejos Paraibanos”.

Prancha 8. *Geastrum javanicum*. A: Basidioma imaturo sobre subcículo esbranquiçado. B: Basidioma expandido saculiforme. C: Peristômio. D: MOP dos basidiosporos. E: MEV dos basidiosporos. F: MEV do capilício.



Geastrum lageniforme Vittad. Monograph Lyc. 16 (1842)

Etimologia: Em referência à forma de garrafa dos basidiomas imaturos.

Descrição: Basidioma imaturo não observado. Basidioma expandido saculiforme, 7–12 mm de altura (incluindo peristômio) × 12–30 mm de largura. Exoperídio aberto formando 6–7 raios, revolutos, se enrolando abaixo do basidioma, longos, afinando-se nas pontas, com aspecto araquinóide, não higroscópicos. Camada micelial marrom acinzentada (5F3), superfície papirácea, não incrustada, persistente ou se desprendendo com a idade formando distintas ranhuras longitudinais. Camada fibrosa amarelo pálida (4A3) a laranja pálida (5A3), superfície papirácea. Camada pseudoparenquimatosa marrom clara (6D4) a marrom (6E4), persistente, se desprendendo a partir da base dos raios em alguns basidiomas. Endoperídio cinza amarronzado (5C2) a laranja amarronzado (5C3), depresso globoso a subgloboso, 7–13 mm de altura (incluindo peristômio) × 5–20 mm largura, séssil, superfície glabra. Apófise e pedicelo ausentes. Peristômio finamente fimbriado, distintamente delimitado, mamiforme a cônico, mais escuro que o endoperídio. Gleba marrom escura (6F4).

Basidiosporos amarronzados, globosos a subglobosos, 4,6–5,5 × 4,4–5,5 µm [$x = 5,0 \pm 0,2 \times 4,9 \pm 0,2$, $Q_m = 1,02$, $n = 30$], ornamentação evidente em MOP, verrucoso em MEV; verrugas proeminente (até 1,2 µm de altura), colunares, aplanadas no ápice, pouco truncadas; apículo presente. Eucapilícios levemente amarronzados, de paredes finas (<1 µm), com 4,0–6,2 µm de diam., superfície incrustada, lúmen visível, ramificações presentes. Camada micelial composta de hifas hialinas, de paredes finas (< 1 µm), com 1,2–4,3 µm diam., superfície não incrustada, lúmen não visível, com ramificações. Camada fibrosa formada por hifas hialinas, de paredes finas (< 1 µm), 4,2–7,0 µm diam., superfície incrustada, lúmen visível, ramificações ausentes. Camada pseudoparenquimatosa consiste de hifas hialinas, de parede espessa (>1 µm), subglobosas, piriformes a ovais, 25,0–82,0 × 15,0–53,3 µm.

Habitat: Solo argiloso ou arenoso coberto por liteira.

Hábito: Crescimento gregário.

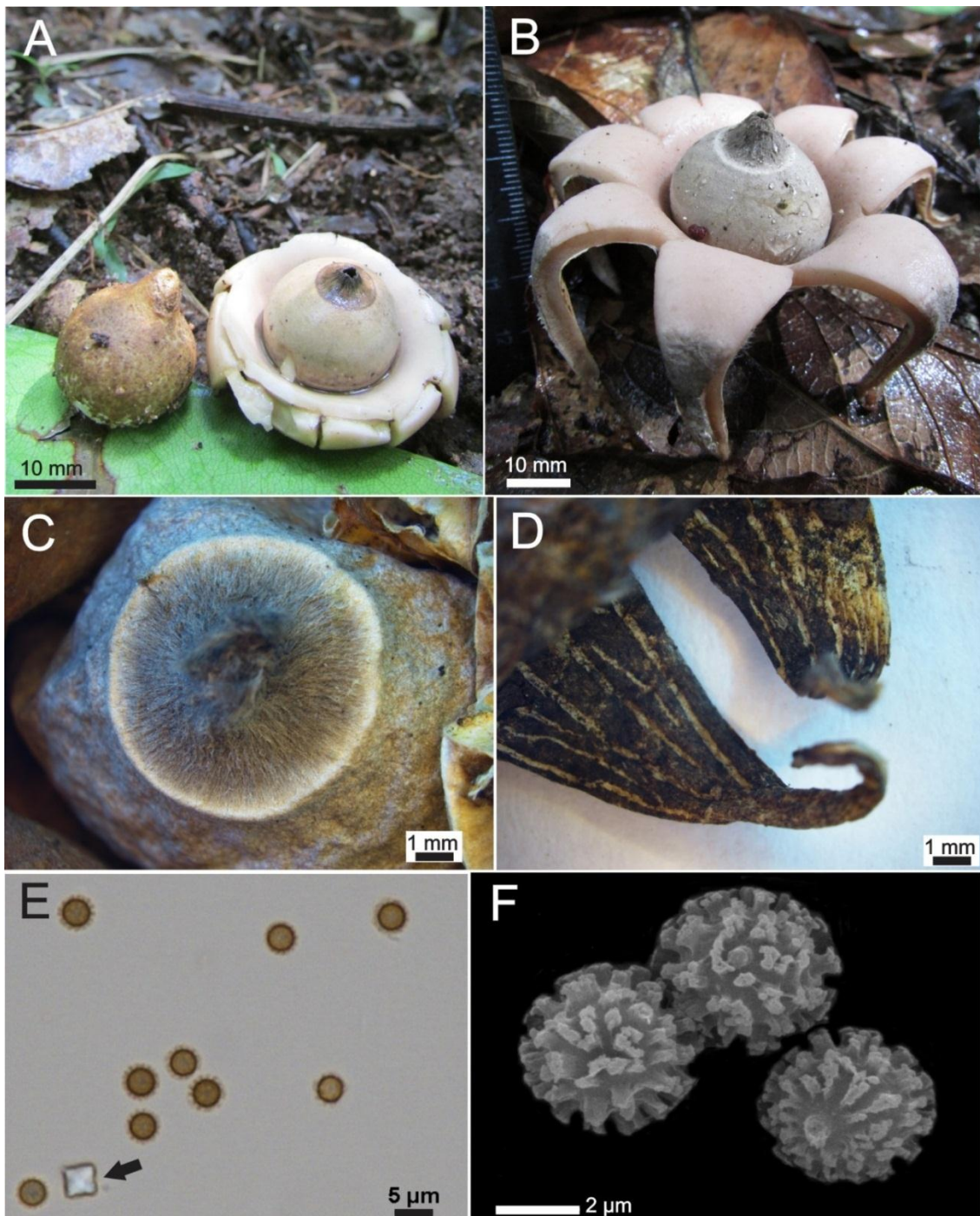
Material examinado: BRASIL – Paraíba, **Areia**, Parque Estadual Mata do Pau Ferro, Trilha do Cumbe, 06°58'14.15"S, 35°44'51.72"W, 572 m a. n. m., 15/VII/ 2013, col. Sousa, J.O.; Alfredo, D.S.; Lima, R.A., JM33 (UFRN Fungos–2135). Trilha Boa Vista, 06°57'54.5"S, 35°45'03.5"W, 636 m a. n. m., 16/VII/ 2013, col. Sousa, J.O.; Alfredo, D.S.; Lima, R.A., JM41 (UFRN Fungos–2136). 6°57'56.04"S, 35°44'58.12"W, 628 m a.

n. m., JM46 (UFRN Fungos–2137). **Mamanguape**, REBIO Guaribas, SEMA III, 6°48'17.99"S, 35°5'10.44"W, 70 m a. n. m., 01/VII/2013, col. Sousa, J.O.; Silva, B.D.B.; Sulzbacher, M.A., JM08 (UFRN Fungos–2138). SEMA II, 6°44'16.56"S, 35°8'24.22"W, 163 m a. n. m., 11/VII/2013, col. Sousa, J.O.; Silva, B.D.B.; Rodrigues, A.C.; Cruz, R.H.S.F., JM25 (UFRN Fungos–2139). 26/VI/2014, col. Sousa, J.O.; Nascimento, Y.M.; Souza, E., JM102 (UFRN Fungos–2294).

Distribuição: **África** – NIGÉRIA (DISSING e LANGE, 1962; DRING, 1964). **América Central** – COSTA RICA (CALONGE et al., 2005). **América do Norte** – ESTADOS UNIDOS (BATES, 2004); MÉXICO (Esqueda-Valle et al., 1999, 2000; Esqueda et al., 200, 2009; Herrera et al., 2005). **América do Sul** – BRASIL, Estado da Bahia (TRIERVEILER-PEREIRA et al., 2009); Pernambuco (TRIERVEILER-PEREIRA et al., 2011a), Rio de Janeiro (HENNING, 1904b), Ceará, Paraíba, Rio Grande do Norte (SOUSA et al., 2014c), Rio Grande do Sul (RICK, 1961; CORTEZ et al., 2008); ARGENTINA (SOTO e WRIGHT, 2000; WRIGHT e ALBERTÓ, 2006; CAFFOT et al., 2013); BOLÍVIA (CALONGE, et al., 2000). **Europa** – ESPANHA (CALONGE, 1998), HUNGRIA (SUNHEDE, 1989).

Observações: *Geastrum lageniforme* é caracterizada por apresentar basidioma saculiforme, peristômio fimbriado distintamente delimitado, raios longos com pontas finas, camada micelial com distintas ranhuras longitudinais e basidiosporos com verrugas colunares proeminentes (até 1,2 µm). Historicamente esta espécie vem sendo frequentemente confundida com *G. saccatum* e *G. triplex* (ZAMORA et al., 2013a). Porém, características macromorfológicas podem ser usadas para separar estas espécies, *G. saccatum* não apresenta raios aracnoides e camada micelial com ranhuras longitudinais, enquanto *G. triplex* apresenta basidiomas maiores (até 150 mm) e distinto colar formado pela camada pseudoparenquimatosa. Além disso, de acordo com Zamora et al. (2013a), essas três espécies podem ser claramente distinguidas pela morfologia dos cristais encontrados em suas rizomorfias, *G. lageniforme* apresenta cristais em forma de chifre agrupados em forma de “candelabro”, *G. saccatum* apresenta cristais acirculares em forma de agulha, agrupados irregularmente e *G. triplex* apresenta cristais bipiramidais agrupados em forma de drusas. Este é o primeiro registro de *G. lageniforme* para Paraíba.

Prancha 9. *Geastrum lageniforme*. A: Basidioma imaturo lageniforme e Basidioma expandido. B: Basidioma expandido com raios aracnoides. C: Peristômio fimbriado distintamente delimitado. D: raios com ranhuras longitudinais. E: MOP dos basidiosporos, seta = cristal. F: MEV dos basidiosporos.



Geastrum lloydianum (Rick) P. Ponce de León, Fieldiana Bot. 31: 326 (1968).

Etimologia: em referência ao micologista norte americano Curtis Gates Lloyd.

Descrição: Basidioma imaturo hipógeo, marrom amarelado (5E5) a amarelado (5D4), subgloboso, 15–16 mm de altura × 16–17 mm de largura, com ápice umbunado, superfície papirácea, com incrustações. Basidioma expandido arqueado, 19–41 mm de altura (incluindo peristômio) × 19–50 mm de largura, com base côncava. Exoperídio aberto formando 7–8 raios, arqueados a involutos, não higroscópicos. Camada micelial branco alaranjada (5A2) a marrom (6E4), superfície papirácea, incrustada com liteira, persistente ou se desprendendo com a idade formando ranhuras longitudinais. Camada fibrosa laranja amarronzada (5C4) a amarelada (5D4), superfície papirácea. Camada pseudoparenquimatosa marrom escura (6F4) a marrom (6E4), rimosa, persistente ou ausente em alguns basidiomas, se desprendendo em pedaços irregulares. Endoperídio depresso globoso a subgloboso, 8–13 mm de altura (incluindo peristômio) × 15–21 mm largura, pedicelado, superfície asperulada, com hifas protuberantes, marrom escuro (7F3), marrom (6E3) a marrom acinzentado (6D3). Apófise proeminente, mais clara que o endoperídio. Pedicelo reduzido (até 1,5mm), mais claro que o endoperídio. Peristômio regularmente sulcado, fracamente delimitado, fortemente cônico (até 4 mm de altura), 14-19 sulcos, mais escuro que o endoperídio. Gleba marrom acinzentada (7F3).

Basidiosporos amarronzados, globosos a subglobosos, 4,5–5,6 × 4,4–5,2 µm [$x = 4,9 \pm 0,3 \times 4,8 \pm 0,2$, $Q_m = 1,03$, $n = 30$], ornamentação evidente em MOP, verrucoso em MEV; verrugas médias, cilíndricas, aplanadas ou arredondadas no ápice; apículo reduzido. Eucapilícios levemente amarronzadas, de paredes finas (<1 µm), com 3,2–5,8 µm de diam., superfície incrustada, verrucosa, lúmen visível, ramificações ausentes,. Gleba com cristais bipiramidais. Camada micelial composta de hifas amareladas, de paredes finas (< 1 µm), com 1,2–3,1 µm diam., superfície incrustada, lúmen não visível, com ramificações. Camada fibrosa formada por hifas amareladas, de paredes espessas (< 1 µm), com 5,0–7,6 µm diam., superfície não incrustada, lúmen visível, com ramificações. Camada pseudoparenquimatosa consiste de hifas amareladas, com parede espessa (>1 µm), subglobosas, alongadas a ovais, 25,0–82,0 × 15,0–53,3 µm. Superfície endoperidial com hifas protuberantes, algumas em forma de gancho.

Habitat: Solo argiloso ou arenoso coberto por liteira.

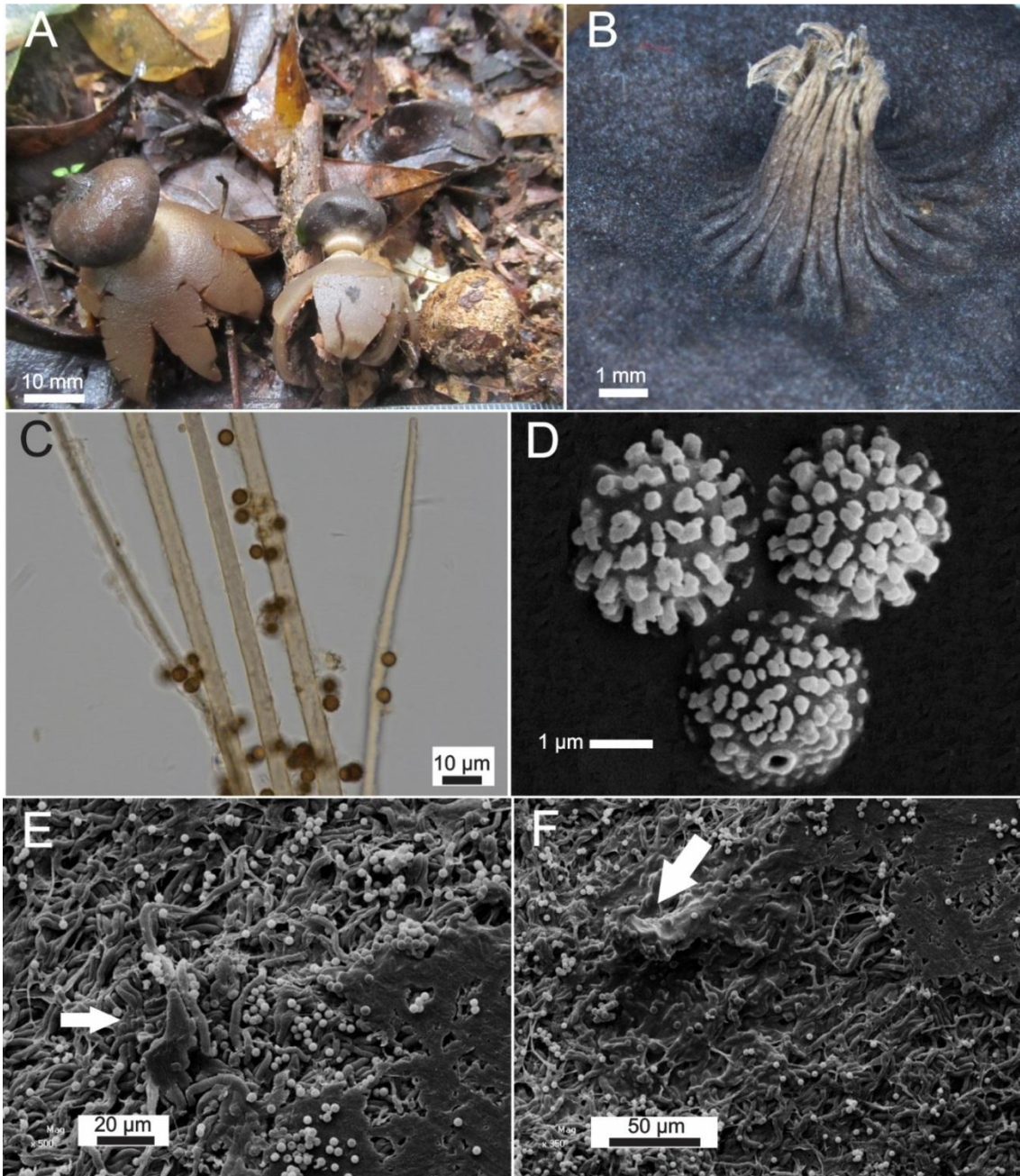
Hábito: Crescimento gregário ou solitário.

Material examinado: BRASIL – Paraíba, **Areia**, Parque Estadual Mata do Pau Ferro, Trilha Engenho Triunfo, 06° 59' 04.4" S, 35° 44' 42.1" W, 586 m a. n. m., 17/VII/ 2013, col. Sousa, J.O.; Alfredo, D.S.; Lima, R.A., JM50 (UFRN Fungos–2140). Trilha Engenho Triunfo, 06° 58' 51.5" S, 35° 44' 43.4", 600 m a. n. m., 18/VII/ 2013, col. Sousa, J.O.; Alfredo, D.S.; Lima, R.A., JM57 (UFRN Fungos–2141). **Mamanguape**, REBIO Guaribas, SEMA II, 06°44'12.33"S, 35°8'25.74"W, 150 m a. n. m., 28/VII/ 2012, col. Silva, B.D.B.; Sousa, J.O.; Cabral, T.S.; Sulzbacher, M.A. (UFRN Fungos–2142).

Distribuição: **América Central** – COSTA RICA (CALONGE et al., 2005; CALONGE e MATA, 2006). **América do Sul** – ARGENTINA (DOMINGUEZ DE TOLEDO, 1989); BRASIL, Estado do Amazonas (CABRAL et al., 2014a); Paraíba, Rio Grande do Norte (SOUSA et al., 2014c); Ceará (TRIERVEILER–PEREIRA et al., 2011a; SOUSA et al., 2014c) e Pernambuco (TRIERVEILER–PEREIRA et al., 2011a).

Observações: *Geastrum lloydianum* caracteriza-se pelo peristômio regularmente sulcado, cônico, endoperídio escuro, asperulado e basidioma arqueado. Outras espécies do gênero *Geastrum* apresentam o peristômio regularmente sulcado, como *G. elegans*, *G. pectinatum* e *G. kotlabaie*. Contudo, essas espécies não apresentando endoperídio escuro. Além disso, a primeira tem endoperídio sésil e basidiosporos maiores (até 7 µm diam.); a segunda apresenta peristômio longo e apófise estriada; enquanto a última apresenta raios fortemente higroscópicos e endoperídio verrucoso (SUNHDE, 1989; PEGLER et al., 1995). A macromorfologia de *Geastrum lloydianum* pode lembrar *G. setiferum*, o qual se diferencia pela endoperídio setoso e basidiosporos menores (até 4,4 µm diam.). *Geastrum lloydianum* está envolvida com problemas taxonômicos devido a sua sinonimização *Geastrum hariotii* proposta por Ponce de León (1968) e posterior distinção dessas espécies proposta por Trierveiler- Pereira e Silveira (2012), a qual foi realizada com base no tamanho dos basidiosporos e ornamentação, características variáveis como observado neste estudo. Assim, esta espécie necessita de uma revisão morfológica e filogenética molecular com os espécimes tipo. Esta espécie tem sua distribuição restrita à região Neotropical, até o momento, sendo este o primeiro registro para os “Brejos Paraibanos”.

Prancha 10. *Geastrum lloydianum*. A: Basidioma expandindo e basidioma imaturo. B: Peristômio regularmente sulcado. C: MOP dos basidiosporos e eucapilícios. D: MEV dos basidiosporos. E-F: MEV da superfície endoperidial, setas = hifas protuberantes em forma de gancho.



Geastrum morganii Lloyd, Myc. Writings 1:80 (1901).

Etimologia: Em referência ao botânico americano Andrew Price Morgan.

Descrição: Basidioma imaturo não observado. Basidioma expandido saculiforme a arqueado, 7–28 mm de altura (incluindo peristômio) × 7–45 mm de largura, com rizomorfo aderido em alguns basidiomas. Exoperídio possui 6–7 raios saculiformes a revolutos, enrolando-se abaixo do basidioma, longos, afinando-se nas pontas. Camada micelial laranja amarronzada (5C4) a marrom clara (6D4), superfície papirácea, persistente, se desprendem a partir da base em alguns basidiomas. Camada fibrosa amarela pálida (4A3), papirácea. Camada pseudoparenquimatosa marrom (6E4), marrom escura (6F4) a marrom alaranjado (5C5), rimosa, com colar em alguns basidiomas, com ranhuras horizontais ou longitudinais nos raios, persistente. Endoperídio amarelado (5D4) a marrom acinzentado (6D3), subgloboso, tamanho 3–19 mm de altura (incluindo peristômio) × 3–23 mm de largura, séssil, com hifas protuberantes, asperulado, tornando-se glabro com a idade. Apófise e pedicelo ausentes. Peristômio irregularmente sulcado, tornando-se lacerado com idade, não delimitado, cônico (até 4 mm altura), 4-8 sulcos, mais claro que o endoperídio. Gleba cinza amarronzado (6F2, 9F3).

Basidiosporos marrom escuro, globosos e subglobosos, $4,9-6,1 \times (4,1) 4,9-6,0 \mu\text{m}$ [$x=5,3 \pm 0,4 \mu\text{m} \times 5,2 \pm 0,4 \mu\text{m}$, $Q_m = 1,04$ $n = 30$], ornamentação conspícua em MOP, verrucoso em MEV; verrugas proeminentes (0,8-1,7 μm de altura), colunares, com ápice aplanado; apículo não visualizado. Eucapilícios amarronzados, de paredes retas e espessas ($> 1 \mu\text{m}$), com 3,4–7,4 μm diam., superfície incrustada, levemente verrucosa, lúmen visível, ramificações ausentes. Camada micelial composta por hifas com paredes finas ($< 1 \mu\text{m}$), 1,9–3,8 μm diam., superfície não incrustada, lúmen visível. Camada fibrosa composta por hifas hialinas a amareladas, de paredes finas ($< 1 \mu\text{m}$), com 2,5–4,4 μm diam., superfície não incrustada, lúmen não evidente,. Camada pseudoparenquimatosa consiste de hifas amareladas, de parede espessa ($> 1 \mu\text{m}$), globosas, piriformes a alongadas, $27,2 - 69,8.0 \times 19,5 - 60,9 \mu\text{m}$.

Habitat: Solo argiloso coberto por liteira.

Hábito: Crescimento gregário ou solitário.

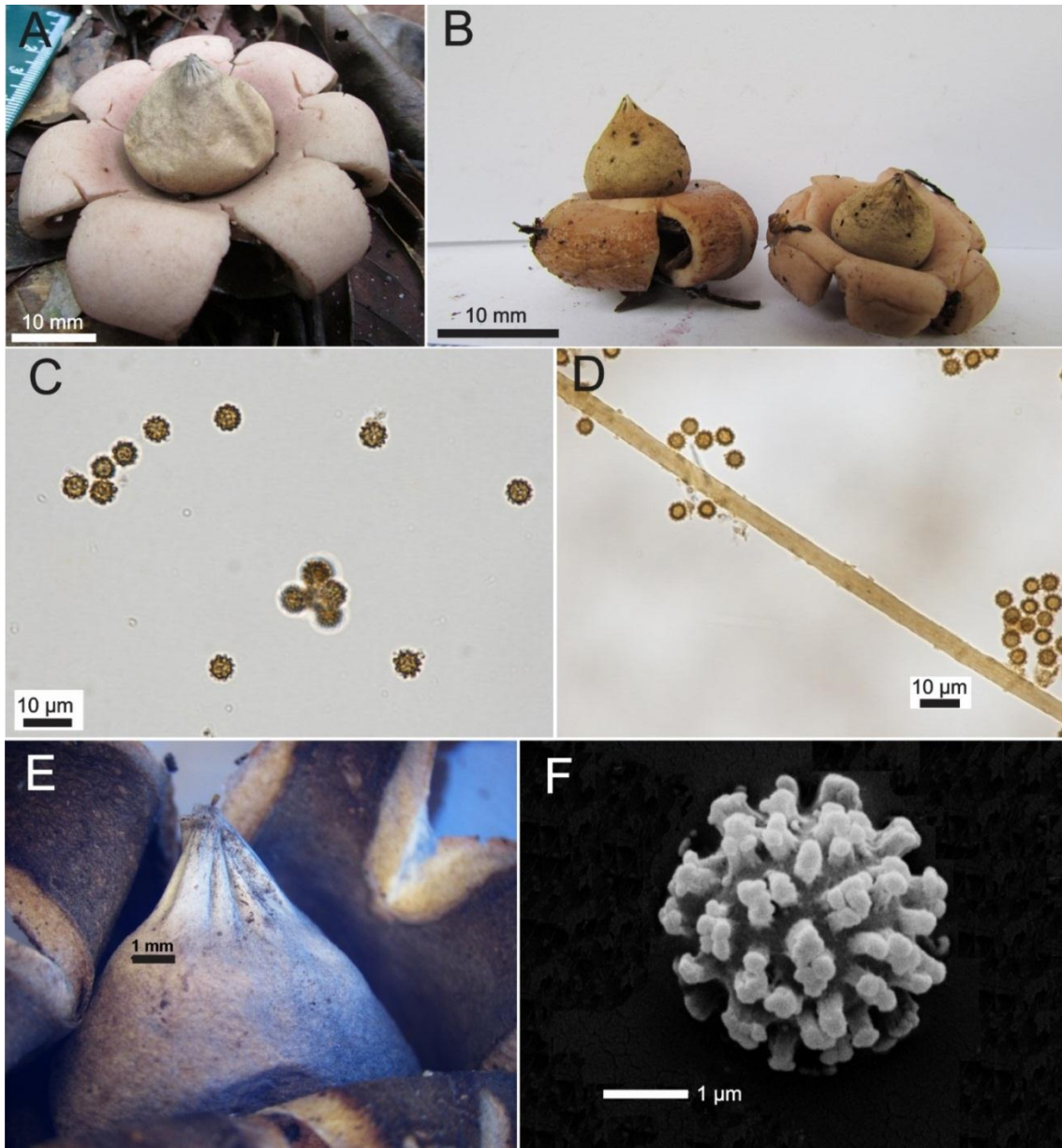
Material examinado: BRASIL – Paraíba, **Areia**, Mata do Pau Ferro, Trilha do Cumbe, 15/VII/2013, col. Sousa, J.O. e Alfredo, D.S., JM34 (UFRN Fungos–2295). Trilha Boa Vista, 16/VII/2013, col. Sousa, J.O.; Alfredo, D.S.; Lima, R.A., JM47 (UFRN Fungos–

2296). Trilha Engenho Triunfo, 18/VII/ 2013, col. Sousa, J.O.; Alfredo, D.S.; Lima R.A., JM59 (UFRN Fungos–2297). Trilha Cumbe, 21/VII/2014, col. Sousa, J.O.; Alfredo, D.S.; Souza, E.J., JM128 (UFRN Fungos–2298). Trilha Rio Pitu, 22/VII/2014, col. Sousa, J.O.; Alfredo, D.S.; Souza, E.J., JM150 (UFRN Fungos–2299). Trilha Engenho Triunfo, 23/VII/2014, col. Sousa, J.O.; Alfredo, D.S.; Souza, E.J., JM155 (UFRN Fungos–2300).

Distribuição: **África** – CONGO (DISSING e LANGE, 1962). **América Central** – COSTA RICA (CALONGE e MATA, 2006). **América do Norte**– ESTADOS UNIDOS (COCK e COUCH, 1928). **América do Sul** – ARGENTINA (CAFFOT et al., 2013); BRASIL, Estado do Rio Grande do Norte (SOUSA et al., 2014d). **Europa** – FRANÇA (SUNHEDE, 1989). **Havaí** (DESJARDIN e HEMMES, 2011).

Observações: Esta espécie é caracterizada pelo peristômio irregularmente sulcado não delimitado, camada micelial não incrustada, endoperídio sésil, basidiosporos com verrugas colunares aplanadas no ápice. De acordo com Zamora et al. (2014a), está relacionada filogeneticamente e morfológicamente com *Geastrum violaceum*, ambas apresentam peristômio irregularmente sulcado, exoperídio não incrustado e endoperídio sésil. Contudo, podem ser claramente diferenciadas pela coloração lilás a rosada e basidiosporos menores (até 3,2 µm) em *G. violaceum* (SOUSA et al., 2014b, 2014d). *Geastrum morganii*, tem morfologia muito similar a *G. elegans*, a qual diferencia-se por apresentar peristômio regularmente sulcado e delimitado, com um maior número de sulcos (10–20), camada micelial incrustada com sedimentos e endoperídio pruinoso (SUNHEDE, 1989; PEGLER et al., 1995; BATES, 2004; CALONGE e MATA, 2006). Outra espécie próxima é *Geastrum reticulatum* Desjardin e Hemmes, a qual diferencia-se pelo peristômio regularmente sulcado delimitado e exoperídio com hifas protuberantes (HEMMES e DESJARDIN, 2011). Em alguns casos *Geastrum morganii* pode apresentar colar formado pela camada pseudoparenquimatosa ao redor do endoperídio, assim ficando próxima de *G. triplex*, porém a última pode ser diferenciada pelo peristômio fibriloso e delimitado (SUNHEDE, 1989; KUHAR e PAPINUTII, 2009). Esta espécie tem distribuição cosmopolita, sendo este o primeiro registro para o estado da Paraíba e vegetação de “Brejo de Altitude”.

Prancha 11. *Geastrum morganii*. A-B: Basidioma expandindo. C-D: MOP dos basidiosporos e capilícios. E: Peristômio sulcado não delimitado. F: MEV do basidiosporo.



Geastrum pectinatum Pers., Syn. Meth. Fung. (Göttingen) 1: 132 (1801)

Etimologia: Em referência a presença de sulcos da apófise, os quais lembram um pente.

Descrição: Basidioma imaturo hipógeo, marrom amarelado (5D5; 5E5), subgloboso a irregular, 21 mm de altura × 22 mm de largura, com ápice umbunado, superfície papirácea, com incrustações. Basidioma expandido arqueado, 16–51 mm de altura (incluindo peristômio) × 16–41 mm de largura. Exoperídio aberto formando 5–7 raios, arqueados a involutos, não higroscópicos. Camada micelial branco roseada (7A2), superfície papirácea a cotonosa, incrustada com liteira, persistente ou se desprendendo irregularmente com a idade. Camada fibrosa branco amarelada (4A2), superfície rígida, coriácea. Camada pseudoparenquimatosa marrom acinzentada (6F4; 7F3), não persistente ou se desprendendo em pedaços irregulares. Endoperídio marrom acinzentado (6F3; 7F3), depresso globoso a subgloboso, 10–19 mm de altura (incluindo peristômio) × 9–19 mm largura, pedicelado, superfície glabra, pruinosa. Apófise proeminente, sulcada, mais clara que o endoperídio. Pedicelo longo, delgado, (até 10,3 mm de altura), mais claro que o endoperídio. Peristômio regularmente sulcado, fracamente delimitado por linha cinza alaranjado (6B2), fortemente cônico (6,4 mm), 16–28 sulcos, mais escuro ou mais claro que o endoperídio. Gleba marrom acinzentada (8F3).

Basidiosporos amarelados, globosos, 6,2–7,6 × 6,2–7,6 µm [$x = 6,7 \pm 0,5 \times 6,6 \pm 0,5$, $Q_m = 1,01$, $n = 30$], ornamentação evidente em MOP, densamente verrucosos em MEV; verrugas proeminente (até 1,7 µm de altura), colunares, aplanadas no ápice; apículo não visualizado. Eucapilícios amarronzados, de paredes finas (<1 µm), com 3,8–8,8 µm de diam., superfície incrustada, glabra, lúmen visível, ramificações ausentes. Camada micelial composta de hifas hialinas, de paredes finas (< 1 µm), 1,5–3,3 µm diam., sinuosas, superfície incrustada, lúmen não visível, sem ramificações. Camada fibrosa formada por hifas hialinas, de paredes finas (< 1 µm), com 3,1–5,6 µm diam., sinuosas, superfície não incrustada, lúmen não visível, sem ramificações,. Camada pseudoparenquimatosa consiste de hifas hialinas, de parede finas (<1 µm), subglobosas, alongadas a ovais, 25,4–118,1 × 21,0–59,6 µm.

Habitat: Solo argiloso coberto por liteira.

Hábito: Crescimento gregário ou solitário.

Material examinado: BRASIL – Paraíba, **Areia**, Parque Estadual Mata do Pau Ferro, Trilha do Cumbe, 6°57'55.43"S. 35°44'58.47"W, 627 m a. n. m., 15/VII/ 2013, col. Sousa, J.O. e Lima, R.A., JM32 (UFRN Fungos–2143). Trilha Engenho Triunfo, 06°59'05.2"S,

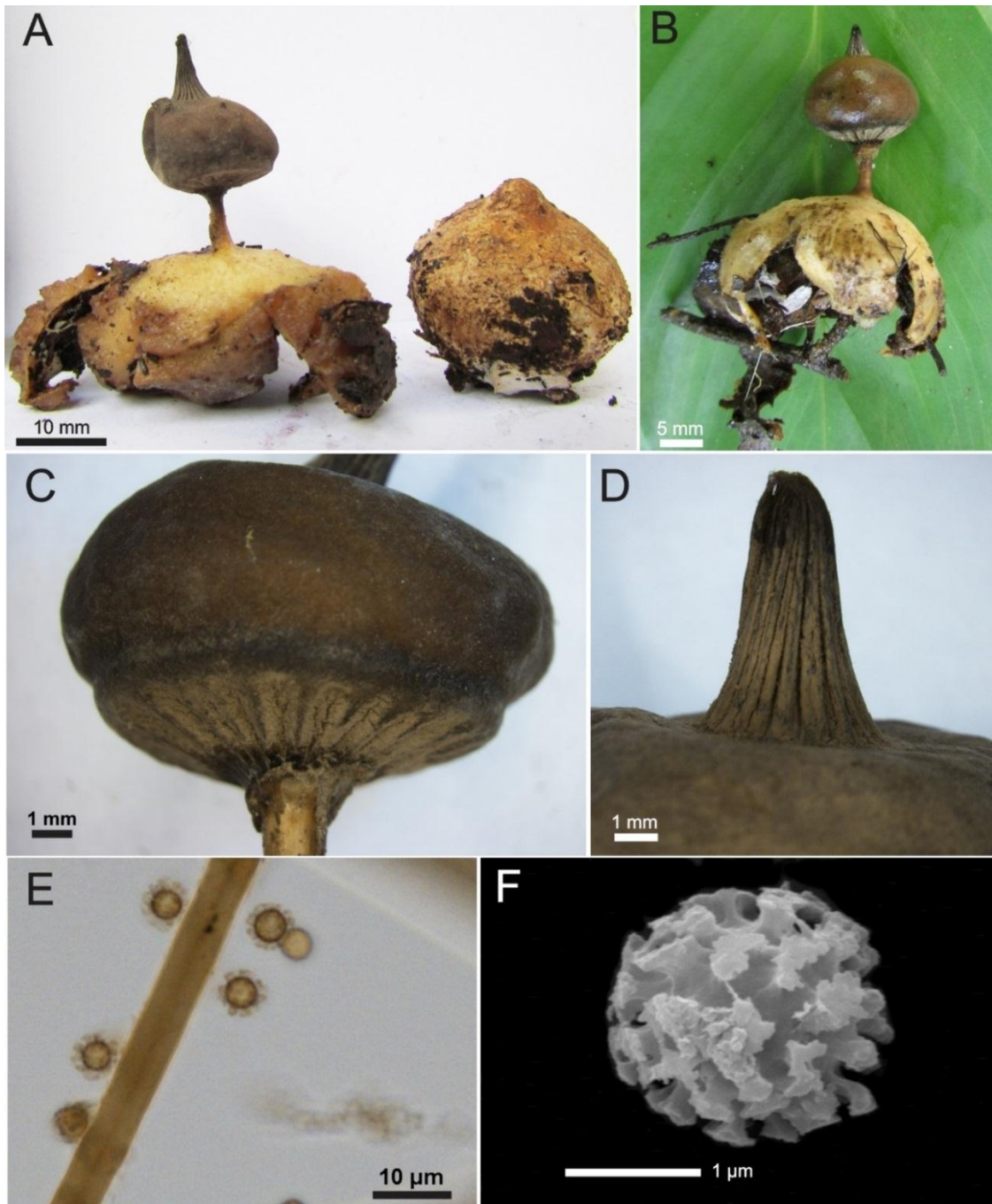
Sousa, J.O. – o gênero *Geastrum*: ocorrência, chave taxonômica e descrição de novas espécies

35° 44'39.4" W, 584 m a. n. m., 18/VII/ 2013, col. Sousa, J.O.; Alfredo, D.S.; Lima, R.A., JM61 (UFRN Fungos–2144).

Distribuição: **África** – ÁFRICA DO SUL (Bottomley, 1948); REPÚBLICA DO CONGO (DISSING e LANGE, 1962). **América Central** – COSTA RICA (CALONGE et al., 2005) GUATEMALA (ARZÚ et al., 2012). **América do Norte** – MÉXICO (Esqueda- Valle et al., 2000; Esqueda et al., 2003). **América do Sul**– BRASIL, Estado de Pernambuco (BASEIA et al., 2003), São Paulo (BASEIA et al., 2003), Paraná (de MEIJER, 2006), Rio Grande do Sul (RICK, 1961; CORTEZ et al., 2008), Ceará, Paraíba e Rio Grande do Norte (SOUSA et al., 2014c); ARGENTINA (DOMINGUEZ DE TOLEDO, 1989; SOTO e WRIGHT, 2000; CAFFOT et a., 2013). **Ásia** – CHINA (LIU, 1984). **Europa** – ESPANHA (CALONGE, 1998); POLÔNIA, HUNGRIA; ESTÔNIA (SUNHEDE, 1989); INGLATERRA (PEGLER et al.,1995); NORUEGA (ECKBEAD, 1955). **Havai** (HEMMES e DESJARDIN, 2011; SMITH e PONCE de LÉON, 1982). **Oceania** – AUSTRÁLIA (GRGURINOVIC, 1997); NOVA ZELÂNDIA (CUNNINGHAM, 1944).

Observações: *Geastrum pectinatum* é caracterizada por principalmente apresentar peristômio regularmente sulcado cônico, apófise proeminente sulcada, endoperídio pruinoso e basidiosporos com verrugas colunares longas (até 1,7 µm de altura). De acordo com Zamora et al., (2014a) esta espécie compõe a seção *Geastrum*, subceção *Sulcostomata*, a qual também agrupa as espécie *Geastrum glaucescens* Speg., *G. parvistriatum* J.C. Zamora e Calonge e *G. striatum*. Esta última apresenta morfologia próxima a *G. pectinatum*, mas apresenta apófise com colar formado pela camada pseudoparenquimatosa e basidiomas menores (até 65 mm largura). *Geastrum schmidelii* Vittad. também lembra *G. pectinatum*, mas tem pedicelo menor (até 3 mm altura), basidioma menor (até 51 mm de largura) e basidiosporos com ornamentação distinta (SUNHEDE, 1989). Outra espécie próxima é *Geastrum berkeleyi* Masee, pois também apresenta peristômio cônico regularmente sulcado, endoperídio pruinoso e pedicelo bem desenvolvido (até 13 mm de altura), porém distingue-se pela ausência de estrias na apófise e endoperídio áspero (PEGLER et al., 1995; BATES, 2004). Esta espécie tem distribuição cosmopolita, sendo este o primeiro registro de *G. pectinatum* para a Paraíba e o primeiro para vegetação de “Brejo de Altitude”.

Prancha 12. *Geastrum pectinatum*. A: Basidioma expandido e basidioma imaturo. B: Basidioma expandido. C: Apófise sulcada. D: Peristômio regularmente sulcado cônico. E: MOP dos basidiosporos e capilício. F: MEV de basidiosporo.



Geastrum rusticum Baseia, I.G., B.D.B. Silva e T.S. Cabral, Nova Hedwigia 98 (1–2): 267 (2014)

Etimologia: Em referência a aparência rústica dos basidiomas.

Descrição: Basidioma imaturo semi-hipógeo, branco alaranjado (5A2) a laranja acinzentado (5B3), depresso globoso a subgloboso, 17–24 mm de altura × 17–29 mm de largura, com ápice umbunado, superfície papirácea, levemente incrustado, alguns basidiomas crescendo sobre subículo. Basidioma expandido saculiforme a arqueado 13–21 mm de altura (incluindo peristômio) × 26–36 mm de largura. Exoperídio aberto formando 5–6 raios, saculiformes a revolutos, se enrolando abaixo do basidioma, semi-higroscópicos. Camada micelial laranja amarronzada (5C3), superfície papirácea, com incrustações, persistente, se desprendendo em pedaços irregulares com a idade. Camada fibrosa branca (4A1) a branco amarelada (4A2), superfície coriácea. Camada pseudoparenquimatosa laranja pálida (5A3) a marrom acinzentada (6D3), formando colar em alguns basidiomas, persistente, se desprendendo em pedaços irregulares com a idade. Endoperídio marrom acinzentado (6D3), depresso globoso a subgloboso, 8–13 mm de altura (incluindo peristômio) × 13–18 mm largura sésil, superfície glabra. Apófise e pedicelo ausentes. Peristômio com uma abertura simples, com boca fibriloso, tornando-se lacerado com a idade, não delimitado, mamiforme (até 2 mm de altura), concolor ou mais escuro que o endoperídio. Gleba marrom escura (6F4).

Basidiosporos amarelados a amarronzados, globosos a subglobosos, (4,8) 5,1–6,0 (6,2) × (4,8) 5–5,9 (6,2) μm [$x = 5,5 \pm 0,3 \times 5,3 \pm 0,3$, $Q_m = 1,03$, $n = 30$], ornamentação evidente em MOP, verrucosa em MEV; verrugas médias, triangulares a coluanres, interconectadas através do ápice; apículo não visualizado. Eucapilícios levemente amarronzados, de paredes finas ($< 1 \mu\text{m}$), com 2,9–6,8 μm de diam., superfície incrustada, superfície verrucosa, lúmen não evidente, ramificações ausentes. Camada micelial composta de hifas hialinas, de paredes retas e finas ($< 1 \mu\text{m}$), com 1,6–3,4 μm diam., superfície não incrustada, lúmen não evidente, ramificações ausentes. Camada fibrosa formada por hifas hialinas a esverdeadas, de paredes retas, com 3,8–10,2 μm de diam., superfície não incrustada, lúmen visível. Camada pseudoparenquimatosa consiste de hifas hialinas a amareladas, de parede espessa ($> 1 \mu\text{m}$), subglobosas, alongadas a piriformes, 31,7–96,5 × 26,6–68,5 μm .

Habitat: Solo argiloso coberto por liteira e madeira em decomposição.

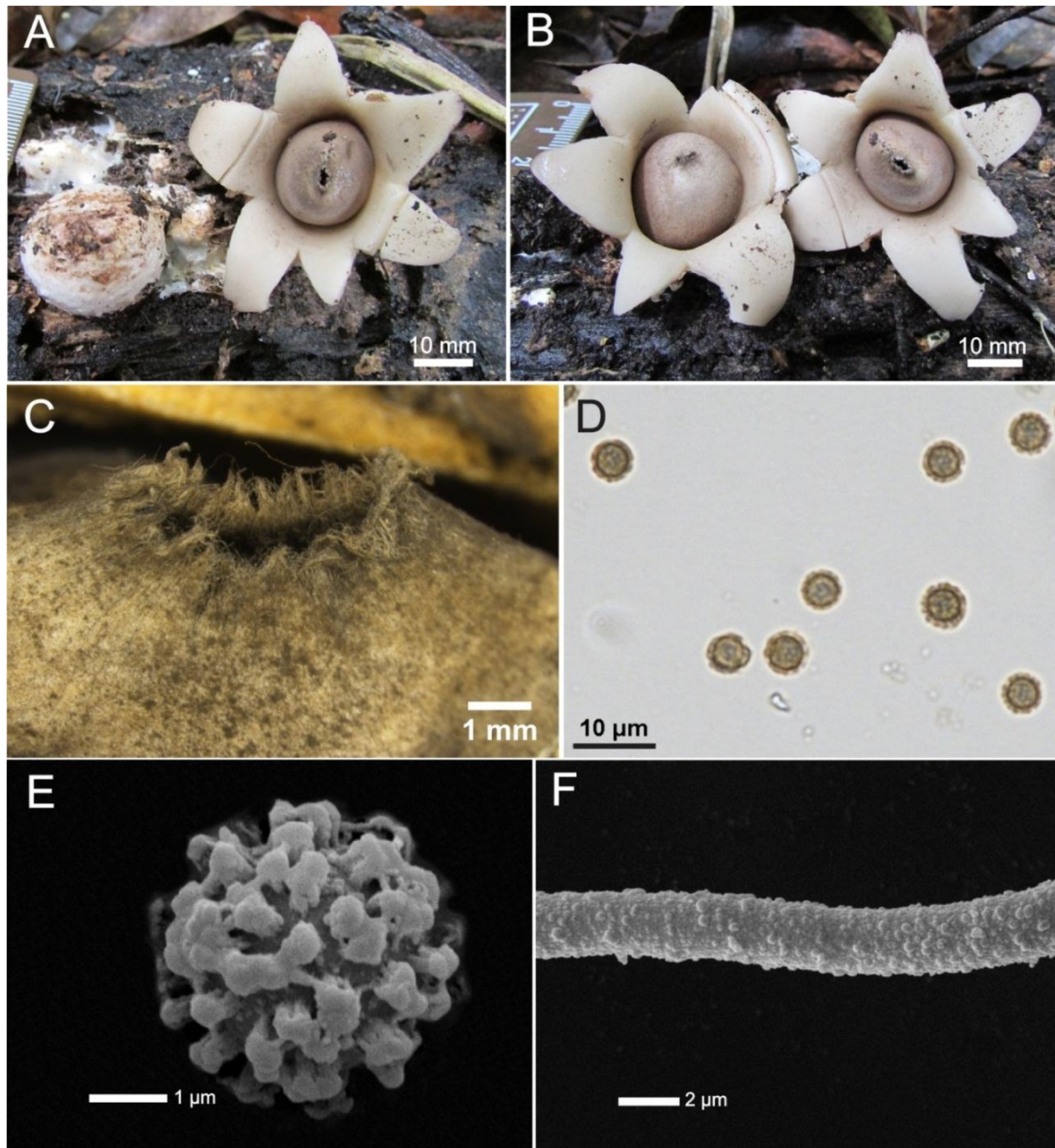
Hábito: Crescimento gregário.

Material examinado: BRASIL – Paraíba, **Areia**, Parque Estadual Mata do Pau Ferro, Trilha do Cumbe, 06°59'19,2"S, 35°44'49,7"W, 589 m a. n. m., 15/VII/2013, col. Sousa, J.O. e Alfredo, D.S., JM37 (UFRN Fungos–2145). Trilha Boa Vista, 6°57'52.02"S, 35°44'57.60"W, 629 m a. n. m., 16/VII/2013, col. Sousa, J.O. e Alfredo, D.S., JM44 (UFRN Fungos–2146). Trilha Engenho Triunfo, 06°59'09." S, 35° 44' 39.8" W, 592 m a. n. m., 17/VII/2013, col. Sousa, J.O. e Alfredo, D.S., JM52 (UFRN Fungos–2147). **Mamanguape**, REBIO Guaribas, SEMA II, 26/VII/2014, col. Sousa, J.O.; Nascimento, Y.M.; Souza, E.; Mendonça, N., JM105 (UFRN Fungos–2301).

Distribuição: **América do Sul** – BRASIL, Rio Grande do Norte (CABRAL et al., 2014b), Ceará e Paraíba (SOUSA et al., 2014c).

Observações: Esta espécie é caracterizada pelo peristômio lacerado não delimitado, camada micelial incrustada, basidioma imaturo semi-hipógeo e basidiosporos com ornamentação curta. É muito similar a *Geastrum fimbriatum*, mas a última diferencia-se por apresentar endoperídio pedicelado com hifas protuberantes, além de basidiosporos com verrugas maiores (SUNHEDE, 1989; CABRAL et al., 2014b). Outra espécie próxima é *G. echinulatum*, sendo distinguida pela camada pseudoparenquimatosa rosada, presença de subículo e basidiosporos com ornamentação distinta (SILVA et al., 2013). *Geastrum hieronymi* é também similar a *G. rusticum*, ambas apresentam peristômio fibriloso não delimitado, camada micelial incrustada e basidiomas imaturos parcialmente hipógeos, porém se diferenciam por *G. hieronymi* apresentar pedicelo e endoperídio com hifas protuberantes (BATES, 2004; CABRAL et al., 2014b). De acordo com o protólogo da espécie, os basidiosporos apresentam até 5,1 µm de diâmetro, os espécimes têm raios higroscópicos e foram encontradas sobre madeira em decomposição (hábito lignícola), porém sem presença de subículo (CABRAL et al., 2014b). Nas análises realizadas neste estudo os basidiosporos apresentaram maior tamanho, chegando até 6,2 µm de diâmetro. Os espécimes demonstram higroscopia parcial dos raios, já que estes se voltaram para o endoperídio quando desidratados, como também foram encontrados em madeira em decomposição crescendo sobre subículo e em liteira, características não descritas no protólogo. Até o momento, *Geastrum rusticum* têm sua distribuição restrita a Floresta Atlântica, sendo este o primeiro registro para a região semiárida do Brasil e o primeiro registro para o estado da Paraíba.

Prancha 13. *Geastrum rusticum*. A: Basidioma expandido e imaturo sobre madeira. B: Basidiomas expandidos em campo. C: Peristômio fibriloso não delimitado. D: MOP dos basidiosporos. E: MEV do basidiosporo. F: MEV do eucapílicio.



Geastrum schweinitzii (Berk. e M.A. Curtis) Zeller, Mycologia 40(6): 649 (1948)

Etimologia: Em referência ao micologista alemão Lewis David de Schweinitz.

Descrição: Basidioma imaturo epígeo, branco amarelado (4A2), subgloboso a napiforme, 4–8 mm de largura × 4–12 mm de altura, com ápice umbunado, superfície tomentosa a rugosa, livre de incrustações, crescendo sobre subículo esbranquiçado com exsudato. Basidioma expandido saculiforme, 9–10 mm de largura × 5–8 mm de altura (incluindo peristômio). Exoperídio aberto formando 5–6 raios, saculiformes, não higroscópicos. Camada micelial branco amarelada (4A2) a branco alaranjada (5A2), superfície cotonosa, levemente tomentosa, não incrustada. Camada fibrosa branco amarelada (4A1), superfície papirácea. Camada pseudoparenquimatosa laranja acinzentada (5B4), persistente. Endoperídio laranja acinzentado (5C3), globoso a subgloboso, 2–4 mm de altura (incluindo peristômio) × 4–5 mm largura, séssil, superfície glabra. Apófise e pedicelo ausentes. Peristômio finamente fimbriado, distintamente delimitado, afundado no endoperídio, delimitação marrom acinzentado (5C3), cônico (< 2mm), mais claro que o endoperídio. Gleba marrom acinzentada (8F3). Basidiosporos levemente amarronzados, globosos, 4,0-4,8 (5,1) × 4,0– 4,7 (5,0) µm [$x = 4,4 \pm 0,2 \times 4,3 \pm 0,2$, $Q_m = 1,01$, $n = 30$], ornamentação inconspícua em MOP; densamente verrucoso em MEV; verrugas médias, levemente colunares, aplanadas no ápice; apículo reduzido, rodeado radialmente por verrugas. Basídios subglobosos a clavado, gutulado, 5-6 esterigmas. Eucapilícios amarronzados, de paredes espessas (>1 µm), com 2,6–4,1 µm diam., superfície não incrustada, glabra, lúmen visível, ramificações ausentes. Camada micelial composta de hifas hialinas, de paredes finas espessas (< 1 µm), com 5,0–10,1 µm de diam., superfície não incrustada, lúmen visível. Camada fibrosa formada por hifas hialinas, de paredes finas (< 1 µm), 5,1–7,6 µm de diam., superfície incrustada, lúmen visível. Camada pseudoparenquimatosa consiste de hifas hialinas a amareladas, de parede espessa (>1 µm), subglobosas a piriformes, 31,5–47,3 × 23,4–38,7 µm.

Habitat: Madeira em decomposição.

Hábito: Crescimento gregário ou cespitoso.

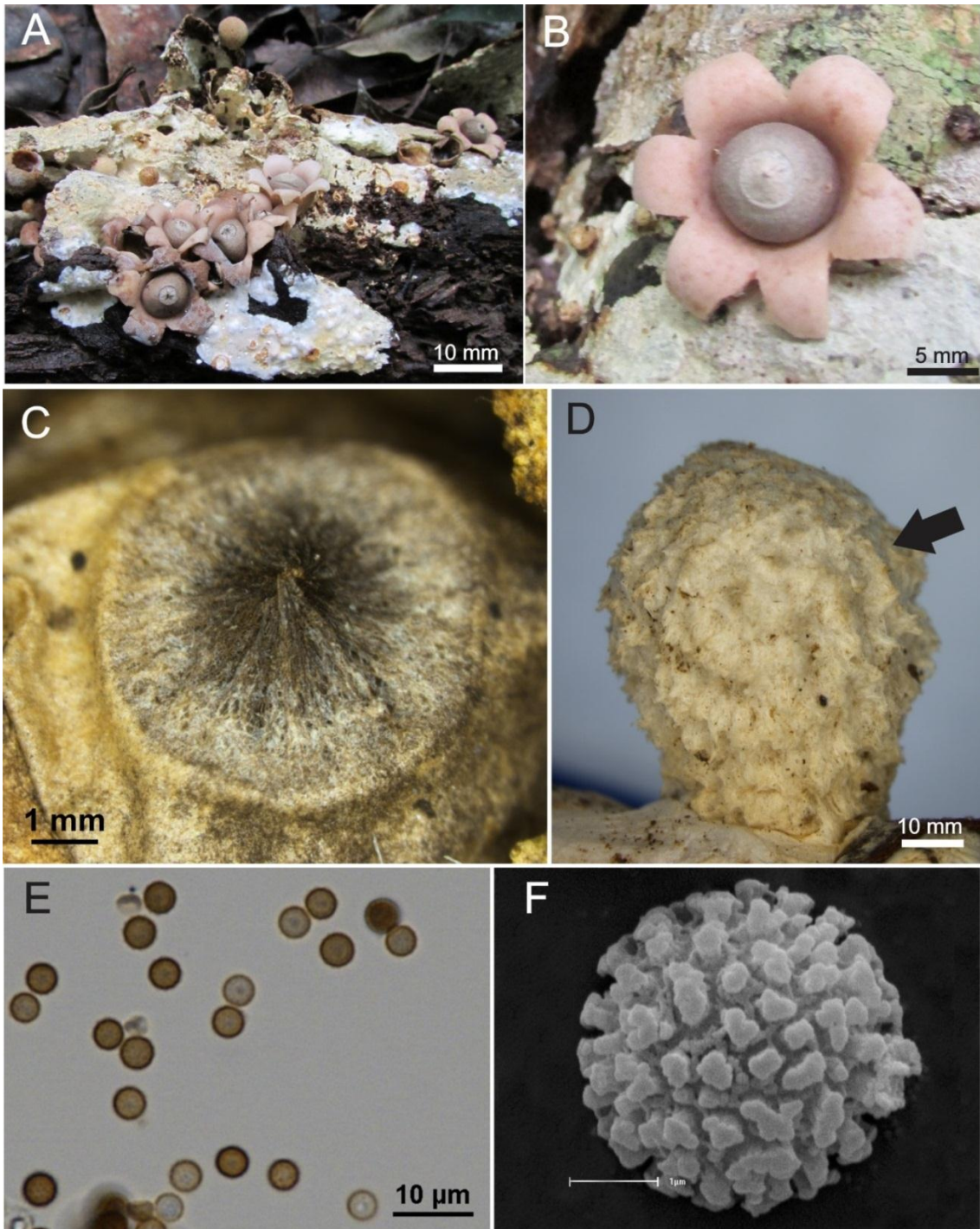
Material examinado: BRASIL– Paraíba, Areia, Parque Estadual Mata do Pau Ferro, Trilha do Cumbe, 6°57'51.91"S, 35°44'58.65"W, 629 m a. n. m., 15/VII/ 2013, col. Sousa, J.O. e Alfredo, D.S., JM35 (UFRN Fungos–2148). Trilha Engenho Triunfo, 06° 58' 23.2"S, 35° 44' 24.3", 611 m a. n. m., 18/VII/ 2013, col. Sousa, J.O. e Alfredo, D.S.,

JM64 (UFRN Fungos–2149). **Mamanguape**, REBIO Guaribas, SEMA II, 25/VI/ 2014, col. Sousa, J.O.; Nascimento, Y.M.; Souza, E., JM90 (UFRN Fungos – 2302). JM92 (UFRN Fungos – 2303).

Distribuição: **América do Sul** – AGENTINA (DOMINGUEZ DE TOLEDO, 1989; WRIGHT e WRIGHT, 2005); BRASIL, estado do Amazonas (CABRAL et al., 2014b), Bahia (TRIERVEILER-PEREIRA et al., 2009), Pernambuco (KIMBROUGH et al., 1994/1995; BASEIA et al., 2003; LEITE e BASEIA, 2007; TRIERVEILER-PEREIRA et al., 2011a), Rio Grande do Sul (CORTEZ et al., 2008), São Paulo (BASEIA et al., 2003) Paraíba e Rio Grande do Norte (SOUSA et al., 2014c), São Paulo (Bononi et al., 1981); VENEZUELA (DENNIS, 1970). **América Central** – COSTA RICA (CALONGE et al., 2005); CUBA (GUBE e PIEPENBRING, 2009); REPUBLICA DOMINICANA (GUBE e PIEPENBRING, 2009). **América do Norte** – MÉXICO (GUZMÁN, 1984)

Observações: Caracteriza-se pelo crescimento lignícola sobre subículo, basidioma saculiforme pequeno (até 20 mm de largura), camada micelial tomentosa e peristômio fibriloso delimitado. Outras espécies do gênero *Geastrum* apresentam subículo. Esta característica, a qual é principalmente encontrada em espécies tropicais, caracteriza o subgênero *Myceliostroma* Henn. de acordo com Ponce de León (1968). Enquanto, de acordo com Zamora et al. (2014a), é uma das características da seção *Myceliostroma*, a qual agrupa as espécie *Geastrum pleosporus*, *G. schweinitzii* e *G. velutinum*. Outras espécies como *G. argentinum*, *G. congolense* Dissing e M. Lange, *G. echinulatum*, *G. hirsutum* e *G. javanicum* também apresentam subículo. Assim, entende-se que o subículo pode ser considerado uma homoplasia dentro do gênero, já que ocorre em diferentes seções em filogenia realizada por Zamora et al. (2014a). Morfologicamente, *Geastrum argentinum*, *G. echinulatum*, *G. javanicum*, *G. hirsutum* diferenciam-se de *G. schweinitzii* por apresentar basidiomas maiores, (até 75, 22, 40 mm de largura, respectivamente), enquanto *G. congolense* apresenta estipe sob o exoperídio e *G. hirsutum* possui pelos medindo até três milímetros no exoperídio (DISSING e LANGE, 1962; CALONGE et al., 2005; BASEIA e CALONGE, 2006; SILVA et al., 2013; ZAMORA et al., 2013b). *Geastrum schweinitzii* apresenta distribuição panamericana, sendo este o primeiro registro para a vegetação de “Brejo de Altitude” da Paraíba.

Prancha 14. *Geastrum schweinitzii*. A: Basidiomas lignícolas crescendo sobre subcúculo. B: Basidioma expandido. C: Peristômio finamente fimbriado distintamente delimitado. D: Basidioma imaturo, seta = exoperídio tomentoso. E: MOP dos basidiosporos. F: MEV do basidiosporo.



Geastrum setiferum Baseia, Mycotaxon 84:136 (2002).

Etimologia: Em referência ao endoperídio com hifas setosas.

Descrição: Basidioma imaturo não observado. Basidioma expandido arqueado 33–46 mm de altura (incluindo peristômio) × 29–46 mm de largura. Exoperídio aberto formando 4–6 raios, arqueados, não higroscópicos. Camada micelial cinza amarronzada (5C2) a marrom acinzentada (5D3), superfície metálica, papirácea, não incrustada, se desprendendo com a idade. Camada fibrosa branco alaranjada (5A2) a laranja pálida (5A3), superfície papirácea. Camada pseudoparenquimatosa marrom (6E4) a marrom acinzentada (6F3), distintamente rimosa, persistente. Endoperídio marrom escuro (7F4), marrom acinzentado (6E3) a marrom escuro (7F4), depresso globoso a subgloboso, 13 mm de altura (incluindo peristômio) × 15 mm largura, pedicelado, superfície setosa. Apófise proeminente ou discreta, concolor com o endoperídio. Pedicelo curto (< 1 mm), mais claro que endoperídio. Peristômio finamente sulcado, tornando-se fibriloso a lacerado com a idade, não delimitado, cônico (até 3 mm de altura), 58-61 sulcos, concolor com o endoperídio. Gleba marrom escura (7F4) a marrom acinzentada (7F3). Basidiosporos marrom escuro, globosos a subglobosos, 2,6–4,1 (4,4) × 2,6–4,1 (4,4) μm [$x = 3,7 \pm 0,4 \times 3,7 \pm 0,4$, $Q_m = 1,04$, $n = 30$], ornamentação não evidente em MOP, verrucoso em MEV; verrugas curtas, cilíndricas, aplanadas ou arredondas no ápice; apículo reduzido, rodeado por processos colunares. Eucapilícios marrom escuros, de paredes retas, finas (<1 μm), com 3,8–5,0 μm de diam., superfície incrustada, escamosa, lúmen visível, ramificações ausentes. Camada micelial composta de hifas amareladas, de paredes finas (< 1 μm), com 1,4–3,6 μm diam., superfície não incrustada, lúmen visível, com ramificações. Camada fibrosa formada por hifas hialinas a amareladas, de paredes finas (<1 μm), com 5,0–8,2 μm de diam., superfície incrustada, lúmen não visível. Camada pseudoparenquimatosa consiste de hifas hialinas a amareladas, de parede fina (<1 μm), subglobosas, globosas, piriformes a alongadas, 6,1–14,1 μm diam. × 6,6–16,4 μm de altura, Endoperídio composto de setas cimbiformes, com ápice em forma de gancho, 50,9–125,2 × 5,8–14,5 μm, lúmen evidente, coloração marrom escuro.

Habitat: Solo argiloso coberto por liteira.

Hábito: Crescimento solitário.

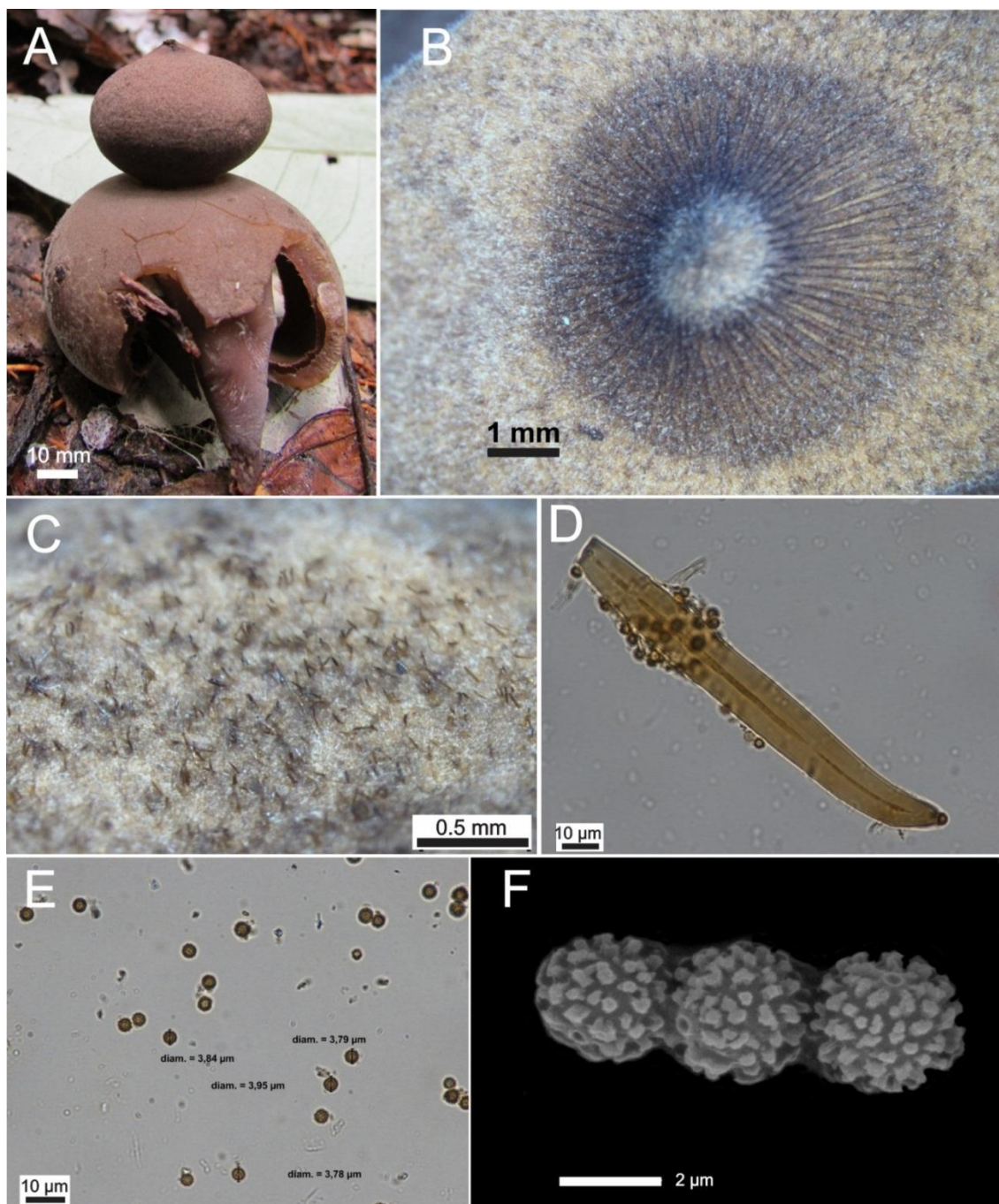
Material examinado: BRASIL– Paraíba, **Areia**, Parque Estadual Mata do Pau Ferro, Trilha Engenho Triunfo, 06° 59' 44" S, 35° 44' 42.1" W, 586 m a. n. m., 17/VII/ 2013,

col. Sousa, J.O., JM54 (UFRN Fungos–2150). Trilha do Cumbe, 21/VII/2014, col. Sousa, J.O.; Alfredo, D.S.; Souza, E.J., JM125 (UFRN Fungos–2304). Trilha Rio Pitu, 06° 58' 26.7" S, 35° 44' 13.2" W, 594 m a. n. m., 22/VII/2014, col. Sousa, J.O.; Alfredo, D.S.; Souza, E.J., JM136 (UFRN Fungos–2305).

Distribuição: América do Sul – ARGENTINA (CASTIGLIA et al., 2013); BRASIL, Estado da Paraíba (LEITE et al., 2007; SOUSA et al., 2014c) Pernambuco (BASEIA e MILANEZ, 2002; BASEIA et al., 2006), Rio Grande do Norte (SOUSA et al., 2014c) e São Paulo (BASEIA e MILANEZ, 2002).

Observações: *Geastrum setiferum* é caracterizada pelo peristômio sulcado, endoperídio com setas cimbiformes e basidiosporos pequenos ($x = 3,7 \mu\text{m}$). De acordo com Zamora et al. (2014a), esta espécie compõe junto a *Geastrum fornicatum* a seção *Fornicata*, ambas possuem endoperídio pedicelado com hifas protuberantes e peristômio não delimitado, mas *G. fornicatum*, de acordo com sua morfologia, distingue-se por apresentar basidioma fornicado e basidiosporos maiores (até $5 \mu\text{m}$ diam.). *Geastrum rufescens*, *G. hieronymi* e *G. welwitschii* Mont. também apresentam hifas protuberantes no endoperídio, porém essas hifas não são setas cimbiformes e os basidiosporos dessas espécies são maiores (até 5,6; 4,8 e $5,5 \mu\text{m}$, respectivamente) (SUNHEDE, 1989, BATES, 2004). Macromorfológicamente, *G. setiferum* lembra *G. lloydianum*, o qual se distingue por apresentar peristômio fortemente cônico, endoperídio negro, asperulado e basidiosporos maiores ($x = 5,6 \mu\text{m}$) (SOUSA et al., 2014c). Outra espécie que pode ser confundida a primeira vista é *Geastrum entomophilum*, contudo se diferencia por possuir peristômio fibriloso, endoperídio recoberto por hifas vermiformes e ausência de pedicelo (FAZOLINO et al., 2008). *Geastrum violaceum* também apresenta basidiosporos pequenos e peristômio sulcado não delimitado como *G. setiferum*, entretanto essas espécies podem ser facilmente distinguidas pelo fato de *G. violaceum* apresentar uma distinta coloração lilás a rosada na sua camada pseudoparenquimatosa, além de não possuir apófise ou pedicelo (KUKAR e PAPINUTII, 2009; SOUSA et al., 2014b). *Geastrum setiferum* tem distribuição restrita a região Neotropical, sendo este um primeiro registro para vegetação de “Brejo de Altitude”.

Prancha 15. *Geastrum setiferum*. A; Basidioma expandido. B: Peristômio finamente sulcado. C; Superfície endoperidial setosa. D: MOP da hifa endoperidial cimbiforme. E: MOP dos basidiosporos. F: MEV dos basidiosporos.



Geastrum triplex Junghun Tijdschr. Nat. Gesch. Physiol. 7: 287 (1840).

Etimologia: Em referência a camada pseudoparenquimatosa que se desprende ao redor do endoperídio adquirindo um aspecto de “colar”, o qual promove a formação de três distintas camadas.

Descrição: Basidioma imaturo epígeo, marrom oliva (4D4), subgloboso, 19–20 mm de altura × 14–18 mm de largura, com ápice umbunado superfície papirácea, levemente escamosa, não incrustada, com rizomorfo aderido. Basidioma expandido saculiforme a arqueado, 8–18 mm de altura (incluindo peristômio) × 19–35 mm de largura, com base côncava. Exoperídio aberto formando 5–7 raios, triangulares, revolutos, se enrolando abaixo do basidioma, não higroscópicos. Camada micelial marrom oliva (4D4) a amarelo esverdeada (4B3), superfície papirácea, levemente escamosa, não incrustada, persistente, se desprendendo com a idade. Camada fibrosa branco alaranjada (5A2), superfície papirácea. Camada pseudoparenquimatosa laranja amarronzada (5C3), bronze (5E5) a marrom (6E5), formando colar proeminente em alguns basidomas, persistente, se desprendendo a partir da base dos raios. Endoperídio marrom acinzentado (6D3; 6E3) a marrom (6F4; 6D3), depresso globoso, 6–13 mm de altura (incluindo peristômio) × 11–19 mm largura, séssil, superfície glabra. Apófise e pedicelo ausentes. Peristômio finamente fimbriado, distintamente delimitado, delimitação negro (6F3) a marrom escuro (6F4), mamiforme a cônico (<1 mm de altura), concolor ou mais claro que o endoperídio. Gleba marrom escura (7F4) a marrom (6E4).

Basidiosporos amarronzados, globosos a subglobosos, 5,4–6,4 × 5,0–6,3 µm [$x = 5,9 \pm 0,3 \times 5,7 \pm 0,3$, $Q_m = 1,02$, $n = 30$], ornamentação conspícua em MOP, densamente em MEV; verrugas médias a longas, colunares, aplanadas no ápice. Eucapilícios amarronzados, de paredes finas (<1 µm), com 3,2–6,7 µm diam., superfície incrustada, fortemente verrucosa, lúmen visível, ramificações ausentes. Camada micelial composta de hifas hialinas a amareladas, de paredes finas (< 1 µm), com 2,5–7,6 µm diam., superfície não incrustada, lúmen visível, com ramificações, septadas, com grampos de conexão. Camada fibrosa formada por hifas amareladas, de paredes fina (<1 µm), com 3,8–6.3 µm diam., superfície não incrustada, lúmen visível. Camada pseudoparenquimatosa consiste de hifas hialinas, de parede fina (<1 µm), subglobosas, piriformes, oblongas a ovaladas, 25,5–74,9 × 21,5–63,5 µm.

Habitat: Solo argiloso coberto por liteira.

Hábito: Crescimento solitário, gregário ou cespitoso.

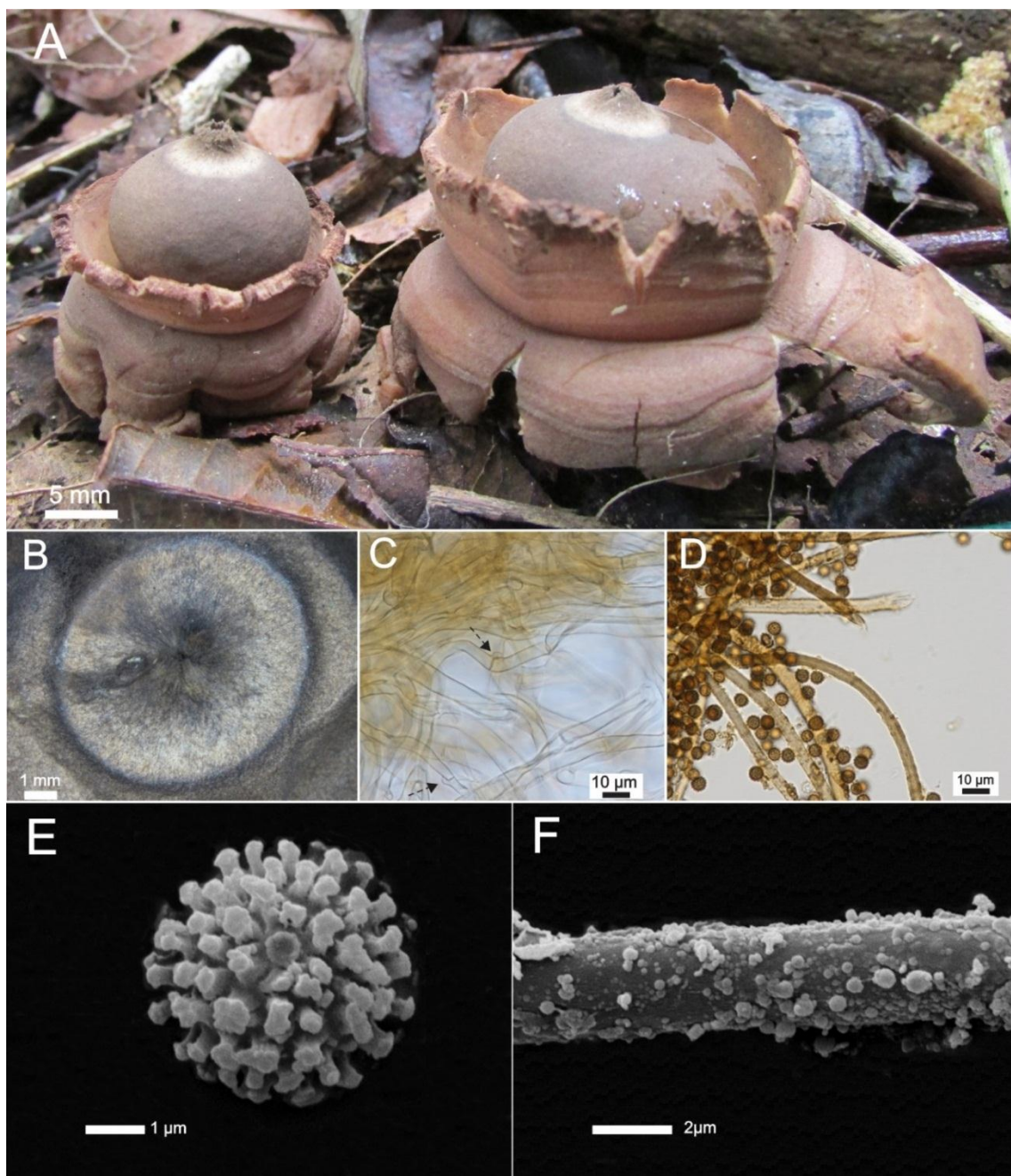
Material examinado: BRASIL – Paraíba, **Areia**, Parque Estadual Mata do Pau Ferro, Trilha Boa Vista, 6°57' 52"S, 35° 44' 58"W, 630 m a. n. m., 16/VII/2013, col. Sousa, J.O.; Alfredo, D.S.; Lavor, P.R., JM43 (UFRN Fungos–2151). Trilha Engenho Triunfo, 06°59'05.22"S, 35°44'39.4" W, 584 m a.n.m., 23/VII/2014, col. Sousa, J.O.; Alfredo, D.S.; Souza, E.J., JM154 (UFRN Fungos–2306)

Distribuição: **África** – CONGO (DINSSING e LANGE, 1962), África do Sul (BOTTOMLEY, 1948); **América Central** – COSTA RICA (CALONGE et al., 2005); **América do Norte** – ESTADOS UNIDOS (BATES, 2004); MÉXICO (COKER E COUCH, 1928; ESQUEDA- VALLE et al., 2000; ESQUEDA et al., 2003, 2009; MORENO et al., 2010); CUBA (GUBE e PIEPEBRING, 2009), GUATEMALA (ARZÚ et al., 2012); REPLÚBLICA DOMINICANA (GUBE e PIEPEBRING, 2009). **América do Sul** – ARGENTINA (SOTO e WRIGHT, 2000; WRIGHT e ALBERTÓ, 2006); BRASIL, estado do Amazonas (CABRAL et al., 2014a); Ceará, (SOUSA et al., 2014a, 2014c), Paraíba (SOUSA et al., 2014c), Rio Grande do Norte (LEITE e BASEIA, 2007), Pernambuco (TRIERVEILER-PEREIRA et al., 2011a; DRECHSLER-SANTOS et al. 2008), Rio Grande do Sul (RICK, 1961), Paraná (de MEIJER, 2006), Santa Catarina (SOBESTIANSKY, 2005), São Paulo (BASEIA et al., 2003); VENEZUELA (DENNIS, 1970; COKER e COUCH, 1928); PARAGUAI (GUBE e PIEPEBRING, 2009). **Ásia**– CHINA (LIU, 1984); **Europa** – ESPANHA (CALONGE, 1998), HUNGRIA (SUNHEDE, 1989), INGLATERRA (PEGLER et al.,1995); **Havaí** (HEMMES e DESJARDIN, 2011); **Oceania** – AUSTRÁLIA (GRGURINOVIC, 1997), NOVA ZELÂNDIA (CUNNINGHAM, 1944).

Observações: Esta espécie é caracterizada por apresentar um proeminente “colar” formando pela camada pseudoparenquimatosa, peristômio fibriloso delimitado, basidiomas robustos (até 150 mm), camada micelial escamosa formada por hifas ramificadas e com grampos de conexão. *Geastrum triplex* se assemelha morfológicamente a *G. melanocephalum*, por ambos apresentarem colar ao redor do endoperídio e camada micelial escamosa, como também são próximo filogeneticamente, porém *G. melanocephalum* se diferencia por apresentar endoperídio efêmero e pedicelo (KASUYA et al., 2012). Outras espécies em *Geastrum* apresentam colar formando pela camada pseudoparenquimatosa, como *G. fimbriatum*, *G. morganii* e *G. litchiforme*, porém a primeira distingue-se por apresentar peristômio não delimitado e camada micelial incrustada, a segunda possui peristômio sulcado não delimitado, enquanto a última possui camada micelial efêmera com tufo piramidais e peristômio não

delimitado. Esta espécie é cosmopolita, sendo este o primeiro registro para o estado da Paraíba.

Prancha 16. *Geastrum triplex*. A: Basidiomas expandidos. B: Peristômio finamente fimbriado distintamente delimitado. C: MOP da camada micelial, setas: grampos de conexão. D: MOP dos basidiosporos e eucapilícios. E: MEV do basidiosporo. F: MEV do capilício.



Geastrum violaceum Rick, Brotéria 5: 26 (1906).

Etimologia: Em referência a coloração lilás do exoperídio e endoperídio.

Descrição: Basidioma imaturo epígeo, marrom avermelhado (9E4), piriforme, 13 mm de altura × 7 mm de largura, superfície papirácea, não incrustada. Basidioma expandido saculiforme, 12–25 mm de altura (incluindo peristômio) × 9–26 mm de largura, com rizomorfas aderidas. Exoperídio aberto formando 6–9 raios, revolutos, recurvados sob o basidioma, não higroscópicos, pedicelado. Camada micelial roxo escura (14F4) a magenta acinzentada (13E4), superfície papirácea a cotonosa, não incrustada, persistente, com ranhuras longitudinais nos raios. Camada fibrosa branco amarelada (4A2), superfície papirácea. Camada pseudoparenquimatosa vermelho acinzentada (12D5) quando fresco, magenta acinzentada (13E5) a magenta escura (13F4) quando seco, glabra, formando colar em alguns basidomas, persistente. Endoperídio marrom violeta (10F8) quando fresco, marrom acinzentado (10F3) quando seco, subgloboso a piriforme, 5–17 mm de altura (incluindo peristômio) × 5–12 mm largura, séssil, superfície glabra. Apófise e pedicelo ausentes. Peristômio irregularmente sulcado, tornando-se lacerado a fibriloso com a idade, não delimitado, cônico (até 2 mm de altura), 4–9 sulcos, mais claro que o endoperídio. Gleba cinza amarronzada (5C2).

Basidiosporos amarronzados, globosos a subglobosos, $2,9\text{--}3,1 \times 2,7\text{--}3,0 \mu\text{m}$ [$x = 3,1 \pm 0,2 \times 3,0 \pm 0,2$, $Q_m = 1,02$, $n = 30$], ornamentação inconspícua em MOP, finamente verrucoso em MEV; verrugas curtas, com ápice arredondado; apículo evidente, margeado por verrugas curtas. Eucapilícios amarronzados, de paredes retas e espessas ($> 1 \mu\text{m}$), com $4,6\text{--}7,1 \mu\text{m}$ de diam., superfície levemente incrustada, lúmen visível, ramificações ausentes. Camada micelial composta de hifas hialinas, de paredes sinuosas e finas ($< 1 \mu\text{m}$), com $2,9\text{--}4,6 \mu\text{m}$ de diam., superfície não incrustada, lúmen visível com coloração rosada, com ramificações. Camada fibrosa formada por hifas hialinas, de paredes sinuosas, com $3,7\text{--}5,2 \mu\text{m}$ de diam., superfície levemente incrustadas, lúmen não visível. Camada pseudoparenquimatosa consiste de hifas hialinas com granulos rosados, de com parede espessa ($>1 \mu\text{m}$), globosas, subglobosas, piriformes a ovaladas, $47,0\text{--}82,1 \times 37,4\text{--}57,0 \mu\text{m}$.

Habitat: Solo argiloso coberto por liteira.

Hábito: Crescimento gregário ou solitário.

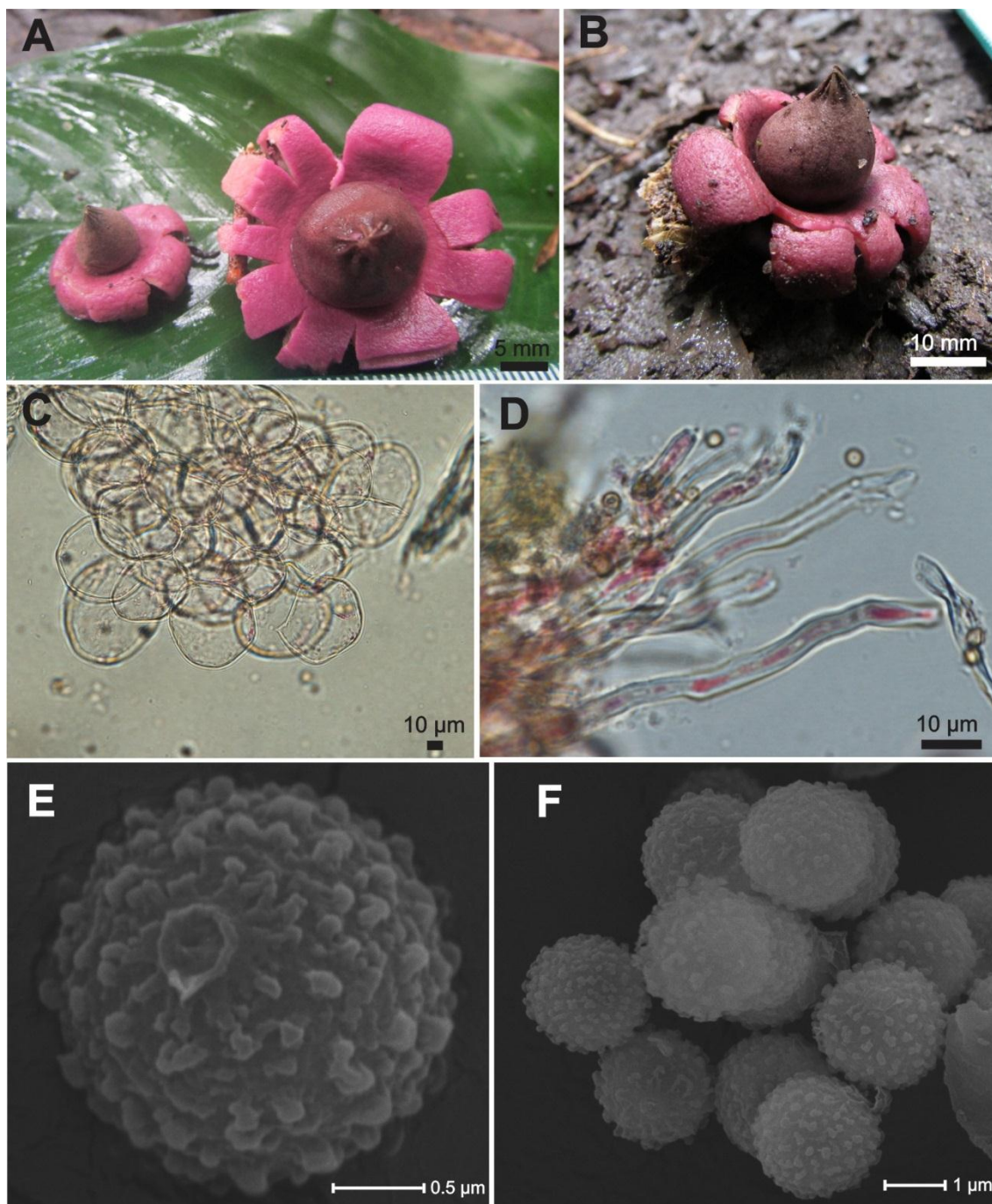
Material examinado: BRASIL – Paraíba, **Areia**, Mata do Pau Ferro, Trilha do Cumbe, 15/ VII/2013, col. Sousa, J.O.; Alfredo, D.S.; Lima, R.A., JM31 UFRN Fungos–2117.

21/ VII/ 2014, col. Sousa, J.O.; Alfredo, D.S.; Souza, E.J., JM126 (UFRN Fungos – 2307). Trilha Engenho Triunfo, 06° 58' 51.5" S, 35°44' 43.5" W, 600 a.s.l, 18/VII/ 2013, col. Sousa, J.O., JM56 (UFRN Fungos–2118).

Distribuição: América do Sul – BRASIL, Estado do Rio Grande do Sul (RICK, 1961, TRIERVEILER–PEREIRA e SILVEIRA, 2012), Paraíba (SOUSA et al., 2014b); ARGENTINA (KUHAR e PAPPINUTI, 2009).

Observações: *Geastrum violaceum* desvia-se do padrão de cor do gênero *Geastrum*, que varia entre preto a avermelhado, sendo claramente distinguida das demais espécies do gênero *Geastrum* por apresentar exoperídio e endoperídio rosados a magenta. Além disso, outras características distintivas são: peristômio não delimitado irregularmente sulcado, basidioma saculiforme, endoperídio séssil e basidiosporos pequenos ($x = 3.1$) (LLOYD 1907; KUHAR e PAPPINUTI 2009; TRIERVEILER-PEREIRA e SILVEIRA 2012; SOUSA et al., 2014b). Segundo Rick (1961), autor do protólogo desta espécie, *Geastrum violaceum* distingue-se de *G. saccatum* apenas pela coloração rosada do exoperídio. No entanto, *G. saccatum* pode ser diferenciada ainda pelo peristômio fibriloso delimitado e esporos maiores (4,5-6 μm) (SUNHEDE, 1989; KUHAR e PAPPINUTI 2009). *Geastrum morganii* e *G. violaceum* são espécies muito próximas morfológicamente e filogeneticamente, ambos apresentam basidioma saculiforme, peristômio irregularmente sulcado não delimitado, camada micelial livre de incrustações e endoperídio séssil (ZAMORA, et al. 2013a, 2014a), porém *G. morganii* pode ser facilmente distinguida pelo exoperídio amarronzado e basidiosporos maiores (4,5-6 μm) (SUNHEDE, 1989; SOUSA et al., 2014b, 2014d). Outra espécie próxima é *Geastrum elegans*, a qual se diferencia pelo peristômio regularmente sulcado delimitado e basidiosporos maiores (5–6 μm) (SUNHEDE, 1989). Até o presente momento esta espécie tinha sua ocorrência restrita a florestas subtropicais da América do Sul, sendo este o primeiro registro de *Geastrum violaceum* para uma floresta tropical no domínio Semiárido e a primeira ocorrência para o Nordeste do Brasil.

Prancha 17. *Geastrum violaceum*. A-B: Basidioma expandido. C: Hifas da camada pseudoparenquimatosa em MOP (com paredes espessas). D: Hifas da camada micelial em MOP. E-F: Basidiosporos em MEV.



Geastrum xerophilum Long ex Desjardin, Pacific Science 65:493 (2011)

Etimologia: Em referência ao hábito xerófito em que esta espécie normalmente ocorre.

Descrição: Basidioma imaturo não observado. Basidioma expandido saculiforme a arqueado, 5–11 mm de altura (incluindo peristômio) × 5–17 mm de largura. Exoperídio aberto formando 6–11 raios, arqueados a involutos, se enrolando sob o endoperídio, algumas vezes quebrados, semi-higroscópicos. Camada micelial marrom (6E5) a laranja acinzentada (5B4), superfície papirácea a cotonosa, incrustada com sedimentos, persistente. Camada fibrosa branco alaranjada (5A2) a laranja amarronzada (5C5), superfície papirácea. Camada pseudoparenquimatosa marrom escura (6F6) a marrom (6E6), rimosa, persistente. Endoperídio laranja pálido (5A3), cinza alaranjado (5B2) a cinza amarronzado (6D6), drepesso globoso a subgloboso, 2–7 mm de altura (incluindo peristômio) × 4–12 mm de largura, pedicelado, superfície furfurácea se tornando glabro com a idade. Pedicelo reduzido (< 1 mm), mais claro que o endoperídio. Apófise ausente. Peristômio sulcado, tornando-se lacerado com a idade, não delimitado, cônico (até 2.5 mm de altura), 14–35 sulcos, mais escuro que o endoperídio. Gleba marrom acinzentada (5F3) a marrom amarelada (5E5).

Basidiosporos amarelados, globosos a subglobosos, 4,8–6,3 × 4,6–6,3 µm [$x = 5,3 \pm 0,4 \times 5,3 \pm 0,4$ µm, $Q_m = 1,02$, $n = 30$], ornamentação evidente em MOP, densamente verrucoso em MEV; verrugas cônicas, truncadas. Eucapilício amarelados, de paredes sinuosas, com 3.0–5.0 µm diam., superfície livre de incrustações, glabra, lúmen não visível, não ramificado. Camada micelial composta de hifas hialinas a amareladas, de paredes sinuosas e finas (<1 µm), com 2,0–4,5 µm diam., superfície não incrustada, lúmen não visível, com ramificações. Camada fibrosa formada por hifas hialinas a amarronzadas, de paredes retas a sinuosas, com 2,0–6,1 µm diam., superfície não incrustada, lúmen visível ou não. Camada pseudoparenquimatosa consiste de hifas hialinas a amareladas, de parede fina (< 1 µm), alongadas a ovaladas, 12,9–47,9 × 9–28 µm.

Hábitat: Solo arenoso.

Hábito: Crescimento gregário.

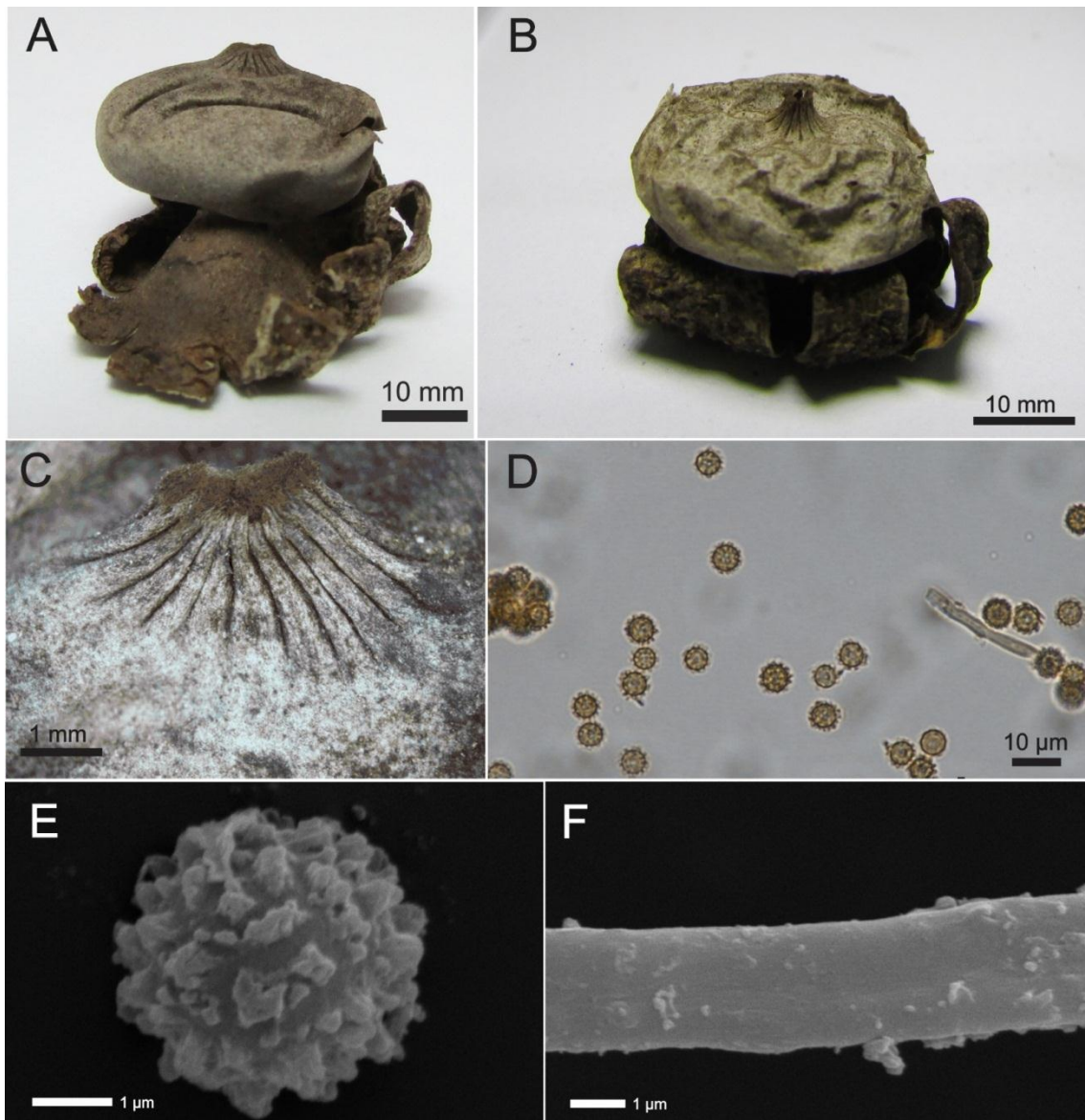
Material examinado: BRASIL– Pernambuco, Buíque, Parque Nacional Vale do Catimbau, 21/VII/ 2007, col. Ottoni, T.B.S. (UFRN Fungos – 334), (UFRN Fungos – 356 (UFRN Fungos– 1273), (UFRN Fungos– 1275). 08°30'21" S, 37°17'22" W, 949 a.s.l, 22/VII/2007, col. Ottoni, T. B. S. (UFRN Fungos– 944). 08°30'34"S, 37°16'50"W,

969 a.s.l, 23/VII/ 2007, col. Ottoni, T. B. S. (UFRN Fungos– 943); 23/VII/ 2007, col. Ottoni, T. B. S. (UFRN Fungos– 1279).

Distribuição: **América do Norte**– ESTADOS UNIDOS (PONCE DE LÉON 1968, BATES, 2004); MÉXICO (ESQUEDA-VALLE et al. 1995, 2000; ESQUEDA et al., 2003, 2009, MORENO et al. 2010); **América do Sul**– BRASIL, Estado do Rio Grande do Norte (SILVA et al. 2011), Pernambuco (SOUSA et al., 2014b); **Europa** – ESPANHA (JEPPSON et al. 2013); **Havaí** – (SMITH e PONCE DE LÉON, 198; GILBERTSON, et al. 2001, HEMMES e DESJARDIN, 2011).

Observações: *Geastrum xerophilum* apresenta como principais características peristômio sulcado não delimitado, raios involutos sob endoperídio, camada micelial fortemente incrustada com sedimentos e endoperídio furfuráceo pedicelado. Morfologicamente, esta espécie é semelhante à *Geastrum campestre* e *Geastrum kotlabae*, ambos apresentam peristômio sulcado, basidioma imaturo hipógeo e exoperídio incrustado com sedimentos. Entretanto, *G. campestre* e *G. kotlabae* diferenciam-se de *G. xerophilum* por possuírem raios fortemente higroscópicos e endoperídio verrucoso (SUNHEDE, 1989; BATES, 2004; SOUSA et al., 2014b). Outra espécie próxima é *Geastrum arenarium*, ambos apresentam exoperídio incrustado com sedimentos e raios involutos, mas *G. arenarium* se distingue por apresenta peristômio fibriloso delimitado (BATES, 2004; KUHAR et al., 2012a). *Geastrum hieronymi* pode ser confundido com *G. xerophilum* a primeira vista, já que são espécies hipógeas quando imaturas, ou seja, apresentam camada micelial incrustada e geralmente seus raios estão enrolados sob o endoperídio, contudo podem ser facilmente distinguidas por *G. hieronymi* apresentar peristômio fibriloso. A maior parte das espécies do gênero *Geastrum* não apresentam um habitat particular de ocorrência, porém, *G. xerophilum* tem como característica distintiva: sua ocorrência restrita a ambientes secos (SUNHDE, 1989; SILVA et al., 2011; JEPPSON et al., 2013). Este é o primeiro registro para a região Semiárida do estado de Pernambuco e o segundo registro da espécie para a região Neotropical.

Prancha 18. *Geastrum xerophilum*. A-B: Basidioma expandido. C: Peristômio sulcado não delimitado. MOP dos basidiosporos. E: MEV do basidiosporo. F: MEV do capilício.



***Geastrum* sp. 1**

Descrição: Basidioma imaturo epígeo, marrom claro (5D4), napiforme a citriciforme, 5–8 mm de altura × 4–6 mm de largura, ápice umbunado superfície densamente tomentosa a rugosa com a idade, não incrustada com sedimentos, rizomorfo presente, com subículo. Basidioma expandido saculiforme, 5–7 mm de altura × 7–9 mm de largura. Exoperídio aberto formando 5–6 raios, saculiformes, triangulares, não higroscópicos. Camada micelial marrom clara (5D4), superfície rugosa, papirácea, não incrustada com sedimentos, persistente. Camada fibrosa branca amarelada (4A2), superfície papirácea. Camada pseudoparenquimatosa marrom clara (6D4), não rimosa, persistente. Endoperídio cinza amarronzado (6D2), drepesso globoso, 3–4 mm de largura × 3–5 mm de altura, séssil, superfície glabra. Pedicelo ausente. Apófise ausente. Peristômio fibriloso, delimitado, mamiforme (< 1 mm de altura), afundado no endoperídio, mais claro que o endoperídio. Gleba a marrom (6E4).

Basidiosporos amarelados, subglobosos, $4,4\text{--}5,9 \times 4,2\text{--}5,3 \mu\text{m}$ [$x = 4,9 \pm 0,4 \times 4,7 \pm 0,3$, $Q_m = 1,07$, $n = 30$], ornamentação inconspícua em MOP, verrucoso em MEV; verrugas médias a curtas, levemente colunares, arredondas ou aplanadas no ápice; apículo reduzido, rodeado por processos colunares. Basídios subglobosos a clavados, $4,5\text{--}21,4 \times 3\text{--}6,6 \mu\text{m}$, 3-5 esterigmas, marrom amarelados em KOH 5%. Eucapilício $2,2\text{--}4,4 \mu\text{m}$ diam., paredes espessas ($>1 \mu\text{m}$), superfície com incrustações, lúmen visível, com ramificações, marrons escuros. Camada micelial composta de hifas hialinas a amareladas, de paredes finas ($<1 \mu\text{m}$), com $2,8\text{--}4,8 \mu\text{m}$ diam., superfície incrustada, lúmen visível, ramificações ausentes. Camada fibrosa formada por hifas hialinas, de paredes retas, com $4,6\text{--}8,7 \mu\text{m}$ diam., superfície não incrustada, lúmen não visível. Camada pseudoparenquimatosa consiste de hifas amarronzadas, de parede fina ($< 1 \mu\text{m}$), subglobosas a piriformes, $29,4\text{--}53,2 \times 22,5\text{--}40,5 \mu\text{m}$. Subículo composto de hifas dextrinóides ou amarronzadas em KOH 5%, finas, $0,9\text{--}1,2 \mu\text{m}$ diam., sinuosas,.

Habitat: Madeira em decomposição.

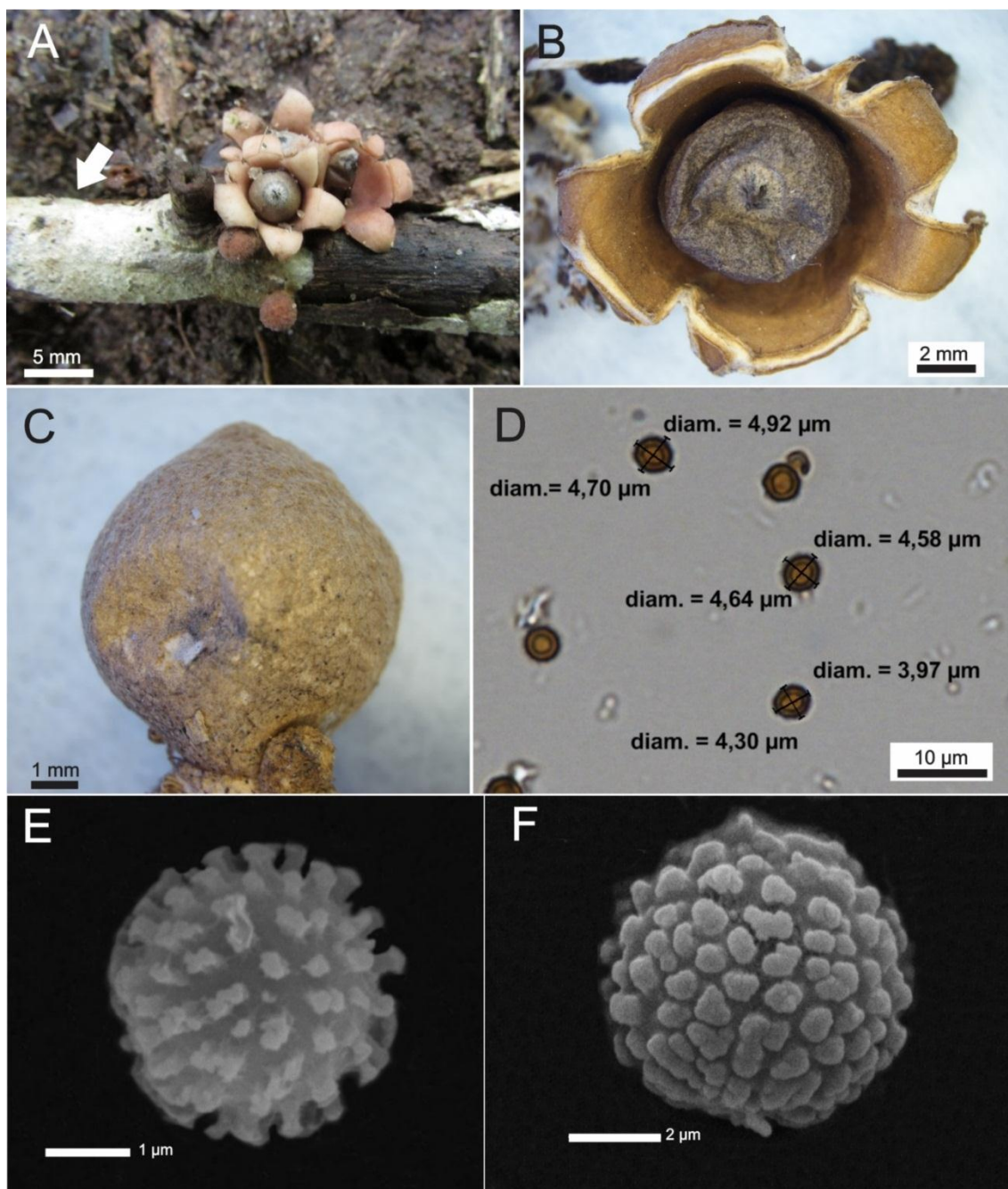
Hábito: Crescimento gregário ou cespitoso.

Material examinado: Brasil, Paraíba, **Areia**, Mata do Pau Ferro, Trilha do Cumbe, $06^{\circ}59' 19.2''$ S, $35^{\circ}44' 49.7''$ W, 589 m a. n. m., 15/VII/ 2013, Sousa, J.O.; Alfredo, D.S.; Lima, R.A., JM36, (UFRN Fungos–2308).

Distribuição: América do Sul – BRASIL, estado da Paraíba.

Observações: É caracterizada pelos basidiomas com hábito lignícola, presença de subículo esbranquiçado que se estende pelo substrato, basidioma saculiforme, camada pseudoparenquimatosa avermelhada, peristômio fibriloso delimitado e basidiosporos subglosos a quase elipsoides ($Q_m = \text{aprox. } 1,1$) com diâmetro entre 4,4–5,9 μm . Os basidiosporos encontrados nos espécimes analisados podem ser comparados aos de *G. ovalisporum*, contudo esta espécie é claramente distinguida por apresentar endoperídio pruinoso pedicelado e basidioma arqueado (CALONGE et al., 2000). Espécies do gênero *Geastrum* com características macromorfológicas muito similares a *Geastrum* sp. 1 são *Geastrum schweinitzii*, *G. pleosporus*, *G. javanicum* e *G. echinulatum*, todas são lignícolas, crescem sobre subículo, têm peristômio fibriloso e basidioma geralmente saculiforme. Apesar de também apresenta basidioma pequenos (até 20 mm de largura), *G. schweinitzii*, se distingue de *Geastrum* sp. 1 por apresentar camada pseudoparenquimatosa laranja acinzentada e basidiosporos globosos ($Q_m = 1,01$) menores (até 4,8 μm) (BASEIA et al., 2003; CORTEZ et al., 2008a). Enquanto *G. pleosporus*, mesmo também apresentando camada pseudoparenquimatosa avermelhada, se diferencia pela morfologia dos basidiosporos, os quais apresentam ornamentação muito curta e dispersa, além de formas diversas, como: reniforme, cilíndricos, elipsoides e ovoides (DOUANLA-MELI et al., 2005). Adicionalmente, *G. javanicum* pode ser diferenciado por apresentar basidiomas maiores (> 20 mm de largura) e camada micelial coriácea efêmera (CALONGE et al., 2005; SOUSA et al., 2014c). Enquanto, *G. echinulatum*, distingue-se pelo exoperídio com hifas aculeadas, peristômio não delimitado e basidiomas também maiores (> 20 mm de largura) (SILVA et al., 2013). Devido a proximidade morfológica de *Geastrum* sp. 1 com as espécie acima relacionadas, é necessário a realização de um estudo a nível molecular para obter maiores informações sobre a espécie, e assim inferir se tratar-se de uma espécie nova ou uma variação morfológica populacional das espécies citadas anteriormente.

Prancha 19. *Geastrum* sp. A: Basidiomas lignícolas crescendo sobre subcículo, seta = subcículo. B: Basidioma expandido. C: Basidioma imaturo. D: MOP dos basidiosporos. E-F: MEV dos basidiosporos.



7.2.1. Novas espécies

Geastrum magnosporum J.O. Sousa, B.D.B. Silva e Baseia, sp. nov.

Etimologia: em referência ao tamanho acima da média que os basidiosporos desta espécie podem alcançar.

Diagnose: Unexpanded basidioma hypogeous, small, 7 mm tall × 6 mm wide, surface encrusted with sand. Expanded basidioma saccate to arched, 6–16 mm tall × 10–19 mm wide. Peristome fibrillose, non-delimited. Exoperidium splitting into 6–8 rays; nonhygroscopic. Basidiospores globose, 6.0–8.3 (8.7) μm , densely verrucose, warts columnar, long, truncate apex.

Descrição: Basidioma imaturo hipógeo, branco alaranjado (5A2), subgloboso a irregular, 7 mm de altura × 6 mm de largura, superfície papirácea a cotonosa, totalmente incrustada com sedimentos. Basidioma expandido saculiforme a arqueado, 6–16 mm de altura (incluindo peristômio) × 10–19 mm de largura. Exoperídio aberto formando 6–8 raios, arqueados, revolutos ou algumas vezes involutos, recurvados sob o endoperídio, não higroscópicos. Camada micelial branco amarelada (4A2), superfície papirácea a cotonosa, totalmente incrustada com sedimentos, persistente ou se desprendendo irregularmente. Camada fibrosa branco alaranjada (5A2), superfície coriácea. Camada pseudoparenquimatosa marrom escura (7F4; 6F4), rimosa, não persistente em alguns basidiomas. Endoperídio cinza alaranjado (6B2), depresso globoso a subgloboso 3–5 mm de altura × 6–9 mm largura (incluindo peristômio), sub-séssil, superfície furfurácea. Apófise ausente ou inconspícua. Pedicelo ausente ou muito curto (até 0,6 mm). Peristômio fimbriado, tonando-se fibriloso com a idade, não delimitado ou fracamente delimitado, aplanado a mamiforme (< 1 mm), mais claro ou concolor com o endoperídio Columela circular, central, branca (4A1). Gleba marrom acinzentada (5F3) Basidiosporos amarronzado a amarelados, globosos a subglobosos, 6,0–8,3 (8,7) × 6,0–8,3 (8,7) μm [$x = 6,8 \pm 0,7 \times 6,9 \pm 0,7$, $Q_m = 1,02$, $n = 30$], ornamentação evidente em MOP, densamente verrucoso em MEV; verrugas longas (até 1,3 μm de altura), truncadas; apículo reduzido. Basídios clavados a piriformes, 19,1–24,5 × 8,8–6,3 μm , 2–3 esterigmas. Eucapilícios amarronzadas, de paredes finas (< 1 μm), com 2,2–5,0 μm diam., superfície incrustada, lisa, lúmen visível, ramificações ausentes. Camada micelial formada por hifas amareladas, de paredes finas (< 1 μm), com 2,1–2,5 μm diam., superfície não incrustada, lúmen não evidente, ramificações ausentes. Camada fibrosa formada por hifas hialinas, de paredes espessas (> 1 μm), com 3,7–6,4 μm diam.,

superfície incrustada, lúmen visível. Camada pseudoparenquimatosa consiste de hifas amarronzadas, de parede espessa ($> 1 \mu\text{m}$), subglobosas, piriformes a ovoides, $30,6\text{--}62,8 \times 27,2\text{--}46,7 \mu\text{m}$.

Habitat: Solo arenoso.

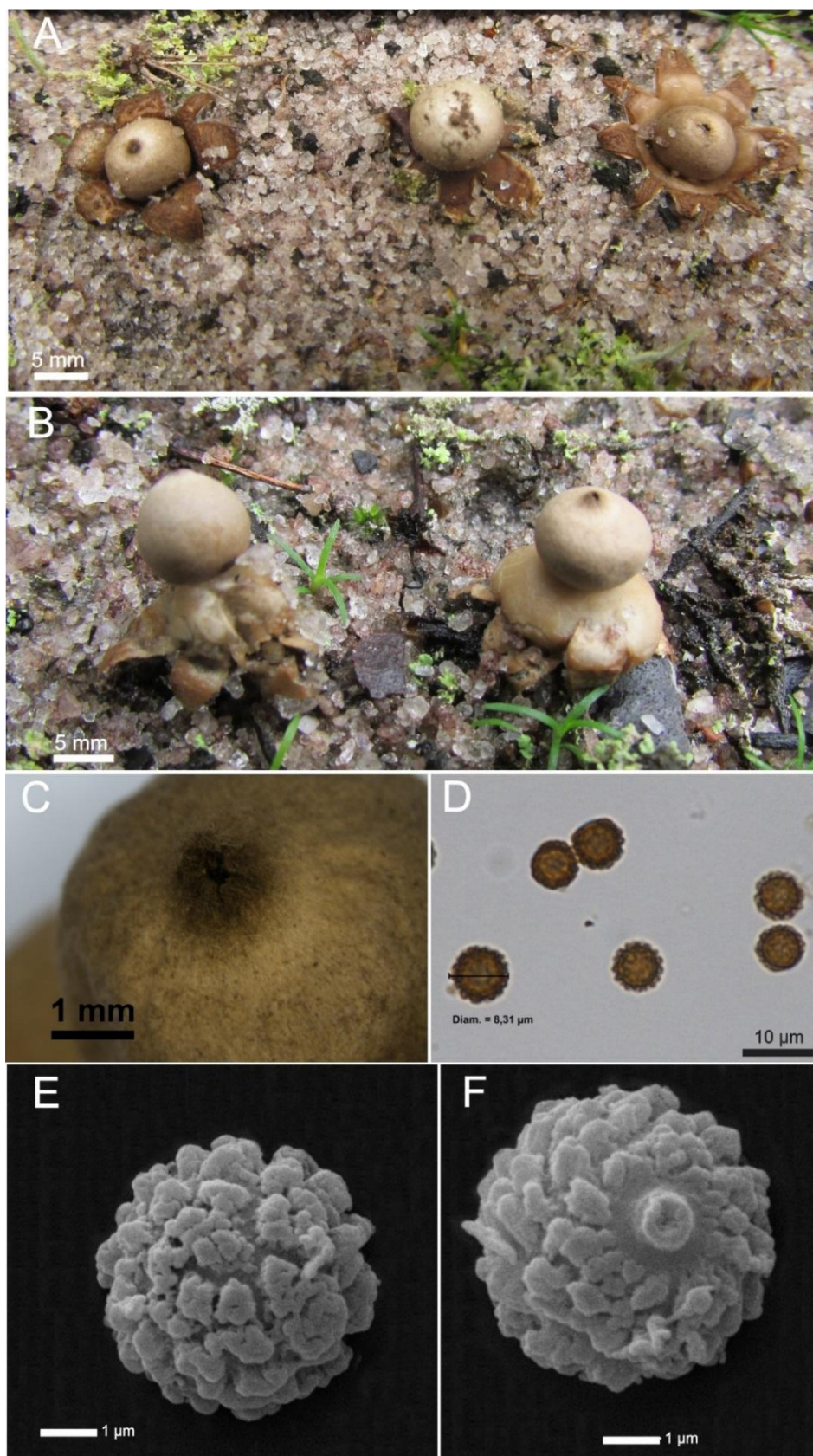
Hábito: Crescimento gregário ou solitário.

Material examinado: BRASIL – Paraíba, **Mamanguape**, REBIO Guaribas, SEMA II, $6^{\circ}44'32.1''\text{S } 35^{\circ}08'25.8''\text{W}$, 150 m a. n. m., 11/VII/ 2013, col. Sousa, J.O.; Silva, B.D.B.; Rodrigues, A.C.; Cruz, R.H.S.F., JM16 (UFRN Fungos–2309). 27 /VII/ 2012, col. Silva, B.D.B.; Sousa, J.O.; Sulzbacher, M.A., (UFRN Fungos–2310). 12 /IX/ 2012, col. Silva, B.D.B.; Sousa, J.O.; Sulzbacher, M.A., JM67 (UFRN Fungos–2311). 26/VI/2014, col. Sousa, J.O.; Nascimento, Y.M.; Mendonça, N., JM110 (UFRN Fungos–2312).

Distribuição: América do Sul – BRASIL, estado da Paraíba.

Observações: *Geastrum magnosporum* se caracteriza por apresentar basidiomas pequenos (até 19 mm de largura), exoperídio totalmente incrustado com sedimentos, endoperídio furfuráceo com curto pedicelo (até 0,6 mm), peristômio fibriloso e basidiosporos grandes, com até $8,3 \mu\text{m}$ de diâmetro. Esta espécie, a primeira vista, lembra *G. floriforme*, porém a última apresenta raios fortemente higroscópicos, cobrindo o endoperídio, basidiomas maiores (até 40 mm de largura), endoperídio sésstil e basidiosporos menores, medindo até $7 \mu\text{m}$ diam., com verrugas truncadas (com até $0,6 \mu\text{m}$ de altura) (SUNHEDE, 1989; CALONGE, 1998). Outra espécie com macromorfologia muito similar é *Geastrum arenarium*, contudo esta espécie apresenta peristômio delimitado, raios higroscópicos e basidiosporos menores (até $4,0 \mu\text{m}$). *Geastrum hieronymi* e *G. minimum* também podem ser confundidos com *G. magnosporum*, porém ambos apresentam pedicelo maior e basidiosporos menores (até $4,8 \mu\text{m}$ e $6,4 \mu\text{m}$, respectivamente) (BATES, 2004; KUHAR et al., 2012a). Assim, como *Geastrum magnosporum*, *Geastrum campestre* possui basidiosporos grandes (com até $8 \mu\text{m}$), porém esta espécie diferencia-se pelos basidiomas maiores (até 36 mm de largura), endoperídio verrucoso e peristômio sulcado delimitado (SUNHEDE, 1989; BATES, 2004). *Geastrum platense* é outra espécie com basidiosporos chegando a $8 \mu\text{m}$ diam., a qual também se assemelha pela camada micelial incrustada e peristômio fibriloso não delimitado. Contudo, pode se diferenciar pelo endoperídio sésstil, raios higroscópicos e basidiomas maiores (até 26 mm de largura) (SOTO e WRIGHT, 2000).

Prancha 20. *Geastrum magnosporum*. A: Basidioma expandido com raios revolutos. B: Basidioma expandido com raios arqueados. C: Peristômio fibriloso não delimitado. D: MOP dos basidiosporos. E-F: MEV dos basidiosporos.



Geastrum pusillupilosum J.O Sousa e Baseia, sp. nov.

Etimologia: Em referência ao tamanho minúsculo do basidioma e ao exoperídio com pelos.

Diagnose: Unexpanded basidioma epigeous, very small, 4–6 mm tall × 3–7 mm wide, surface densely covered by short hairs (up to 1 mm high). Expanded basidioma saccate, 4–7 mm tall × 6–11 mm wide. Peristome fibrillose, delimited. Exoperidium splitting into 5-6 triangular rays; nonhygroscopic. Basidiospores globose, 5–6.8 μm, densely verrucose, warts columnar with plane tips.

Descrição: Basidioma imaturo epígeo, amarelo acinzentado (4B4), marrom amarelado (5D5) a marrom (5F4), subgloboso a globoso, 4–6 mm de altura × 3–7 mm de largura, superfície densamente pilosa, pelos curtos (< 1 mm), não incrustada, subículo sob alguns basidiomas, rizomorfo aderido. Basidioma expandido saculiforme 4-7 mm de altura (incluindo peristômio) × 6-11 mm de largura. Exoperídio aberto formando 6-9 raios, saculiformes, não higroscópicos. Camada micelial amarelo pálido (3A3), densamente pilosa, incrustações ausentes, persistente. Camada fibrosa branco amarelada (4A2), papirácea. Camada pseudoparenquimatosa marrom (5E6), persistente, glabra. Endoperídio globoso, 1-4 mm de altura (incluindo peristômio) × 2-4 mm largura, séssil, glabro, marrom (5E4) a marrom acinzentado (5D3). Peristômio fimbriado, delimitado por linha marrom escuro (6F4), concolor com o endoperídio, até 1 mm de altura. Columela elíptica, central, inconspícua, branca (4A1). Gleba marrom acinzentada (5F3). Basidiosporos amarelo pálido, globosos, 5–6,8 × 5–6,8 μm [$x = 5,9 \pm 0,5 \times 5,8 \pm 0,5$, $Q_m = 1,00$, $n = 30$], ornamentação evidente em MOP, densamente verrucoso em MEV; verrugas colunares, pouco truncadas, com ápice aplanado; ápículo reduzido. Basídios clavados, piriforme a lageniforme, 10,8–16,5 × 5–7,6 μm, 3–4 esterigmas. Eucapilícios amarronzados, de paredes finas (<1 μm), com 2,1–4,3 μm, sinuosa, incrustados, lúmen ausente. Camada micelial composta de hifas hialinas a esverdeadas, de paredes sinuosas, com 2,5-7,6 μm de diâmetro, lúmen presente. Camada fibrosa formada por hifas hialinas, de paredes finas (< 1 μm), com 3,8–7,6 μm de diâmetro, sinuosas, lúmen presente. Camada pseudoparenquimatosa consiste de hifas hialinas, de parede finas (<1 μm), subglobosas a piriformes, 15,2–34,2 × 15,2–31,7 μm.

Habitat: Madeira em decomposição e solo arenoso coberto por liteira.

Hábito: Crescimento gregário.

Material examinado: BRASIL – Paraíba, **Mamanguape**, REBIO Guaribas, SEMA II, 06°44'30.6"S 35°08'25.2"W, 150 m a. n. m., 11/VII/ 2013, col. Sousa, J.O.; Silva, B.D.B.; Rodrigues, A.C.; Cruz, R.H.S.F., JM17 (UFRN Fungos–2313, isótipo). JM18 (UFRN Fungos–2314). 06°44'28.0"S 35°08'23.8"W, 150 m a. n. m., 26/VI/2014, col. Sousa, J.O.; Nascimento, Y.M.; Martins, A.B., JM100 (UFRN Fungos–2315). JM103 (UFRN Fungos–2316, holótipo).

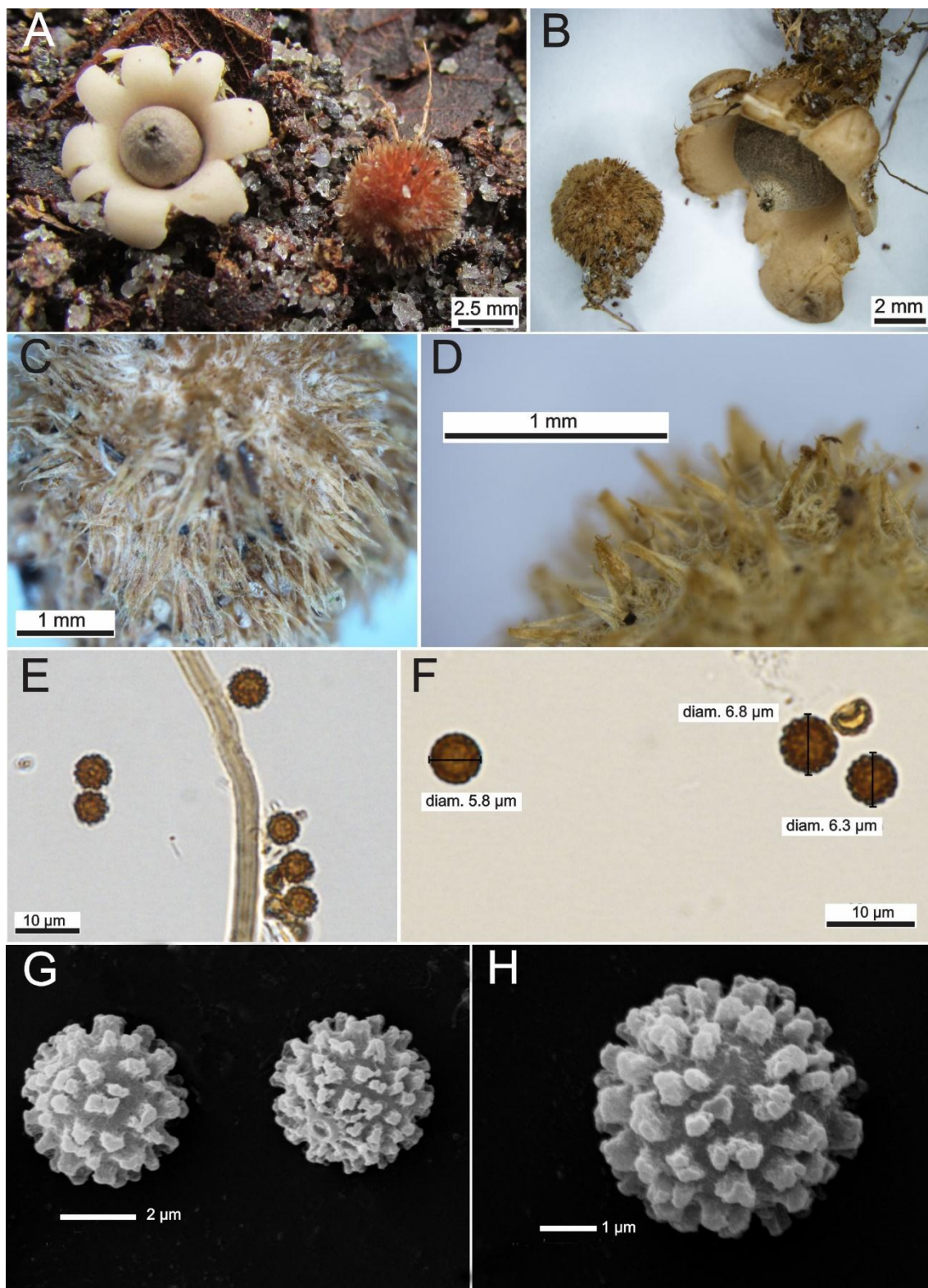
Material adicional examinado: BRASIL – Rio Grande do Sul, São Leopoldo, sem data, col. Rick, J., (PACA 15970, holótipo de *Geaster trichifer*). sem data, col. Rick, J., Lloyd's Collection cat. no. 54716 (BPI 706086, lectótipo de *G. trichifer*). Pernambuco, Recife, Reserva Ecológica Gurjaú, 12/VI/2003, col. Baseia, I.G. (UFRN Fungos – 245, Holótipo de *G. hirsutum*).

Distribuição: América do Sul– BRASIL, estado da Paraíba.

Observações: *Geastrum pusillupilosum* é caracterizada por apresentar basidiomas pequenos (até 11 mm de largura), peristômio fibriloso delimitado, exoperídio totalmente recoberto por pelos curtos (< 1 mm de altura) e basidiosporos medindo até 6,8 µm diam., com verrugas colunares. Esta espécie apresenta macro morfologia similar a *Geastrum hirsutum*, porém a última distingue-se por apresentar basidiomas maiores (15-20 mm de largura), base subicular, pelos alongados (até 3 mm) e pigmentados com distribuição espaçada no exoperídio e, principalmente, pelos basidiosporos menores (2,5 – 3,0 µm) com verrugas curtas arredondas no ápice (BASEIA e CALONGE 2006). Outras espécies do gênero *Geastrum* apresentam porção externa do exoperídio ornamentada com hifas protuberantes como *G. aculeatum* e *G. albonigrum*, *G. echinulatum*, *G. litchiforme* e *G. schweinitzii*. Porém, essas espécies diferem na morfologia das hifas protuberantes. Além disso, as quatro primeiras apresentam peristômio não delimitado e basidiomas maiores (18, 40, 22, 70 mm de largura, respectivamente). *Geastrum schweinitzii* também apresenta basidiomas pequenos, com até 20 mm, contudo, diferencia-se por apresentar subículo bem desenvolvido, crescimento cespitoso, hábito lignícola e basidiosporos menores, medindo até 5 µm (CALONGE e MATA, 2004; CORTEZ et al., 2008; HEMMES e DESJARDIN, 2011; SILVA et al., 2013). *Geastrum pusillupilosum* também foi comparado ao holótipo (PACA 15970) e lectótipo (BPI 54716) da espécie *Geastrum trichifer*, apesar dos basidiomas não estarem em boa condição de análise, o holótipo (PACA 15970) distingue-se por apresentar basidiosporos menores (até 4 µm diam.) e peristômio não

delimitado, enquanto o lectótipo (BPI 54716) diferencia-se apenas pelos basidiosporos com verrugas curtas arredondadas no ápice.

Prancha 21. *Geastrum pusillupilosum*. A-B: Basidiomas expandidos e imaturos. C-D: Detalhe do exoperídio piloso. E-F: Basidiosporos e capilícios em MOP. G-H: Basidiosporos em MEV.



8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com os resultados alcançados neste trabalho podemos considerar que o Nordeste brasileiro apresenta uma alta riqueza de espécies de Geastraceae. Apenas o número de espécies quantificadas neste inventário taxonômico (21 espécies) correspondem a 40 % das espécies que ocorrem no Brasil. Como esperado, as espécies descritas para áreas de Caatinga (*Geastrum floriforme*, *G. hieronymi* e *G. xerophilum*) não foram encontradas nas áreas de Mata Atlântica e “Brejos de Altitude”. Apesar da maioria das espécies de Geastraceae serem consideradas cosmopolitas, este dado obtido indica uma possível preferência de habitat entre as espécies. Hipóteses semelhantes já foram levantadas sobre a espécie *G. xerophilum*, a qual tem sua ocorrência restrita à áreas áridas e semiáridas (SILVA et al., 2011; SOUSA et al., 2014b).

Apesar de ser o país com maior riqueza da América Latina, os estudos, tanto de inventário de espécies quanto de sistemática e taxonomia, sobre o gênero *Geastrum* no Brasil ainda são incipientes. De acordo com o levantamento bibliográfico aqui realizado, há regiões geopolíticas, como o Centro-Oeste, e biomas, como o Pantanal, que são deveras negligenciadas por levantamentos taxonômicos. Além disso, este trabalho demonstrou que áreas aparentemente bem estudadas como a Mata Atlântica Nordestina, onde predomina o número de registros de Geastraceae no Brasil, abrigam táxons até então desconhecidos pela ciência: *Geastrum pusillupilosum* e *G. magnosporum*. O que também reforça a importância da continuação de tais estudos nos “Brejos de Altitude” e Caatinga, já que essas áreas têm grande potencial para abrigar espécies endêmicas (LEAL et al., 2005), o que tem se confirmado neste estudo.

As análises morfológicas e discussões aqui realizadas também indicam a presença de problemas taxonômicos envolvendo espécies de Geastraceae com ocorrência Neotropical, sugerindo, assim, a urgente necessidade da realização de uma revisão taxonômica. O problema mais evidente aqui detectado é a presença de um complexo de espécies com exoperídio hirsuto no gênero *Geastrum*, essas espécies, provavelmente, estão sendo identificadas como *Geastrum trichiferum* (CASTIGLIA et al., 2013; TRIERVEILER-PEREIRA e SILVEIRA, 2012). Contudo, análises mais aprofundadas demonstram que existe mais de uma espécie com exoperídio hirsuto no gênero. Problemas taxonômicos como os citados anteriormente, como também, a presença de espécies crípticas, precisam ser solucionados, pois promovem uma visão

simplista que decorre numa subestimativa na riqueza de espécies na região Neotropical. A utilização das análises moleculares como ferramenta para melhor delimitar espécies é fundamental para solucionar os problemas taxonômicos atuais do gênero *Geastrum*, além de fornecer valiosas informações sobre a filogenia do grupo.

REFERÊNCIAS

AGERER, R.; BEENKEN, L. *Geastrum fimbriatum* Fr. + *Fagus sylvatica* L. **Descriptions of Ectomycorrhizae**, [S.l.], v. 3, p 13–18, 1998.

AGERER, R. Fungal relationships and structural identity. **Mycological Progress**, [S.l.], v. 5, p. 67–107, 2006.

ALFREDO, D. S.; ACCIOLY, T.; BASEIA, I. G. *Morganella arenicola*, a new species record from North and Northeast Brazil. **Turkish Journal of Botany**, [S.l.], v. 38, p. 1-5, 2014.

ALFREDO, D. S.; BASEIA, I.G. *Morganella nuda*, a new puffball (Agaricaceae, Basidiomycota) in the upland forests of the Brazilian semi-arid region. **Nova Hedwigia**, Stuttgart, Germany, v. 98, n. 3-4, p. 459-466, 2014.

ALFREDO, D. S. et al. Two new *Morganella* species from the Brazilian Amazon rainforest. **Mycosphere**, [S.l.], v. 3, n. 1, p. 66-71, 2012a.

ALFREDO, D. S. et al. *Scleroderma minutisporum*, a new earthball from the Amazon rainforest. **Mycosphere**, [S.l.], v. 3, n. 3, p. 294-299, 2012b.

ALEXOPOULOS, C. J.; MIMS, C. W.; BLACKWELL, M. **Introductory Mycology**. 4. ed. New York: John Wiley, 1996.

ARZÚ, R.; COMANDINI, O.; RINALDI, A. C. A Preliminary checklist of macrofungi of Guatemala, with notes on edibility and traditional knowledge. **Mycosphere**, [S.l.], v.13, n. 1, p. 1-21, 2012.

BARBOSA, M. R. V. et al. A. Diversidade florística na Mata do Pau-Ferro, Areia, Paraíba. In: PÔRTO, C.; CABRAL, J.J.P.; TABARELLI, M. **Brejos de Altitude em Pernambuco e Paraíba**: história Natural, ecologia e conservação. Brasília, Ministério do Meio Ambiente, 2004. p. 111-122.

BASEIA, I. G. Contribution to study of the genus *Calvatia* (Lycoperdaceae) in Brazil. **Mycotaxon**, [S.l.], v. 88, p. 107-112, 2003.

_____. Some notes on the genera *Bovista* and *Lycoperdon* (Lycoperdaceae) in Brazil. **Mycotaxon**, [S.l.], v. 91, p. 81-86, 2005a.

_____. *Bovista* (Lycoperdaceae): dois novos registros para o Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, [S.l.], v. 19, n. 4, p. 899-903, dez. 2005b.

BASEIA, I. G. et al. O gênero *Calostoma* (Boletales, Agaricomycetidae) em áreas de cerrado e semi-árido no Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, [S.l.], v. 21, n. 2, p. 277-280, jun. 2007.

BASEIA, I. G.; CALONGE, F. D. *Aseroë floriformis*, a new phalloid with a sunflower-shaped receptacle. **Mycotaxon**, [S.l.], v. 92, p. 169-172, 2005.

_____. *Calvatia sculpta*, a striking puffball occurring on Brazilian sand dunes. **Mycotaxon**, v. 106, p. 269-272, 2008.

_____. *Geastrum hirsutum*: a new earthstar fungus with a hairy exoperidium. **Mycotaxon**, [S.l.], v. 95, p. 301-304, 2006.

BASEIA, I. G.; CAVALCANTI, M. A.; MILANEZ, A. I. Additions to our knowledge of the genus *Geastrum* (Phallales: Geastraceae) in Brazil. **Mycotaxon**, [S.l.], v. 85, p. 409-416, 2003.

BASEIA, I. G.; GALVÃO, T. C. O. Some interesting Gasteromycetes (Basidiomycota) in dry areas from Northeastern Brazil. **Acta Botanica Brasilica**, [S.l.], v. 16, n. 1, p. 1-8, 2002.

BASEIA, I. G.; MAIA, L. C.; CALONGE, F.D. Notes on Phallales in the Neotropics. **Boletín de la Sociedad Micológica de Madrid**, [S.l.], v. 30, p. 87-93, 2006.

BASEIA, I.G.; MILANEZ, A.I. *Geastrum setiferum* (Gasteromycetes): a new species with a setose endoperidium. **Mycotaxon**, [S.l.], v. 84, p. 135-140, 2002.

BATES, S. T. **Arizona members of the Geastraceae and Lycoperdaceae (Basidiomycota, Fungi)**. U.S.A: Master Thesis, Arizona State University, 2004.

BERKELEY, M. J.; COOKE, M. C. The fungi of Brazil, including those collected by J.W.H. Trail, Esq. M.A. in 1874. **Journal of the Linnean Society of London, Botany**, [S.l.], v.1 5, p. 363-398, 1876.

BLACKWELL, M. The Fungi: 1, 2, 3 ... 5.1 Million Species?. **American Journal of Botany**, [S.l.], v. 98, n. 3, p. 426-438, 2011.

BONONI, V. L. R.; GUZMÁN G.; CAPELARI, M. Basidiomicetos do Parque Estadual da Ilha do Cardoso V: Gasteromicetos. **Rickia**, [S.l.], v. 11, p. 91-97, 1984.

BONONI, V. L. R.; TRUFEN, S. F. B.; GRANDI, R. A. P. Fungos macroscópicos do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga depositados no Herbário do instituto de Botânica. **Rickia**, [S.l.], v. 9, p. 37-53, 1981.

BURR, B.; BARTHLOTT, W.; WESTERKAMP, C. *Staheliomyces* (Phallales) visited by Trigona (Apidae): melittophilic in spore dispersal of an Amazonian stinkhorn? **Jornal of Tropical Ecology**, [S.l.], v. 122, p. 441-445, 1996.

CABRAL, T. et al. A new species and new records of gasteroid fungi (Basidiomycota) from Central Amazonia, Brasil. **Phytotaxa** [S.l.], v. 183, n. 4, p. 239-253, 2014a.

CABRAL, T. S. et al. *Abrachium*, a new genus in the Clathraceae, and *Itajahya* reassessed. **Mycotaxon**, [S.l.], v. 119, p. 419-429, 2012.

CABRAL, T. et al. *Geastrum rusticum* (Geastraceae, Basidiomycota), a new earthstar fungus in the Brazilian Atlantic rainforest – a molecular analysis. **Nova Hedwigia**, Stuttgart, Germany, v. 98, n. 1-2, p. 265-272, 2014b.

CAFFOT, M. L.; ROBLEDO, G.; DOMÍNGUEZ, L.S. Gasteroid mycobiota (Basidiomycota) from *Polylepis australis* woodlands of central Argentina. **Mycotaxon**, [S.l.], p. 123-491, 2013.

CALONGE, F. D. Gasteromycetes: Lycoperdales, Nidulariales, Phallales, Sclerodermatales, Tulostomatales. **Flora Micológica Ibérica**, v. 3, 271 p, 1998.

CALONGE, F. D.; MATA, M. Adiciones y correcciones al catálogo de Gasteromycetes de Costa Rica. **Boletín de la Sociedad Micológica de Madrid**, [S.l.], v. 30, p. 111-119, 2006.

_____. A new species of *Geastrum* from Costa Rica and Mexico. **Boletín de la Sociedad Micológica de Madrid**, [S.l.], v. 28, p. 331-335, 2004.

CALONGE, F. D.; MATA, M.; CARRANZA, J. Contribución al catálogo de los Geasteromycetes (Basidiomycotina, Fungi) de Costa Rica. **Anales del Jardín Botánico de Madrid**, [S.l.], v. 62, n. 1, p. 23-45, 2005.

CALONGE, F. D.; MORENO-ARROYO, B.; GÓMEZ, J. Aportación al conocimiento de los *Gasteromycetes*, *Basidiomycotina*, de Bolivia (América del Sul). *Geastrum ovalisporum* sp.nov. **Boletín de la Sociedad Micológica de Madrid**, [S.l.], v. 25, p. 271-275, 2000.

CALONGE, F. D.; VERDE, L. Nuevos dados sobre los *Gasteromycetes* de Venezuela. **Boletín de la Sociedad Micológica de Madrid**, [S.l.], v. 21, p. 201-217, 1996.

CARLILE, M. J; WATKINSON, S. C; GOODAY, G. W. **The Fungi**. 2. ed. [S.l.]: Academic Press, 2001.

CASTIGLIA, V.; CINTO, I.; PAPINUTII, L. *Geastrum trichiferum* and *Geastrum setiferum* (Geastrales, Phallomycetidae) new records for Argentina. **Boletín de la Sociedade Argentina Botánica**, [S.l.], v. 48, n. 3-4, p. 377-380, 2013.

COKER, W. C.; COUCH, J. N. **The Gasteromycetes of the Eastern United States and Canada**. [S.l.]: MBLWHOI Library, 1928.

CORTEZ, V. G.; ALVEZ, C.R. Type study of *Calvatia lachnoderma* from Brazil. **Mycosphere**, [S.l.], v. 3, n. 5, p. 894-898, 2012.

CORTEZ, V. G.; BASEIA, I. G.; SILVEIRA, R. M. B. Gasteroid mycobiota of Rio Grandedo Sul, Brazil: *Calvatia*, *Gastropila* and *Langermannia* (Lycoperdaceae). **Kew Bulletin**, v. 67, ,n. 3, p. 471-482, 3 jun. 2012.

_____. Gasteromicetos (Basidiomycota) no Parque Estadual de Itapuã, Viamão, Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista Brasileira de Biociências**, [S.l.], v. 6, p. 291-299, 2008a.

CORTEZ, V. G. et al. Two little known gasteroid fungi from Santa Catarina State, southern Brazil. **Mycotaxon**, [S.l.], v. 106, p. 297-302, 2008b.

CRUZ, R. H. S. F.; BASEIA, I. G. Four new *Cyathus* species (Nidulariaceae, Basidiomycota, Fungi) from the semi-arid region of Brazil. **Journal of the Torrey Botanical Society**, [S.l.], v. 141, n. 2, p. 173-180, 2014

CRUZ, R. H. S. F.; BARBOSA, M. M. B.; BASEIA, I. G. *Cyathus badius* and *C. earlei* reported from the Brazilian Atlantic rainforest. **Mycotaxon**, [S.l.], v. 121, p. 365-369, 2012a.

CRUZ, R. H. S. F.; BRAGA-NETO, R.; BASEIA, I. G. *Cyathus morelensis*, a rare bird's nest fungus in the Brazilian Amazon rainforest. **Mycosphere**, [S.l.], v. 3, n.5, p. 880-882, 2012b.

CUNNINGHAM, C. H. **The Gasteromycetes of Australia and New Zealand**. Dunedin, 236 p, 1944.

DE MEIJER A.A.R. Preliminary list of the Macromycetes from the Brazilian State of Paraná. **Boletim do Museu Botânico Municipal**, Curitiba-Paraná, v. 68, p. 1-55, 2006.

DENNIS, R.W.G. **Fungus flora of Venezuela and adjacent countries**. Inglaterra: Kew Bull. Add. Ser. 1970, p. 1-515.

DIOS, M.M. La Biodiversid Fungica de La Provincia de Catamarca. **Revista de Ciência y Técnica**, [S.l.], v. 3, n. 10, p. 121-126, 2001.

DIOS, M.M.; ALBERTÓ, E.; MORENO, G. Catálogo de hongos gasteroide (Basidiomycota) de Catamarca, Argentina. **Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica**, [S.l.], v. 46, n. 1-2, p. 5-11, 2011.

DISSING, H.; LANGE, M. Gasteromycetes of Congo. **Bulletin Jardin. du Bototanico de L'etat a Bruxellas**, v. 32, n. 4, p. 325-416, 1962.

DOMINGUEZ DE TOLEDO, L. S. **Contribución al conocimiento de los Gasteromycetos (Basidiomycota) de Argentina**. Doctoral Dissertation. Universidade de Córdoba, Argentina. 1989.

DOMINGUEZ DE TOLEDO, L. S. *Geastrum lilloi* sp. Nov. from Argentina. **Mycologia**, [S.l.], v. 88, n. 5, p. 858-862, 1996.

DOMINGUEZ DE TOLEDO, L. S.; CASTELLANO, M.A. A revision of the genera *Radiigera* and *Pyrenogaster*. **Mycologia**, [S.l.], v. 85, n. 5, p. 863-884, 1996.

DORE, C. M. P. et al. Antiinflammatory, antioxidant and cytotoxic actions of β -glucan-rich extract from *Geastrum saccatum* mushroom. **International Immunopharmacology**, [S.l.], v. 7, p. 1160-1169, 2007.

DOUANLA-MELI, C.; LANGER, E.; CALONGE, F. D. *Geastrum pleosporus* sp. nov., a new species of Geastraceae identified by morphological and molecular phylogenetic data. **Mycological Progress**, [S.l.], v. 4, n. 3, p. 239-250, 2005.

DRECHSLER-SANTOS, E. R. et al. Revision of the Herbarium URM I. *Agaricomycetes* from the semi-arid region of Brazil. **Mycotaxon**, [S.l.], v. 104, p. 9-18, 2008.

ESQUEDA, M. et al. Distribution of *Geastrum* species from some priority regions for conservation of Biodiversity of Sonora, Mexico. **Mycotaxon**, [S.l.], v. 87, p. 445-456, 2003.

ESQUEDA, M. et al. Primeros registros de hongos gasteroides en la Reserva Forestal Nacional y Refugio de Fauna Silvestre Ajos- Bavispe, Sonora, México. **Revista Mexicana de Micología**, [S.l.], v. 30, p. 19-29, 2009.

ESQUEDA-VALLE, M. et al. Composición de gasteromicetos en um gradiente de vegetación de Sonora, México. **Anales del Instituto de Biología Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Botánica**, [S.l.], v. 71, n. 2, p. 39-62, 2000.

ESQUEDA-VALLE, M. et al Macromicetos de Selva Baja Caducifolia, I: Álamos, Sonora, México. **Revista Mexicana de Micología**, [S.l.], v. 15, p. 73-78, 1999.

FAZOLINO, E. P.; CALONGE, F. D.; BASEIA, I. G. *Geastrum entomophilum*, a new earthstar with an unusual spore dispersal strategy. **Mycotaxon**, [S.l.], v. 104, p. 449-453, 2008.

GABEL, A.C.; GABEL, M.L. New Records of Gasteroid and Secotioid Fungi from sand dunes in Northwestern South Dakota. **Proceedings of the South Dakota Academy of Science**, [S.l.], v.90, p. 125-136, 2011.

GALINDO-LEAL, C.; CÂMARA, I. G. **Mata Atlântica: biodiversidade, ameaças e perspectivas**. Fundação SOS Mata Atlântica – Belo Horizonte, Conservação Internacional, 2005.

GARDEZI, S.R.A. Notes on *Scleroderma*, puffballs and *Geastrum* of Azad Jammu and Kashmir, Pakistan. **Archives of Phytopathology and Plant Protection**, [S.l.], v. 38, n. 2, p. 113-112, 2005.

GEORGE-NASCIMENTO, G.M.F. **Guía de Campo de los Hongos más Vistosos de Chile**. Ed. Corporación Chilena de la Madera (CORMA). Concepción, Chile 200pp, 2007.

GIACHINI, A.L.; HOSAKA, K.; NOUHRA, E.; SPATAFORA, J.; TRAPPE, J. M. Phylogenetic relationships of the Gomphales based on nuc-25S-rDNA, mit-12S-rDNA, and mit-atp6-DNA combined sequences. **Fungal Biology**, [S.l.], v. 114, p. 224-234, 2010

GIRAUD, T.; REFRÉGIER, G.; LEGAC, M.; VIENNE, D.M.; HOOD, M.E. Speciation in fungi. **Fungal Genetics and Biology**, [S.l.], v. 45, p. 791–802, 2008.

GUBE, M. PIEPENBRING, M. Preliminary annotated checklist of Gasteromycetes in Panama. **Nova Hedwigia**, Stuttgart, Germany, v. 89, n. 3-4, p. 519-543, 2009.

GUERRERO, R.T.; SILVEIRA, R.M.B. **Glossário Ilustrado de Fungos: Termos e Conceitos Aplicados á Micologia**. 2. ed. Porto Alegre, Rio Grande do Sul: Editora Universidade UFRGS, p. 7-102, 2003.

GUSMÃO, L. F. P; FERREIRA, S. M. L. Programa de Pesquisa em Biodiversidade (PPBio). In: BASEIA, I. G.; SILVA, B. D. B.; CRUZ, R. H. S. F. **Fungos Gasteroides no Semiárido do Nordeste Brasileiro**. Feira de Santana: Print Mídia, 2014, p. 12-19.

GUZMÁN, G. Distribucion de los Hongos em La Region Del Caribe Y Zonas Vecinas. **Caldasia**, [S.l.], v. 15, p. 103-120, 1986.

HAWKSWORTH, D. L. The magnitude of fungal diversity: the 1.5 million species estimate revised. **Mycological Research**, [S.l.],v. 105, n. 12, p.1422-1432, 2001.

HENNINGS P. Fungi amazonici a. cl. Ernesto Ule collecti: 1. **Hedwigia**, [S.l.], v. 43, p. 154-186, 1904a.

HEMMES, D. E.; DESJARDIN, D.E. Earthstars (*Geastrum*, *Myriostoma*) of the Hawaiian Islands including two new species, *Geastrum litchiforme* and *Geastrum reticulatum*. **Pacific Science**, [S.l.], v. 65, p. 477-496, 2011.

HENNINGS P. Fungi fluminenses a cl. E. Ule collecti. **Hedwigia**, [S.l.], v. 43, p. 78-95, 1904b.

HERRERA, T. et al. Algunos Gasteromicets de Calakmul, Campeche, México. **Revista Mexicana de Micología**, [S.l.], v.21, p. 23-27, 2005.

HERNÁNDEZ, M.C.; GONZÁLEZ, S.G.M.G.; SUÁREZ, L.C. Hongos del Jardín Botánico Nacional de Cuba. I. Basidiomycota. **Revista del Jardín Botánico Nacional**, [S.l.], v. 29, p. 161-169, 2008.

HIBBETT, D. S. et al. A higher-level phylogenetic classification of the Fungi. **Mycological Research**, [S.l.], v.3, p. 509-547, 2007.

HIBBETT, D.S. Trends in Morphological Evolution in Homobasidiomycetes Inferred Using Maximum Likelihood: A Comparison of Binary and Multistate Approaches. **Systematic Biology**, [S.l.], v. 53, n. 6, p. 889–903, 2004.

HIBBETT, D.S. et al. Evolution of gilled mushrooms and puffballs inferred from ribosomal DNA sequences. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, [S.l.], v. 94, p. 12002-12006, 1997.

HIBBETT, D.S.; TSUNEDA, A.; MURAKAMI, S. The secotioid from *Lentinus tigrinus*: Genetics and Development of Fungal Morphologic Innovation. **American Journal of Botany**, [S.l.], v. 81, p. 488-478, 1994.

HOMRICH, M. A. Nota sobre *Myriostoma coliforme* Desvaux (Lycoperdaceae). **Iheringia**, [S.l.], v. 18, n. 3, p. 80-89, 1973.

HOSAKA, K. et al. Molecular phylogenetics of the gomphoid-phalloid fungi with an establishment of the new subclass Phallomycetidae and two new orders. **Mycologia**, [S.l.], v. 98, n. 6, p. 949-959, 2006.

HOSAKA, K.; CATELLANO, M.A; SPATAFORA, J.W. Biogeography of Hysterangiales (Phallomycetidae, Basidiomycota). **Mycological Research**, [S.l.], v. 2, p. 448-462, 2008.

INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE. Unidades de Conservação. Disponível em: <<http://www.icmbio.gov.br/portal/>>. Acesso em: 28 mar. 2014.

JONES, M.D.M. et al. Discovery of novel intermediate forms redefines the fungal tree of life. **Narute**, [S.l.], v. 474, p. 200-203, 2011.

JOPPA, L. N.; et al. Achieving the Conservation on Biological Diversity's Goals for Plants Conservation. **Science**, [S.l.], v. 341, p. 1100-1103, 2013.

JEPPSON, M.; NILSSON, H.R.; LARSSON, E. European earthstars in Geastraceae (Geastrales, Phallomycetidae) – a systematic approach using morphology and molecular sequence data. **Systematics and Biodiversity**, [S.l.], v. 11, n. 4, p. 437-465, 2013.

KASUYA, T.; HOSAKA, K.; UNO, K.; KAKISHIMA, M. Phylogenetic placement of *Geastrum melanocephalum* and polyphyly of *Geastrum triplex*. **Mycosciene**, [S.l.], 2012.

KIMBROUGH, J.; ALVES, M. H.; MAIA, L.C. Basidiomycetes saprófitos presentes em troncos vivos e em folheto de "sombreiro" (*Clitoria falrchildiana* [benth.] Howard). **Biologica brasílica**, [S.l.], v. 6, n. 1-2, p. 51-56, 1994/1995.

KIRK, P. M. et al. **Dictionary of the Fungi**. 10. ed. Reino Unido: CABI Int. Publ. 771p, 2008.

KORNERUP, A.; WANSHER, J. E. **Methuen handbook of Colour**, 3.ed. Londres, Inglaterra: Methuen, 1978.

KUHAR, F.; CASTIGLIA, V.; PAPINUTTI, L. *Geastrum* specie of the La Rioja province, Argentina. **Mycotaxon**, [S.l.], v. 122, p. 145-156, 2012a.

KUHAR, F. et al. New records and notes on gasteroid fungi of arid regions in Argentina. **Sydowia**, [S.l.], v. 64, n.4, p. 233-144, 2012b.

KUHAR, F.; PAPINUTTI, L. *Geastrum episcopale*: a new noticeable species with red-violet exoperidium. **Mycologia**, [S.l.], v. 101(4), p. 535-538, 2009.

LAZAROTTO, D. C. et al. Comunidade de fungos Agaricomycetes em diferentes sistemas florestais no noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Brasil: Floresta Estacional Decídua e monocultura de eucapilto. **Hoehnea**, [S.l.], v. 41, n. 2 p. 269-275, 2014.

LAZO, W. Fungi from Chile I. Some gasteromycetes and Agaricales. **Mycologia**, [S.l.], v. 64, p. 786-798, 1972.

LEAL, I. R. et al. Mudando o curso da conservação da biodiversidade na Caatinga do Nordeste do Brasil. **Megadiversidade**, [S.l.], v. 1, n. 1, 139-146, 2005.

LEITE, A.G.; BASEIA, I. G. Novos Registros de *Geastraceae* Corda para o Nordeste Brasileiro. **Sitientibus. Série Ciências Biológicas**, [S.l.], v. 7, p. 178–183, 2007.

LEITE, A.G.; CALONGE, F.D.; BASEIA, I.G. Additional studies on *Geastrum* from Northeastern Brazil. **Mycotaxon**, [S.l.], v. 101, p. 103-111, 2007a.

LEITE, A.G. et al. Espécies raras de *Phallales* (*Agaricomycetidae*, *Basidiomycetes*) no Nordeste do Brasil. **Acta Botânica Brasílica**, [S.l.], v. 21, p. 119–124, 2007b.

LEITE, A.G. et al. *Geastrum* species from the Amazon Forest, Brazil. **Mycotaxon**, [S.l.], v.118, p. 383-392, 2011.

LIU, B. The Gasteromycetes of China. Beiheftzur, **Nova Hedwigia**, Stuttgart, Germany, v. 74, p. 1-235, 1984.

MACHADO, W.J.; PRATA, A.P.N.; MELLO, A. A. Floristic composition in areas of Caatinga and Brejo de Altitude in Sergipe state, Brazil. **CheckList**, [S.l.], v. 8, n. 6, p. 1089-1101, 2012.

MARTINI, A. M. Z. et al. A hot-point with a hot-spot: a high diversity site in Brazil's Atlantic Forest. **Biodiversity Conservation**, [S.l.], v. 16, p. 3111–3128, 2007.

MELO SANTOS, et al. Biogeographical relationships among tropical forests in north-eastern Brazil. **Journal of Biogeography**, [S.l.], v. 34, p. 437-446, 2007.

MILLER JÚNIOR, O. K.; MILLER, H. H. **Gasteromycetes: Morphology and Developmental Features**. Mad River, Eureka, CA, p. 3-156, 1988.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Áreas Prioritárias para Conservação, Uso Sustentável e Repartição dos Benefícios da Biodiversidade Brasileira**: atualização- Portaria MMA nº 9, de 23 de janeiro de 2007. Secretaria de Biodiversidade e Florestas, Brasília. 2007. p. 301.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Biomas. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br>>. Acesso em: 15 mar. 2013.

MORENO, G. et al. Contribution to the study of gasteroid and secotioid fungi of Chihuahua, Mexico. **Mycotaxon**, [S.l.], v. 112, p. 291-315, 2010.

MYERS, N. et al. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, [S.l.], v. 403, p. 853-858, 2000.

OBERWINKLER, F. Evolutionary trends in Basidiomycota. **Stapfia**, [S.l.], v. 96, p. 45-105, 2012.

OCHOA, C.; MORENO, G. Hongos gasteroides y secotioides de Baja California, México. **Boletín de la Sociedad Micológica de Madrid**, [S.l.], v. 30, p. 121-166, 2006.

OLIVEIRA, M. L.; MORATO, E. F. Stingless bees (Hymenoptera, Meliponini) feeding on stinkhorn spores (Fungi: Phallales): robbery or dispersal? **Revista Brasileira de Zoologia**, [S.l.], v. 17, n.3, p.881-884, 2000.

PEGLER, D. N.; LÆSSØE, T.; SPOONER, B. M. British puffballs, earthstars, and stinkhorns. **Royal Botanic Gardens, Kew**, [S.l.], p.79-122, 1995.

PEREIRA, M. S.; BARBOSA, M. R. G. V. A família Rubiaceae na Reserva Biológica Guaribas, Paraíba, Brasil. Subfamília Rubioideae. **Acta Botanica Brasilica**, [S.l.], v. 20, n. 2 p. 455-470, 2006.

POINAR, J. R. G.; ALFREDO, D. S.; BASEIA, I. G. A gasteroid fungus, *Palaeogaster micromorpha* gen. and. sp. nov (Boletales) in Cretaceous Myanmar amber. **Botanical Research Institute of Texas. Journal**, [S.l.], v. 8, p. 139-143, 2014.

PONCE DE LÉON, P. A revision of the Geastraceae. **Fieldiana: Botany**, [S.l.], v. 31, p. 303-349, 1968.

PRADO, D. As Caatingas da América do Sul. In: Leal, I.; TABARELLI, M.; SILVA, J.M.C. **Ecologia e Conservação da Cattinga**. Recife: Ed. Universitária, UFPE, 2003, 822p.

RICK, J. *Basidiomycetes* Eubasidii no Rio Grande do Sul. Brasília. **Iheringia**, [S.l.], v. 9, p. 451-480, 1961.

ROCABADO, D. et al. Catalogo de los Gasteromycetes (Fungi: Basidiomycota) de Bolivia. **Kempffiana**, [S.l.], v. 3, n. 1, p. 3-13, 2007.

RODRIGUES, A.C.M.; BASEIA, I.G *Blumenavia angolensis* (Clathraceae), a rare phalloid reported from Northeastern Brazil. **Mycosphere**, v. 4, n. 6, p. 1066-1069, 2013.

RODRIGUES, P. C. G. et al. Ecologia dos Brejos de Altitude do Agreste Pernambucano. **Revista de Geografia**. Recife: UFPE – DCG/NAPA, v. 25, n. 3, p. 20-34, 2008.

RODRÍGUEZ, O. et al. Catálogo de la micobiota del bosque La Primavera, Jalisco. **Revista Mexicana de Micología**, [S.l.], v. 3, p. 29-40, 2010.

SÁ, I. B.; RICHE, G. R.; FOTIUS, G. A. As paisagens e o processo de degradação do semiárido nordestino. In: SILVA, J. M. C.; TABARELLI, M.; FONSECA, M. T.; LINS, V. **Biodiversidade da Caatinga: áreas e ações prioritárias para conservação**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente: Universidade Federal de Pernambuco, p. 17-36, 2003.

SACCARDO, P. A. *Sylloge Fungorum* 7, Ann Arbor: V. W. Edwards (reprinted, 1944), 882 p, 1888.

SENA, et al . Parque Nacional do Catimbau- PE: Um Laboratório para Aulas Práticas de Geomorfologia. **Revista Geonorte**, Catimbau-PE, v.2, n.4, p.599-606, 2012.

SILVA, B. D. B. et al. Two new species of *Geastrum* (Basidiomycota) found in Brazil. **Nova Hedwigia**, Stuttgart, Germany, v. 96, n. 3-4. p. 445-456, 2013.

SILVA, B. D. B.; SOUSA, J. O.; BASEIA, I. G. Discovery of *Geastrum xerophilum* from the Neotropics. **Mycotaxon**, [S.l.], v.118, p. 355-359, 2011.

SILVA, B.D.B.; SULZBACHER, M.A.; BASEIA, I.G. Metodologia. In: BASEIA, I.G.; SILVA, B.D.B.; CRUZ, R.H.S.F. **Fungos Gasteroides no Semiárido do Nordeste Brasileiro**. Feira de Santana: Print Mídia, 2014, p. 26-28.

SOTO, M.K.; WRIGHT, J.E. Taxonomia del genero *Geastrum* (*Basidiomycetes*, *Lycoperdales*) em la Provincia de Buenos Aires, Argentina. **Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica**, [S.l.], v. 34, n. 3-4, p. 185-201, 2000.

SOTÃO, H. M. et al. Fungos Macroscópicos da Floresta Nacional de Caxuanã: Basidiomycota (Agaricomycetes). In: LISBOA, P.L.B. **Caxuanã: desafios para**

conservação de uma Floresta Nacional na Amazônia. Belém: Museu Emílio Goeldi, p. 389-396, 2009.

SOUSA, J. O. et al. Geastraceae. In: BASEIA, I.G.; SILVA, B.D.B.; CRUZ, R.H.S.F. **Fungos Gasteroides no Semiárido do Nordeste Brasileiro**. 1ed. Feira de Santana: Print Mídia, 2014a, p. 37-55.

SOUSA, J. O. et al. Updates on the geographic distribution of three *Geastrum* species from Brazilian semi-arid region. **Mycosphere**, [S.l.], v. 3, p. 467-474, 2014b.

SOUSA, J.O. et al. New records of Geastraceae (Basidiomycota: Phallomycetidae) from Atlantic Rainforest Remnants and Relicts of Northeastern Brazil. **Darwiniana Nueva Serie**, [S.l.], v. 2, n.2 p. 207-221, 2014c.

SOUSA, J.O.; SILVA, B.D.B.; BASEIA, I.G. *Geastrum* from the Atlantic Forest in northeast Brazil- new records for Brazil. **Mycotaxon**, [S.l.], v. 129, p. 169-179, 2014d.

SHEPARD G.H.J.; ARORA, D.; LAMPAMAN, A. The Grace of the Flood: Classification and Use of Wild Mushrooms among the Highland Maya of Chiapas. **Economic Botany**, [S.l.], v. 62(3), p. 437-470, 2008.

SHRESTHA, S.; KROPP, B. R. Use of *Calvatia gigantea* to treat pack animals in Nepal. **Fungi**, [S.l.], v. 2, p. 59-60, 2009.

SOBESTIANKY, G. Contribution to a Macromycete survey of the states of Rio Grande do Sul and Santa Catarina in Brazil. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, [S.l.], v. 48, p. 437- 457, 2005.

SRIVASTAVA A. K.; SORENG F.P.K. An effort to domesticate wild edible mushrooms growing in the forest of Jharkhand. **International Journal of Recent Trends in Science And Technology**, [S.l.], v. 3, p. 88-92, 2012.

SUNHEDE, S. Geastraceae (Basidiomycotina). **Morphology, ecology and systematics with special emphasis on the North European species**. Synopsis Fungorum v.1, 534p, 1989.

SUNHEDE, S. Studies in Gasteromycetes. I Notes on spore liberation and spore dispersal in *Geastrum*. **Svensk Botanisk Tidskrift**, [S.l.], v. 68, p. 329-343, 1974.

SULZBACHER, M.A.; CORTEZ, V.G.; BASEIA, I.G. Rediscovery of *Pseudocolus garciae* in southern Brazil. **Mycotaxon**, [S.l.], v. 123, p. 113-119, 2013.

SYDOW H.; SYDOW, P. Verzeichnis der von Herrn F. Noack in Brasilien gesammelten Pilze. **Ann. Mycologici**, [S.l.], v. 5, n.4, p. 348-363, 1907.

TABARELLI, M. et al. Challenges and Opportunities for Biodiversity Conservation in the Brazilian Atlantic Forest. **Conservation Biology**, [S.l.], v. 19, p. 695–700, 2005.

TABARELLI, M.; SANTOS, A. M. M. Uma breve descrição sobre a história natural dos brejos nordestinos. In: **Brejos de altitude em Pernambuco e Paraíba: história natural, ecologia e conservação**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2004. p. 17-24.

TEDERSOO, L.; MAY, T.W.; SMITH, M.E. Ectomycorrhizal lifestyle in fungi: global diversity, distribution, and evolution of phylogenetic lineages. **Mycorrhiza**, [S.l.], v. 20, n. 4, p. 217-63, 2010.

TRAPPE, J.M.; et al. **Diversity, Ecology, and Conservation of Truffle Fungi in Forest of the Pacific Northwest**. Gen. Tech. Rep. PNW-GTR-772. Portland, OR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station. 194 p, 2009.

TRAPPE, J.M. et al. **Diversity, Ecology, and Conservation of Truffle Fungi in Forest of the Pacific Northwest**. Gen. Tech. Rep. PNW-GTR-772. Portland, OR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station. 194 p, 2009.

TRIERVEILER-PEREIRA, L.; BASEIA, I.G. Additional data on *Geastrum entomophilum* (Geastraceae, Basidiomycota). **Boletín de la Sociedad Micológica de Madrid**, [S.l.], v.34, p. 135-139, 2010.

TRIERVEILER-PEREIRA, L. et al. First records of *Geastraceae* and *Nidulariaceae* (*Basidiomycota*, *Fungi*) from Bahia, Northeastern Brazil. **Revista Brasileira de Biociências**, [S.l.], v.7, p. 316-319, 2009.

TRIERVEILER-PEREIRA, L. CALONGE, F.D.; BASEIA, I.G. New distributional data on *Geastrum* (*Geastraceae*, *Basidiomycota*) from Brazil. **Acta Botânica Brasílica**, [S.l.], v. 25, n. 3, p. 577-585, 2011a.

TRIERVEILER-PEREIRA, L.; GOMES-SILVA, A.C.; BASEIA, I.G. Observations on gasteroid Agaricomycetes from the Brazilian Amazon rainforest. **Mycotaxon**, [S.l.], v. 118, p. 273-282, 2011b.

TRIERVEILER-PEREIRA, L.; SILVEIRA, R.M.B. On the *Geastrum* species (*Geastraceae*, *Basidiomycota*) described by Rick. **Phytotaxa**, [S.l.], v. 61, p. 37-46, 2012.

TRUJILLO, J. P. G. **Introdução a Etnomicologia no Equador**. 2009. 123 f. Dissertação (Mestrado em Biologia de Fungos)- Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2009.

VASCO-PALACIOS, A. M.; FRANCO-MOLANO, A.E. Diversity of Colombian macrofungi (*Ascomycota*- *Basidiomycota*). **Mycotacon**, [S.l.], p. 121-499, 2013.

VASCO-PALACIOS, A. M. et al. Macromicetes (*Ascomycota*, *Basidiomycota*) de La Región del Medio Caquetá, Departamentos de Caquetá Y Amazonas (Colombia). **Biota Colombiana**, [S.l.], Bogotá, v. 6, n.1, p. 127-140, 2005.

VELLOSO, A. L.; SAMPAIO, E.V.S.B.; PAREYN, F.G.C. **Ecoregiões propostas para o Bioma Caatinga**. Recife, Associação Plantas do Nordeste, Instituto de Conservação Ambiental, The Nature Conservancy do Brasil, 2002.

VIÉGAS, A.P. Alguns fungos do Brasil, 10: Gasteromicetos. **Bragantia**, [S.l.], v. 5, n.9, p. 583-595, 1945.

WEBSTER, J.; WEBE, R. **Introduction of Fungi**. New York: Cambridge University Press, 2007.

WERNERCK, F.P. Revisiting the historical distribution of Seasonally Dry Tropical Forests: new insights based on palaeodistribution modelling and palynological evidence. **Global Ecology and Biogeography, (Global Ecol. Biogeogr.)**, v. 20, p. 272–288, 2011.

WILSON, A.W.; BINDER, M.; HIBBETT, D.S. Effects of Gasteroid Fruiting Body Morphology on Diversification Rates in Three Independent Clades of Fungi Estimated Using Binary State Speciation and Extinction Analysis. **Evolution**, [S.l.], v. 65, n. 5, p. 1305-1322, 2010.

WRIGHT, J. E.; ALBERTÓ, E. **Guía de los Hongos de la region Pampeana. II. Hongos sin laminillas**. Buenos Aires: L.O.L.A., 2006.

WRIGHT, J. E.; WRIGHT, A.M. Checklist of the Mycobiota of Iguazú National Park (Misiones, Argentina). **Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica**, [S.l.], v. 40, n.1-2, p. 1-22, 2005.

YANG, Z. L. Molecular techniques revolutionize knowledge of basidiomycete evolution. **Fungal Diversity**, [S.l.], v. 50, p. 47–58, 2011.

ZAMORA, J.C.; CALONGE, F.D. *Geastrum parvistriatum*, una nueva especie encontrada en España. **Boletín de la Sociedad Micologica de Madrid**, [S.l.], v. 31, p. 139-149, 2007.

ZAMORA, J.C.; CALONGE, J.C.; MARTÍN, M.M. New sources of taxonomic information for earthstars (*Geastrum*, Geastraceae, Basidiomycota): phenoloxidases and rhizomorph crystals. **Phytotaxa**, [S.l.], v. 131, n. 1 p. 1-10, 2013a.

ZAMORA, J.C.; KUHAR, F.; CASTIGLIA, V.; PAPINUTTI, L. On *Geastrum argentinum*, a forgotten species. **Mycoscience**, [S.l.], v. 30, p. 1-6, 2013b.

ZAMORA, J.C et al. Systematics of the genus *Geastrum* (Fungi: Basidiomycota) revisited. Systematics and Phylogeny. **Taxon**, [S.l.], v. 63, n.3, p. 447-497, 2014a.

ZAMORA, J.C.; CALONGE, J.C.; MARTÍN, M.M. Systematics of *Geastrum* sect. Schmidelia and phylogenetic position of *G. schmidelii* var. *parvisporum*. **Mycologia**, [S.l.], v. 106, p. 1119-1211, 2014b.

APÊNCIDE I – ARTIGO PUBLICADO NA MYCOSPHERE



Mycosphere 5 (3): 467-474 (2014)

www.mycosphere.org

Copyright © 2014

Article

ISSN 2077 7019

Mycosphere
Online Edition

Doi 10.5943/mycosphere/5/3/9

Updates on the geographic distribution of three *Geastrum* species from Brazilian semi-arid region

Sousa JO¹, Morais LA², Nascimento YM² and Baseia IG³

¹ Programa de Pós-graduação em Sistemática e Evolução, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Campus Universitário, 59072-970, Natal, Rio Grande do Norte, Brazil, julieth.oliveira.sousa@gmail.com

² Curso de Graduação em Ciências Biológicas, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Campus Universitário, 59072-970, Natal, Rio Grande do Norte, Brazil

³ Departamento de Botânica e Zoologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Campus Universitário, 59072-970, Natal, Rio Grande do Norte, Brazil

Sousa JO, Morais LA, Nascimento YM, Baseia IG 2014 – Updates on the geographic distribution of three *Geastrum* species from Brazilian semi-arid region. *Mycosphere* 5(3), 467-474, Doi 10.5943/mycosphere/5/3/9

Abstract

Taxonomic studies on Brazilian semi-arid collections of earthstars revealed the occurrence of three species: *Geastrum floriforme* (first record for Brazil), *Geastrum violaceum* (new for the tropical region) and *Geastrum xerophilum* (second record for the Neotropics). Detailed basidiomata descriptions with taxonomic remarks, photos and drawings of macro- and micro-morphological data are given.

Key words – gasteromycetes – Geastrales — neotropical fungi – taxonomy

Introduction

Earthstars are fungi belong to the family Geastraceae (Phallomycetidae, Basidiomycota) and are distributed in two genera: *Geastrum* Pers. and *Myriostoma* Desv., both characterized by gasteroid basidiomata, which are star-shaped when mature, and passively released by the bellows mechanism (Sunhede 1989, Hemmes & Desjardin 2011, Jeppson et al. 2013). *Geastrum* is one of the most diversified gasteroid genera, with a cosmopolitan distribution, and may be found in a wide range of habits (Kuhar & Papinutii 2009, Zamora et al. 2013).

Despite recent publications with new species of earthstars, such as *Geastrum setiferum* Baseia (Baseia & Milanez 2003), *G. hirsutum* Baseia & Calonge (Baseia & Calonge 2006), *G. entomophilum* Fazolino, Calonge & Baseia (Fazolino et al. 2008), *G. aculeatum* B.D.B. Silva & Baseia, *G. echinulatum* T.S. Cabral, B.D.B. Silva & Baseia (Silva et al. 2013) and *G. rusticum* Baseia, B.D.B. Silva & T.S. Cabral (Cabral et al. 2014), taxonomic studies and systematic phylogenetic analysis of the genus *Geastrum* in the Neotropics remain scarce, especially in the semi-arid areas of Brazil (Drechsler-Santos et al. 2008, Silva et al. 2011, 2013).

The semi-arid region, which covers 13% of the country, is characterized by water deficiency, high temperatures and xerophytic vegetation. This region contains distinct phyto-physiognomies such as Atlantic Rainforest enclaves, popularly known as “Brejos de Altitude” and the Caatinga, an exclusively Brazilian plant domain, which shelters high biodiversity and is submitted to intense anthropic pressures (Sá et al. 2004, Leal et al. 2005).

This study aims at widening knowledge on species richness and distribution of the genus *Geastrum* in the semi-arid region of Brazil.

Materials & Methods

The descriptions are based on specimens deposited in the semi-arid collection of the Herbarium of the Federal University of Rio Grande do Norte (UFRN Herbarium). Specimens were collected in the rainy season of 2007 in the Parque Nacional Vale do Catimbau (8° 37' 0" S, 37° 9' 0" W) – Caatinga vegetation, and during the rainy season of 2013 in the Reserva Ecológica Mata do Pau Ferro (6° 58' 12" S, 35° 42' 15" W) – “Brejo de Altitude”. Both collection sites are located in semi-arid northeastern Brazil. Macro and microscopical studies were conducted with dry basidiomata and according to procedures described in the literature (Ponde de Leon 1968, Sunhede 1989, Calonge 1998, Bates 2004). Color descriptions followed Komerup & Wanscher (1978). Taxonomic nomenclature was based in Kirk et al. (2008). For light microscopy, free-hand sections were mounted in 5% (w/v) KOH. Thirty randomly selected basidiospores were measured using light microscopy (LM), and all measurements included surface ornamentation. Scanning electron microscopy (SEM) was performed for meticulous observations of the ornamentation patterns of basidiospores and capillitium, surface. Preparation of the material examined under SEM followed Silva et al. (2011). Statistical measurements used in basidiospore analysis were in accordance with Bates (2004), where “n” corresponds to the number of randomly measured basidiospores, “x” is the mean width and basidiospore length, “±” is the standard deviation and “Qm” the quotient between mean width and length.

Results

Geastrum floriforme Vittad., Monographia Lycoperdineorum 23 (1842) Plate 1, Figure 1A

Expanded basidioma saccate, 12 mm high × 10 mm wide. Exoperidium splitting into 9 rays, involute, entirely covering the endoperidial body, some rays splitting at tips, strongly hygroscopic. Mycelial layer ephemeral, with some remnants on the fibrous layer. Fibrous layer light orange (5A2), coriaceous. Pseudoparenchymatous layer brown (6F4), glabrous, persistent. Endoperidium depressed globose, 6 mm high × 9 mm wide, sessile, surface furfuraceous, brown (6E4). Apophysis and stalk absent. Peristome fibrillose, becoming lacerate with age, not delimited, mammiform (up to 1 mm high), concolorous with endoperidium. Gleba yellowish brown (5E4).

Basidiospores globose to subglobose, 4.8–7.1 × 4.6–6.8 μm [$x = 6 \pm 0.7 \times 5.8 \pm 0.6$, Qm = 1.02, n = 30], yellowish brown, warts evident under LM. Densely verrucose under SEM; warts irregular, strongly truncate with planar or confluent tips; apiculus not seen. Capillitium 3.6–5.1 μm diam., walls straight, thin (<1 μm diam.), surface not encrusted, glabrous lumen evident, not branched, yellowish. Mycelial layer absent. Fibrous layer composed of thick-walled hyphae (> 1 μm), 3.5–7 μm diam., surface not encrusted, lumen evident, hyaline to yellowish. Pseudoparenchymatous layer composed of thick-walled (<1 μm) hyphal cells, subglobose 12.6–33.6 μm diam., hyaline to yellowish.

Known distribution – Africa: South Africa (Bottomley 1948). North America: United States (Bates 2004); Mexico (Esqueda et al. 1995, 2009). South America: Argentina (Soto & Wright 2000; Kuhar et al. 2012). Asia: China (Liu 1984). Europe: Spain (Calonge 1998); Finland (Sunhede 1989); England (Pegler et al. 1995); Sweden (Sunhede, 1989; Carlsson et al. 2008; Jeppson et al. 2013). Hawaii (Hemmes & Desjardin 2011). Oceania: Australia (Grgurinovic 1997); New Zealand (Cunningham 1944).

Material examined – Brazil, Pernambuco, Buíque, Parque Nacional Vale do Catimbau, growing on soil, 21 Jul 2007, T.B.S. Ottoni, UFRN Fungos – 1278.

Geastrum violaceum Rick, Brotéria 5: 26 (1906) Plate 2, Figure 1B

= *Geastrum episcopale* F. Kuhar & L. Papinutti, Mycologia 101: 535 (2009)

Expanded basidiomata saccate, 12–25 mm high × 9–26 mm wide, rhizomorphs attached,

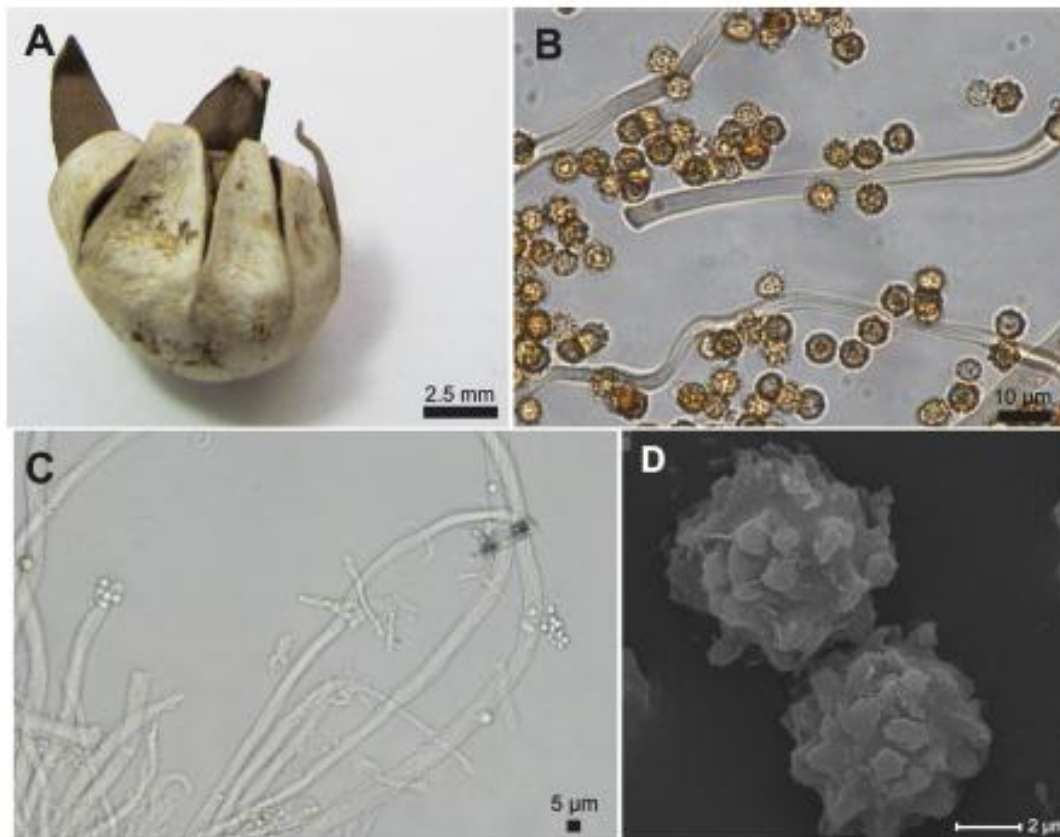


Plate 1 – *Geastrum floriforme*. A Expanded basidioma. B Basidiospores and capillitium under LM. C Hyphae from fibrous layer under LM. D Basidiospores under SEM.

often slightly stipitate. Exoperidium splitting into 6–9 rays, revolute, rolling up under basidioma, non-hygroscopic. Mycelial layer dark purple (14F4) to greyish magenta (13E4), papery to felted, surface not encrusted, with longitudinal cracks. Fibrous layer yellowish white (4A2), papery. Pseudoparenchymatous layer greyish ruby (12D5) when fresh, greyish magenta (13E5) to dark magenta (13F4) when dry, glabrous, often forming a collar-like structure surrounding the endoperidium. Endoperidium subglobose to pyriform, 5–17 mm high \times 5–12 mm wide, sessile, surface glabrous, violet brown (10F8) when fresh, greyish brown (10F3) when dry. Apophysis and stalk absent. Peristome irregularly plicate, becoming fibrillose to lacerate with age, not delimited, conic (up to 2 mm high), 4–9 folds, lighter than the endoperidium. Gleba brownish grey (5C2).

Basidiospores globose, $2.9\text{--}3.1 \times 2.7\text{--}3.0 \mu\text{m}$ [$x = 3.1 \pm 0.2 \times 3.0 \pm 0.2$, $Q_m = 1.02$, $n = 30$], brownish, warts inconspicuous under LM. Finely verrucose under SEM; warts short with rounded tips; apiculus evident, surrounded by short processes. Capillitium $4.6\text{--}7.1 \mu\text{m}$ diam., walls straight, thick ($>1 \mu\text{m}$ diam.), surface light encrusted, glabrous, lumen evident, not branched, brownish. Mycelial layer composed of sinuous thin-walled hyphae ($<1 \mu\text{m}$), $2.9\text{--}4.6 \mu\text{m}$ diam., surface not encrusted, lumen pinkish, branched, hyaline. Fibrous layer composed of sinuous hyphae, $3.7\text{--}5.2 \mu\text{m}$ diam., surface light encrusted, lumen not evident, hyaline. Pseudoparenchymatous layer composed of thick-walled ($<1 \mu\text{m}$) hyphal cells, globose, subglobose, pyriform to oval, $47\text{--}82 \mu\text{m}$ in length \times $7.4\text{--}57 \mu\text{m}$ in wide, hyaline with pinkish granules.

Known distribution – South America: Brazil, Rio Grande do Sul state (Rick 1961, Trierveiler-Pereira & Silveira 2012); Argentina (Kuhar & Pappinuti 2009).

Material examined – Brazil, Paraíba, Areia, Parque Estadual Mata do Pau Ferro, growing on litter, 15 Jul 2013, J.O. Sousa, D.S. Alfredo & R.A. Lima, JM31, UFRN Fungos – 2117,

06°58'51.5"S, 35°44'43.5"W, 600 a.s.l, 18 Jul 2013, J.O. Sousa, D.S. Alfredo & R.A. Lima, JM56, UFRN Fungos – 2118.

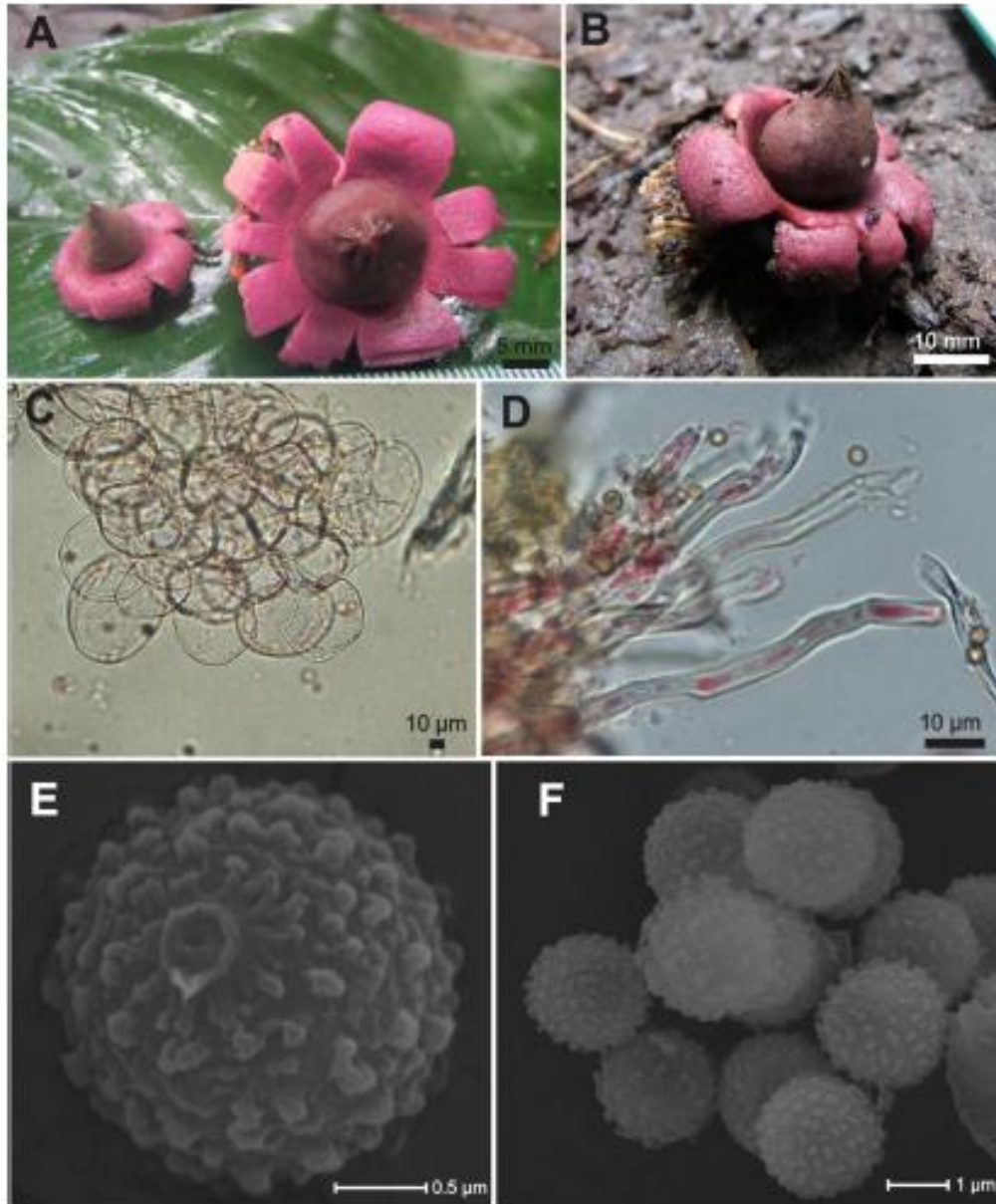


Plate 2 – *Geastrum violaceum*. A, B Expanded basidiomata. C Hyphal cells from pseudoparenchymatous layer under LM (with pinkish granules and thick-walled). D Hyphae from mycelial layer under LM. E, F Basidiospores SEM.

Geastrum xerophilum Long ex Desjardin, Pacific Science 65:493 (2011) Plate 3, Figure 1C
 Expanded basidiomata saccate to arched, 5–19 mm high × 5–24 mm wide. Exoperidium splitting into 6–11 rays, arched to involute, rolling up under endoperidial body, some rays broken off, semi hygroscopic. Mycelial layer brown (6E5) to grayish orange (5B3, 5B4), papery to felted, surface totally encrusted with sand, persistent. Fibrous layers orange white (5A2) brownish orange (5C5), papery. Pseudoparenchymatous layer brown (6E6) to dark brown (6F4, 6F6), surface

rimose, persistent. Endoperidium depressed globose to subglobose, 2–11 mm high \times 4–12 mm wide, stalked, surface furfuraceous, becoming glabrous with age, pale orange (5A3), orange gray (5B2) or brownish gray (6D3, 6D6, 6E3). Apophysis reduced, concolorous with the endoperidium. Stalk reduced (up to 1 mm high), lighter than endoperidium. Peristome plicate, becoming lacerated with age, not delimited, conic (up to 2.5 mm high), 14–35 folds, concolorous or darker than endoperidium. Gleba grayish brown (5F3) to yellowish brown (5E5).

Basidiospores globose to subglobose, 4.4–6.3 \times 4.1–6.3 μm [$x = 5.4 \pm 0.5 \times 5.3 \pm 0.4$, $Q_m = 1.02$, $n = 30$], yellowish, warts evident under LM. Densely verrucose under SEM; warts long, triangular, often with truncate tips, apiculus not seen. Capillitium 3–5 μm diam., walls sinuous, thick ($>1 \mu\text{m}$ diam.), surface not encrusted, glabrous, lumen not evident, not branched, yellowish. Mycelial layer composed of sinuous thin-walled hyphae ($<1 \mu\text{m}$), 2–4.5 μm diam., surface not encrusted, lumen not evident, branched, hyaline to yellowish. Fibrous layer composed of sinuous to straight thick-walled hyphae ($>1 \mu\text{m}$), 2–6.1 μm diam., surface not encrusted, lumen often evident, hyaline to brownish. Pseudoparenchymatous layer composed of thin-walled ($<1 \mu\text{m}$) hyphal cells, elongate to oval, 12.9–47.9 in length \times 9–28 μm in wide, hyaline to yellowish.

Known distribution – North America: United States (Ponce de Leon 1968, Bates 2004); Mexico (Esqueda et al. 1995, 2009, Moreno et al. 2010); South America: Brazil, Rio Grande do Norte state (Silva et al. 2011); Europe: Spanish (Jeppson et al. 2013); Hawaii (Smith & Ponce de Leon 1982, Gilbertson et al. 2001, Hemmes & Desjardin 2011).

Material examined – Brazil, Pernambuco, Buique, Parque Nacional Vale do Catimbau, growing on soil, 21 Jul 2007, T. B. S. Ottoni, UFRN Fungos – 334, 21 Jul 2007, T. B. S. Ottoni, UFRN Fungos – 1273, 08°30'21"S, 37°17'22"W, 21 Jul 2007, T. B. S. Ottoni, UFRN Fungos – 1275, 22 Jul 2007, T. B. S. Ottoni, UFRN Fungos – 944, 08°30'34"S, 37°16'50"W, 23 Jul 2007, T. B. S. Ottoni, UFRN Fungos – 943; 23 Jul 2007, T. B. S. Ottoni, UFRN Fungos – 1279.

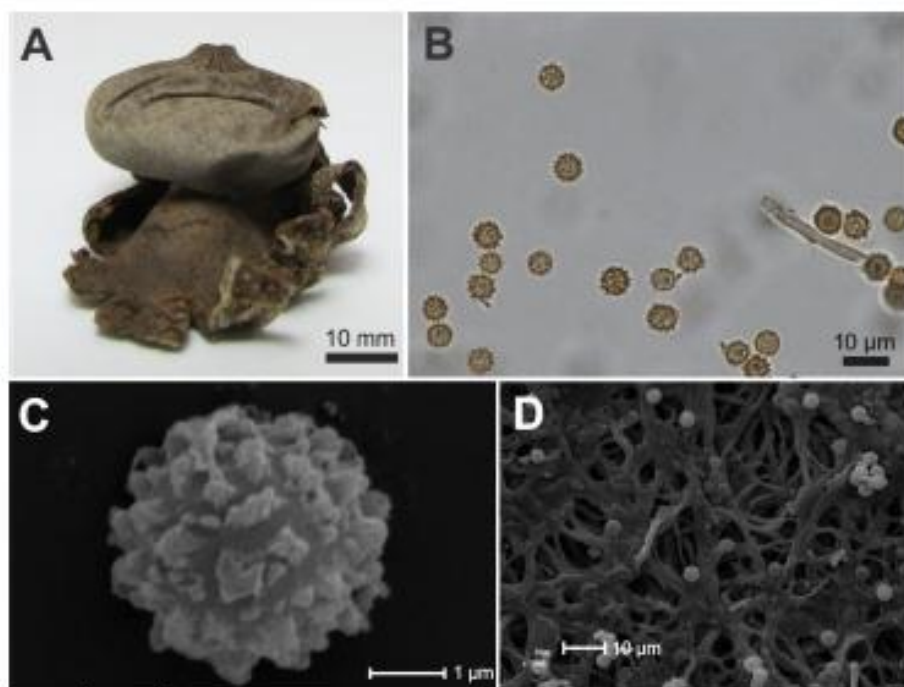
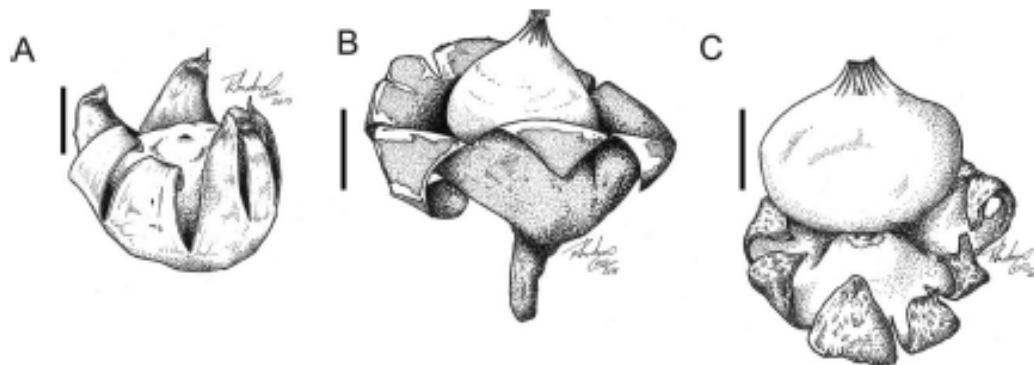


Plate 3 – *Geastrum xerophilum*. A Expanded basidioma. B Basidiospores under LM. C Basidiospore under SEM. D Surface of endoperidium under SEM.



Figures 1 – Schematic drawing of expanded basidiomata. A *Geastrum floriforme*. B *G. violaceum*. C *G. xerophilum*. Scale bars = 5 mm.

Discussion

Geastrum floriforme is truly hygroscopic species, with rays entirely covering the endoperidial body. It also characterized by fibrillose peristome, undelimited and endoperidium sessile furfuraceous, in addition, mycelial layer is often absent on expanded specimens (Sunhede 1989, Bates 2004, Hemmes & Desjardin 2011). Although *Geastrum hungaricum* Hollós exhibits morphology similar to *G. floriforme* in the presence of hygroscopic rays, a fibrillose peristome and a mycelial layer encrusted with sediment, it differs in its distinctly delimited peristome, pruinose endoperidium and smaller basidiomata (Sunhede 1989). *Geastrum corollinum* (Batsch) Hollós and *Geastrum kotlabae* V.J. Staněk also exhibit strongly hygroscopic rays, a trait observed in species occurring in dry environments (Jeppson et al. 2013). However, *Geastrum corollinum* differs from *G. floriforme* by its distinctly delimited peristome, mycelial layer free of encrustations, and smaller basidiospores (up to 5 µm in diameter). *Geastrum kotlabae* can be segregated due to its plicate peristome and verrucose endoperidium (Sunhede 1989, Pegler et al. 1995, Calonge 1998, Bates 2004). *Geastrum floriforme* is widely distributed, and this is the first record for Brazil.

Geastrum violaceum displays distinct coloring, differing from the color pattern of other species of *Geastrum*, ranging from black to reddish. It can clearly be distinguished from the other species, as it exhibits a pinkish exoperidium and endoperidium, undelimited peristome, irregularly plicate and small basidiospores measuring up to 3.2 µm (Lloyd 1907, Kuhar & Papinutii 2009, Trierveiler-Pereira & Silveira 2012). Another peculiarity of *G. violaceum* is the presence of a small stipe, under the basidioma, a trait observed in few species of the genus, such as *Geastrum schweinitzii* var. *stipitatum* (Solms) P. Ponce de León, which differs from *G. violaceum* in its distinctly delimited fibrillose peristome and presence of subiculum (Ponce de León 1968, Sunhede 1989). According to Rick (1961), *G. violaceum* differs from *Geastrum saccatum* Fr. only in the pinkish color of the exoperidium. However, *G. saccatum* can be also distinguished by its delimited fibrillose peristome and larger basidiospores (4.5–6 µm) (Sunhede 1989, Kuhar & Papinutii 2009). *Geastrum morgani* Lloyd and *G. violaceum* are very similar species morphologically, both with basidiomata saccate, peristome irregularly plicate, not delimited, mycelial layer free of encrustations and endoperidium sessile (Kuhar & Papinutii 2009, Zamora et al. 2013), but *G. morgani* can be easily distinguished by its brownish exoperidium and larger basidiospores (4.5–6 µm) (Sunhede 1989). To date the occurrence of this species has been restricted to subtropical ecosystems, this being the first record of *Geastrum violaceum* for the tropics and the first for the semi-arid region of Brazil.

Geastrum xerophilum is not truly hygroscopic species, with rays rolling up under endoperidial body. Other main characteristics are plicate peristome, undelimited, endoperidium pedicellate with surface furfuraceous and basidiospores densely verrucose. This species has hypogeous habit when unexpanded, hence it has mycelial layer strongly encrusted with sediment on expanded specimens.

Morphologically, this species is similar to *Geastrum campestre* Morgan and *G. kotlabae*, both exhibiting a plicate peristome, hypogeous basidiomata and exoperidium encrusted with sediment. On the other hand, *G. campestre* and *G. kotlabae* differ from *G. xerophilum* in their strongly hygroscopic rays and verrucose exoperidium. One peculiarity of *Geastrum xerophilum* is its occurrence strictly in dry environments (Silva et al. 2011, Jeppson et al. 2013), this being the first record for the semi-arid region of Pernambuco state and the second record of the species for the Neotropics.

Acknowledgements

The authors gratefully acknowledge CAPES (Conselho de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, Brazil) and Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) for providing a scholarship, and the Semi-Arid Biodiversity Research Program (PPBio Semiárido/CNPq) for financial support. The authors would also like to thank Rhudson Cruz for the drawings and Professor Vagner Gularte Cortez (UFPR, Campus Palotina) for kindly help with SEM analyses.

References

- Baseia IG, Milanez AI. 2003 – *Geastrum setiferum* (Gasteromycetes): a new species with a setose endoperidium. *Mycotaxon* 84, 135–140.
- Baseia IG, Calonge FD. 2006 – *Geastrum hirsutum*: a new earthstar fungus with a hairy exoperidium. *Mycotaxon* 95: 301–304.
- Bates ST. 2004 – Arizona members of the Geastraceae and Lycoperdaceae (Basidiomycota, Fungi). Master Thesis, Arizona State University, U.S.A.
- Bottomley AM. 1948 – Gasteromycetes of South Africa. *Bothalia* 4, 473–810.
- Cabral TS, Silva BDB, Marinho P, Baseia IG. 2014 – *Geastrum rusticum* (Geastraceae, Basidiomycota), a new earthstar fungus in the Brazilian Atlantic rainforest – a molecular analysis. *Nova Hedwigia* 98 (1–2), 265–272.
- Calonge FD. 1998 – Gasteromycetes: Lycoperdales, Nidulariales, Phallales, Sclerodermatales, Tulostomatales. *Flora Micológica Ibérica* 3, 271 pp.
- Carlsson RG, Johansson N, Johansson KA. 2008 – Blomjordstjärna (*Geastrum floriforme*) funnen i Västergötland. *Svensk Mykologisk Tidskrift* 29 (2), 74–79.
- Cunningham C H. 1944 – The Gasteromycetes of Australia and New Zealand. *Dunedin* 236.
- Drechsler-Santos ER, Wartchow F, Baseia IG, Gibertoni TB, Cavalcanti MAQ. 2008 – Revision of the Herbarium URM I. Agaricomycetes from the semi-arid region of Brazil. *Mycotaxon* 104, 9–18.
- Esqueda M, Pérez-Silva E, Herrera T. 1995 – New records of gasteromycetes for Mexico. *Documents Mycologiques* 25(98–100), 151–160.
- Esqueda M, Sánchez A, Rivera M, Coronado ML, Lizárraga M, Valenzuela R. 2009 – Primeros registros de hongos gasteroides en la Reserva Forestal Nacional y Refugio de Fauna Silvestre Ajos-Bavispe, Sonora, Mexico. *Revista Mexicana de Micología* 30, 19–29.
- Fazolino EP, Calonge FD, Baseia IG. 2008 – *Geastrum entomophilum*, a new earthstar with an unusual spore dispersal strategy. *Mycotaxon* 104, 449–453.
- Hemmes DE, Desjardin DE. 2011 – Earthstars (*Geastrum*, *Myriostoma*) of the Hawaiian Islands including two new species, *Geastrum litchiforme* and *Geastrum reticulatum*. *Pacific Science* 65, 477–496.
- Gilbertson RL, Desjardin DE, Rogers JD, Hemmes DE. 2001 – Fungi from the Mamane-Naio vegetation zone of Hawaii. *Fungal Diversity* 6, 35–69.
- Grgurinovic AC. 1997 – Larger Fungi of South Australia. Adelaide: Botanic Gardens of Adelaide and State Herbarium and Flora and Fauna of South Australia Handbooks Committee 6, 765.

- Jeppson M, Nilsson HR, Larsson E. 2013 – European earthstars in Geastraceae (Geastrales, Phallomycetidae) – a systematic approach using morphology and molecular sequence data. *Systematics and Biodiversity* 11 (4), 437–465.
- Kornerup A, Wansher JE. 1978 – *Methuen handbook of colour*, 3rd edn., London: Methuen.
- Kirk PM, Cannon PF, Minter DW, Stalpers JA. 2008 – *Dictionary of the Fungi*. 10rd Edition. CAB International, Wallingford. 771pp.
- Kuhar F, Castiglia V, Papinutii L – 2012. *Geastrum* species of the La Rioja province, Argentina. *Mycotaxon* 122, 145–164.
- Kuhar F, Papinutii L. 2009 – *Geastrum episcopale*: a new noticeable species with red-violet exoperidium. *Mycologia* 101 (4), 535–538.
- Leal IR, Da Silva, JMC, Tabarelli M, Lacher TE – 2005. Mudando o curdo da conservação da biodiversidade na Caatinga do Nordeste do Brasil. *Megadiversidade* 1(1), 139–146.
- Liu B. 1984 – The Gasteromycetes of China. *Beihefte zur Nova Hedwigia* 74, 1–235.
- Lloyd GC. 1907 – New notes on the Geasters. *Mycological Notes* n° 25. *Mycological Writings* 2: 309–317.
- Moreno G, Lizárraga M, Esqueda M, Coronado M L. 2010 – Contribution to the study of gasteroid and secotioid fungi of Chihuahua, Mexico. *Mycotaxon* 112, 291–315.
- Pegler DN, Læssøe T, Spooner BM. 1995 – British puffballs, earthstars, and stinkhorns. *Royal Botanic Gardens, Kew* 79–122.
- Ponce de León P. 1968 – A revision of the family Geastraceae. *Fieldiana Botany* 31, 302–349.
- Rick J. 1961 – Basidiomycetes Eubasidii no Rio Grande do Sul. *Brasília. Iheringia* 9, 451–480.
- Sá IB, Riché GR, Fotius GA. 2004 – Biodiversidade da Caatinga: áreas e ações prioritárias para a conservação. Brasília: MMA-UFPE; Brasília, DF 17–36.
- Silva BDB, Cabral TS, Marinho P, Ishikawa NK, Baseia IG. 2013. Two new species of *Geastrum* (Geastraceae, Basidiomycota) found in Brazil. *Nova Hedwigia* 96 (3-4), 445–456.
- Silva BDB, Sousa JO, Baseia IG. 2011 – Discovery of *Geastrum xerophilum* from the Neotropics. *Mycotaxon* 118, 355–358.
- Smith CW, Ponce de León P. 1982 – Hawaiian geastroid fungi. *Mycologia* 74, 712–717.
- Soto MK, Wright JE. 2000 – Taxonomia del genero *Geastrum* (Basidiomycetes, Lycoperdales) em la provincia de Buenos Aires, Argentina. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica* 34 (3–4), 185–201.
- Sunhede S. 1989. Geastraceae (Basidiomycotina). Morphology, ecology, and systematics with special emphasis on the North European Species. *Synopsis Fungorum* 1, 534pp.
- Trierveiler-Pereira L, Silveira RMB. 2012 – On the *Geastrum* species (Geastraceae, Basidiomycota) described by Rick. *Phytotaxa* 61, 37–46.
- Zamora JC, Calonge FD, Martín MP. 2013 – New sources of taxonomic information for earthstars (*Geastrum*, Geastraceae, Basidiomycota): phenoloxidases and rhizomorph crystals. *Phytotaxa* 132 (1), 1–20.

APÊNDICE II – ARTIGO PUBLICADO NA DARWINIANA



DARWINIANA, nueva serie 2(2): 207-221. 2014
 Versión final, efectivamente publicada el 31 de diciembre de 2014
 DOI: 10.14522/darwiniana.2014.22.595

NEW RECORDS OF GEASTRACEAE (BASIDIOMYCOTA: PHALLOMYCETIDAE) FROM ATLANTIC RAINFOREST REMNANTS AND RELICTS OF NORTHEASTERN BRAZIL

Julieth O. Sousa¹, Bianca D. B. Silva¹, Dônís S. Alfredo¹ & Iuri G. Baseia²

¹ Programa de Pós Graduação em Sistemática e Evolução, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Departamento Botânica e Zoologia, Campus Universitário, CEP 59072-970 Natal, Rio Grande do Norte, Brasil; julieth.oliveira.sousa@gmail.com (author for correspondence).

² Departamento de Botânica e Zoologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Campus Universitário, CEP 59072-970 Natal, Rio Grande do Norte, Brasil.

Abstract. Sousa, J. O.; B. D. B. Silva; D. S. Alfredo & I. G. Baseia. 2014. New records of Geastraceae (Basidiomycota, Phallomycetidae) from Atlantic Rainforest remnants and relicts of Northeastern Brazil. *Darwiniana*, nueva serie 2(2): 207-221.

This work presents records of Geastraceae for northeastern Brazil, collected in remnants of the Atlantic Rainforest and Atlantic Rainforest relicts "Brejo de Altitude". The species were identified based on macro- and micromorphology with the aid of specific literature. Eleven species of the family are distributed into two genera: *Geastrum fimbriatum*, *G. javanicum*, *G. lageniforme*, *G. lloydianum*, *G. minimum*, *G. pectinatum*, *G. rusticum*, *G. schweinitzii*, *G. setiferum*, *G. triplex*, and *Myriostoma coliforme*. Nine of these records are new for Rio Grande do Norte state, five for Paraíba and five for Ceará. *Geastrum minimum* is the first record for Northeastern Brazil; *G. rusticum* is the first report for the semiarid region, while *G. pectinatum* and *M. coliforme* are the first records for the Northeastern Atlantic rainforest and "Brejo de Altitude" vegetation. We also provide observations, habitat, and species distribution in Brazil.

Keywords. Distribution; gasteroid fungi; Geastrales; neotropics; taxonomy.

Resumen. Sousa, J. O.; B. D. B. Silva; D. S. Alfredo & I. G. Baseia. 2014. Nuevos registros de Geastraceae (Basidiomycota, Phallomycetidae) en remanentes y relictos de Mata Atlántica del nordeste de Brasil. *Darwiniana*, nueva serie 2(2): 207-221.

En este trabajo se presentan registros de Geastraceae en el noreste brasileño, recolectados en los remanentes de las formaciones vegetales de la Mata Atlántica y los relictos de Mata Atlántica "Brejo de Altitude". Las especies se han identificado sobre la base de la macro y micro morfología con ayuda de la literatura específica. Once especies se distribuyen en dos géneros: *Geastrum fimbriatum*, *G. javanicum*, *G. lageniforme*, *G. lloydianum*, *G. minimum*, *G. pectinatum*, *G. rusticum*, *G. schweinitzii*, *G. setiferum* y *G. triplex* y *Myriostoma coliforme*. Nueve de estos registros son nuevos para Rio Grande do Norte, cinco para Paraíba y cinco para Ceará. *Geastrum minimum* es el primer registro para el nordeste de Brasil, *G. rusticum* es la primera cita para la región semiárida, mientras que *G. pectinatum* y *M. coliforme* son los primeros registros para el nordeste de la Mata Atlántica y los relictos de Mata Atlántica "Brejo de Altitude". También se incluyen observaciones taxonómicas del hábitat y la distribución de las especies en Brasil.

Palabras clave. Distribución; Geastrales; hongos gasteroides; neotrópico; taxonomía.

INTRODUCTION

Gasteroid Basidiomycota is a polyphyletic group consisting of taxa characterized by an-giocarpic basidiomata and passively released basidiospores (Wilson et al., 2011). The family Geastraceae encompasses two gasteroid genera, *Geastrum* Pers. and *Myriostoma* Desv., both saprophytic and popularly known as “earth-stars”, a reference to the star-like aspect of the basidiomata (Jeppson et al., 2013).

Geastraceae is considered the second most representative family of gasteroid fungi in Brazil, with an estimated 50 recorded species, *Geastrum* being the most diverse genus in the country (Trierveiler-Pereira & Baseia, 2009; Leite et al., 2011; Trierveiler-Pereira et al., 2011; Silva et al., 2011, 2013). However, there are large gaps in the distribution and occurrence of this family in Brazil, remarkably in the northeastern states of the country, such as Ceará (CE), Paraíba (PB) and Rio Grande do Norte (RN), where there are less than 26% (13 species) of Geastraceae records for Brazil (Baseia & Galvão, 2002; Leite & Baseia, 2007; Leite et al., 2007a, 2007b; Fazolino et al., 2008; Silva et al., 2011; Cabral et al., 2014; Sousa et al., 2014).

Thus, the aim of this study was to broaden the knowledge about the richness and distribution of Geastraceae species in Brazil. The records presented here increased to 16 (33% of Geastraceae species found in Brazil) the number of Geastraceae species from these three states (CE, PB, RN).

MATERIALS AND METHODS

Specimens were collected during the rainy seasons of 2010 to 2013, at five protected areas in northeastern Brazil: 1) Parque Estadual Dunas de Natal (PEDN), Natal - RN, Atlantic Rainforest vegetation, 5°50'31"S, 35°11'39"W; 2) Reserva Particular do Patrimônio Natural Mata Estrela (RPPN Mata Estrela), Baía Formosa - RN, Atlantic Rainforest vegetation, 6°22'27"S, 35°1'24"W; 3) Parque Estadual Mata do Pau Ferro, Areia - PB, Atlantic Rainforest relicts “Brejo de Altitude”, 6°59'28"S, 35°45'4"W; 4) Reserva Biológica de Guaribas, Mamaguape - PB, Atlantic Rainforest vegetation, 6°44'02"S, 35°10'32"W; and 5) Área de Proteção Ambiental de Ibiapaba (APA Ibiapaba), Tianguá - CE, Atlantic Rainforest Relicts “Brejo de Altitude”, 3°46'0"S, 40°54'0"W (Fig. 1). All geographic coordinates were taken using datum WGS84 and the standards of geographic coordinates were based on Braga-Neto et al. (2013), with some modifications. Taxonomy analysis was based on Ponce de León (1968), Sunhede (1989), Calonge (1998), Bates (2004), Silva et al. (2013) Cabral et al. (2014b) and Sousa et al. (2014). Color descriptions were based on Komerup & Wanscher (1978). Scanning electron microscopy (SEM) studies were performed following Silva et al. (2011). All specimens were deposited in the Herbarium of the Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), Brazil, and all specimens data are available in the internet. The herbarium acronym followed Thiers (2014).

RESULTS

Key to the Geastraceae species from Ceará, Paraíba and Rio Grande do Norte states

1. Endoperidial body supported by multiple pedicels; endoperidium opening by several stomata; basidiospores reticulate *Myriostoma coliforme*
1. Endoperidial body sessile or supported by a single pedicel; endoperidium opening by a single apical stomata; basidiospores verrucose 2
- 2 (1). Unexpanded basidiomata hypogeous; exoperidium encrusted with debris 3

J. O. SOUSA ET AL. Geastraceae from Northeastern Brazil

2. Unexpanded basidiomata epigeous; exoperidium not encrusted with debris	11
3 (2). Plicate peristome	4
3. Non plicate peristome	7
4(3). Endoperidium with crystalline matter (pruinose); delimited peristome; long pedicel (up to 13 mm high); plicate apophysis	<i>Geastrum pectinatum</i>
4. Endoperidium without crystalline matter; non-delimited peristome; short pedicel (up to 2 mm high); not plicate apophysis	5
5 (4). Rays involute; exoperidium sub-hygroscopic; endoperidium surface furfuraceous; xerophytic habitat	<i>Geastrum xerophilum</i>
5. Rays arched or revolute; exoperidium non- hygroscopic; endoperidium surface setose or asperulate; non- xerophytic habitat	6
6 (5). Endoperidium surface setose, covered by cymbiform setae; basidiospores up to 4 µm diam	<i>Geastrum setiferum</i>
6. Endoperidium surface asperulate, not covered cymbiform setae; basidiospores up to 5,5 µm diam	<i>Geastrum lloydianum</i>
7 (3). Delimited peristome; endoperidial body distinct pedicellate; endoperidium with crystalline matter (pruinose) ...	8
7. Non-delimited peristome; endoperidial body sessile or sub sessile; endoperidium without crystalline matter	9
8 (7). Basidiospores subglobose to oval, up to 3 µm diam	<i>Geastrum ovalisporum</i>
8. Basidiospores globose to subglobose, up to 6 µm diam	<i>Geastrum minimum</i>
9 (7). Endoperidium dark brown, covered by vermiform hyphae pseudoparenchymatous layer rimose	<i>Geastrum antomophilum</i>
9. Endoperidium brownish grey to brownish beige, not covered by vermiform hyphae; pseudoparenchymatous layer not rimose	10
10 (9). Endoperidium surface covered by protruding hyphae; pedicel short when present; basidiospores up to 4 µm diam, with columnar warts	<i>Geastrum fimbriatum</i>
10. Endoperidium surface glabrous; pedicel never present; basidiospores up to 5,1 µm diam, with short warts	<i>Geastrum rusticum</i>
11(2). Plicate, non-delimited peristome; exoperidium and endoperidium pinkish to lilac; basidiospores up to 3,2 µm diam	<i>Geastrum violaceum</i>
11. Fibrillose, delimited peristome; exoperidium and endoperidium brownish to beige; basidiospores greater than 3,2 µm diam	12
12 (11). Subiculum present; exoperidium surface tomentosus or velutinous	13
12. Subiculum absent; exoperidium surface glabrous or scaly	14
13 (12). Basidiomata up to 20 mm wide; exoperidium surface velutinous; mycelial layer ephemeral with age, coriaceous, forming a cup under the basidioma; endoperidium dark brown	<i>Geastrum javanicum</i>
13. Basidiomata greater than 20 mm wide; exoperidium surface tomentous; mycelial layer persistent with age, papery, not forming a cup under the basidioma; endoperidium light brown	<i>Geastrum schweinitzii</i>
14 (12). Presence of distinct pseudoparenchymatous collar-like structure around the endoperidium; exoperidium scaly; large basidiomata, up to 150 mm wide	<i>Geastrum triplex</i>
14. Absence of distinct pseudoparenchymatous collar-like structure around the endoperidium; small to medium basidiomata, less than 150 mm wide	15
15 (14). Mycelial layer with distinct longitudinal cracks; rays with slender tips, arachnoid-like rays	<i>Geastrum lageniforme</i>
15. Mycelial layer without distinct longitudinal cracks; rays triangular, non- arachnoid-like rays	<i>Geastrum saccatum</i>

DARWINIANA, nueva serie 2(2): 207-221. 2014

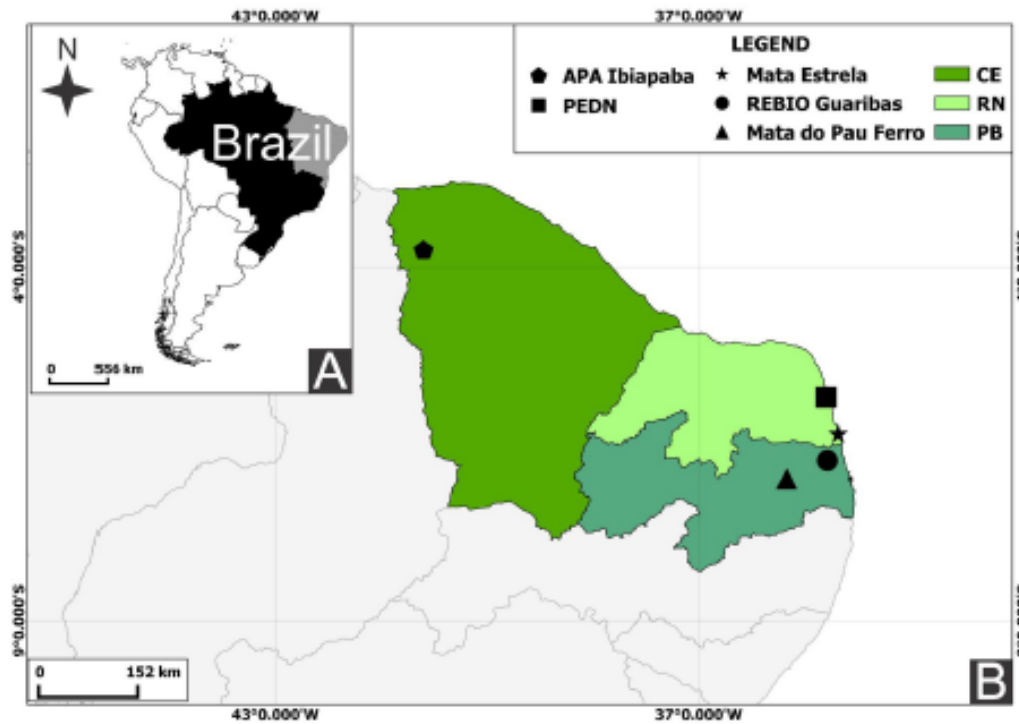


Fig. 1. A, map of South America. B, collection sites in Northeastern Brazil. Brazilian states: Ceará (CE), Rio Grande do Norte (RN) and Paraíba (PB). Figura en color en la versión en línea <http://www.ojs.darwin.edu.ar/index.php/darwiniana/article/view/595/617>.

Geastrum fimbriatum Fr., *Syst. mycol.* (Lundae) 3(1): 16. 1829. TYPE: Sweden, Gotland, 4-VI-1970, among needles in *Pinus sylvestris* wood on calcareous sand, S. Sunhede s.n. (neotype GB 7592! designated by Sunhede, *Synopsis Fungorum* 1: 180. 1989). Figs. 2A-B.

Reference. Sunhede (1989: 180) and Leite et al. (2007a: 106) for species description.

Distribution and habitat. Cosmopolitan (Ponce de León, 1968). The specimens were collected on sandy soil covered by leaf-litter, with gregarious growth. According to Agerer & Beenken (1998), *Geastrum fimbriatum* exhibits thin mantle and Hartig net when associated with *Fagus sylvatica* L., suggesting an ectomycorrhizal association. *Geastrum fimbriatum* was previously recorded in Brazil for the states of Bahia (Trierveiler-Pereira et al.,

2009), Pará (Leite et al., 2011; Trierveiler-Pereira et al., 2011); Paraíba (Trierveiler-Pereira et al., 2011), Pernambuco (Leite et al., 2007a; Trierveiler-Pereira et al., 2011), Rio de Janeiro (Berkeley & Cooke, 1876), and Rio Grande do Sul (Rick, 1961). This is the first time that *G. fimbriatum* is reported for Rio Grande do Norte state.

Observations. The main characteristics of *Geastrum fimbriatum* are mycelial layer encrusted with debris, sub sessile endoperidium with hyphal protrusions and non-delimited fibrilous peristome. *Geastrum elegans* Vittad. is similar to *G. fimbriatum*, but differs in its delimited and plicate peristome (Leite et al., 2007a). Some basidiomata of *G. fimbriatum* display a pseudoparenchymatous collar-like structure around the endoperidium as in *G. triplex*, but the latter is distinguished by the delimited fibrilous peristome and larger basidiomata

J. O. SOUSA ET AL. Geastraceae from Northeastern Brazil

(up to 150 mm wide) (Sunhede, 1989). According to Bates (2004) and Soto & Wright (2000), *G. fimbriatum* also resembles *G. rufescens* Pers., but the latter is distinguished by the distinct pedicellate endoperidium and larger basidiospores, up to 6 µm diam. (Sunhede, 1989).

Specimens examined

BRAZIL. Rio Grande do Norte. Baía Formosa, RPPN Mata Estrela, 6°22'47,35"S, 35°0'44.9"W, 55 m s. m., 14-VII-2011, *Silva & Sousa 1780* (UFRN-Fungos).

Geastrum javanicum Lév., *Annls Sci. Nat., Bot., sér. 3*, 5: 161. 1846. TYPE: Indonesia, Java, III-1846, on wood, *H. Zollinger 2053* (holotype PC). Figs. 2C-D.

Reference. Leite et al. (2011: 386) for species description.

Distribution and habitat. Pantropical (Ponce de León, 1968). The specimens were collected on sandy or clayey soil covered by leaf-litter, or on deciduous wood, as reported by Hemmes & Desjardin (2011) and Leite et al. (2011). Our specimens exhibited gregarious to solitary growth. *Geastrum javanicum* was previously recorded in Brazil for the states of Minas Gerais (Trierveiler-Pereira et al., 2011), Pará (Leite et al., 2011), Paraíba (Trierveiler-Pereira et al., 2011), Pernambuco (Trierveiler-Pereira et al., 2011), and Rio de Janeiro states (Trierveiler-Pereira et al., 2011). This is the first record for Ceará and Rio Grande do Norte states.

Observations. *Geastrum javanicum* is characterized primarily by the velutinous, ephemeral mycelial layer, forming a cup under the saccate basidioma, fibrillose delimited peristome and subiculum. *Geastrum schweinitzii* (Berk. & M.A. Curtis) Zeller is similar to *G. javanicum*, but *G. schweinitzii* has smaller basidiomata (up to 20 mm wide), persistent mycelial layer and basidiospores with prominent warts (Baseia et al., 2003; Cortez et al., 2008). *Geastrum argentinum* Speg. is also a closely related species, differentiated by non-delimited peristome and basidiospores with prominent cylindrical warts (Zamora et al., 2013b).

Specimens examined

BRAZIL. Ceará. Tianguá, APA Ibiapaba, Trilha do Riacho, 03°43'1"S, 41°5'0"W, 423 m s. m., 18-IV-2012, *Alfredo 1851* (UFRN-fungos). Paraíba. Areia, Parque Estadual Mata do Pau Ferro, Trilha Boa Vista, 6°57'55"S, 35°44'52"W, 631 m s. m., 17-VII-2012, *Alfredo 1863* (UFRN-Fungos); 6°58'1"S, 35°44'55"W, 598 m s. m., 16-VII-2013, *Sousa & Alfredo 2134* (UFRN Fungos); Manguape, REBIO Guaribas, SEMA II, , 6°44'20"S, 35°8'17"W, 180 m s. m., 11-VII-2013, *Sousa et al. 2133* (UFRN Fungos). Rio Grande do Norte. Baía Formosa, RPPN Mata Estrela, 6°23'7"S, 35°0'49"W, 54 m s. m., 12-VII-2010, *Silva et al. 1782* (UFRN Fungos).

Geastrum lageniforme Vittad., *Monograph Lyc.*: 16. 1842. TYPE: Italy, Rome, IX-1845, Bequeathed s.n. (neotype K 1886! designated by Sunhede, *Synopsis Fungorum* 1:180. 1989). Figs. 2E-F.

Reference. Sunhede (1989: 242) and Leite et al. (2011: 387) for species description.

Distribution and habitat. Africa (Dissing & Lange, 1962; Dring, 1964), America (Calonge et al., 2005; Bates, 2004; Trierveiler-Pereira et al., 2011; Cortez et al., 2008; Rick, 1961), Europe (Calonge, 1998; Sunhede, 1989). The specimens were collected on sandy or clayey soil covered by leaf-litter, as reported by Calonge et al. (2005). Our specimens exhibited gregarious growth. *Geastrum lageniforme* is previously recorded in Brazil for the states of Amazonas (Cabral et al., 2014a), Bahia (Trierveiler-Pereira et al., 2009), Pará (Leite et al., 2011), Pernambuco (Trierveiler-Pereira et al., 2011), Rio de Janeiro (Hennings, 1904), and Rio Grande do Sul (Rick, 1961; Cortez et al., 2008). This is the first report for Ceará, Paraíba and Rio Grande do Norte states.

Observations. *Geastrum lageniforme* is mainly characterized by a mycelial layer with distinct longitudinal cracks, rays with slender tips (arachnoid-like rays), saccate basidiomata and distinctly delimited fibrillose peristome. *Geastrum morganii* Lloyd resembles *G. lageniforme*, clearly differing in its plicate, non delimited and conical peristome

DARWINIANA, nueva serie 2(2): 207-221. 2014

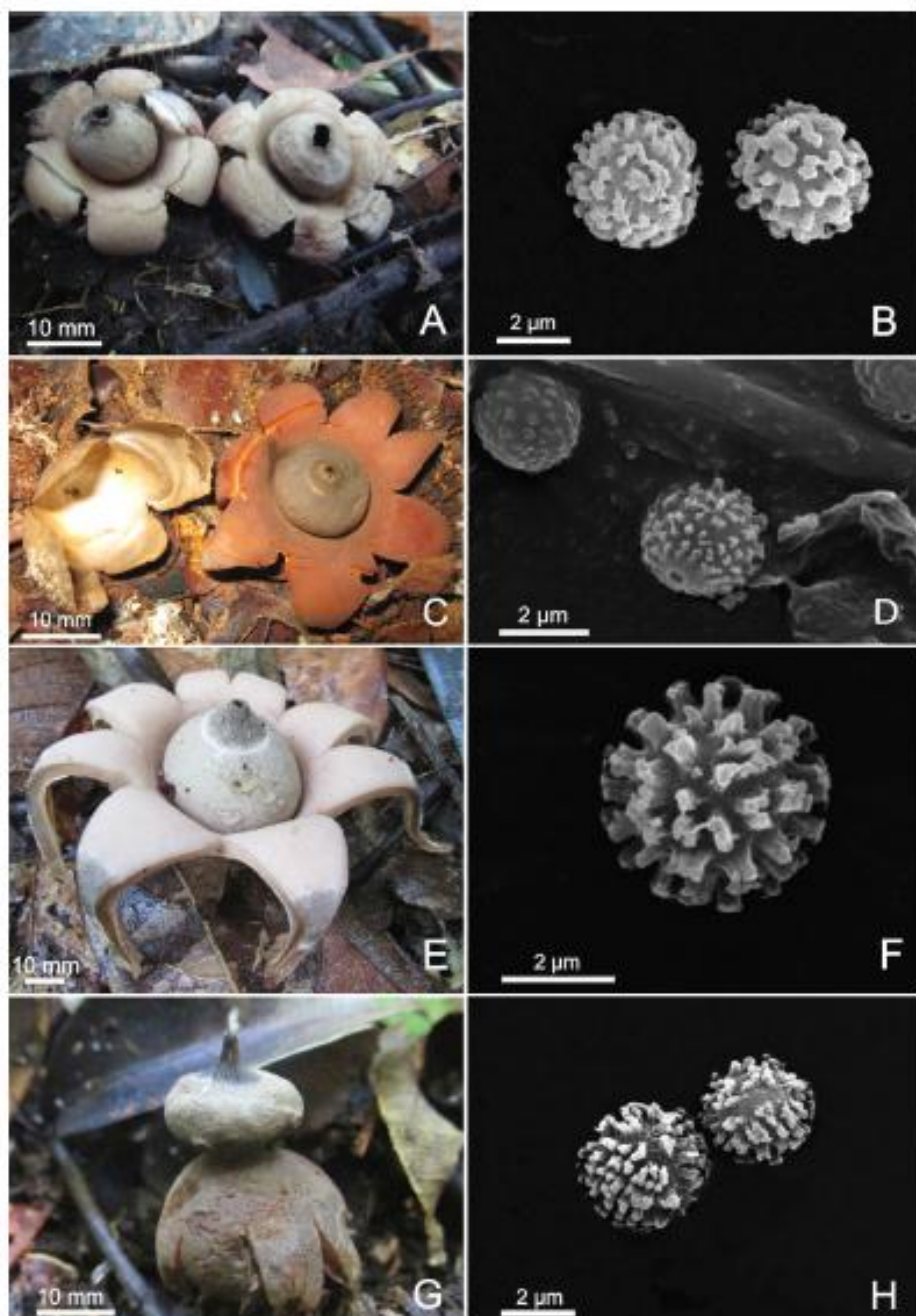


Fig. 2. *Geastrum fimbriatum*. A, basiomata. B, basidiospores under SEM. *Geastrum javanicum*. C, basidioma. D, basidiospores under SEM. *Geastrum lageniforme*. E, basidioma. F, basidiospore under SEM. *Geastrum lloydianum*. G, basidioma. H, basidiospore under SEM. A-B, Silva & Sousa 1780 (UFRN-Fungos); C-D, Silva et al. 1782 (UFRN Fungos); E-F, Sousa et al. 2139 (UFRN Fungos); G-H, Silva et al. 1787 (UFRN Fungos). Figura en color en la versión en línea <http://www.ojs.darwin.edu.ar/index.php/darwiniana/article/view/595/617>.

J. O. SOUSA ET AL. Geastraceae from Northeastern Brazil

(Sunhede, 1989). Historically, *Geastrum saccatum* Fr. and *Geastrum triplex* Jungh. have been confused with *G. lageniforme* (Zamora et al., 2013a). However, *G. saccatum* does not have a mycelial layer with distinct longitudinal cracks and arachnoid rays, while *G. triplex* has larger basidiomata (up to 150 mm wide), a distinct pseudoparenchymatous collar-like structure around the endoperidium, and triangular rays (Sunhede, 1989; Bates, 2004).

Specimens examined

BRAZIL. Ceará. Tianguá, APA Ibiapaba, Trilha do Riacho, 3°43'1"S, 41°5'0"W, 423 m s. m., 18-IV-2012, *Alfredo 1846* (UFRN-fungos); Trilha Pindoguaba, 3°39'8"S, 40°57'6"W, 761 m s. m., 18-IV-2012, *Alfredo 1847* (UFRN-fungos); 3°39'8"S, 40°57'6" W, 761 m s. m., 19-IV-2012, *Alfredo 1848* (UFRN-fungos). Paraíba. Areia, Parque Estadual Mata do Pau Ferro, Trilha do Cumbe, 6°58'14,15"S, 35°44'51"W, 572 m s. m., 15-VII-2013, *Sousa & Alfredo 2135* (UFRN Fungos); 6°57'54"S, 35°45'03"W, 636 m s. m., 16-VII-2013, *Sousa & Alfredo 2136* (UFRN Fungos); Trilha Boa Vista, 6°57'56"S, 35°44'58"W, 628 m s. m., 16-VII-2013, *Sousa & Alfredo 2137* (UFRN Fungos); Mamanguape, REBIO Guaribas, SEMA I, 6°48'17"S, 35°5'10"W, 70 m s. m., 1-VII-2013, *Sousa et al. 2138* (UFRN Fungos); SEMA II, 6°44'16"S, 35°8'24"W, 163 m s. m. 11-VII-2013, *Sousa et al. 2139* (UFRN Fungos). Rio Grande do Norte. Baía Formosa, RPPN Mata Estrela, 6°23'6"S, 35°0'54"W, 57 m s. m., 14-VII-2010, *Sousa et al. 1784* (UFRN Fungos-1784); 6°23'3"S, 35°0'53"W, 55 m s. m., 14-VII-2012, *Sousa et al. 1785* (UFRN Fungos).

Geastrum lloydianum Rick, Brotéria, sér. bot. 5: 27. 1906. TYPE: Brazil, sine data, *J. Rick s.n.* (lectotype BPI 841471! designated by Trierveiler-Pereira & Silveira, Phytotaxa 61: 38. 2012). Figs. 2 G-H.

Reference. Ponce de León (1968: 326) for species description.

Distribution and habitat. Tropical America, Australia, and Spain (Ponce de León, 1968). The specimens were found on sandy or clayey soil covered by leaf-litter, as reported by Calonge et

al. (2005). The basidiomata exhibited gregarious growth. *Geastrum lloydianum* was previously recorded in Brazil for the states of Amazonas (Cabral et al., 2014a), Ceará (Trierveiler-Pereira et al., 2011) and Pernambuco (Trierveiler-Pereira et al., 2011). This is the first record for Paraíba and Rio Grande do Norte states.

Observations. This species is mainly characterized by arched basidiomata, dark brown and asperulate endoperidium, regularly plicate and strongly conic peristome. It differs from *Geastrum setiferum* Baseia in its setose endoperidium, irregularly plicate peristome, and smaller basidiospores, up to 3 µm diam. (Baseia & Milanez, 2002). *Geastrum coronatum* Pers. is also similar to *G. lloydianum*, but differs in its fibrillose peristome, larger pedicel (up to 4 mm high), and basidiospores with prominent truncate warts (Sunhede, 1989; Pegler et al., 1995; Soto & Wright, 2000). Another closely related species is *Geastrum pouzarii* Stanek, differing in its verrucose endoperidium and larger basidiospores in the range of 5,5-7 µm diam. (Sunhede, 1989).

Specimens examined

BRAZIL. Paraíba. Parque Estadual Mata do Pau Ferro, Trilha Engenho Triunfo, 6°59'04"S, 35°44'42", 586 m s. m., 17-VII-2013, *Sousa & Alfredo 2140* (UFRN Fungos); 6°58'51"S, 35°44'43", 600 m s. m., 18-VII-2013, *Sousa & Alfredo 2141* (UFRN Fungos); Mamanguape, REBIO Guaribas, SEMA II, 6°44'12"S, 35°8'25"W, 150 m s. m., 1-VII-2013, *Silva et al. 2142* (UFRN Fungos). Rio Grande do Norte. Baía Formosa, RPPN Mata Estrela, 6°23'19"S, 35°0'53"W, 66 m s. m., 14-VII-2010, *Silva et al. 1787* (UFRN Fungos); 6°22'53"S, 35°0'48"W, 56 m s. m., 14-VII-2012, *Sousa et al. 1789* (UFRN-Fungos); Natal, PEDN, Trilha Peroba, 5°48'40"S, 35°11'25"W, 77 m s. m., 27-VIII-2012, *Sousa et al. 1790*. (UFRN Fungos).

Geastrum minimum Schwein., Schr. naturf. Ges. Leipzig 1: 58. 1822. TYPE: at bare land on grass, sine data, *L. D. von Schweinitz s.n.*, *H.W. Ravenel's herbarium. - Recd. 1891* (holotype K). Figs. 3A-B.

Reference. Sunhede (1989: 256) and Bates (2004: 115) for species description.

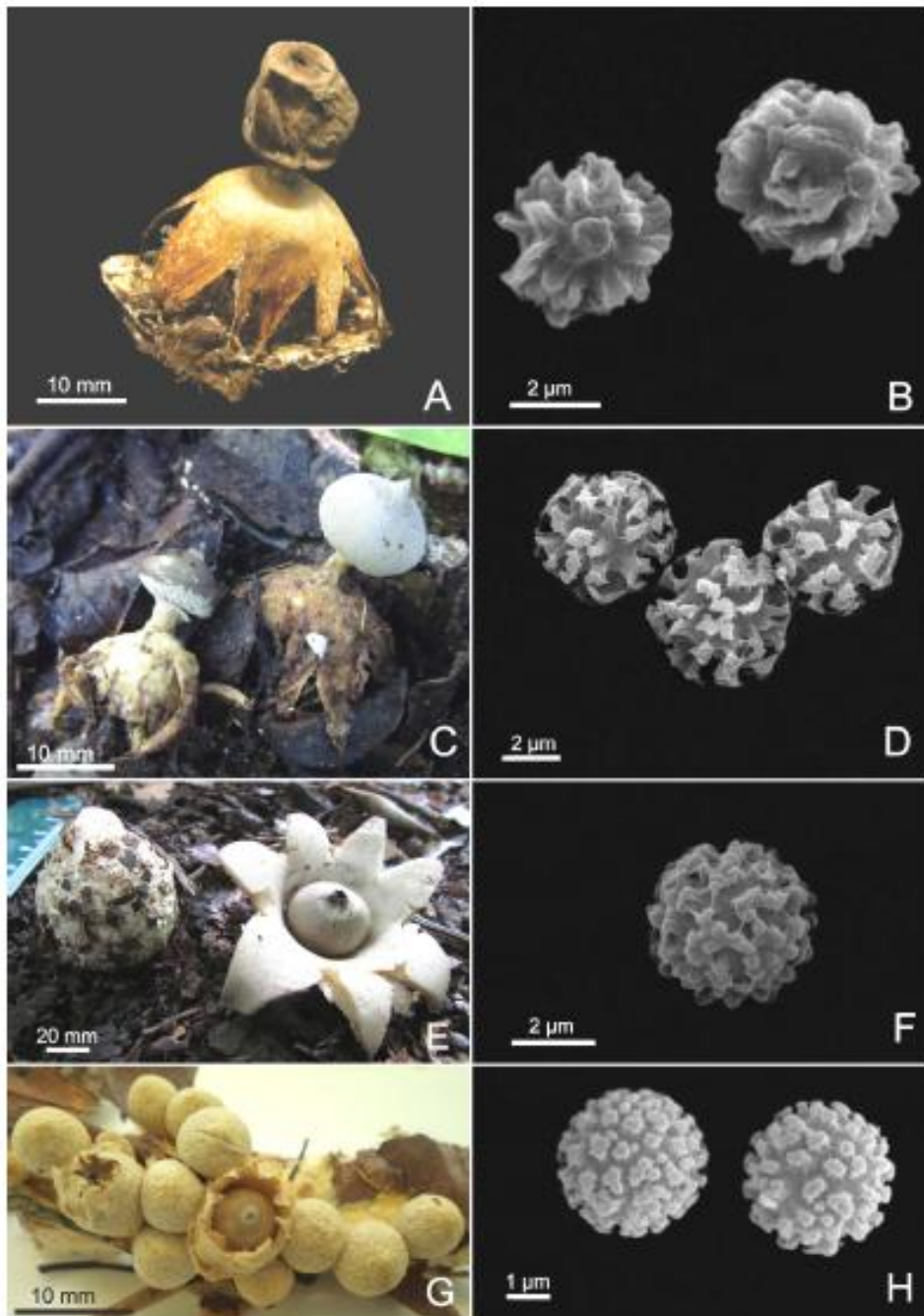


Fig. 3. *Geastrum minimum*. A, basidioma. B, basidiospores under SEM. *Geastrum pectinatum*. C, basidiomata. D, basidiospores under SEM. *Geastrum rusticum*. E, basidiomata. F, basidiospore under SEM. *Geastrum schweinitzii*. G, basidiomata. H, basidiospores under SEM. A-B, *Silva et al. 1791* (UFRN-Fungos); C-D, *Silva & Sousa 1796* (UFRN-Fungos); E-F, *Sousa & Alfredo 2146* (UFRN-Fungos); G-H, *Sousa et al. 10803* (UFRN-Fungos). Figura en color en la versión en línea <http://www.ojs.darwin.edu.ar/index.php/darwiniana/article/view/595/617>.

J. O. SOUSA ET AL. Geastraceae from Northeastern Brazil

Distribution and habitat. Cosmopolitan (Ponce de León, 1968). Our specimens were collected on deciduous wood or termite nests. It exhibits gregarious growth, as reported by Grgurinovic (1997). According to Hemmes & Desjardin (2011), *Geastrum minimum* can be found in duff, exhibiting scattered growth. *Geastrum minimum* was previously recorded in Brazil for the states of Paraná (de Meijer, 2006) and Rio Grande do Sul (Rick, 1961). This is the first record for Northeastern Brazil.

Observations. *Geastrum minimum* differs from other congeneric species in its arched basidiomata, strongly encrusted mycelial layer, pedicellate and densely pruinose endoperidium, and fibrillose and distinctly delimited peristome. *Geastrum quadrifidum* DC. ex. Pers is similar to this species, differing in its fornicate basidiomata, fewer rays (up to 6), and non-pruinose endoperidium (Pegler et al., 1995; Calonge, 1998; Soto & Wright, 2000). *Geastrum coronatum* also has pruinose endoperidium; however, it exhibits larger basidiomata (up to 110 mm wide), darker endoperidium, and basidiospores with different ornamentation (Sunhede, 1989; Pegler et al., 1995). Some basidiomata of *G. minimum* analyzed in this study developed a cup under the mycelial layer, as reported by Sunhede (1989).

Specimens examined

BRAZIL. Rio Grande do Norte. Baía Formosa, 6°22'56"S, 35°0'48"W, 53 m s. m., RPPN Mata Estrela, 16-VI-2010, *Silva et al. 1791* (UFRN-Fungos); Natal, PEDN, Trilha da Geologia, 5°50'30"S, 35°11'36"W, 68 m s. m., 12-VIII-2012, *Sousa et al. 1792* (UFRN-Fungos).

Geastrum pectinatum Pers., Syn. meth. fung. (Göttingen) 1: 132. 1801. TYPE: sine data, *HB Persoon s.n.* (neotype L 910.262-391! designated by Palmer, *Persoonia* 1: 149. 1959). Fig. 3 C-D.

Reference. Sunhede (1989: 294) and Baseia et al. (2003: 410) for species description.

Distribution and habitat. Cosmopolitan (Ponce de León, 1968). The specimens were collected on sandy or clayey soil covered by leaf-litter, as report-

ed by Baseia et al. (2003), Calonge et al. (2005), and Grgurinovic (1997). Our specimens exhibited gregarious growth. *Geastrum pectinatum* was previously recorded in Brazil for the states of Paraíba (Baseia et al., 2003), Paraná (de Meijer, 2006), Pernambuco (Baseia et al., 2003), Rio Grande do Sul (Rick, 1961; Cortez et al., 2008), and São Paulo (Baseia et al., 2003). This is the first record for the Northeastern Atlantic Rainforest and "Brejo de Altitude" vegetation, and the first record for Paraíba, Ceará and Rio Grande do Norte states.

Observations. The main characteristics are pruinose endoperidium with plicate apophysis, regularly plicate and strongly conic peristome, and long pedicel (up to 13 mm high). *Geastrum schmidelii* Vittad. exhibits a morphology similar to the *G. pectinatum*, but has a shorter pedicel (up to 3 mm high), smaller basidiomata (up to 51 mm wide), and basidiospores with different ornamentation (Sunhede, 1989). *Geastrum striatum* DC. also resembles *G. pectinatum*, but displays a non-plicate apophysis with pseudoparenchymatous collar-like structure and smaller basidiomata, up to 65 mm wide (Sunhede, 1989; Pegler et al., 1995; Bates, 2004).

Specimens examined

BRAZIL. Ceará. Tianguá, APA Ibiapaba, Trilha do Riacho, 3°43'16" S, 41°05'06" W, 680 m s. m., 18-IV-2012, *Alfredo 1850* (UFRN-Fungos). Paraíba. Areia, Parque Estadual Mata do Pau Ferro, Trilha do Cumbe, 6°57'55"S, 35°44'58"W, 627 m s. m., 15-VII-2013, *Sousa & Lima 2143* (UFRN-Fungos); Trilha Engenho Triunfo, 6°59'5"S, 35°44'39"W, 584 m s. m., 18-VII-2013, *Sousa & Alfredo 2144* (UFRN-Fungos). Rio Grande do Norte. Baía Formosa, RPPN Mata Estrela, 6°23'8"S, 35°0'53"W, 54 m s. m., 14-VII-2011, *Silva & Sousa 1796* (UFRN-Fungos); 6°22'56"S, 35°0'56"W, 61 m s. m., 14-VII-2012, *Sousa et al. 1799* (UFRN-Fungos); Natal, PEDN, Trilha Peroba, 5°48'42.84"S, 35°11'27.43"W, 65 m s. m., 1-VIII-2012, *Sousa et al. 1798* (UFRN-Fungos).

Geastrum rusticum Baseia, B. D. B. Silva & T. S. Cabral, *Nova Hedwigia* 98 (1-2): 267. 2014. TYPE: Brasil, Rio Grande do Norte, 9-VI-2009, on decaying wood, *I. G. Baseia 1217* (holotype UFRN-Fungos). Fig. 3 E-F.

DARWINIANA, nueva serie 2(2): 207-221. 2014

Reference. Cabral et al. (2014b: 267) for species description.

Distribution and habitat. Brazil (Cabral et al., 2014b). To date the distribution of *Geastrum rusticum* is restricted to the Atlantic Rainforest in Rio Grande do Norte state. The unexpanded basidiomata were found partially covered by substrate with adnate growth. Expanded basidiomata were collected on clayey soil covered by leaf-litter, exhibiting gregarious growth. This is the first record for the semiarid region of Brazil, as well as for Ceará and Paraíba states.

Observations. This species is characterized by unexpanded semi-hypogeous basidiomata, mycelial layer entrusted with debris, fibrillose non-delimited peristome and basidiospores with small warts. It is very similar to *G. fimbriatum*, but the latter exhibits endoperidium with pedicel and hyphal protrusions and basidiospores with larger warts (Sunhede, 1989; Cabral et al., 2014b).

Specimens examined

BRAZIL. Ceará. Tianguá, APA Ibiapaba, Trilha Pindoguaba, 3°39'80"S, 40°57'62"W, 161 m s. m., 18-IV-2012, *Alfredo 1852* (UFRN-Fungos). Paraíba. Areia, Parque Estadual Mata do Pau Ferro, Trilha do Cumbe, 6°59'19"S, 35°44'49"W, 589 m s. m., 15-VIII-2013, *Sousa & Alfredo 2145* (UFRN-Fungos); Trilha Boa Vista, 6°57'52"S, 35°44'57"W, 629 m s. m., 16-VII-2013, *Sousa & Alfredo 2146* (UFRN-Fungos); Trilha Engenho Triunfo, 6°59'09"S, 35°44'39"W, 592 m s. m., 17-VII-2013, *Sousa & Alfredo 2147* (UFRN-Fungos).

Geastrum schweinitzii (Berk. & M. A. Curtis) Zeller, Mycologia 40(6): 649. 1948. *Coilomyces schweinitzii* Berk. & M. A. Curtis, J. Acad. nat. Sci. Philad., N.S. 2(6): 279. 1854. TYPE: Surinam, 1853, on decaying wood, *M. M. S. Schweinitz 34953* (holotype NY). Fig. 3G-H.

Reference. Baseia et al. (2003: 412) for species description.

Distribution and habitat. Pantropical, North America and Japan (Ponce de León, 1968). The

specimens were found on decaying wood, as reported by Baseia et al. (2003), Leite & Baseia (2007), and Cortez et al. (2008). However, Ponce de León (1968) and Calonge et al. (2005) reported specimens on leaf-litter. Our specimens exhibited gregarious to caespitose growth. *Geastrum schweinitzii* was previously distributed in Brazil for the states of Amazonas (Cabral et al., 2014a), Paraíba (Trierveiler-Pereira et al., 2011), Pernambuco (Drechsler-Santos et al., 2008; Kimbrough et al., 1994/1995; Trierveiler-Pereira et al., 2011), Bahia (Trierveiler-Pereira et al., 2009; Trierveiler-Pereira et al., 2011), and São Paulo (Bononi et al., 1981; Baseia et al., 2003). This is the first record for Rio Grande do Norte state.

Observations. This species is recognized by its lignicolous habit, presence of prominent yellowish white subiculum, caespitose growth, small saccate basidiomata (up to 20 mm wide), and its fibrillose, distinct, and delimited peristome. *Geastrum hirsutum* Baseia & Calonge and *G. javanicum* also have lignicolous habit and subiculum, but the former differs from *G. schweinitzii* in its ephemeral and velutinous mycelial layer, and darker endoperidium, while the latter differs in its hairy exoperidium and smaller basidiospores, up to 3 µm diam. (Calonge et al., 2005; Baseia & Calonge, 2006). *Geastrum pleosporus* Douanla-Meli is also similar to *G. schweinitzii*, but is recognized by basidiospores with varied shape and reddish basidiomata (Douanla-Meli et al., 2005).

Specimens examined

BRAZIL. Paraíba. Areia, Parque Estadual Mata do Pau Ferro, Trilha do Cumbe, 6°58'2"S, 35°44'55"W, 584 m s. m., 17-VII-2012, *Alfredo 1857* (UFRN-Fungos); Trilha da Boa Vista, 6°57'58"S, 35°44'57"W, 609 m s. m., 18-VII-2012, *Alfredo 1858* (UFRN-Fungos); Trilha do Cumbe, 6°57'51"S, 35°44'58"W, 629 m s. m., 15-VII-2013, *Sousa & Alfredo 2148* (UFRN-Fungos); Trilha Engenho Triunfo, 6°58'23"S, 35°44'24"W, 611 m s. m., 18-VII-2013, *Sousa & Alfredo 2149* (UFRN-Fungos). Rio Grande do Norte. Natal, PEDN, Trilha Peroba, 5°48'43"S, 35°11'21"W, 80 m s. m., 1-VIII-2012, *Sousa et al. 1803* (UFRN-Fungos).

J. O. SOUSA ET AL. Geastraceae from Northeastern Brazil

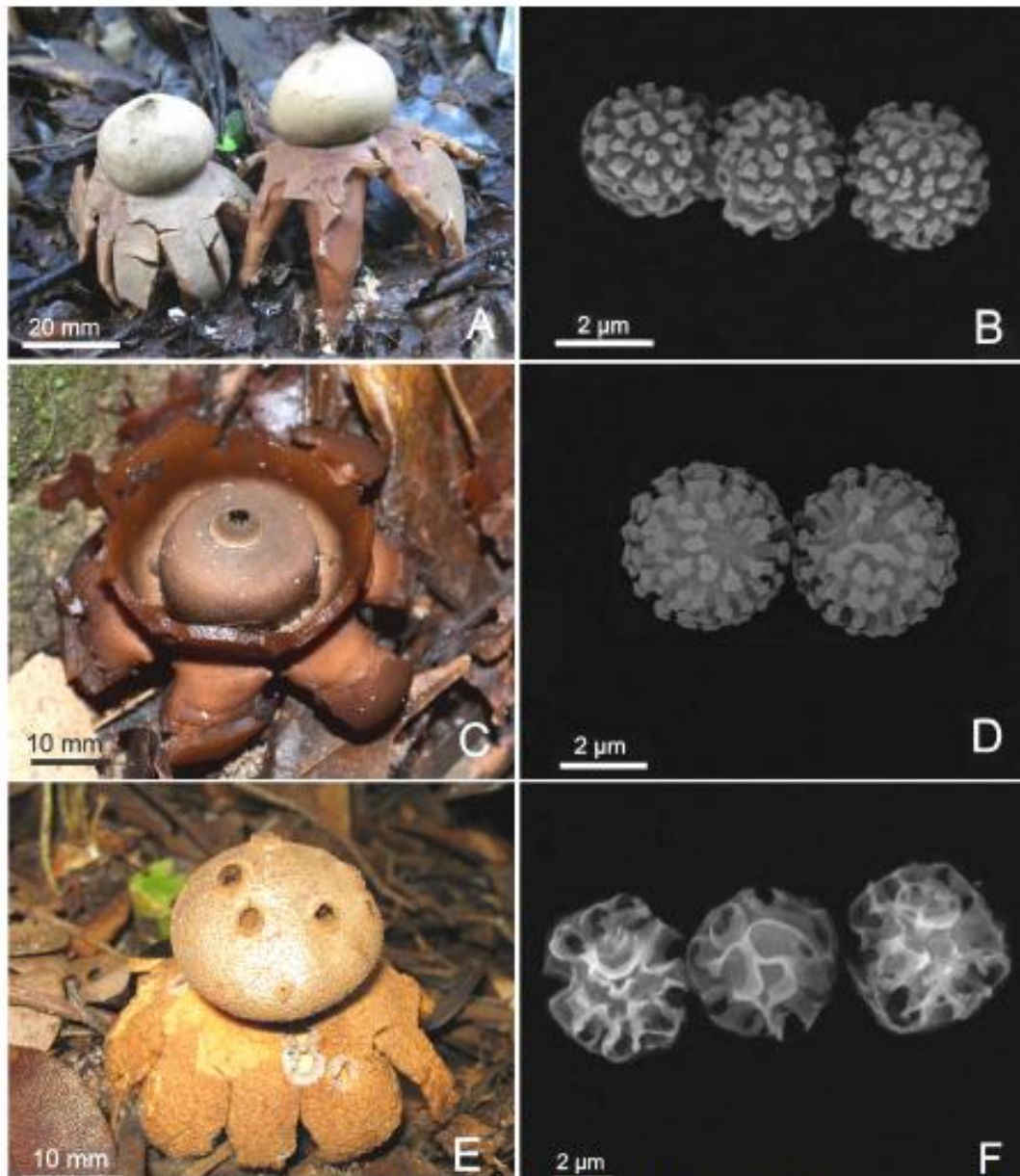


Fig. 4. *Geastrum setiferum*. A, basidiomata. B, basidiospores under SEM. *Geastrum triplex*. C, basidioma. D, basidiospores under SEM. *Myriostoma coliforme*. E, basidioma. F, basidiospores under SEM. A-B, Sousa & Silva 1805. (UFRN-Fungos); C-D, Alfredo 1845 (UFRN-Fungos); E-F, Silva et al. 2020 (UFRN-Fungos). Figura en color en la versión en línea <http://www.ojs.darwin.edu.ar/index.php/darwiniana/article/view/595/617>.

Geastrum setiferum Baseia, Mycotaxon 84: 136. 2002. TYPE: Brazil, São Paulo, Ecological Station of Jataí, 17-I-2002, next to trees *Chloroleucon foliolosum* (Benth.) G. P. Lewis and *Jacaranda cuspidifolia*

Mart., *I. G. Baseia 307595* (holotype SP). Fig. 4 A-B.

Reference. Baseia & Milanez (2002: 336) for species description.

DARWINIANA, nueva serie 2(2): 207-221. 2014

Distribution and habitat. Brazil and Argentina (Castiglia et al., 2013). The specimens were collected on sandy or clayey soil covered by leaf-litter, exhibiting gregarious or solitary growth. *Geastrum setiferum* was previously recorded in Brazil for the states of Paraíba (Leite et al., 2007b; Trierveiler-Pereira & Baseia, 2011), Pernambuco (Baseia & Milanez, 2002), and São Paulo (Baseia & Milanez, 2002). This is the first record for “Brejo de Altimidade” vegetation and Rio Grande do Norte state.

Observations. The main characteristics are endoperidium with cymbiform setae, fibrillose to plicate and non-delimited peristome, and small basidiospores, up to 3,7 µm diam., according to our analysis. *Geastrum fornicatum* (Huds.) Hook, *G. rufescens*, *G. hieronymi* Henn. and *G. welwitschii* Mont. also have endoperidium with hyphal protrusions, but these species do not have cymbiform setae and display larger basidiospores, up to 5 µm, 5,6 µm, 4,8 µm, and 5,5 µm, respectively (Sunhede, 1989; Bates, 2004).

Specimens examined

BRAZIL. Paraíba. Areia, Parque Estadual Mata do Pau Ferro, Trilha Engenho Triunfo, 6°59'44"S, 35°44'42"W, 586 m s. m., 17-VII-2013, *Sousa 2150* (UFRN-Fungos). Rio Grande do Norte. Baía Formosa, RPPN Mata Estrela, 6°23'2"S, 35°0'53"W, 54 m s. m., 14-VII-2010, *Silva et al. 1804* (UFRN-Fungos); 6°22'58"S, 35°0'59"W, 62 m s. m., 14-VII-2011, *Sousa & Silva 1805* (UFRN-Fungos).

Geastrum triplex Jungh., Tijdschr. Nat. Gesch. Physiol. 7: 287. 1840. TYPE: Indonesia, Java, mountain Pangerangi, II, in shady wood at an altitude of 1000–1700 m s. m., *F. Junghuhn 4188 n°1* (holotype L). Figs. 4 C-D.

Reference. Sunhede (1989: 445) and Baseia et al. (2003: 414) for species description.

Distribution and habitat. Cosmopolitan (Dissing & Lange, 1962; Sunhede, 1989; Grgurinovic, 1997; Calonge, 1998; Bates, 2004; Leite & Baseia, 2007; Hemmes & Desjardin, 2011). The specimens were collected on clayey soil covered by leaf-litter, as reported by Leite & Baseia (2007), exhibiting

gregarious to solitary growth. *Geastrum triplex* was previously recorded in Brazil for the states of Amazonas (Cabral et al., 2014a), Paraná (de Meijer, 2006), Pernambuco (Drechsler-Santos et al., 2008; Trierveiler-Pereira et al., 2011), Rio Grande do Norte (Leite & Baseia, 2007), Rio Grande do Sul (Rick, 1961), Santa Catarina (Sobestiansky, 2005), and São Paulo (Baseia et al., 2003). This is the first record for Ceará and Paraíba states.

Observations. This species is recognized by its distinct pseudoparenchymatous collar-like structure around the endoperidium, fibrillose delimited peristome, sessile endoperidium and large basidiomata, up to 150 mm wide. It is often mistaken for *G. saccatum* and *G. lageniforme*, but these species do not have a distinct pseudoparenchymatous collar-like structure around the endoperidium (Sunhede, 1989). Other species display pseudoparenchymatous collar-like structure around the endoperidium: *Geastrum morgani*, *Geastrum litchiforme* Desjardin & Hemmes and *G. fimbriatum*. Although, *G. morgani* differs in its plicate non-delimited peristome, *G. litchiforme* differs in its ornamented exoperidium and non-delimited peristome, while *G. fimbriatum* differs in its mycelial layer encrusted with debris and non-delimited peristome (Sunhede, 1989; Hemmes & Desjardin, 2011).

Specimens examined

BRASIL. Ceará. Tianguá, APA Serra de Ibiapaba, Trilha do Riacho, 3°39'80"S, 40°57'62"W, 161 m s. m., 18-IV-2012, *Alfredo 1844* (UFRN-Fungos); Trilha Pindoguaba, 3°39'80"S, 40°57'62"W, 161 m s. m., 19-IV-2012, *Alfredo 1845* (UFRN-Fungos). Paraíba. Areia, Parque Estadual Mata do Pau Ferro, Trilha Boa Vista, 6°57'52"S, 35°44'58"W, 630 m s. m., 16-VII-2013, *Sousa et al. 2151* (UFRN-Fungos).

Myriostoma coliforme (Dicks.) Corda, Anleit. Stud. Mykol., Prag. 131. 1842. *Lycoperdon coliforme* Dicks., Fasc. pl. crypt. brit. (London) 1: 24. 1785. *Geastrum coliforme* (Dicks.) Pers. [as 'Geaster coliforme'], Syn. meth. fung. (Göttingen) 1: 131. 1801. *Polystoma coliforme* (Dicks.) Gray, Nat. Arr. Brit. Pl. (London) 1: 586. 1821. TYPE: England, Norfolk, 1785, on sand, sine collector, *s.n.* (holotype missing) Figs. 4E-F.

J. O. SOUSA ET AL. Geastraceae from Northeastern Brazil

Reference. Sunhede (1989: 468) and Leite & Baseia (2007: 182) for species description.

Distribution and habitat. Cosmopolitan (Ponce de León, 1968; Sunhede, 1989; Hemmes & Desjardin, 2011) Basidiomata were collected on sandy soil covered by leaf-litter, exhibiting gregarious growth next to *Ficus* sp. According to Baseia & Galvão (2002), specimens were found next to *Spondias tuberosa* Arruda, also displaying gregarious growth. *Myriostoma coliforme* was previously recorded in Brazil for the states of Paraíba (Baseia & Galvão, 2002), Pernambuco (Baseia & Galvão, 2002; Leite & Baseia, 2007), Rio Grande do Sul (Rick, 1961; Homrich, 1973), and São Paulo (Homrich, 1973). To date the occurrence of *Myriostoma* is restricted to semiarid areas of Northeastern Brazil, and this record is the first for the Atlantic Rainforest and Rio Grande do Norte state.

Observations. *Myriostoma* is a monospecific genus characterized primarily by arched basidiomata, numerous stomata and multiple pedicels, differentiating it from *Geastrum* (Baseia & Galvão, 2002; Leite & Baseia, 2007).

Specimens examined

BRAZIL. Rio Grande do Norte. Baía Formosa, RPPN Mata Estrela, 6°22'1"S, 35°0'47"W, 57 m s. m., 15-VII-2012, Silva et al. 2019 (UFRN-Fungos); 6°22'53"S, 35°0'45"W, 61 m s. m., 12-VI-2011, Silva et al. 2020 (UFRN-Fungos).

ACKNOWLEDGMENTS

The authors thank CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, Brazil) for providing master's scholarship to Julieth Sousa and post doctorate's scholarship PNP (Programa Nacional de Pós-Doutorado) to Bianca Silva; CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, Brazil) for providing DTI scholarship (Desenvolvimento Tecnológico e Industrial) to Dôniz Alfredo; and Biodiversity Research Program (PPBio Semiárido/CNPq) for financial support. The authors would also like to thank CTPETRO-INFRA & FINEP/LIEM for their collaboration with scanning electron microscopy and Maria Paz

Martín (Real Jardín Botánico de Madrid) for kindly help with Spanish text.

BIBLIOGRAPHY

- Agerer, R. & L. Beenken. 1998. *Geastrum fimbriatum* Fr. *Fagus sylvatica* L. *Descriptions of Ectomycorrhiza* 3:13-18.
- Baseia, I. G. & F. D. Calonge. 2006. *Geastrum hirsutum*: a new earthstar fungus with a hairy esoperidium. *Mycotaxon* 95: 301-304.
- Baseia, I. G. & A. I. Milanez. 2002. *Geastrum satifrum* (Gasteromycetes): a new species with a setose endoperidium. *Mycotaxon* 84: 135-140.
- Baseia, I. G. & T. C. O. Galvão. 2002. Some interesting Gasteromycetes (Basidiomycota) in dry areas from Northeastern Brazil. *Acta Botanica Brasilica* 16: 1-8. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-33062002000100002>
- Baseia, I. G.; M. A. Cavalcanti & A. I. Milanez. 2003. Additions to our knowledge of the genus *Geastrum* (Phallales: Geastraceae) in Brazil. *Mycotaxon* 85: 409-416.
- Bates, S. T. 2004. Arizona members of the Geastraceae & Lycoperdaceae (Basidiomycota, Fungi). Master Thesis. Arizona State University.
- Berkeley, M. J. & M. C. Cooke. 1876. The fungi of Brazil, including those collected by J.W.H. Trill, Esq. M.A. in *Journal of the Linnean Society of London, Botany* 15: 363-398.
- Bononi, V. L. R.; S. F. B. Trufen & R. A. P. Grandi. 1981. Fungos macroscópicos do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga depositados no Herbario do Instituto de Botânica. *Rickia* 9: 37-53.
- Braga-Neto, R.; R. Giovanni, F. F. Pezzini, D. A. L. Canhos, A. Marino, S. Souza & L. C. Maia. 2013. Spatial data for fungal specimens: retrospective georeferencing and practical recommendations for mycologists. *Mycotaxon* 125: 289-301. DOI: <http://dx.doi.org/10.5248/125.289>
- Cabral, T. S.; B. D. B. Silva, N. K. Ishikawa, D. A. Alfredo, R. Braga-Neto, C. R. Clement & I. G. Baseia. 2014a. A new species and new records of gasteroid fungi (Basidiomycota) from Central Amazonia, Brasil. *Phytotaxa* 183(4): 239-253. DOI: <http://dx.doi.org/10.11646/phytotaxa.183.4.3>
- Cabral, T. S.; B. D. B. Silva, P. Marinho & I.G. Baseia. 2014b. *Geastrum rusticum* (Geastraceae, Basidiomycota), a new earthstar fungus in the Brazilian Atlantic rainforest – a molecular analysis. *Nova Hedwigia* 98(1-2): 265-272. DOI: <http://dx.doi.org/10.1127/0029-5035/2013/0158>
- Calonge, F. D. 1998. *Gasteromycetes. I. Lycoperdiales, Nidulariales, Phalliales, Scierodermatales, Tulostomatales. Flora Mycologica Iberica*. Madrid: CSIC - J. Cramer.

DARWINIANA, nueva serie 2(2): 207-221. 2014

- Calonge, F. D.; M. Mata & J. Carranza. 2005. Contribución al catálogo de los Gasteromycetes (Basidiomycotina, Fungi) de Costa Rica. *Anales del Jardín Botánico de Madrid* 62(1): 23-45. DOI: <http://dx.doi.org/10.3989/ajbm.2005.v62.i1.26>
- Castiglia, V.; I. Cinto & L. Papinutti. 2013. *Geastrum trichiferum* and *Geastrum setiferum* (Geastrales, Phallomycetidae) new records for Argentina. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica* 48: 377-380.
- Cortez, V. G.; I. G. Baseia & R. M. B. Silveira. 2008. Gasteromycetes (Basidiomycota) no Parque Estadual de Itapuã, Viamão, Rio Grande do Sul, Brasil. *Revista Brasileira de Biociências* 6: 291-299.
- de Meijer, A. A. R. 2006. Preliminary list of the Macrofungi from the Brazilian state of Paraná. *Boletín do Museu Botânico Municipal* 68: 1-55.
- Dissing, H. & M. Lange. 1962. Gasteromycetes of Congo. *Bulletin du Jardin Botanique de l'Etat a Bruxelles* 32(4): 325-416. DOI: <http://dx.doi.org/10.2307/3667249>
- Douanla-Meli, C.; E. Langer & F. D. Calonge. 2005. *Geastrum pleosporus* sp. nov., a new species of Geastraceae identified by morphological and molecular phylogenetic data. *Mycological Progress* 4(3): 239-250. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s11557-006-0127-3>
- Drechsler-Santos, E. R.; F. Warchow, I. G. Baseia, T. B. Gibertoni & M. A. Q. Cavalcanti. 2008. Revision of the Herbarium URM I. *Agaricomycetes*: from the semi-arid region of Brazil. *Mycotaxon* 104: 9-18.
- Dring, D. M. 1964. Gasteromycetes of West Tropical Africa. *Mycological papers* 98:1-60.
- Fazolino, E. P.; F.D. Calonge & I.G. Baseia. 2008. *Geastrum antomophilum*, a new earthstars with an unusual spore dispersal strategy. *Mycotaxon* 104: 449-453.
- Grgurinovic, A. C. 1997. *Larger Fungi of South Australia*. Adelaide: Botanic Gardens of Adelaide and State Herbarium & The Flora and Fauna of South Australia Handbooks Committee.
- Hemmes, D. E. & D. E. Desjardin. 2011. Earthstars (*Geastrum*, *Myriostoma*) of the Hawaiian Islands including two new species, *Geastrum litchiforme* & *Geastrum reticulatum*. *Pacific Science* 65: 477-496. DOI: <http://dx.doi.org/10.2984/65.4.477>
- Hennings, P. 1904. Fungi fluminenses a cl. E. Ule collecti. *Hedwigia* 43:78-95.
- Hourich, M. A. 1973. Nota sobre *Myriostoma coliforme* Desvaux (Lycoperdaceae). *Itaringia* 18: 80-89.
- Jepsson, M.; H. R. Nilsson & E. Larsson. 2013. European earthstars in Geastraceae (Geastrales, Phallomycetidae) - a systematic approach using morphology and molecular sequence data. *Systematics and Biodiversity* 11(4): 437-465. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/14772000.2013.857367>
- Kimbrough, J.; M. H. Alves & L. C. Maia. 1994/1995. Basidiomycetes saprófitos presentes em troncos vivos e em folheto de "sombreiro" (*Citotria fairchildiana* [benth.] Howard). *Biologica Brasileira* 6(1/2): 51-56.
- Kornerup, A. & J. E. Wanscher. 1978. *Methuen Handbook of Colour*, 3rd ed. London: Methuen.
- Leite, A. G. & I. G. Baseia. 2007. Novos registros de Geastraceae Corda para o Nordeste Brasileiro. *Sitientibus. Serie Ciências Biológicas* 7: 178-183.
- Leite, A. G.; F. D. Calonge & I. G. Baseia. 2007a. Additional studies on *Geastrum* from Northeastern Brazil. *Mycotaxon* 101: 103-111.
- Leite, A. G.; B.D.B. Silva, R. S. Araújo & I. G. Baseia. 2007b. Espécies raras de Phallales (Agaricomycetidae, Basidiomycetes) no Nordeste do Brasil. *Acta Botanica Brasileira* 21: 119-124. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-33062007000100011>
- Leite, A. G.; H. K. Assis, B. D. B. Silva, H. M. P. Sotão & I.G. Baseia. 2011. *Geastrum* species from the Amazon Forest, Brazil. *Mycotaxon* 118: 383-392. DOI: <http://dx.doi.org/10.5248/118.383>
- Pegler, D. N.; T. Laessle & M. B. Sponner. 1995. *British puffballs, earthstars and stinkhorns: an account of the British gasteroid fungi*. London: Royal Botanic Gardens, Kew.
- Ponce de León, P. 1968. A revision of the family Geastraceae. *Fieldiana Botany* 31: 302-349.
- Rick, J. 1961. *Basidiomycetes* Eubasidii no Rio Grande do Sul, Brasília. *Itaringia* 9: 451-480.
- Silva, B. D. B.; J. O. Sousa & I. G. Baseia. 2011. Discovery of *Geastrum xerophilum* from the Neotropics. *Mycotaxon* 118: 355-359. DOI: <http://dx.doi.org/10.5248/118.355>
- Silva, B. D. B.; T. S. Cabral, P. Marinho, N. K. Ishikawa & I.G. Baseia. 2013. Two new species of *Geastrum* (Geastraceae, Basidiomycota) found in Brazil. *Nova Hedwigia* 96(3-4): 445-456. DOI: <http://dx.doi.org/10.1127/0029-5035/2013/0089>
- Sobestianky, G. 2005. Contribution to a Macrofungi survey of the states of Rio Grande do Sul and Santa Catarina in Brazil. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 48: 437-457. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-89132005000300015>
- Soto, M. K. & J. E. Wright. 2000. Taxonomía del género *Geastrum* (Basidiomycetes, Lycoperdadales) em la Provincia de Buenos Aires, Argentina. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica* 34: 185-201.
- Sousa, J. O.; L. A. Morais, Y. M. Nascimento & I. G. Baseia. 2014. Updates on the geographic distribution of three *Geastrum* species from Brazilian semi-arid region. *Mycosphere* 5(3): 467-474.
- Sunhede, S. 1989. *Geastraceae (Basidiomycotina). Morphology, ecology, & systematics with special emphasis on the*

J. O. SOUSA ET AL. Geastraceae from Northeastern Brazil

- North European Species*. Synopsis Fungorum 1, Fungiflora. Oslo: Gronlands Grafiske A/S
- Thiers, B. [continuously updated, 2014] Index Herbariorum: a global directory of public herbaria and associated staff. New York Botanical Garden's Virtual Herbarium, 11 Aug 2014 <http://sweetgum.nybg.org/ih>
- Trierveiler-Pereira, L.; K. M. T. Bezerra, J. L. Bezerra & I. G. Baseia. 2009. First records of Geastraceae & Nidulariaceae (Basidiomycota, Fungi) from Bahia, Northeastern Brazil. *Revista Brasileira de Biociências* 7: 316-319.
- Trierveiler-Pereira, L. & I. G. Baseia. 2009. A checklist of the Brazilian gasteroid fungi (Basidiomycota). *Mycotaxon* 108: 441-444. DOI: <http://dx.doi.org/10.5248/108.441>
- Trierveiler-Pereira, L. & I. G. Baseia. 2011. Contribution to the knowledge of gasteroid fungi (Agaricomycetes, Basidiomycota) from the state of Paraíba, Brazil. *Revista Brasileira de Biociências* 9(2): 167-173.
- Trierveiler-Pereira, L.; F. D. Calonge & I. G. Baseia. 2011. New distributional data on *Geastrum* (Geastraceae, Basidiomycota) from Brazil. *Acta Botanica Brasiliica* 25(3): 577-585. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-33062011000300010>
- Wilson, A. W.; M. Binder & D. S. Hibbet. 2011. Effects of Gasteroid Fruiting Body Morphology on Diversification Rates in Three Independent Clades of Fungi Estimated Using Binary State Speciation and Extinction Analysis. *Evolution* 65: 1305-1322. DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1558-5646.2010.01214.x>
- Zamora, J. C.; F. D. Calonge & M. P. Martín. 2013a. New sources of taxonomic information for earthstars (*Geastrum*, Geastraceae, Basidiomycota): phenoloxidases and rhizomorph crystals. *Phytotaxa* 132 (1): 1-20. DOI: <http://dx.doi.org/10.11646/phytotaxa.132.1.1>
- Zamora, J. C.; F. Kuhar, V. Castiglia & L. Papinutti. 2013b. On *Geastrum argentinum*, a forgotten species. *Mycoscience* 30(6): 1-6.