



DIVERSIDADE DE FUNGOS ENDOFÍTICOS DE MANDACARU (*Cereus jamacaru* DC., CACTACEAE) EM ÁREAS SUCESSIONAIS DE CAATINGA

JADSON DIOGO PEREIRA BEZERRA

RECIFE

1/2013



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
DEPARTAMENTO DE MICOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA DE FUNGOS**

**DIVERSIDADE DE FUNGOS ENDOFÍTICOS DE MANDACARU (*Cereus
jamacaru* DC., CACTACEAE) EM ÁREAS SUCESSIONAIS DE CAATINGA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biologia de Fungos do Departamento de Micologia do Centro de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Pernambuco, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Biologia de Fungos.

Área de Concentração: Taxonomia e ecologia de fungos.

**JADSON DIOGO PEREIRA
BEZERRA**

**Orientador: Profa. Dra. Cristina
Maria de Souza Motta**

**Co-orientador: Profa. Dra. Jarcilene
Silva de Almeida Cortez**

RECIFE

1/2013

Catálogo na Fonte:
Bibliotecário Bruno Márcio Gouveia, CRB-4/1788

Bezerra, Jadson Diogo Pereira

Diversidade de fungos endofíticos de mandacaru (*Cereus jamacaru* DC., Cactaceae) em áreas sucessionais de Caatinga/ Jadson Diogo Pereira Bezerra. – Recife: O Autor, 2013.

68 f.: il., fig., tab.

Orientadores: Cristina Maria de Souza Motta, Jarcilene Silva de Almeida- Cortez
Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. Centro de Ciências
Biológicas. Pós-graduação em Biologia de Fungos, 2014.

Inclui bibliografia e apêndice

1. Fungos 2. Plantas da Caatinga I. Motta, Cristina Maria de Souza (orient.) II. Almeida-Cortez, Jarcilene Silva de (coorient.) III. Título.

579.5

CDD (22.ed.)

UFPE/CCB-2014-115

DIVERSIDADE DE FUNGOS ENDOFÍTICOS DE MANDACARU (*Cereus jamacaru* DC., CACTACEAE) EM ÁREAS SUCESSIONAIS DE CAATINGA

JADSON DIOGO PEREIRA BEZERRA

Data da defesa: 20 de fevereiro de 2013

COMISSÃO EXAMINADORA

MEMBROS TITULARES

Dra. Cristina Maria de Souza Motta
Universidade Federal de Pernambuco

Dr. João Lúcio de Azevedo
Universidade de São Paulo

Dra. Laura Mesquita Paiva
Universidade Federal de Pernambuco

MEMBROS SUPLENTE

Dra. Virgínia Michele Svedese
Universidade Federal de Pernambuco

Dra. Neiva Tinti de Oliveira
Universidade Federal de Pernambuco

“As vezes pensamos que o que fazemos é uma gota no oceano. Mas o oceano seria menor se essa gota faltasse”. Madre Tereza de Calcutá

Agradecimentos

Agradecer é um dos melhores caminhos para se viver bem, contudo, é uma das partes mais difíceis em um trabalho feito com envolvimento de uma grande equipe. É este o desafio? Desafio aceito!

Utilizando as palavras de Jesus Cristo inicio os meus agradecimentos: "Eu te louvo, Pai Senhor do céu e da terra, porque escondestes estas coisas aos sábios e inteligentes, e as revelastes aos pequeninos" (Mateus 11,25-27). Agradeço ao Deus Todo-Poderoso, criador de todas as coisas, inclusive dos fungos endofíticos, pela força e disposição concedidas durante esses dois anos de experimentações do mestrado. Foram momentos de alegrias, reflexões e dificuldades superadas que nos fizeram contribuir com o estudo da micologia no Brasil e estreitar as distâncias entre pesquisadores brasileiros e outros espalhados pelos cinco continentes. Nossa gratidão!

Aos familiares e amigos. Agradeço pela paciência e incentivo, principalmente aos membros da família Bezerra *et al.* (Jailton Bezerra - pai, Rozineide Bezerra - mãe e Romualdo Bezerra - irmão, avós, tios (as), primos (as), afilhados (as), ...). Aos amigos proclamo, quem tem amigos é um Rei! Agradeço de coração!

Aos amigos-irmãos-estudantes da Casa de Apoio da Prefeitura de Águas Belas em Recife-PE, muito obrigado por estar do meu lado em todos os momentos. Agradecendo a jovem Brenda Artemízia (saudosa memória), expresso minha gratidão a todos vocês que diariamente participaram destas experimentações sintetizadas neste trabalho. Minha eterna gratidão!

Aos amigos missionários das Paróquias Nossa Senhora da Conceição de Águas Belas-PE e Nossa Senhora do Rosário (Bairro da Torre, Recife-PE) e muitas outras espalhadas pelo estado de Pernambuco, Pontifícias Obras Missionárias do Brasil (Infância e Adolescência Missionária, Propagação da Fé – Juventude Missionária), Arquidiocese de Olinda e Recife e Diocese de Garanhuns, meus cordiais agradecimentos pelo companheirismo missionário!

Família Micologia da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) agradeço pelo incentivo, confiança e estímulo para que possamos dar continuidade aos estudos de verificação da presença dos fungos e seu potencial tecnológico para a sociedade.

Agradeço também à minha orientadora Profa. Dra. Cristina Maria de Souza Motta e à minha co-orientadora Profa. Dra. Jarcilene Silva de Almeida Cortez que confiaram na minha capacidade ‘espinhosa’ de amar os cactos, em nome delas agradeço ao Centro de Ciências Biológicas da UFPE, Departamento de Micologia da UFPE e aos membros do Laboratório de Pesquisa da Coleção de Culturas – Micoteca URM (entre muitos, Profa. Maria José Fernandes, Profa. Débora Massa, Profa. Eliane Silva, Prof. Bruno Gomes, Luan Amim, Renan Barbosa...) e do Laboratório de Citologia e Genética de Fungos (entre tantos outros, Profa. Dra. Laura Paiva, Dra. Virgínia Svedese, Marília

Gomes, Diogo Lopes, Greicilene Albuquerque...). Muitos ainda serão os conhecimentos adquiridos e transformados que favorecerão a Micologia.

Equipe organizadora do II Encontro Pernambucano de Micologia realizado pelo Programa de Pós-Graduação em Biologia de Fungos em 2012 (coordenação, Profa. Elaine Malosso e Profa. Leonor Maia), obrigado pelo aprendizado mútuo, percebo que foi e continuará sendo uma das equipes que ‘revolucionará a Micologia no Brasil’. Aos amigos-jovens-micologistas digo-vos: “vamos que vamos”.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP-01.08.0392.00), Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG, CRA-APQ 00001-11), Fundação de Amparo a Ciência e Tecnologia de Pernambuco (FACEPE APQ-0290-2.12/10), o Sistema Nacional de Pesquisa em Biodiversidade - SISBIOTA Brasil (Processo 563304/2010-3) agradecemos pela bolsa de incentivo ao mestrado (CNPq) e/ou auxílios financeiros para realização deste projeto.

Nós estendemos nossos agradecimentos ao Instituto Fazenda Tamanduá (Fazenda Tamanduá) e a todos os seus funcionários. Registro também os que auxiliaram nas coletas do material botânico, aqueles que nos acompanharam durante as viagens científicas percorrendo vários quilômetros de Recife-PE até Santa Terezinha-PB. Nossa gratidão.

Por fim, agradeço aos professores e estudantes do Programa de Pós-Graduação em Biologia de Fungos da UFPE (destaco a turma de Mestrado 2011) pela contribuição diária e discussões científicas e psicológicas nas dependências do Departamento de Micologia/UFPE. Meu muito obrigado!

“Deus só nos dá aquilo que podemos carregar. Só queria que Ele não confiasse tanto em mim”, Madre Tereza de Calcutá.

Abrigado, repito.

RESUMO GERAL

Fungos endofíticos vivem dentro dos tecidos saudáveis de plantas e podem promover tolerância das espécies hospedeiras para diferentes estresses ambientais. No entanto, a maioria dos estudos tem sido de plantas em ambientes úmidos e são poucos os relatos dos benefícios de tais associações com plantas de ambientes extremos. O objetivo deste trabalho foi analisar a diversidade de fungos endofíticos de *Cereus jamacaru* em três diferentes áreas de sucessão ecológica da floresta tropical seca brasileira (Caatinga), Paraíba, Brasil. O material vegetal foi coletado e 1215 fragmentos foram estudados em condições assépticas dos quais foram isolados 560 fungos endofíticos distribuídos nas áreas de sucessão ecológica Inicial (206 isolados), Intermediária (206 isolados) e Tardia (149 isolados) e identificados como pertencentes a 59 táxons. *Cladosporium cladosporioides* e *Fusarium oxysporum* foram as espécies mais comumente isoladas, seguidas por *Acremonium terricola*, *Aureobasidium pullulans*, *Trichoderma viride*, *Chrysomya sitophila*, e *Aspergillus flavus*. As espécies dos gêneros *Boeremia*, *Candida*, *Cochliobolus*, *Guignardia*, *Pestalotiopsis*, *Phomopsis*, *Purpureocillium*, *Redaellia* (= *Aspergillus*), *Sporobolomyces*, e *Syncephalastrum* foram encontradas apenas uma ou duas vezes. O isolamento de *Redaellia* inicia discussão sobre o gênero e sua sinonímia com *Aspergillus*. Quarenta e sete espécies são registradas pela primeira vez como fungos endofíticos de cactos, e 18 outras como endófitos para o Brasil. Os valores dos índices de diversidade de Shannon-Wiener e Simpson indicaram a área de sucessão ecológica Tardia como a mais diversa e a mais abundante por uma ou poucas espécies, sendo esta área, segundo a equitabilidade de Pielou, a que possui a maior uniformidade de indivíduos entre as espécies de fungos endofíticos. A maior similaridade, segundo o coeficiente de Sorensen, foi entre as áreas Inicial e Intermediária. Claramente existe uma riqueza de fungos endofíticos associados *C. jamacaru* na Caatinga. Esta subestimada diversidade microbiana suporta a ideia de que endófitos podem estar envolvidos na proteção de plantas em ambientes extremos, e a maior frequência de fungos endofíticos em áreas de preservação recente (Inicial e Intermediária) sugere que esses micro-organismos podem participar ativamente da regeneração de florestas tropicais secas. Este é o primeiro estudo de fungos endofíticos associados com o cacto *C. jamacaru* na floresta tropical seca brasileira conhecida como Caatinga.

Palavras-chave: Fungo endofítico, mandacaru, cacto, Caatinga.

ABSTRACT

Endophytic fungi live within the healthy tissues of plants and can promote host species tolerance to different environmental stresses. However, most studies have been of plants in humid environments and there are few reports of the benefits of such associations for plants of extreme environments. The aim this study was to analyze the diversity of endophytic fungi from *Cereus jamacaru* in three different areas of ecological succession of Brazilian tropical dry forest (Caatinga), Paraíba, Brazil. Plant material was collected and 1215 fragments were studied in aseptic conditions of which were isolated 560 endophytic fungi distributed in the areas of ecological succession Early (206 isolates), Intermediate (206 isolates) and Late (149 isolates) and identified as belonging to 59 taxa. *Cladosporium cladosporioides* and *Fusarium oxysporum* were the species most commonly isolated, followed by *Acremonium terricola*, *Aureobasidium pullulans*, *Trichoderma viride*, *Chrysonilia sitophila*, and *Aspergillus flavus*. Species within the genera *Boeremia*, *Candida*, *Cochliobolus*, *Guignardia*, *Pestalotiopsis*, *Phomopsis*, *Purpureocillium*, *Redaellia* (= *Aspergillus*), *Sporobolomyces*, and *Syncephalastrum* were found only once or twice. The isolation of *Redaellia* initiates discussion about the genus and its synonymy with *Aspergillus*. Forty-seven species are recorded for the first time as endophytic fungi of cacti, and 18 others as endophytes for Brazil. The index values of Shannon-Wiener and Simpson indicated the area of ecological succession Late as more diverse and more abundant by one or a few species, this area, according to Pielou evenness, which has the highest uniformity of individuals between species of endophytic fungi. The greatest similarity, according to Sorensen coefficient, was among the areas Early and Intermediate. Clearly there is a richness of endophytic fungi associated with *C. jamacaru* in the Caatinga. This underestimated microbial diversity supports the idea that endophytes may be involved in the protection of plants in extreme environments, and greater frequency of endophytic fungi in recent preservation areas (Early and Intermediate) suggests that these micro-organisms can actively participate in the regeneration of tropical dry forests. This is the first study of endophytic fungi associated with cactus *C. jamacaru* in Brazilian tropical dry forest known as Caatinga.

Keywords: Endophytic fungi, “mandacaru”, cactus, Caatinga

Lista de figuras

Pág.

Figura 1 - <i>Cereus jamacaru</i> em área de sucessão ecológica da Caatinga, Fazenda Tamanduá, Paraíba, Brasil (Bezerra, J.D.P.).....	29
--	----

Capítulo 1

Figura 1 – (A) <i>Opuntia ficus-indica</i> , (B e C) exemplo da colonização dos fragmentos de <i>O. ficus-indica</i> por fungos endofíticos.....	34
--	----

Capítulo 2

Figura 1 – Fotografia de três endófitos por microscopia eletrônica de varredura (MEV). <i>Cladosporium cladosporioides</i> (URM 6703): A. Conidióforos e conídios. B. Conídios. <i>Fusarium oxysporum</i> (URM 6704): C. Macro e micro conídios. <i>Tritirachium dependens</i> (URM 6705): D. Conidióforos. E. Célula conidiogênica geniculada. F. Conídios.....	44
Figura 2 – Frequência relative de fungos endofíticos isolados do cacto <i>Cereus jamacaru</i> crescendo na floresta tropical seca no Brasil	45
Figura 3 – Curvas de acumulação de fungos endofíticos de <i>C. jamacaru</i> crescendo na floresta tropical seca no Brasil. (▼) indica as curvas de acumulação de fungos endofíticos estimada por cada índice e (×) indica as curvas de acumulação de fungos endofíticos. (A Jackknife 1; B Jackknife 2; C Bootstrap; D Chao 1; E Chao 2)	46

Lista de tabelas

Pag.

Tabela 1 - Definições do termo endófito ao longo dos estudos científicos (Adaptado de Hyde e Soyong, 2008).....	15
Tabela 2 - Alguns dos fungos endofíticos isolados de plantas de regiões tropicais e subtropicais (Adaptado de Banerjee, 2011).....	17
Tabela 3 – Alguns dos fungos endofíticos isolados de plantas de regiões secas, semiáridas e desérticas	22

Capítulo 1

Tabela 1 – Espécies da família Cactaceae estudadas quanto à associação de micro-organismos endofíticos.....	35
--	----

Capítulo 2

Tabela 1 – Frequência absoluta (f) e relativa (fr) de fungos endofíticos isolados de <i>Cereus jamacaru</i> crescendo em floresta tropical seca (Caatinga), Brasil.....	42
Tabela 2 – Índices de diversidade de fungos endofíticos de <i>Cereus jamacaru</i> crescendo em floresta tropical seca, Brasil. Isolados identificados como <i>mycelia sterilia</i> não estão incluídos.....	45

SUMÁRIO

Pág.

1. INTRODUÇÃO	11
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	13
2.1. Fungos endofíticos	13
2.2. Histórico e conceito de fungos endofíticos	14
2.3. Diversidade e distribuição de fungos endofíticos	16
2.3.1. Diversidade de fungos endofíticos em cactos	25
2.4. Relação dos fungos endofíticos com plantas de ambientes extremos secos	26
2.5. Florestas tropicais secas	27
2.6. Cactaceae	28
2.6.1. <i>Cereus jamacaru</i> DC.	29
3. RIQUEZA DE MICRO-ORGANISMOS ENDOFÍTICOS EM ESPÉCIES DA FAMÍLIA CACTACEAE	31
Resumo.....	31
Introdução.....	31
Fungos endofíticos e a relação com o hospedeiro	32
Endófitos e espécies da família Cactaceae	33
Conclusões	36
4. FUNGOS ENDOFÍTICOS DO CACTO <i>Cereus jamacaru</i> NA FLORESTA TROPICAL SECA BRASILEIRA: UM PRIMEIRO ESTUDO	38
Resumo	38
Introdução	38
Material e métodos	40
Resultados	41
Discussão	46
Conclusão	50
6. CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	52
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	53
APÊNDICE	

1. INTRODUÇÃO

Micro-organismos endofíticos colonizam o tecido sadio da planta e permanecem ali em uma fase latente ou de forma mais extensiva, porém assintomática (Yates *et al.*, 1997), sem causar problemas à planta. Quando a colonização leva a uma proteção do tecido do hospedeiro ao estresse biótico ou abiótico, estes fungos são chamados de mutualistas, ambos beneficiando-se dessa interação (Latch, 1993; Wang e Dai, 2011). Dentre as mais de 300 mil espécies de plantas existentes no planeta, poucas foram estudadas quanto à microbiota endofítica e de quase todas as plantas hospedeiras estudadas, micro-organismos endofíticos foram isolados (Wang e Dai, 2011).

A micobiota endofítica têm sido descrita como protetora contra o ataque de outros micro-organismos, insetos e animais herbívoros, devido à produção de toxinas. Podem ainda produzir fitormônios, enzimas e outros compostos químicos, oferecendo vantagens à planta hospedeira, enquanto se desenvolvem em seu interior. Por outro lado, os endófitos tornam as plantas hospedeiras resistentes à seca, inundações e outras situações de estresse, bem como proporcionam um reforço nas habilidades competitivas (Clay e Schardl, 2002). No entanto, existem sugestões de que sob condições de estresse, os fungos endofíticos podem tornar-se patogênicos (Azevedo, 1998; Azevedo *et al.*, 2000).

Investigações detalhadas da micobiota interna de plantas frequentemente descobrem novas *taxa* e revelam novas distribuições das espécies já conhecidas. Pelo fato de serem inconspícuos, e da diversidade de espécies da micobiota interna ser relativamente alta e uma pequena porção de potenciais hospedeiros terem sido até então examinados, endófitos representam um número substancial de fungos ainda não descobertos (Arnold *et al.*, 2000). Estudos sobre fungos endofíticos de vegetais bem caracterizados e economicamente importantes são necessários para fornecer informações fundamentais para a avaliação da diversidade e distribuição fúngica global, bem como a provável descoberta de espécie nova (Stone *et al.*, 2004; Siqueira *et al.*, 2008).

Na literatura, a maioria dos trabalhos estudando a associação de micro-organismos endofíticos é com plantas de regiões tropicais úmidas e temperadas (Bose, 1947; Carroll *et al.*, 1977; Petrini e Carroll, 1981; Clay *et al.*, 1985; Carroll, 1986; Rodrigues e Petrini, 1997; Arnold *et al.*, 2000; Azevedo *et al.* 2000; Banerjee, 2011) e poucos estudos verificaram a associação com plantas de regiões secas (Fischer *et al.*, 1994b; Puente *et al.*, 2004a, 2004b; Suryanarayanan *et al.* 2005; Puente *et al.*, 2009a, 2009b; Khidir *et al.*, 2010; Lopez *et al.*, 2011, 2012; Sun *et al.*, 2012; Bezerra *et al.*, 2012a; Loro *et al.*, 2012). No que se refere aos cactos, são escassos os trabalhos referentes à avaliação da micobiota endofítica de Cactaceae, com exceção de um estudo preliminar de fungos endofíticos associados à *Opuntia stricta* de regiões semi-áridas da Austrália, outro de

espécies de cactos do Arizona, e, mais recentemente no Brasil a avaliação da riqueza de fungos endofíticos de *O. ficus-indica* (Bezerra et al. 2012b).

A floresta tropical seca, no Brasil conhecida como ecossistema Caatinga, cobre a maior parte dos estados da Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Bahia, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte e a parte nordeste de Minas Gerais. A Caatinga abriga espécies endêmicas de vegetais, aves, mamíferos e peixes, e demais espécies que garantem a sua importância e que pouca atenção tem sido dada à conservação da variada e marcante paisagem e a contribuição da sua biota à biodiversidade extremamente alta do Brasil tem sido subestimada (Silva et al., 2004; Leal et al., 2005).

A família Cactaceae conta com aproximadamente 1.440 espécies distribuídas (Hunt et al., 2006) quase exclusivamente na região neotropical, com exceção do gênero *Rhipsalis* Gaertn que ocorre nas Américas e atinge a África, Madagascar e Sri Lanka (Zappi e Taylor, 2008). No Brasil estão registradas cerca de 160 espécies (Barroso et al., 1978), sendo a Caatinga o maior abrigo da diversidade de cactos do Brasil, onde ocorrem cerca de 80 espécies (Zappi et al., 2012). Segundo Rizzini (1987), as Cactaceae são classificadas em cinco grupos de acordo com seu hábitat: silvícolas – habitam florestas pluviais: Amazônica e Atlântica, a maioria delas espécies epifíticas; savanícolas – cerrado; campestres – campos rupestres de Minas Gerais; litorâneas – litoral brasileiro; xerófilas – Caatinga, com o maior número de espécies.

O cacto *Cereus jamacaru* DC. (mandacaru) é popularmente chamado de “rainha da noite” por florescer a noite com uma bela flor. Este cacto, típico do Brasil, chega a crescer até 18m de altura, apresenta hastes segmentadas com um tronco central que pode apresentar mais de 60 cm de espessura. A propagação pode ser por estacas, mas também a partir de sementes, embora com desenvolvimento lento (Gimre, 2001). *Cereus jamacaru* está registrada por Albuquerque et al. (2007) em um grupo de dez plantas nativas do Brasil como “alvos potenciais para futuros estudos fitoquímicos e farmacológicos”, é relatada no tratamento de úlceras estomacais, doenças respiratórias e renais em humanos (Souza, 2001), problemas cardíacos (Socha, 2003), atividade esquistossomicida (Yousif et al., 2007), assim como na alimentação animal (Cavalcanti e Resende, 2007).

Os objetivos do presente estudo foram identificar isolados de fungos endofíticos de *C. jamacaru* usando taxonomia morfológica e investigar a diversidade de fungos endofíticos associados com *C. jamacaru* em três áreas de sucessão ecológica da floresta tropical seca brasileira, conhecida como ecossistema Caatinga. Para o nosso conhecimento, este estudo é o primeiro relato da associação de fungos endofíticos com *C. jamacaru* para o mundo.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Fungos endofíticos

Uma parcela dos micro-organismos, principalmente bactérias e fungos, habitam o interior das plantas, são os endófitos, que segundo Petrini (1991) colonizam os tecidos sadios de partes aéreas da planta em alguma parte do seu ciclo de vida sem causar-lhes danos aparentes, nem produzindo estruturas externas visíveis (Azevedo *et al.*, 2000). A diferenciação entre endófitos, epifíticos (micro-organismos que vivem na superfície de plantas) e fitopatógenos (que causam doenças em plantas) depende do estágio da interação do micro-organismo com o hospedeiro (Strobel *et al.*, 2004), portanto, a aplicação destes termos tem puro significado didático havendo ainda dificuldades em determinar limites entre eles (Azevedo *et al.*, 2000).

De um único vegetal podem ser obtidos de dezenas a centenas de isolados e, a partir deste único hospedeiro uma espécie pode se mostrar específica (Siqueira *et al.*, 2008, 2011). Hawksworth e Rossman (1997) sugeriram que uma planta poderia ser habitat de cerca de seis espécies de fungos, mas depois da inclusão de fungos endofíticos, essa relação foi aumentada para cerca de 33 espécies de fungos para cada planta, confirmando o fato de que os endófitos são um componente importante da diversidade microbiana (Tan e Zou, 2001; Strobel e Daisy, 2003).

Os endófitos podem ser transmitidos verticalmente quando penetram pelas sementes e horizontalmente quando penetram através da zona radicular, dos estômatos ou diretamente na parede celular utilizando apressórios e haustórios (Saikkonem *et al.*, 2004). A colonização endofítica pode ser intracelular e limitada a poucas células, intercelular e localizada ou ainda inter e intracelular sistêmica e pode se desenvolver em qualquer tecido ou órgão do vegetal: raiz, caule, ramos, folhas, flores e frutos (Peixoto-Neto *et al.*, 2002; Schulz e Boyle, 2005; Marinho *et al.*, 2005; Johri, 2006). O estudo dos fungos endofíticos pode ser realizado com os micro-organismos cultiváveis e não cultiváveis, a partir do seu isolamento em meios de cultura e sob condições controladas, pela sua observação direta a partir de técnicas de microscopia ou pela detecção através de técnicas de amplificação de DNA (Schulz e Boyle, 2005; Sebastianes *et al.*, 2008).

A transmissão dos endófitos começa a ser entendida principalmente em regiões úmidas onde se tem verificado a diversidade de fungos, contudo, em regiões secas a compreensão dessa transmissão é pouco estudada. Regiões secas possuem vegetação com baixa densidade e baixa precipitação pluviométrica e a transmissão horizontal de fungos endofíticos de plantas para plantas pode ser minimizada, pois, como observado em regiões úmidas uma alta diversidade e abundância de plantas em uma comunidade fornecem mais hospedeiros e substratos para a infecção por fungos endofíticos (Arnold *et al.*, 2000; Suryanarayanan *et al.*, 2002, 2003, 2005; Bayman *et al.*, 1998; Sun *et al.*, 2012; Losos e Leigh, 2004).

Apesar de muitas espécies de fungos serem comumente relatadas como endófitos, outras podem ser encontradas ocasionalmente colonizando o tecido do hospedeiro e serem isoladas apenas uma ou duas vezes em várias centenas de amostras (Petrini *et al.*, 1991; Siqueira *et al.*, 2011). A literatura relata diferentes espécies de fungos endofíticos pertencentes aos gêneros *Alternaria*, *Colletotrichum*, *Phyllosticta*, *Phomopsis*, *Phoma*, *Guignardia*, *Cladosporium* e *Xylaria* como endófitos de vários tecidos vegetais (Larran *et al.*, 2001, 2002; Hata *et al.*, 2002; Kumar e Hyde, 2004; Santamaría e Bayman, 2005; Chareprasert *et al.*, 2006; Osono, 2007; Verma *et al.*, 2007; Lin *et al.*, 2007; Bezerra *et al.*, 2012a).

A interação endófito/planta é complexa e dependente de diferentes fatores como características do vegetal, do micro-organismo e do ambiente (Owen e Hundley, 2004). A relação que se estabelece tem sido bastante questionada, existindo duas hipóteses principais: a do equilíbrio antagônico e da simbiose mutualística (Faeth e Fagan, 2002; Selosse *et al.*, 2004; Rudgers *et al.*, 2004; Saikkonen *et al.*, 2004; Müller e Krauss, 2005; Schulz e Boyle, 2005; Kogel *et al.* 2006; Maheshwari, 2006).

Estudos *in vitro* mostraram que tanto o endófito como a planta secretam metabólitos que são tóxicos para ambos, fato estranho numa interação assintomática (Peters *et al.*, 1998) já que como patogênico o fungo produz metabólitos tóxicos e em resposta a planta produz metabólitos de defesa (Agrios, 1997). Schulz e Boyle (2005) levantaram uma hipótese que a colonização assintomática é consequência da interação antagônica balanceada entre o vegetal e os fungos. Estes mesmos autores ainda relataram que os endófitos produzem exoenzimas necessárias para infectar o hospedeiro e a maioria é capaz de também produzir micotoxinas fitotóxicas. Além disso, o hospedeiro pode reagir com as mesmas defesas contra um patógeno, ou seja, com a produção de metabólitos e respostas mecânicas. Nesse caso há uma estreita harmonia entre a virulência fúngica e a defesa da planta. Se este equilíbrio é afetado, tanto por uma diminuição na defesa da planta como por um aumento da virulência fúngica, há o desenvolvimento da doença (Schulz *et al.*, 2002).

2.2 Histórico e conceito de fungos endofíticos

A utilização do termo endófito remonta o século XIX, quando foi inicialmente utilizado para agrupar organismos que viviam dentro de plantas (Léveillé, 1846; De Bary, 1866), para a época, esse conceito foi muito abrangente e poderia incluir, além de fungos, bactérias e vírus, protistas e invertebrados que vivem dentro de vegetais.

Com o avanço dos estudos científicos, muitas definições para esse conceito foram sendo apontadas. Uma das mais aceitas foi proposta por Petrini (1991) que estudou, principalmente, fungos endofíticos e os define como sendo aqueles organismos que vivem no interior das plantas

sem causar dano aparente ao seu hospedeiro. Hallmann *et al.* (1997), consideraram endófitos todos aqueles micro-organismos que podem ser isolados do interior de plantas saudias após desinfestação superficial.

Em 2000, Azevedo *et al.*, propuseram que os micro-organismos endofíticos habitam o interior das plantas, sendo encontrados em folhas, ramos, raízes e sementes, sem produzir estruturas externas visíveis e sem causar doenças. Mais recentemente Azevedo e Araújo (2007) sugeriram como definição que micro-organismos endofíticos são todos aqueles que podem ou não crescer em meio de cultura e que habitam o interior de tecidos e órgãos vegetais sem causar danos ao seu hospedeiro e sem produzir estruturas externas emergindo dos vegetais. A Tabela 1 apresenta algumas das definições do termo endófito.

Tabela 1: Definições do termo endófito ao longo dos estudos científicos (Adaptado de Hyde e Soyong, 2008).

Definições	Referência bibliográfica
“Mutualísticos, estes fungos colonizam partes de tecidos de plantas vivas e não causam sintomas de doenças”	Carroll, 1986
“Fungos que formam inaparente infecção dentro de folhas e caules de plantas saudáveis”	Carroll, 1988
“organismos que vivem no interior das plantas sem causar dano aparente ao seu hospedeiro”	Petrini, 1991
“Fungos como colonizadores de tecidos internos vivos de suas plantas hospedeiras”	Rollinger e Langenheim, 1993
“Um grupo que coloniza os tecidos internos das plantas vivas sem causar qualquer efeito negativo imediato”	Hirsch e Braun, 1992
“Endófitos são qualquer fungo isolado de tecidos assintomáticos internos da planta”	Cabral <i>et al.</i> , 1993
“Fungos e bactérias que tem todo ou uma parte do seu ciclo de vida dentro de tecidos de plantas vivas e causam infecções inaparentes ou assintomáticas inteiramente dentro de tecidos vegetais, mas não causam sintomas de doenças”	Wilson, 1995
“Micro-organismos que habitam o interior das plantas, sendo encontrados em folhas, ramos, raízes e sementes, sem produzir estruturas externas visíveis e sem causar doenças”	Azevedo <i>et al.</i> , 2000
“Endófitos verdadeiros – cuja colonização nunca resulta em sintomas visíveis de doenças”	Mostert <i>et al.</i> , 2000
“Fungos que colonizam a planta sem causar sintomas de doenças visíveis em qualquer momento específico”	Schulz e Boyle, 2005
“Micro-organismos que podem ou não crescer em meio de cultura e que habitam o interior de tecidos e órgãos vegetais sem causar danos ao seu hospedeiro e sem produzir estruturas externas emergindo dos vegetais”	Azevedo e Araújo, 2007
“O estudo de micro-organismos endofíticos deve ser dividido em dois tipos de endófitos: tipo I, os que não produzem estruturas externas à planta, e, o tipo II, os que produzem estruturas externas à planta”	Mendes e Azevedo, 2007

A relação de micro-organismos endofíticos com o hospedeiro ainda não é totalmente conhecida. A partir da observação de tecidos fossilizados, alguns autores sugerem que as relações endofíticas podem ter evoluído há mais de 400 milhões de anos (Taylor e Taylor, 2000; Krings *et al.*, 2007) e, provavelmente, os fungos foram os responsáveis pelo movimento das plantas para a terra (Pirozynski e Malloch, 1975), demonstrando a importância da verificação dessa associação ainda não totalmente compreendida.

Os primeiros trabalhos com fungos endofíticos foram realizados há mais de 60 anos, com destaque para regiões tropicais úmidas e temperadas (Bose, 1947; Carroll *et al.*, 1977; Petrini e Carroll, 1981; Clay *et al.*, 1985; Carroll, 1986; Rodrigues e Petrini, 1997; Arnold *et al.*, 2000). Hawksworth e Rossman (1997) sugerem que há uma evidência de que as plantas tropicais são um grande reservatório de espécies de fungos. Contudo, ainda há uma grande lacuna no estudo de micro-organismos endofíticos de regiões tropicais, principalmente em regiões tropicais secas ou de ambientes áridos e semi-áridos onde são poucos os trabalhos de micro-organismos endofíticos e menos ainda o entendimento da relação com as plantas desses ambientes (Bills, 1996; Fisher *et al.*, 1994; Suryanarayanan *et al.*, 2005; Sun *et al.*, 2012; Bezerra *et al.*, 2012).

Os vários estudos de micro-organismos endofíticos e as informações a respeito dessa interação da planta com o endófito têm contribuído para um melhor entendimento dessa associação e seus benefícios (Azevedo *et al.*, 2000; Araújo *et al.*, 2001).

2.3 Diversidade e distribuição de fungos endofíticos

Estima-se que existem mais de um milhão de espécies de fungos, mas somente cerca de 80-120 mil foram descritas (Hawksworth e Rossman, 1997; Kirk *et al.*, 2008). Com o avanço nos estudos, o número das espécies de fungos conhecidos tem sido aumentado, e alguns autores acreditam que existem cerca de 1,5 milhões de espécies somente de fungos endofíticos ainda a serem descobertas (Hawksworth, 1991; Dreyfuss e Chapela, 1994). Dentre as mais de 300 mil espécies de plantas existentes no planeta, poucas foram estudadas quanto a sua microbiota endofítica (Strobel *et al.*, 2002) e de quase todas as plantas hospedeiras estudadas até agora micro-organismos endofíticos foram isolados (Wang e Dai, 2011).

Os micro-organismos endofíticos se relacionam com diversos tipos de vegetais, plantas herbáceas (Taechowisan *et al.*, 2003), plantas de florestas tropicais (Strobel, 2002), plantas cultivadas (Melnroy e Kloppe, 1995), plantas medicinais (Huang *et al.*, 2001) e plantas aquáticas (Chen *et al.*, 2003). Comumente, de dezenas a centenas de isolados podem ser obtidos de um único vegetal e, a partir deste único hospedeiro, pelo menos uma espécie se mostra específica, confirmando o fato que os endófitos são um componente importante da diversidade microbiana (Tan e Zou, 2001; Strobel e Daisy, 2003).

Investigações detalhadas da microbiota interna de plantas frequentemente descobrem novos táxons e revelam novas distribuições das espécies já conhecidas. Pelo fato dos endófitos serem inconspícuos, a diversidade de espécies ser relativamente alta e uma pequena porção de potenciais hospedeiros terem sido até então examinados, endófitos representam um número substancial de fungos ainda não descobertos (Arnold *et al.*, 2000). Estudos sobre fungos endofíticos são

necessários para fornecer informações fundamentais sobre a avaliação da diversidade e distribuição global desses micro-organismos (Stone *et al.*, 2004). A Tabela 2 apresenta alguns dos fungos endofíticos comumente isolados de plantas de regiões tropicais e subtropicais úmidas.

Tabela 2: Alguns dos fungos endofíticos isolados de plantas de regiões úmidas tropicais e subtropicais (Adaptado de Banerjee, 2011).

Fungo endofítico	Planta hospedeira	Referencias
<i>Acremonium</i> sp.	<i>Crateva magna</i> , <i>Azadirachia indica</i> , <i>Hollarrhena antidysenterica</i> , <i>Butea monosperma</i> , gramíneas, <i>Ilex paraguatiensis</i> , <i>Zea mays</i>	Tejesvi <i>et al.</i> 2006; Alquati, 1999; Penna, 2000; Pimentel, 2001; Pamphile, 1997; Pamphile e Azevedo, 2002; Silva, 1997
<i>A. strictum</i>	<i>B. monosperma</i>	Tejesvi <i>et al.</i> , 2006
<i>Allescheriella crocea</i>	<i>Avicennia officinalis</i>	Ananda e Sridhar, 2002
<i>Alternaria</i> sp.	<i>Vitex negundo</i> , <i>Leucas aspera</i> , <i>Musa</i> sp., <i>Stylosanthes</i> sp.	Pereira <i>et al.</i> , 1999; Banerjee <i>et al.</i> , 2006, 2009; Pereira <i>et al.</i> , 1993; Pereira, 1993
<i>A. alternata</i>	<i>Aegle marmelos</i> , <i>Lippia sidoides</i>	Gond <i>et al.</i> , 2007; Siqueira <i>et al.</i> , 2011
<i>A. longipes</i>	<i>Callicarpa tomentosa</i>	Raviraja, 2005
<i>A. tenuissima</i>	<i>Lippia sidoides</i>	Siqueira <i>et al.</i> , 2011
<i>Aposphaeria</i> sp.	<i>C. magna</i>	Tejesvi <i>et al.</i> , 2006; Nalini <i>et al.</i> , 2005
<i>Arthrimum</i> sp.	<i>Cinchona lederiana</i>	Maehara <i>et al.</i> , 2009
<i>Arthrobotrys conoides</i>	<i>C. magna</i>	Tejesvi <i>et al.</i> , 2006; Nalini <i>et al.</i> , 2005
<i>Ascochyta</i> sp.	<i>Glycine max</i>	Mendes <i>et al.</i> , 2001; Pimentel, 2001
<i>Ascochyta rabei</i>	<i>C. magna</i>	Tejesvi <i>et al.</i> , 2006
<i>Ascotricha chartarum</i>	<i>Rhizophora mucronata</i>	Ananda e Sridhar, 2002
<i>Aspergillus</i> sp.	<i>Acanthus ilicifolius</i> , <i>A. officinalis</i> , <i>R. mucronata</i> , <i>Sonnerratia caseolaris</i> , <i>Adhotoda zeylanica</i> , <i>Bauhinia phoenicea</i> , <i>Callicarpa tomentosa</i> , <i>Clerodendrum serratum</i> , <i>Lobelia nicotiniifolia</i> , <i>Vitex negundo</i> , <i>Ilex paraguatiensis</i> , <i>Musa</i> sp., <i>Vigna unguiculata</i> , <i>Zea mays</i>	Ananda e Sridhar, 2002; Raviraja, 2005; Banerjee <i>et al.</i> , 2006, 2009; Penna, 2000; Pereira <i>et al.</i> , 1999; Rodrigues, 1999; Pimentel, 2001; Pamphile, 1997; Pamphile e Azevedo, 2002; Silva, 1997
<i>A. fumigatus</i>	<i>Aegle marmelos</i>	Gond <i>et al.</i> , 2007
<i>A. niger</i>	<i>A. marmelos</i> , <i>Paucicourea longiflora</i> , <i>Stryctupos cugens</i>	Souza, 2001; Gond <i>et al.</i> , 2007
<i>A. versicolor</i>	<i>Coffea arabica</i>	Sette <i>et al.</i> , 2006
<i>Asteromella andrewsii</i>	<i>B. monosperma</i>	Tejesvi <i>et al.</i> , 2006
<i>Aureobasidium</i> sp.	<i>V. negundo</i> , <i>O. sanctum</i>	Banerjee <i>et al.</i> , 2006; Banerjee <i>et al.</i> , 2009
<i>Beauveria</i> sp.	<i>Zea mays</i>	Pimentel, 2001; Pamphile, 1997; Pamphile e Azevedo, 2002; Silva, 1997
<i>Beauveria bassiana</i>	<i>Zea mays</i>	Pimentel, 2001; Pamphile, 1997; Pamphile e Azevedo, 2002; Silva, 1997
<i>Botryodiplodia arbuscula</i>	<i>B. monosperma</i>	Tejesvi <i>et al.</i> , 2006
<i>Candida famata</i>	<i>Citrus</i> spp.	Gai <i>et al.</i> , 2000; Glienke, 1996; Araújo <i>et al.</i> , 2001
<i>Chaetomium</i> sp.	<i>Zea mays</i>	Pimentel, 2001; Pamphile, 1997; Pamphile e Azevedo, 2002; Silva, 1997
<i>Chaetomium crispatum</i>	<i>H. antidysenterica</i>	Tejesvi <i>et al.</i> , 2006
<i>C. globosum</i>	<i>T. arjuna</i> , <i>H. antidysenterica</i> , <i>C. magna</i> , <i>C. tomentosa</i> , <i>V. negundo</i> , <i>A. marmelos</i>	Tejesvi <i>et al.</i> , 2006; Raviraja, 2005; Raviraja <i>et al.</i> , 2006; Gond <i>et al.</i> , 2007
<i>C. spirale</i>	<i>A. zeylanica</i> , <i>C. tomentosa</i> , <i>C. serratum</i>	Raviraja, 2005
<i>Chloridium</i> sp.	<i>T. arjuna</i>	Tejesvi <i>et al.</i> , 2005, 2006
<i>Cirrenalia pygmea</i>	<i>R. mucronata</i>	Ananda e Sridhar, 2002
<i>Cladosporium</i> sp.	<i>T. arjuna</i> , <i>Citrus</i> spp., <i>Glycine max</i>	Gai <i>et al.</i> , 2000; Glienke, 1996; Araújo <i>et al.</i> , 2001; Mendes <i>et al.</i> , 2001; Pimentel, 2001; Tejesvi <i>et al.</i> , 2006

Tabela 2: continuação

Fungo endofítico	Planta hospedeira	Referencias
<i>C. acaciicola</i>	<i>H. antidysenterica</i> , <i>A. indica</i>	Tejesvi <i>et al.</i> , 2006
<i>C. cladosporioides</i>	<i>T. arjuna</i> , <i>A. indica</i> , <i>C. arábica</i> , <i>A. marmelos</i>	Tejesvi <i>et al.</i> , 2006, Sette <i>et al.</i> , 2006; Gond <i>et al.</i> , 2007
<i>C. oxysporum</i>	<i>A. officinalis</i>	Ananda e Sridhar, 2002
<i>C. psoraleae</i>	<i>R. Mucronata</i>	Ananda e Sridhar, 2002
<i>C. sphaerospermum</i>	<i>C. arabica</i>	Sette <i>et al.</i> , 2006
<i>Cochlonema</i> sp.	<i>T. arjuna</i>	Tejesvi <i>et al.</i> , 2006
<i>C. verrucosum</i>	<i>C. magna</i> , <i>A. indica</i>	Tejesvi <i>et al.</i> , 2006
<i>Colletotrichum</i> sp.	<i>Theobroma cacao</i> , <i>Leucas aspera</i> , <i>Glycine max</i> , <i>Himanthus sucuba</i> , <i>Ilex paraguatiensis</i> , <i>Paulicourea longiflora</i> , <i>Stryctupos cugens</i> , <i>Zea mays</i>	Arnold <i>et al.</i> , 2003; Banerjee <i>et al.</i> , 2009b; Mendes <i>et al.</i> , 2001; Pimentel, 2001; Penna, 2000; Souza, 2001; Pamphile, 1997; Pamphile e Azevedo, 2002; Silva, 1997
<i>Colletotrichum gloeosporioides</i>	<i>Anacardium occidentale</i> , <i>Citrus</i> spp., <i>Euterpe oleracea</i> , <i>Spondias mombin</i> , <i>Lippia sidoides</i>	Medeiros, 1988; Oliveira, 1999; Gai <i>et al.</i> , 2000; Glienke, 1996; Araújo <i>et al.</i> , 2001; Rodrigues, 1999; Rodrigues e Samuels, 1992; Rodrigues e Samuels, 1999; Costa <i>et al.</i> , 2013
<i>Cordana musae</i>	<i>Musa</i> sp.	Pereira <i>et al.</i> , 1999
<i>Corynespora</i> sp.	<i>A. marmelos</i>	Gond <i>et al.</i> , 2007
<i>C. subcylindrica</i>	<i>Lippia sidoides</i>	Costa <i>et al.</i> , 2013
<i>Cryptococcus laurentii</i>	<i>Citrus</i> spp.	Gai <i>et al.</i> , 2000; Glienke, 1996; Araújo <i>et al.</i> , 2001
<i>Curvularia</i> sp.	<i>Musa</i> sp., <i>Scleria pterota</i> , <i>Zea mays</i>	Galvão, 1998; Pereira <i>et al.</i> , 1999; Pimentel, 2001; Pamphile, 1997; Pamphile e Azevedo, 2002; Silva, 1997
<i>C. clavata</i>	<i>A. zeylanica</i> , <i>B. Phoenicea</i> , <i>C. tomentosa</i>	Raviraja, 2005
<i>C. lunata</i>	<i>A. indica</i> , <i>A. zeylanica</i> , <i>B. phoenicea</i> , <i>C. tomentosa</i> , <i>A. marmelos</i>	Tejesvi <i>et al.</i> , 2005; Raviraja, 2005; Gond <i>et al.</i> , 2007
<i>C. pallescens</i>	<i>C. tomentosa</i> , <i>Lippia sidoides</i>	Raviraja, 2005; Siqueira <i>et al.</i> , 2011
<i>Cylindrocarpon</i> sp.	<i>A. ilicifolius</i> , <i>A. officinalis</i>	Ananda e Srihar, 2002
<i>Cytospora abietis</i>	<i>S. caseolaris</i>	Ananda e Srihar, 2002
<i>Dactylaria purpurella</i>	<i>A. ilicifolius</i>	Ananda e Srihar, 2002
<i>Diaporthe</i> sp.	<i>C. lederiana</i>	Maehara <i>et al.</i> , 2009
<i>D. ambigua</i>	<i>Coffea robusta</i>	Sette <i>et al.</i> , 2006
<i>Dicyma</i> sp.	<i>R. mucronata</i>	Ananda e Srihar, 2002
<i>Dithiorella</i> sp.	<i>C. magna</i>	Tejesvi <i>et al.</i> , 2006
<i>Drechslera</i> sp.	<i>Musa</i> sp., <i>Zea mays</i>	Pereira <i>et al.</i> , 1999; Pimentel, 2001; Pamphile, 1997; Pamphile e Azevedo, 2002; Silva, 1997
<i>D. dematioidea</i>	<i>Lippia sidoides</i>	Costa <i>et al.</i> , 2013
<i>D. ellisii</i>	<i>A. marmelos</i>	Gond <i>et al.</i> , 2007
<i>Emericella</i> sp.	<i>A. marmelos</i>	Gond <i>et al.</i> , 2007
<i>Epicocum purpuracens</i>	<i>Musa</i> sp.	Pereira <i>et al.</i> , 1999
<i>Exserohilum rostratum</i>	<i>Stemona</i> sp.	Sappapan <i>et al.</i> , 2008
<i>Fusariella obstipa</i>	<i>R. mucronata</i>	Ananda e Srihar, 2002
<i>Fusarium</i> sp.	<i>V. negundo</i> , <i>T. cacao</i> , <i>Oscimum sanctum</i> , <i>L. aspera</i> , gramíneas, <i>Musa</i> sp., <i>Vigna unguiculata</i> , <i>Zea mays</i>	Banerjee <i>et al.</i> , 2006, 2009b; Alquati, 1999; Pereira <i>et al.</i> , 1999; Rodrigues, 1999; Pimentel, 2001; Pamphile, 1997; Pamphile e Azevedo, 2002; Silva, 1997
<i>Fusarium</i> spp.	<i>Glycine max</i> , <i>Ilex paraguatiensis</i> , <i>Theobroma grandiflorum</i>	Galvão, 1998; Penna, 2000; Mendes <i>et al.</i> , 2001; Pimentel, 2001
<i>F. anthophilum</i>	<i>Vigna unguiculata</i>	Rodrigues, 1999
<i>F. chlamydosporum</i>	<i>A. ilicifolius</i> , <i>R. mucronata</i> , <i>C. magna</i> , <i>A. indica</i>	Ananda e Srihar, 2002
<i>F. equiset</i>	<i>Vigna unguiculata</i>	Rodrigues, 1999
<i>F. graminearum</i>	<i>H. antidysenterica</i>	Tejesvi <i>et al.</i> , 2006
<i>F. lateritium</i>	<i>Lippia sidoides</i>	Costa <i>et al.</i> , 2013

Tabela 2: continuação

Fungo endofítico	Planta hospedeira	Referencias
<i>F. moniliforme</i>	<i>Vigna unguiculata</i> , <i>Zea mays</i>	Rodrigues, 1999; Pimentel, 2001; Pamphile, 1997; Pamphile e Azevedo, 2002; Silva, 1997
<i>F. oxysporum</i>	<i>C. magna</i> , <i>A. indica</i> , <i>C. rabica</i> , <i>C. robusta</i> , <i>B. phoenicea</i> , <i>C. serratum</i> , <i>L. nicotiniifolia</i> , <i>A. marmelos</i> , <i>A. ilicifolius</i> , <i>A. officinalis</i> , <i>R. mucronata</i> , <i>Euterpe oleracea</i> , <i>Vigna unguiculata</i>	Ananda e Srihar, 2002; Tejesvi <i>et al.</i> , 2006; Sette <i>et al.</i> , 2006; Raviraja, 2005; Gond <i>et al.</i> , 2007; Rodrigues, 1999; Rodrigues e Samuels, 1992
<i>F. roseum</i>	<i>A. marmelos</i>	Gond <i>et al.</i> , 2007
<i>F. sentectum</i>	<i>Euterpe oleracea</i> , <i>Vigna unguiculata</i>	Rodrigues, 1999; Rodrigues e Samuels, 1992
<i>F. solani</i>	<i>C. magna</i> , <i>A. indica</i> , <i>B. monosperma</i> , <i>Anacardium occidentale</i> , <i>Vigna unguiculata</i>	Tejesvi <i>et al.</i> , 2006; Medeiros, 1988; Oliveira, 1999, Rodrigues, 1999
<i>F. verticillioides</i>	<i>H. antidysenterica</i> , <i>C. magna</i> , <i>A. indica</i>	Tejesvi <i>et al.</i> , 2006
<i>F. verticillioides</i> var. <i>subglutinans</i>	<i>C. magna</i> , <i>A. indica</i>	Tejesvi <i>et al.</i> , 2006
<i>Gliocladium delequescens</i>	<i>T. arjuna</i> , <i>C. magna</i>	Tejesvi <i>et al.</i> , 2005, 2006
<i>Gliomastix</i> sp.	<i>A. indica</i>	Tejesvi <i>et al.</i> , 2006
<i>Glomerella</i> sp.	<i>Himanthus sucuuba</i> , <i>Paulicourea longiflora</i> , <i>Stylosanthes</i> sp.	Magalhães, 2000; Souza, 2001a; Pereira <i>et al.</i> , 1993; Pereira, 1993
<i>G. cingulata</i>	<i>C. robusta</i> , <i>Garcinia mangostana</i> , <i>Musa</i> sp., <i>Paullinia cupana</i> , <i>Pueraria phaseoloides</i> , <i>Scleria pterota</i> , <i>Stylosanthes</i> sp., <i>Theobroma grandiflorum</i> , <i>Zea mays</i>	Galvão, 1998; Guimarães, 1998; Sette <i>et al.</i> , 2006; Sim <i>et al.</i> , 2010; Pereira <i>et al.</i> , 1999; Pereira <i>et al.</i> , 1993; Pereira, 1993; Pimentel, 2001; Pamphile, 1997; Pamphile e Azevedo, 2002; Silva, 1997
<i>Gongronella butleri</i>	<i>C. robusta</i>	Sette <i>et al.</i> , 2006
<i>G. camelliae</i>	<i>Garcinia parvifolia</i>	Sim <i>et al.</i> , 2010
<i>Guignardia</i> sp.	<i>Anacardium occidentale</i> , <i>Himanthus sucuuba</i> , <i>Paulicourea longiflora</i> , <i>Paullinia cupana</i> , <i>Spondias mombin</i> , <i>Stryctupos cogens</i>	Medeiros, 1988; Guimarães, 1998; Oliveira, 1999; Magalhães, 2000; Souza, 2001a; Rodrigues e Samuels, 1999
<i>G. bedwellii</i>	<i>Lippia sidoides</i>	Siqueira <i>et al.</i> , 2011
<i>G. citricarpa</i>	<i>Citrus</i> spp.	Gai <i>et al.</i> , 2000; Glienke, 1996; Araújo <i>et al.</i> , 2001
<i>G. enphyllicola</i>	<i>C. arabica</i>	Sette <i>et al.</i> , 2006
<i>Hansfordia</i> sp.	<i>C. magna</i>	Tejesvi <i>et al.</i> , 2006
<i>Haplosporella acaciae</i>	<i>S. caseolaris</i>	Ananda e Srihar, 2002
<i>Heterosporium terrestre</i>	<i>S. caseolaris</i>	Ananda e Srihar, 2002
<i>Humicola</i> sp.	<i>Musa</i> sp., <i>Pueraria phaseoloides</i> , <i>Theobroma grandiflorum</i> , <i>Zea mays</i>	Galvão, 1998; Pereira <i>et al.</i> , 1999; Pimentel, 2001; Pamphile, 1997; Pamphile e Azevedo, 2002; Silva, 1997
<i>Humicola fuscoatra</i>	<i>T. arjuna</i> , <i>H. antidysenterica</i>	Tejesvi <i>et al.</i> , 2006
<i>Hyalopus</i> sp.	<i>Ocimum sanctum</i> , <i>O. bacilicum</i>	Mahapatra e Banerjee, 2009; Banerjee <i>et al.</i> , 2009b
<i>Hypocrea virens</i>	<i>G. parvifolia</i>	Sim <i>et al.</i> , 2010
<i>Lulworthia</i> sp.	<i>A. officinalis</i>	Ananda e Srihar, 2002
<i>L. grandispora</i>	<i>S. caseolaris</i>	Ananda e Srihar, 2002
<i>Memnoniella</i> sp.	<i>T. arjuna</i>	Tejesvi <i>et al.</i> , 2006
<i>Microascus desmosporum</i>	<i>Lippia sidoides</i>	Siqueira <i>et al.</i> , 2011
<i>Mixotrichum chartarum</i>	<i>C. tomentosa</i>	Raviraja, 2005
<i>Monochaetia</i> sp.	Não mencionado	Li <i>et al.</i> , 2001
<i>Monocillium</i> sp.	<i>T. arjuna</i>	Tejesvi <i>et al.</i> , 2006
<i>Mucor</i> sp.	<i>Pachystrizus erosus</i>	Stamford, 1997
<i>Muscodor albus</i>	<i>Gauzuma ulmifolia</i> , <i>Cinnamomum zeylanicum</i>	Strobel <i>et al.</i> , 2007; Worapong <i>et al.</i> , 2001
<i>M. roseus</i>	<i>Grevillea pteridifolia</i>	Worapong <i>et al.</i> , 2002
<i>Myrothecium cinctum</i>	<i>T. arjuna</i> , <i>H. antidysenterica</i>	Tejesvi <i>et al.</i> , 2006
<i>M. verrucaria</i>	<i>T. arjuna</i> , <i>H. antidysenterica</i>	Tejesvi <i>et al.</i> , 2006

Tabela 2: continuação

Fungo endofítico	Planta hospedeira	Referencias
<i>Nigrospora oryzae</i>	<i>T. arjuna</i> , <i>A. indica</i> , <i>B. phoenicea</i> , <i>C. tomentosa</i> , <i>A. marmelos</i> , <i>Musa</i> sp., <i>Stylosanthes</i> sp., <i>Zea mays</i>	Pereira <i>et al.</i> , 1993; Pereira, 1993; Pereira <i>et al.</i> , 1999; Tejesvi <i>et al.</i> , 2005, 2006; Raviraja, 2005; Gond <i>et al.</i> , 2007; Pimentel, 2001; Pamphile, 1997; Pamphile e Azevedo, 2002; Silva, 1997
<i>N. sacchari</i>	<i>B. phoenicea</i>	Raviraja, 2005
<i>Nodulosporium</i> sp.	<i>Glycine max</i> , <i>Ilex paraguatiensis</i> , <i>Stylosanthes</i> sp.	Pereira <i>et al.</i> , 1993; Pereira, 1993; Penna, 2000; Mendes <i>et al.</i> , 2001; Pimentel, 2001
<i>Oidium</i> sp.	<i>Terminalia catappa</i>	Strobel <i>et al.</i> , 2008
<i>Paecilomyces</i> sp.	<i>Ilex paraguatiensis</i> , <i>Zea mays</i>	Penna, 2000; Pimentel, 2001; Pamphile, 1997; Pamphile e Azevedo, 2002; Silva, 1997
<i>P. varioti</i>	<i>R. mucronata</i> , <i>Lippia sidoides</i>	Ananda e Sridhar, 2002; Siqueira <i>et al.</i> , 2011
<i>Papulospora</i> sp.	<i>V. negundo</i>	Raviraja <i>et al.</i> , 2006
<i>Papulosporium</i> sp.	<i>Ilex paraguatiensis</i>	Penna, 2000
<i>Penicillium</i> sp.	<i>A. zeylanica</i> , <i>B. phoenicea</i> , <i>C. tomentosa</i> , <i>C. serratum</i> , <i>L. nicotinifolia</i> , <i>R. mucronata</i> , <i>A. marmelos</i> , <i>V. negundo</i> , <i>Ilex paraguatiensis</i> , <i>Vigna unguiculata</i> , <i>Zea mays</i>	Penna, 2000; Banerjee <i>et al.</i> , 2006; Ananda e Sridhar, 2002; Rodrigues, 1999; Pimentel, 2001; Pamphile, 1997; Pamphile e Azevedo, 2002; Silva, 1997
<i>Periconia</i> sp.	<i>Musa</i> sp., <i>Stylosanthes</i> sp., <i>Zea mays</i>	Pereira <i>et al.</i> , 1993; Pereira, 1993; Pereira <i>et al.</i> , 1999; Pimentel, 2001; Pamphile, 1997; Pamphile e Azevedo, 2002; Silva, 1997
<i>Periconia byssoides</i>	<i>Lippia sidoides</i>	Siqueira <i>et al.</i> , 2011
<i>Pestalotia</i> sp.	<i>Anacardium occidentale</i> , <i>Himanthus sucuuba</i> , <i>Scleria pterota</i> , <i>Theobroma grandiflorum</i>	Medeiros, 1988; Galvão, 1998; Oliveira, 1999; Magalhães, 2000
<i>P. macrotricha</i>	<i>A. marmelos</i>	Gond <i>et al.</i> , 2007
<i>P. palmarum</i>	<i>Euterpe oleracea</i>	Rodrigues, 1999; Rodrigues e Samuels, 1992
<i>Pestalotiopsis</i> sp.	<i>T. arjuna</i> , <i>H. antidysenterica</i> , <i>A. indica</i> , <i>Terminalia chebula</i> , <i>C. tomentosa</i>	Tejesvi <i>et al.</i> , 2005, 2006; Raviraja, 2005; Li <i>et al.</i> , 2001
<i>Petriella sordida</i>	<i>A. officinalis</i>	Ananda e Sridhar, 2002
<i>Phialophora</i> spp.	<i>T. arjuna</i>	Tejesvi <i>et al.</i> , 2006
<i>Phoma</i> sp.	<i>A. ilicifolius</i> , <i>R. mucronata</i> , <i>Vitex negundo</i> , <i>G. parvifolia</i> , <i>O. sanctum</i> , <i>L. aspera</i>	Ananda e Sridhar, 2002; Banerjee <i>et al.</i> , 2006, 2009; Sim <i>et al.</i> , 2010
<i>P. eupyrena</i>	<i>A. indica</i>	Tejesvi <i>et al.</i> , 2006
<i>P. herbarum</i>	<i>R. mucronata</i>	Ananda e Sridhar, 2002
<i>Phoma tracheiphila</i>	<i>Lippia sidoides</i>	Siqueira <i>et al.</i> , 2011
<i>Phomopsis</i> sp.	<i>A. officinalis</i> , <i>A. marmelos</i> , <i>G. parvifolia</i> , <i>C. ledgeriana</i> , <i>Anacardium occidentale</i> , <i>Himanthus sucuuba</i> , <i>Musa</i> sp., <i>Paulicourea longiflora</i> , <i>Paullinia cupana</i> , <i>Spondias mombin</i> , <i>Stylosanthes</i> sp., <i>Zea mays</i>	Pereira <i>et al.</i> , 1993; Pereira, 1993; Pereira <i>et al.</i> , 1999; Ananda e Sridhar, 2002; Gond <i>et al.</i> , 2007; Sim <i>et al.</i> , 2010; Maehara <i>et al.</i> , 2009; Medeiros, 1988; Oliveira, 1999; Magalhães, 2000; Souza, 2001a; Guimarães, 1998; Rodrigues e Samuels, 1999; Pimentel, 2001; Pamphile, 1997; Pamphile e Azevedo, 2002; Silva, 1997
<i>P. anacardii</i>	<i>Anacardium occidentale</i>	Medeiros, 1988; Oliveira, 1999
<i>P. archeri</i>	<i>Lippia sidoides</i>	Siqueira <i>et al.</i> , 2011
<i>P. chimonanthi</i>	<i>C. robusta</i>	Sette <i>et al.</i> , 2006
<i>P. loropetali</i>	<i>C. ledgeriana</i>	Maehara <i>et al.</i> , 2009
<i>P. pittospori</i>	<i>A. zeylanica</i> , <i>A. officinalis</i> , <i>R. mucronata</i>	Raviraja, 2005; Ananda e Sridhar, 2002
<i>Phyllosticta</i> sp.	<i>A. indica</i> , <i>Glycine max</i> , <i>Musa</i> sp., <i>Stylosanthes</i> sp.	Pereira <i>et al.</i> , 1993; Pereira, 1993; Pereira <i>et al.</i> , 1999; Mendes <i>et al.</i> , 2001; Pimentel, 2001; Tejesvi <i>et al.</i> , 2006
<i>Rhizoctonia</i> sp.	<i>A. marmelos</i>	Gond <i>et al.</i> , 2007

Tabela 2: continuação

Fungo endofítico	Planta hospedeira	Referencias
<i>Rhizopus</i> sp.	<i>Pachystrizus erosus</i> , <i>Zea mays</i>	Stamford, 1997; Pimentel, 2001; Pamphile, 1997; Pamphile e Azevedo, 2002; Silva, 1997
<i>Rhodotorula acheniorum</i>	<i>Vitis labrusca</i>	Costa <i>et al.</i> , 2013
<i>R. aurantiaca</i>	<i>Vitis labrusca</i> , <i>Coffea arabica</i>	Costa <i>et al.</i> , 2013
<i>R. glutinis</i>	<i>Citrus</i> spp., <i>Vitis labrusca</i>	Gai <i>et al.</i> , 2000; Glienke, 1996; Araújo <i>et al.</i> , 2001; Costa <i>et al.</i> , 2013
<i>R. mucilaginosa</i>	<i>Vitis labrusca</i>	Costa <i>et al.</i> , 2013
<i>Schizophyllum commune</i>	<i>C. lederiana</i>	Maehara <i>et al.</i> , 2009
<i>Sclerotonia</i> sp.	<i>C. magna</i>	Nalini <i>et al.</i> , 2005
<i>Scopulariopsis</i> sp.	<i>Zea mays</i>	Pimentel, 2001; Pamphile, 1997; Pamphile e Azevedo, 2002; Silva, 1997
<i>S. brevicaulis</i>	<i>C. arabica</i>	Sette <i>et al.</i> , 2006
<i>Sordaria destruens</i>	<i>H. antidysenterica</i>	Tejesvi <i>et al.</i> , 2006
<i>Spicaria</i> sp.	<i>L. aspera</i>	Banerjee <i>et al.</i> , 2009b
<i>Sporothrix</i> sp.	<i>C. magna</i>	Tejesvi <i>et al.</i> , 2006
<i>Stemphylium</i> sp.	<i>T. arjuna</i> , <i>L. aspera</i>	Tejesvi <i>et al.</i> , 2006; Banerjee <i>et al.</i> , 2009
<i>Stenella agalis</i>	<i>A. marmelos</i>	Gond <i>et al.</i> , 2007
<i>Syncephalastrum</i> sp.	<i>Zea mays</i>	Pimentel, 2001; Pamphile, 1997; Pamphile e Azevedo, 2002; Silva, 1997
<i>Talaromyces</i> sp.	<i>C. arabica</i>	Sette <i>et al.</i> , 2006
<i>Tharoomama trina</i>	<i>C. magna</i>	Tejesvi <i>et al.</i> , 2006
<i>Thielaviopsis</i> sp.	<i>B. phoenicea</i>	Raviraja, 2005
<i>Trichocladium alopallonellum</i>	<i>R. mucronata</i>	Ananda e Sridhar, 2002
<i>T. asperum</i>	<i>A. zeylanica</i>	Raviraja, 2005
<i>Trichoderma</i> sp.	<i>C. robusta</i> , <i>V. negundo</i> , <i>O. sanctum</i> , <i>A. indica</i> , <i>T. arjuna</i> , <i>A. marmelos</i> , <i>Musa</i> sp., <i>Stryctopus cugens</i> , <i>Zea mays</i>	Pereira <i>et al.</i> , 1999; Souza, 2001a; Sette <i>et al.</i> , 2006; Banerjee <i>et al.</i> , 2006, 2009; Tejesvi <i>et al.</i> , 2006; Gond <i>et al.</i> , 2007; Pimentel, 2001; Pamphile, 1997; Pamphile e Azevedo, 2002; Silva, 1997
<i>T. harzianum</i>	<i>T. arjuna</i> , <i>H. antidysenterica</i> , <i>C. magna</i> , <i>C. arabica</i>	Tejesvi <i>et al.</i> , 2006; Sette <i>et al.</i> , 2006
<i>T. koningi</i>	<i>C. serratum</i> , <i>L. nicotinifolia</i> , <i>Madhuka nerifolia</i>	Raviraja, 2005; Raviraja <i>et al.</i> , 2006
<i>Trichophyton</i> sp.	<i>V. negundo</i>	Banerjee <i>et al.</i> , 2006
<i>Tubercularia vulgaris</i>	<i>T. arjuna</i>	Tejesvi <i>et al.</i> , 2006
<i>Ulocladium oudemansii</i>	<i>Lippia sidoides</i>	Siqueira <i>et al.</i> , 2011
<i>Ustilago</i> sp.	Gramíneas	Alquati, 1999
<i>Verticillium</i> sp.	<i>A. marmelos</i> , <i>C. magna</i> , <i>A. indica</i>	Gond <i>et al.</i> , 2007; Tejesvi <i>et al.</i> , 2006
<i>V. albo-atrum</i>	<i>A. indica</i>	Tejesvi <i>et al.</i> , 2006
<i>Xylaria</i> spp.	<i>Musa</i> sp., <i>Stylosanthes</i> sp.	Pereira <i>et al.</i> , 1993; Pereira, 1993; Pereira <i>et al.</i> , 1999
<i>Xylaria</i> sp.	<i>T. cacao</i> , <i>Glycine max</i> , <i>Himanthus sucuuba</i> , <i>Paulicourea longiflora</i> , <i>Paullinia cupana</i> , <i>Pueraria phaseoloides</i> , <i>Zea mays</i>	Galvão, 1998; Guimarães, 1998; Magalhães, 2000; Mendes <i>et al.</i> , 2001; Pimentel, 2001; Souza, 2001; Arnold <i>et al.</i> , 2003; Pimentel, 2001; Pamphile, 1997; Pamphile e Azevedo, 2002; Silva, 1997
<i>X. cubenses</i>	<i>Euterpe oleracea</i>	Rodrigues, 1999; Rodrigues e Samuels, 1992
<i>Zalerion maritimum</i>	<i>A. ilicifolius</i> , <i>R. mucronata</i>	Ananda e Sridhar, 2002
<i>Zygosporium masonii</i>	<i>A. ilicifolius</i> , <i>A. officinalis</i> , <i>R. mucronata</i>	Ananda e Sridhar, 2002

Alguns autores indicam que a baixa diversidade de fungos endofíticos de plantas de áreas secas pode ser explicada pela baixa precipitação e densidade da vegetação (Arnold *et al.*, 2000;

Suryanarayanan *et al.*, 2002, 2003, 2005). Como já se sabe que endófitos também podem ser transmitidos horizontalmente de plantas para plantas (Bayman *et al.*, 1998) e que as condições úmidas são favoráveis para esporulação e infecção fúngica (Wilson, 1995), uma alta diversidade e abundância de plantas em uma comunidade pode fornecer mais hospedeiros e substratos para a infecção por estes fungos (Losos e Leigh, 2004; Sun *et al.*, 2012).

A geografia da região também pode influenciar nos padrões de distribuição dos fungos endofíticos e essa diferença pode ser influenciada por características ecológicas, incluindo a composição botânica e condições climatológicas (Collado *et al.*, 1999; Sun *et al.*, 2012). Hoffman e Arnold (2008) relataram que a diversidade de endófitos foi três vezes maior em plantas de ambientes xéricos (Arizona) em comparação com floresta semidecídua messiânica (Carolina do Norte). Além disso, micro-organismos endofíticos de plantas de áreas desérticas podem sofrer seleção particularmente forte para atuar como generalistas e destacam que o benefício de colonizar o hospedeiro supera o custo da exposição prolongada ao calor intenso, radiação ultravioleta e dessecação (Hoffman e Arnold, 2008).

Fungos endofíticos podem ter preferência de colonização em nível de família de plantas e o intemperismo da cutícula, textura do tecido e alterações na fisiologia e química do vegetal podem influenciar na preferência dos fungos pelo hospedeiro (Petrini e Carroll, 1981; Photita *et al.*, 2001). Contudo, as observações sugerem que os fungos endofíticos de zonas áridas tem distribuição cosmopolita (Suryanarayanan *et al.*, 2005) pois podem colonizar outros substratos após “deixar” seu hospedeiro e infectar outros na próxima geração. Sun *et al.* (2012) também afirmam que muitos dos fungos de plantas de áreas desérticas podem não sobreviver após deixar seus hospedeiros, devido à baixa umidade, podendo morrer se não encontrar substratos alternativos disponíveis, sugerindo que endófitos de áreas desérticas podem não apresentar preferência pela planta hospedeira.

Mais recentemente, outros estudos da associação de fungos endofíticos com plantas de regiões semiáridas foram realizados nos Estados Unidos por Khidir *et al.* (2010) que estudaram a comunidade de fungos endofíticos associados com raízes de gramíneas e por Loro *et al.* (2012) que analisaram a diversidade de fungos endofíticos de plantas na Venezuela. Em áreas desérticas da China, Sun *et al.* (2012) também exploraram a comunidade de fungos endofíticos em folhas e caules de plantas daquela região. Estes estudos tem contribuído para o entendimento da relação dos micro-organismos endofíticos e os seus benefícios para os hospedeiros, sugerindo a contribuição benéfica deles para as plantas encontradas em regiões extremas.

Tabela 3: Alguns dos fungos endofíticos isolados de plantas de regiões secas, semiáridas e desérticas.

Fungo endofítico	Planta hospedeira	Referência
<i>Acremonium</i> sp.	<i>Salsola collina</i> , <i>Coriospermum declinatum</i>	Sun <i>et al.</i> , 2012
<i>Acremonium terricola</i>	<i>Opuntia ficus-indica</i>	Bezerra <i>et al.</i> , 2012a
<i>Alternaria</i> sp.	<i>Opuntia stricta</i> , <i>O. engelmannii</i> , <i>Consolea</i> sp., <i>Coriospermum declinatum</i> , <i>Cylindropuntia</i> sp., <i>C. arbuscula</i> , <i>C. ramosissima</i> , <i>C. whipplei</i> , <i>C. acanthocarpa</i> , <i>C. fulgida</i> , <i>C. californica</i> , <i>C. echinocarpa</i> , <i>C. imbricata</i> , <i>C. multigeniulata</i> , <i>C. versicolor</i> , <i>Echinocereus fasciculatis</i> , <i>E. engelmannii</i> , <i>Mammillaria viridiflora</i>	Fisher <i>et al.</i> , 1994b; Suryanarayanan <i>et al.</i> , 2005; Sun <i>et al.</i> , 2012
<i>A. alternata</i>	<i>Salsola collina</i> , <i>Suaeda salsa</i> , <i>Coriospermum declinatum</i> , <i>Coriospermum tibeticum</i> , <i>Bassia dasyphylla</i> , <i>Zygophyllum mucronatum</i> , <i>Peganum nigellastrum</i> , <i>Reaumuria soongorica</i>	Sun <i>et al.</i> , 2012
<i>A. brassicicola</i>	<i>Salsola collina</i> , <i>Zygophyllum mucronatum</i> , <i>Reaumuria soongorica</i>	Sun <i>et al.</i> , 2012
<i>A. citriarbasti</i>	<i>Suaeda salsa</i>	Sun <i>et al.</i> , 2012
<i>A. franseriae</i>	<i>Salsola collina</i> , <i>Coriospermum declinatum</i> , <i>Coriospermum tibeticum</i> , <i>Peganum nigellastrum</i> , <i>Reaumuria soongorica</i>	Sun <i>et al.</i> , 2012
<i>A. scrophulariae</i> / grupo infectoria	<i>Opuntia stricta</i>	Fisher <i>et al.</i> , 1994b
<i>A. yaliinficiens</i>	<i>Coriospermum declinatum</i>	Sun <i>et al.</i> , 2012
<i>Ampelomyces</i> sp.	<i>Salsola collina</i>	Sun <i>et al.</i> , 2012
<i>Ascochyta</i> sp.	<i>Opuntia stricta</i> , <i>Cylindropuntia</i> sp., <i>C. arbuscula</i> , <i>C. acanthocarpa</i> , <i>C. fulgida</i> , <i>Echinocereus fasciculatis</i> , <i>E. engelmannii</i>	Fisher <i>et al.</i> , 1994b; Suryanarayanan <i>et al.</i> , 2005
<i>Aspergillus japonicus</i>	<i>Opuntia ficus-indica</i>	Bezerra <i>et al.</i> , 2012a
<i>Aspergillus</i> sp.	<i>Peganum nigellastrum</i>	Sun <i>et al.</i> , 2012
<i>Aureobasidium pullulans</i>	<i>Opuntia</i> sp., <i>O. stricta</i> , <i>Carnegiea gigantea</i> , <i>Cylindropuntia arbuscula</i> , <i>C. californica</i> , <i>C. echinocarpa</i> , <i>C. imbricata</i> , <i>C. multigeniulata</i> , <i>C. versicolor</i> , <i>C. ramosissima</i> , <i>C. whipplei</i> , <i>C. acanthocarpa</i> , <i>C. fulgida</i> , <i>Echinocereus fasciculatis</i> , <i>E. engelmannii</i> ,	Fisher <i>et al.</i> , 1994b; Suryanarayanan <i>et al.</i> , 2005
<i>Cladosporium</i> sp.	<i>Cylindropuntia</i> sp., <i>C. californica</i> , <i>C. versicolor</i> , <i>Opuntia</i> sp.	Suryanarayanan <i>et al.</i> , 2005
<i>C. carrionii</i>	<i>Suaeda salsa</i>	Sun <i>et al.</i> , 2012
<i>C. cladosporioides</i>	<i>Opuntia ficus-indica</i>	Bezerra <i>et al.</i> , 2012a
<i>C. sphaerospermum</i>	<i>Opuntia ficus-indica</i>	Bezerra <i>et al.</i> , 2012a
<i>C. tenuissimum</i>	<i>Opuntia stricta</i>	Fisher <i>et al.</i> , 1994b
<i>Camarosporium mamanan</i>	<i>Salsola collina</i>	Sun <i>et al.</i> , 2012
<i>Chaetomium</i> sp.	<i>Opuntia</i> sp., <i>O. ficus-indica</i>	Suryanarayanan <i>et al.</i> , 2005
<i>C. subglobosum</i>	<i>Opuntia stricta</i>	Fisher <i>et al.</i> , 1994b
<i>Chaetosticta</i> sp.	<i>Salsola collina</i> , <i>Suaeda salsa</i> , <i>Coriospermum declinatum</i>	Sun <i>et al.</i> , 2012
<i>Cochiliobolus</i> sp.	<i>Sporobolus pyramidatus</i> , <i>Pappophorum krapovickasii</i> , <i>Aristida</i> cf. <i>venesuelae</i> , <i>Leptothrium rigidum</i> , <i>Eragrostis ciliares</i> , <i>Cenchrus echinatus</i> , <i>Chloris inflata</i> , <i>Cenchrus</i> cf. <i>spinifex</i>	Loro <i>et al.</i> , 2012
<i>Coniella</i> sp.	<i>Opuntia stricta</i>	Fisher <i>et al.</i> , 1994b
<i>Coniothyrium</i> sp.	<i>Cylindropuntia californica</i> , <i>C. fulgida</i>	Suryanarayanan <i>et al.</i> , 2005

Tabela 3: continuação

Fungo endofítico	Planta hospedeira	Referências
<i>C. opuntiae</i>	<i>Opuntia stricta</i>	Fisher <i>et al.</i> , 1994b
<i>Drechslera</i> sp.	<i>Consolea</i> sp.	Suryanarayanan <i>et al.</i> , 2005
<i>Epicoccum nigrum</i>	<i>Opuntia stricta</i> , <i>Carnegiea gigantea</i>	Fisher <i>et al.</i> , 1994b; Suryanarayanan <i>et al.</i> , 2005
<i>Fusarium</i> sp.	<i>Cylindropuntia whipplei</i> , <i>Salsola collina</i> , <i>Suaeda salsa</i> , <i>Zygophyllum mucronatum</i> , <i>Reaumuria soongorica</i> , <i>Coriospermum declinatum</i> , <i>Peganum nigellastrum</i> ,	Suryanarayanan <i>et al.</i> , 2005; Sun <i>et al.</i> , 2012
<i>F. lateritium</i>	<i>Opuntia ficus-indica</i>	Bezerra <i>et al.</i> , 2012a
<i>F. oxysporum</i>	<i>Opuntia stricta</i>	Fisher <i>et al.</i> , 1994b
<i>F. solani</i>	<i>Salsola collina</i> , <i>Suaeda salsa</i> , <i>Coriospermum declinatum</i> , <i>Bassia dasyphylla</i> , <i>Zygophyllum mucronatum</i> , <i>Peganum nigellastrum</i> , <i>Reaumuria soongorica</i>	Sun <i>et al.</i> , 2012
<i>Geniculosporium</i> sp.	<i>Opuntia stricta</i>	Fisher <i>et al.</i> , 1994b
<i>Leptosphaeria</i> sp.	<i>Opuntia stricta</i>	Fisher <i>et al.</i> , 1994b
<i>Monodictys castaneae</i>	<i>Opuntia ficus-indica</i>	Bezerra <i>et al.</i> , 2012a
<i>Mycoleptodiscus indicus</i>	<i>Opuntia ficus-indica</i>	Bezerra <i>et al.</i> (não publicado)
<i>Nigrospora oryzae</i>	<i>Opuntia stricta</i> , <i>Cylindropuntia whipplei</i>	Fisher <i>et al.</i> , 1994b; Suryanarayanan <i>et al.</i> , 2005
<i>N. sphaerica</i>	<i>Opuntia ficus-indica</i>	Bezerra <i>et al.</i> , 2012a
<i>Nodulisporium</i> sp.	<i>Opuntia stricta</i>	Fisher <i>et al.</i> , 1994
<i>Penicillium</i> sp.	<i>Opuntia stricta</i> , <i>Salsola collina</i> , <i>Suaeda salsa</i> , <i>Bassia dasyphylla</i>	Fisher <i>et al.</i> , 1994b; Sun <i>et al.</i> , 2012
<i>P. aurantiogriseum</i>	<i>Opuntia ficus-indica</i>	Bezerra <i>et al.</i> , 2012a
<i>P. glandicola</i>	<i>Opuntia ficus-indica</i>	Bezerra <i>et al.</i> , 2012a
<i>Pestalotiopsis</i> sp.	<i>Cylindropuntia</i> sp.	Suryanarayanan <i>et al.</i> , 2005
<i>P. guepinii</i>	<i>Opuntia ficus-indica</i>	Bezerra <i>et al.</i> , 2012a
<i>Phoma</i> sp.	<i>Opuntia</i> sp., <i>O. stricta</i> , <i>O. engelmannii</i> , <i>Carnegiea gigantea</i> , <i>Cylindropuntia</i> sp., <i>C. californica</i> , <i>C. multigeniulata</i> , <i>C. versicolor</i> , <i>C. echinocarpa</i> , <i>C. imbricata</i> , <i>C. arbuscula</i> , <i>C. ramosissima</i> , <i>C. whipplei</i> , <i>Consolea</i> sp., <i>Bassia dasyphylla</i> , <i>Echinocereus fasciculatis</i> , <i>Mammillaria viridiflora</i> , <i>Peganum nigellastrum</i> , <i>Reaumuria soongorica</i>	Fisher <i>et al.</i> , 1994; Suryanarayanan <i>et al.</i> , 2005; Sun <i>et al.</i> , 2012
<i>P. glomerata</i>	<i>Sporobolus pyramidatus</i> , <i>Pappophorum krapovickasii</i>	Loro <i>et al.</i> , 2012
<i>P. nebulosa</i>	<i>Opuntia stricta</i>	Fisher <i>et al.</i> , 1994b
<i>P. pomorum</i>	<i>Salsola collina</i> , <i>Coriospermum declinatum</i> , <i>Coriospermum tibeticum</i>	Sun <i>et al.</i> , 2012

Tabela 3: continuação

Fungo endofítico	Planta hospedeira	Referencias
<i>P. sorghina</i>	<i>Opuntia stricta</i>	Fisher <i>et al.</i> , 1994b
<i>P. tropica</i>	<i>Opuntia ficus-indica</i>	Bezerra <i>et al.</i> , 2012a
<i>Phomopsis</i> sp.	<i>Opuntia stricta</i>	Fisher <i>et al.</i> , 1994b
<i>P. archeri</i>	<i>Opuntia ficus-indica</i>	Bezerra <i>et al.</i> , 2012a
<i>P. cacti</i>	<i>Opuntia stricta</i>	Fisher <i>et al.</i> , 1994b
<i>Pithomyces</i> sp.	<i>Coriospermum declinatum</i>	Sun <i>et al.</i> , 2012
<i>Sordaria fimicola</i>	<i>Opuntia stricta</i>	Fisher <i>et al.</i> , 1994b
<i>Stemphylium</i> sp.	<i>Opuntia engelmannii</i>	Suryanarayanan <i>et al.</i> , 2005
<i>Tetraploa aristata</i>	<i>Opuntia ficus-indica</i>	Bezerra <i>et al.</i> , 2012a
<i>Ulocladium</i> sp.	<i>Cylindropuntia bigelovii</i> , <i>Salsola collina</i> , <i>Zygophyllum mucronatum</i> , <i>Reaumuria soongorica</i>	Suryanarayanan <i>et al.</i> , 2005; Sun <i>et al.</i> , 2012
<i>Xylaria</i> sp.	<i>Opuntia ficus-indica</i>	Bezerra <i>et al.</i> , 2012a
Mycelia Sterilia	<i>Opuntia</i> sp., <i>O. stricta</i> , <i>O. ficus-indica</i> , <i>Carnegiea gigantea</i> , <i>Consolea</i> sp., <i>Cylindropuntia bigelovii</i> , <i>C. fulgida</i> , <i>Echinocereus fasciculatis</i> , <i>E. engelmannii</i> , <i>Mammillaria viridiflora</i> , <i>Salsola collina</i> , <i>Suaeda salsa</i> , <i>Coriospermum declinatum</i> , <i>Coriospermum tibeticum</i> , <i>Bassia dasyphylla</i> , <i>Zygophyllum mucronatum</i> , <i>Peganum nigellastrum</i> , <i>Reaumuria soongorica</i>	Fisher <i>et al.</i> , 1994b; Suryanarayanan <i>et al.</i> , 2005; Sun <i>et al.</i> , 2012; Bezerra <i>et al.</i> , 2012a

2.3.1. Diversidade de fungos endofíticos em cactos

Apesar das regiões áridas e semiáridas ocuparem cerca de 30% da superfície do planeta, poucos estudos verificaram a associação de fungos endofíticos com plantas destas regiões, e menos ainda a associação destes micro-organismos com espécies de Cactaceae, uma das famílias de vegetais destas regiões. Os cactos compõem uma das famílias mais interessantes de regiões áridas, semiáridas e desérticas devido ao extensivo conjunto de adaptações peculiares às adaptações para escassez de água, que lhes permitem ser perenes, apesar das condições de seca extremas do ambiente em que são encontrados (Rojas-Aréchiga e Vázquez-Yanes, 2000). Na literatura são conhecidos apenas três estudos da associação de fungos endofíticos com os cactos, o primeiro de Fisher *et al.* (1994b) que estudaram em regiões da Austrália a associação de fungos endofíticos com *Opuntia stricta*, o segundo, em áreas desértica no Arizona em que Suryanarayanan *et al.* (2005) estudaram a associação de fungos endofíticos com 21 espécies de cactos e o terceiro no Brasil, onde Bezerra *et al.* (2012a) verificaram a composição endofítica fúngica da palma forrageira *Opuntia ficus-indica* cultivada em regiões da floresta tropical seca conhecida como Caatinga. Além da associação de fungos endofíticos, outros estudos exploraram a comunidade de bactérias endofíticas em cactos de áreas desérticas no México (Puente *et al.*, 2004a, 2004b, 2009a, 2009b; Lopez *et al.*,

2011, 2012). Bezerra *et al.* (2012b) reuniram os trabalhos sobre a associação de fungos endofíticos com espécies da família Cactaceae e destacaram a associação e o benefício deles para os cactos.

2.4. Relação dos fungos endofíticos com plantas de ambientes extremos secos

Os habitats secos representam um promissor ambiente de pesquisas para analisar e caracterizar a estrutura e generalidade e compreender a relação da simbiose entre fungos e plantas de ambientes extremos por causa dos seus desafios ambientais (Khidir *et al.*, 2010).

No estudo de fungos endofíticos de plantas de regiões secas e desérticas, destaca-se o isolamento de espécies pigmentadas, por exemplo, as dos gêneros *Alternaria*, *Cladosporium* e *Phoma* (Suryanarayanan *et al.*, 2005; Sun *et al.*, 2012). O trabalho de Redmar *et al.* (2002), em condições de laboratório, sugere que a melanina presente nos fungos confere proteção térmica ao hospedeiro. Os autores verificaram a proteção conferida por *Curvularia protuberata* quando isolada de *Dichanthelium*, um gênero de plantas da família Poaceae. No entanto, os benefícios de fungos endofíticos pigmentados ainda são desconhecidos (Sun *et al.*, 2012).

Fungos pigmentados acumulam a melanina na parede das suas células e esse acúmulo tem sido considerado como um mecanismo para conferir tolerância a estresses ambientais, tais como, radiação UV, lise microbiana e respostas de defesas de plantas hospedeiras e animais contra a infecção fúngica (Hyakumachi *et al.*, 1987; Wang e Casadevall, 1994; Jacobson *et al.*, 1995; Kawamura *et al.*, 1997; Redman *et al.*, 2002), entretanto, alguns experimentos sugerem que a acumulação de melanina em algumas espécies de fungos, tais como *Alternaria alternata* e *Magnaporthe grisea* é um dos caminhos para a patogenicidade (Kawamura *et al.*, 1997) e também parece estar envolvida com o fator de virulência de fungos patogênicos de humanos e de fungos fitopatogênicos (Langfelder *et al.*, 2003). Além disso, algumas pesquisas com micro-organismos e insetos melanizados tem demonstrado que este pigmento pode proteger da ação deletéria da luz UV que danifica o DNA causando mutações (Mosse e Lyakh, 1994; Geng *et al.*, 2008).

Nos poucos experimentos de verificação da associação de fungos endofíticos com plantas de ambientes secos, foi observado que em muito campos semiáridos a comunidade de fungos endofíticos é composta por fungos pigmentados, independentemente da latitude (Loro *et al.*, 2012), sugerindo-se que os fungos pigmentados podem conferir à planta tolerância ao calor e a seca, uma das suas principais funções ecológicas (Khidir *et al.*, 2010).

Além das adaptações vegetais para sobreviverem em ambientes extremos, sugere-se que a capacidade das plantas em conferir tolerância à seca pode ser uma herança dos endófitos (Rodriguez *et al.*, 2008) já que existe um possível envolvimento de genes na expressão da capacidade de tolerância e as plantas estão relacionadas com eles há milhões de anos (Morsy *et al.*, 2010; Krings

et al., 2007). Além disso, os fungos pigmentados podem absorver mais energia radiante que o micélio branco compactado de outros fungos (Crabtree e Gessner, 1982) e em regiões extremas, como as que os cactos muitas vezes estão submetidos, existe uma baixa diversidade e uma alta frequência de colonização por espécies de fungos pigmentados (Suryanarayanan *et al.*, 2005).

2.5 Florestas tropicais secas

Baseando-se em critérios climáticos, como temperatura e umidade, Holdridge (1967) dividiu os trópicos em zonas ecológicas, e então definiu as florestas secas como aquelas presentes em áreas livres de frio, onde a temperatura média anual é maior que 17°C, a precipitação média é de 250 a 2000 mm e a taxa anual de evapotranspiração potencial sob precipitação é maior que 1. Já para Murphy e Lugo (1986), que compararam diversas florestas secas e úmidas neotropicais, as florestas secas são aquelas que ocorrem em áreas com precipitação média anual de 500 a 2000 mm, marcadas por uma forte estação seca.

As florestas secas são formações florestais semidecíduas que ocorrem nos trópicos, sob estação seca bem definida. Essas florestas, com estrutura e composição florística muito variadas, têm sido definidas assim devido ao seu ritmo estacional, que se traduz por avançado grau de deciduidade foliar durante a seca (Andrade-Lima, 1981).

De acordo com Sabogal (1992), as florestas tropicais secas são a terceira maior formação vegetal dos trópicos em áreas. No Brasil, as florestas secas estão representadas por aquelas que perdem parte das folhas durante um determinado período do ano (semidecíduas) e aquelas que perdem todas as folhas durante um período determinado do ano (decíduas), localizadas no Cerrado e na Caatinga (Embrapa, 2011).

No nordeste do Brasil a maior formação vegetacional seca é a Caatinga. Sendo esta, o principal ecossistema existente na região, estendendo-se pelo domínio de climas semi-áridos, numa área de 73.683.649 ha, cerca de 6,83% do território nacional (Pereira *et al.*, 1989; Araújo Filho, 1996). Na cobertura vegetal das áreas da região Nordeste, a Caatinga representa cerca de 800.000 Km², o que corresponde a 70% da região, sendo que aproximadamente 50% das terras recobertas com a Caatinga são de origem sedimentar e ricas em água subterrânea (Maracajá e Benevides, 2006).

A Caatinga, um dos maiores e exclusivos patrimônios ecossistêmicos do país, é caracterizada como formações arbóreo-arbustivas, hierarquizadas em diversas tipologias, muitas das quais ainda são praticamente desconhecidas do ponto de vista ecológico (Pereira *et al.*, 2001). A vegetação desta região ocorre em faixas descontínuas, estando fortemente marcada pela influência de uma estação chuvosa curta e uma estação seca mais prolongada. Esta característica climática é

também responsável pela caducifolia de grande parte das árvores em resposta ao período de deficiência hídrica (Murphy e Lugo, 1986; Rodal, 1992).

Devido às características bióticas da Caatinga e à exploração de seus recursos vegetais de forma não sustentável, este ecossistema vem passando por modificações. As alterações na Caatinga tiveram início com o processo de colonização do Brasil, inicialmente como consequência da pecuária bovina, associada as práticas agrícolas rudimentares (Andrade *et al.*, 2005), estando a economia desta região fortemente sustentada pela exploração dos recursos naturais, que em geral, vem sendo desenvolvida sem qualquer tipo de preocupação conservacionista (Sampaio, 2002). Ao longo do tempo, outras formas de uso da terra foram sendo adotadas, como a diversificação da agricultura e da pecuária e o aumento da extração de lenha para produção de carvão (Zanetti, 1994). No entanto a eliminação sistemática da cobertura vegetal e o uso indevido das terras têm acarretado graves problemas ambientais, entre os quais se destacam a redução da biodiversidade, a degradação dos solos e o comprometimento dos sistemas produtivos (Brasil, 1995; Brasil, 1991; Japan, 1990).

2.6 Cactacea

Cactaceae é uma família botânica originária principalmente do México e que ocorre em todos os continentes, dividida em quatro subfamílias: Maihuenioideae, Pereskioideae, Opuntioideae e Cactoideae (Taylor e Zappi, 2008). As suas espécies estão entre as mais conspícuas e típicas dos ambientes áridos e semiáridos do Novo Mundo, sendo encontradas desde o sudeste da Patagônia (Argentina) até o sul do Canadá, habitando habitats variados que vão desde regiões áridas até florestas úmidas (Hunt e Taylor, 1990; Anderson, 2001; Meiado *et al.*, 2012), entretanto, são mais frequentemente encontradas em regiões de clima quente e seco, exceto na região úmida equatorial (Taylor e Zappi, 2004).

São plantas classificadas como perenes, xerófitas, suculentas, em geral espinhosas e que possuem hábitos diversos (Barroso *et al.*, 1978): arbóreo, arbustivo, subarbustivo, trepador, epifítico ou geófito, de raiz fibrosa ou tuberosa. O caule apresenta formas diversas e em geral, sem folhas. São capazes de auxiliar no desenvolvimento de ambientes, permitindo o estabelecimento de outros vegetais sobre rochas nuas e em alguns ecossistemas são consideradas base da cadeia alimentar (Paula e Ribeiro, 2004).

Os centros de diversidade e distribuição dos cactos localizam-se principalmente no sudeste dos Estados Unidos, México, Andes e leste do Brasil (Taylor e Zappi, 2004), com exceção do gênero *Rhipsalis* Gaertn. que é encontrado desde os neotrópicos até a África e o sul do continente asiático (Anderson, 2001; Meiado *et al.*, 2012). O Brasil é considerado o terceiro maior centro de diversidade da família no continente americano (Taylor, in Oldfield, 1997), com um total de 37

gêneros de Cactaceae nativos, compreendendo cerca de 30% de 120 espécies relatadas no Novo Mundo (Zappi *et al.*, 2010).

2.6.1. *Cereus jamacaru* DC.

Cereus jamacaru DC. é uma cactácea resistente, cresce nos solos com baixo teor de nutrientes, sobrevivem com pluviosidade mínima, representando importante recurso forrageiro para o rebanho durante os períodos críticos do ano, destacando-se como um dos possíveis vegetais para serem cultivados na região semiárida do Nordeste e apropriado para o cultivo de micro-organismos (Lima, 1989). A espécie é conhecida popularmente como mandacaru, mandacaru-de-boi, mandacaru-facheiro, mandacaru-de-faixo, cardeiro, jamacaru, jamaracurú, jumucurú, jumarucú, cumbeba e urumbeba (Zappi e Aona, 2007) e é abundante e amplamente distribuído na Caatinga (Meiado *et al.*, 2010).

Cereus jamacaru DC. é um cacto extremamente rústico, cresce nas catingueiras arbóreas e em locais quase desprovidos de solos, e se multiplica regularmente, cobrindo extensas áreas da Caatinga em praticamente todo o nordeste brasileiro, ocorrendo nos estados da Bahia, Maranhão, Pernambuco, Sergipe e também em Minas Gerais (Lima, 1996; Zappi e Aona, 2007). A Figura 1 exemplifica o cacto *C. jamacaru*.



Figura 1: *Cereus jamacaru* em área de sucessão ecológica da Caatinga, Fazenda Tamanduá, Paraíba, Brasil (Bezerra, J.D.P.).

O mandacaru é utilizado principalmente na alimentação de ruminantes nos longos períodos de seca que ocorrem na região Nordeste do Brasil (Cavalcanti e Resende, 2007). Os seus frutos servem de alimento para animais silvestres da Caatinga e são apreciados pela população (Cavalcanti e Resende, 2007; Barbosa, 1998), sendo inclusive uma alternativa para a fabricação de bebidas (Almeida *et al.*, 2006). Além da possível utilização na alimentação, *C. jamacaru* possui

propriedades medicinais (Agra *et al.*, 2007; Albuquerque e Andrade, 2002; Magalhães, 2006; Andrade *et al.*, 2006; Correa, 1969; Lima, 1996).

3. RIQUEZA DE MICRO-ORGANISMOS ENDOFÍTICOS EM ESPÉCIES DA FAMÍLIA CACTACEAE¹

Resumo

Fungos endofíticos vivem nos tecidos internos das plantas sem lhes causar danos aparentes. Contribuem para que o hospedeiro seja resistente a estresses bióticos e abióticos e tem sido descritos como protetores contra o ataque de outros micro-organismos, insetos, e animais herbívoros. Além dos benefícios ecológicos, podem ser utilizados em processos biotecnológicos, como na produção de enzimas e compostos de importância farmacológica, por exemplo. Pouco ainda se sabe sobre a verdadeira relação dos endófitos com as plantas e menos ainda sobre a contribuição deles na associação com espécies da família Cactaceae. O estudo da comunidade de endófitos de plantas de regiões áridas, semiáridas, desértica e também de floresta tropical seca contribuirá para o conhecimento desta biodiversidade ainda desconhecida.

Palavras-chaves: Endófitos, ambientes extremos, cactos, fungos e bactérias endofíticas.

Introdução

Os micro-organismos endofíticos são definidos como aqueles que podem ser isolados do interior de tecidos vegetais desinfestados superficialmente e que não causam danos ao hospedeiro (Hallmann *et al.*, 1997). Podem desempenhar um papel importante na sobrevivência das plantas, melhorando a absorção de nutrientes (Malinowski *et al.*, 1999), desenvolvimento e produção de metabólitos de promoção do crescimento, como giberelinas (Choi *et al.*, 2005) e auxinas (Dai *et al.*, 2008), auxiliando na adaptabilidade ecológica do hospedeiro por incrementar a tolerância a estresses bióticos e abióticos (Strobel *et al.*, 1996). Além de atuar na degradação de compostos poluidores do ambiente, como o plástico (Russell *et al.*, 2011) e também serem utilizados pelas indústrias de biotecnologia na produção de enzimas (Tan e Zou, 2001) e compostos de importância farmacológica, como anticancerígenos (Chandra, 2012), por exemplo.

Os endófitos são abundantes e ocupam uma infinidade de nichos biológicos únicos, por exemplo, plantas superiores (Strobel e Daisy, 2003), pteridófitas (Sati *et al.*, 2009) e líquens (Li *et al.*, 2007). Eles também são evidentes em muitos ambientes incomuns, tais como raízes de orquídeas terrestres, plantas marinhas, gramíneas, algas (Strobel e Daisy, 2003; Tao *et al.*, 2008), musgos (Davey e Currah, 2006), samambaias (Swatzell *et al.*, 1996), plantas arbustivas (Olsrud *et*

¹ Artigo publicado como Bezerra, J.D.P., Lopes, D.H.G., Santos, M.G.S., Svedese, V.M., Paiva, L.M., Almeida-Cortez, J.S.A., Souza-Motta, C.M. 2012. Riqueza de micro-organismos endofíticos em espécies da família Cactaceae. *Boletín de la Sociedad Latinoamericana y del Caribe de Cactáceas y otras Suculentas* 9:19-23.

al., 2007) decíduas e coníferas (Albrechtsen *et al.*, 2010). Fungos endofíticos existem amplamente dentro de tecidos vegetais e são ricos em diversidade de espécies (Li *et al.*, 2007). Observações sugerem que sua associação com as plantas ocorreram há de mais de 400 milhões de anos (Krings *et al.*, 2007).

A maioria das pesquisas sobre a associação endofítica têm sido realizadas utilizando-se plantas de regiões tropicais úmidas e temperadas (Azevedo *et al.*, 2000) e poucos são os estudos verificando essa relação com plantas de ambientes áridos, semiáridos ou desérticos, além das florestas tropicais secas.

A comunidade endofítica de espécies da família Cactaceae foi verificada apenas por Fisher *et al.* (1994a), Suryanarayanan *et al.* (2005) e Bezerra *et al.* (2012) que estudaram a composição endofítica fúngica em plantas de regiões da Austrália, Arizona e Brasil, respectivamente. Puente *et al.* (2004a, 2004b, 2009a, 2009b) e Lopez *et al.* (2011, 2012) acessaram a composição de bactérias endofíticas em espécies de cactos em regiões desérticas do México.

Devido à importância da preservação das Cactaceae em seus mais diversos ambientes e do conhecimento dessa associação entre os micro-organismos endofíticos e as plantas hospedeiras, o estudo de endófitos (fungos e/ou bactérias) contribuirá com o entendimento da relação micro-organismo-cacto e sua ajuda na adaptação das plantas em ambientes considerados extremos.

Fungos endofíticos e a relação com o hospedeiro

Uma parcela dos micro-organismos, principalmente bactérias e fungos, habitam o interior das plantas, são os endófitos, que segundo Petrini (1991) colonizam os tecidos sadios de partes aéreas da planta em algum tempo do seu ciclo de vida sem causar-lhes danos aparentes, nem produzindo estruturas externas visíveis (Azevedo *et al.*, 2000). A diferenciação entre endófitos, epifíticos (micro-organismos que vivem na superfície de plantas) e fitopatógenos (que causam doenças em plantas) depende do estágio da interação do micro-organismo com o hospedeiro (Strobel *et al.*, 2004), portanto, a aplicação destes termos tem puro significado didático havendo ainda dificuldades em determinar limites entre eles (Azevedo *et al.*, 2000).

De um único vegetal podem ser obtidos de dezenas a centenas de isolados, e a partir deste único hospedeiro uma espécie pode se mostrar específica (Siqueira *et al.* 2008; 2011). Hawksworth e Rossman (1997) sugeriram que uma planta poderia ser habitat de cerca de seis espécies de fungos, mas depois da inclusão de fungos endofíticos, essa relação foi aumentada para cerca de 33 espécies de fungos para cada planta (principalmente do filo Ascomycotca, contudo, Basidiomycota e

Zygomycetes também têm sido isolados), confirmando o fato de que os endófitos são um componente importante da diversidade microbiana (Tan e Zou, 2001; Strobel e Daisy, 2003).

Os endófitos podem ser transmitidos verticalmente, quando penetram pelas sementes ou pela zona radicular, horizontalmente quando penetram através dos estômatos ou diretamente na parede celular utilizando apressórios e haustórios (Saikkonem *et al.*, 2004). A colonização endofítica pode ser intracelular e limitada a poucas células, intercelular e localizada ou ainda inter e intracelular sistêmica e pode se desenvolver em qualquer tecido ou órgão do vegetal: raiz, caule, ramos, folhas, flores e frutos (Schulz e Boyle, 2005; Johri, 2006). O estudo dos fungos endofíticos pode ser realizado entre os micro-organismos cultiváveis e não cultiváveis a partir do seu isolamento em meios de cultura e sob condições controladas, pela sua observação direta a partir de técnicas de microscopia ou pela detecção através de técnicas de amplificação de DNA (Schulz e Boyle, 2005; Lacava *et al.*, 2010).

A interação endófito/planta é complexa e dependente de diferentes fatores como características do vegetal, do micro-organismo e do ambiente (Owen e Hundley, 2004). A relação que se estabelece tem sido bastante questionada, existindo duas hipóteses principais: a do equilíbrio antagônico e da simbiose mutualística (Schulz e Boyle, 2005).

Investigações detalhadas da micobiota interna de plantas frequentemente descobrem novas *taxa* e revelam novas distribuições das espécies já conhecidas. Pelo fato dos endófitos não serem facilmente perceptíveis, a diversidade de espécies da micobiota interna ser relativamente alta e uma pequena porção de potenciais hospedeiros terem sido até então examinados, endófitos representam um número substancial de fungos ainda não descobertos (Arnold *et al.*, 2000). Investigações detalhadas da micobiota fúngica endofítica de vegetais economicamente importantes, frequentemente revela novas *taxa*. Estudos sobre fungos endofíticos são necessários para fornecer informações fundamentais sobre a avaliação da diversidade e distribuição global desses micro-organismos (Stone *et al.*, 2004).

Endófitos e espécies da família Cactaceae

Apesar dos poucos trabalhos verificando a associação endofítica com plantas de ambientes áridos, semiáridos e/ou desérticos, eles têm demonstrado a importância de conhecimento da comunidade endofítica dessas plantas. A partir das observações, algumas hipóteses sobre a relação micro-organismos-planta hospedeira têm sido levantadas, estimulando o estudo dos cactos e sua associação com os micro-organismos endofíticos.

O primeiro trabalho verificando a associação de fungos endofíticos e cactos, foi realizado por Fischer *et al.* (1994) na Austrália, quando estudaram a composição da comunidade endofítica fúngica de *Opuntia stricta* (Haw.) Haw. No estudo de 600 fragmentos de cladódios de *O. stricta*, os autores isolaram 617 fungos endofíticos distribuídos entre 23 espécies (Ascomycota), sugerindo que duas delas, *Coniothyrium opuntiae* e *Phomopsis cacti*, possuem hospedeiro específico.

Suryanarayanan *et al.* (2005), estudando a comunidade endofítica fúngica de 21 espécies de cactos ocorrendo em várias localidades do Arizona, isolaram 900 endófitos pertencentes a 22 espécies de fungos (Ascomycota). Os autores destacaram que *Cylindropuntia fulgida* (Engelm.) F.M. Knuth teve a máxima diversidade de espécies endófitas, enquanto *C. ramosissima* (Engelm.) F.M. Knuth abrigou o maior número de endófitos isolados. As observações feitas também indicaram que a diversidade de fungos foi baixa e a preferência de colonização de cactos hospedeiros não foi observada. No entanto, a frequência de colonização de poucas espécies de endófitos foi alta e comparável às plantas hospedeiras tropicais. *Alternaria* sp., *Aureobasidium pullulans* e *Phoma* spp. foram a maioria dos endófitos isolados dos cactos estudados.

No Brasil, Bezerra *et al.* (2012) verificaram a ocorrência de fungos endofíticos em *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill., cultivada em larga escala em regiões semiáridas que abrigam a floresta tropical seca (Caatinga). Nesse estudo, verificou-se que fungos do gênero *Cladosporium* foram mais frequentemente encontrados. Os autores isolaram 44 fungos pertencentes a 13 espécies (Ascomycota) (Fig. 1).



Figura 1: (A) *Opuntia ficus-indica*, (B e C) exemplo da colonização dos fragmentos de *O. ficus-indica* por fungos endofíticos.

Apesar da relação endofítica ainda não ser totalmente compreendida, as observações feitas sugerem que espécies da família Cactaceae preferem ser colonizadas por fungos pigmentados (*Alternaria*, *Cladosporium*, *Curvularia*, *Phoma*, por exemplo) que podem estar conferindo à planta

hospedeira tolerância à seca/aridez (Khidir *et al.*, 2010; Loro *et al.*, 2012) e outros fatores bióticos e/ou abióticos das regiões onde as plantas são encontradas. Por exemplo, Redman *et al.* (2002) verificaram que *Curvularia* isolada de *Dichanthelium* promoveu, em condições de laboratório, proteção termal para o hospedeiro; Azevedo *et al.* (2000) também observaram que micro-organismos endofíticos podem ser utilizados como agentes de controle biológico de pragas. Suryanarayanan *et al.* (2003) ainda sugerem que a comunidade de fungos endofíticos parece ser menos diversa em floresta tropical seca que em floresta tropical úmida, confirmando a necessidade de mais estudos verificando essa associação com plantas de regiões consideradas extremas onde a biodiversidade é subestimada.

Outros estudos também verificaram a associação de bactérias endofíticas com cactos. Por exemplo, Puente *et al.* (2004a, 2004b, 2009a, 2009b) estudaram o benefício dessa associação em raízes e na germinação de sementes de espécies de Cactaceae que se desenvolvem em áreas rochosas do México. Lopez *et al.* (2011, 2012) também observaram que a associação de bactérias endofíticas pode influenciar na germinação de sementes de cactos, crescimento da planta e estabelecimento dessas espécies sobre as rochas ou em áreas rochosas e/ou desérticas em regiões mexicanas, além de mobilizar elementos a partir das rochas, aumentar a atividade fotossintética, teor de nitrogênio e biomassa.

A tabela 1 apresenta espécies da família Cactaceae que foram estudadas quanto à composição endofítica.

Tabela 1: Espécies da família Cactaceae estudadas quanto à associação de micro-organismos endofíticos.

Cactaceae	Micro-organismos endofíticos (gêneros)	Referências
<i>Opuntia stricta</i> (Haw.) Haw.	Fungos: <i>Alternaria</i> , <i>Ascochyta</i> , <i>Aureobasidium</i> , <i>Chaetomium</i> , <i>Cladosporium</i> , <i>Coniella</i> , <i>Coniothyrium</i> , <i>Epicoccum</i> , <i>Fusarium</i> , <i>Geniculosporium</i> , <i>Leptosphaeria</i> , <i>Nigrospora</i> , <i>Nodulisporium</i> , <i>Penicillium</i> , <i>Phoma</i> , <i>Phomopsis</i> , <i>Sordaria</i>	Fisher <i>et al.</i> , 1994
<i>Opuntia</i> Mill. <i>O. ficus-indica</i> (L.) Mill. <i>O. engelmannii</i> Salm-Dyck ex Engelm. <i>Carnegiea gigantea</i> (Engelm.) Britton & Rose <i>Consolea</i> Lem. <i>Cylindropuntia</i> (Engelm.) F.M. Knuth <i>C. acanthocarpa</i> (Engelm. & J.M. Bigelow) F.M. Knuth <i>C. arbuscula</i> (Engelm.) F.M. Knuth <i>C. bigelovii</i> (Engelm.) F.M. Knuth	Fungos: <i>Alternaria</i> , <i>Ascochyta</i> , <i>Aureobasidium</i> , <i>Chaetomium</i> , <i>Cladosporium</i> , <i>Coniothyrium</i> , <i>Drechslera</i> , <i>Epicocum</i> , <i>Fusarium</i> , <i>Nigrospora</i> , <i>Pestalotiopsis</i> , <i>Phoma</i> , <i>Stemphylium</i> , <i>Ulocladium</i>	Suryanarayanan <i>et al.</i> , 2005

Tabela 1: continuação

Cactaceae	Micro-organismos endofíticos (gêneros)	Referências
<i>C. californica</i> (Torr. & A. Gray) F.M. Knuth		
<i>C. echinocarpa</i> (Engelm. & J.M. Bigelow) F.M. Knuth		
<i>C. fulgida</i> (Engelm.) F.M. Knuth		
<i>C. imbricata</i> (Haw.) F.M. Knuth		
<i>C. multigeniculata</i> Backeb.		
<i>C. ramosissima</i> (Engelm.) F.M. Knuth		
<i>C. versicolor</i> (Engelm. ex J.M. Coult.) F.M. Knuth		
<i>C. whipplei</i> (Engelm. & J.M. Bigelow) F.M. Knuth		
<i>Echinocereus fasciculatis</i> (Engelm. ex S. Watson) L.D. Benson		
<i>E. engelmannii</i> (Parry ex Engelm.) Lem.		
<i>Mammillaria viridiflora</i> (Britton & Rose) Boed.		
<i>Pachycereus pringlei</i> (S. Watson) Britton & Rose	Bactérias: <i>Acinetobacter</i> , <i>Actinomadura</i> , <i>Bacillus</i> ,	Puente <i>et al.</i> , 2004a, 2004b, 2009a, 2009b
<i>Stenocereus thurberi</i> (Engelm.) Buxb.	<i>Citrobacter</i> , <i>Paenibacillus</i> ,	
<i>Opuntia cholla</i> F.A.C. Weber	<i>Klebsiella</i> , <i>Pseudomonas</i> , <i>Staphylococcus</i>	
<i>Mammillaria fraileana</i> (Britton & Rose) Boed.	Bactérias: <i>Azotobacter</i> , <i>Enterobacter</i> , <i>Bacillus</i> , <i>Pseudomonas</i>	Lopez <i>et al.</i> , 2011, 2012
<i>Opuntia ficus-indica</i> (L.) Mill.	Fungos: <i>Acremonium</i> , <i>Aspergillus</i> , <i>Cladosporium</i> , <i>Fusarium</i> , <i>Monodictys</i> , <i>Nigrospora</i> , <i>Penicillium</i> , <i>Pestalotiopsis</i> , <i>Phoma</i> , <i>Phomopsis</i> , <i>Tetraploa</i> , <i>Xylaria</i>	Bezerra <i>et al.</i> , 2012
<i>Cereus jamacaru</i> DC.	Fungos	Bezerra <i>et al.</i> (não publicado)

Conclusões

O estudo da associação endofítica com plantas de ambientes considerados extremos (baixa umidade, temperatura e pH, entre outros fatores) contribuirá no entendimento da relação desses micro-organismos com os seus hospedeiros. A relação dos endófitos com espécies da família Cactaceae é um dos passos para o entendimento das adaptações que essas plantas possuem e que facilitam a sua presença e resistência em ambientes áridos, semiáridos, desérticos e outros, além de contribuir com o conhecimento da biodiversidade microbiana que está associada com essas espécies. Os micro-organismos endofíticos são uma provável fonte de compostos biotecnologicamente ativos que, além de contribuir com as relações ecológicas das plantas, podem trazer benefícios para atividades humanas, inclusive promovendo a mínima utilização de compostos que poluem o ambiente. Outros estudos verificando essa associação são necessários para que se tenha um prévio entendimento de como os micro-organismos preferem colonizar os hospedeiros e

como as plantas deixam-se habitar por fungos e bactérias endofíticas. A preservação de espécies de Cactaceae e outras suculentas contribuirá com a descoberta de endófitos ainda não descritos pela comunidade científica, conhecimento de novos habitats de espécies já relatadas e os benefícios dos micro-organismos endofíticos para as plantas hospedeiras.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP), Fundação de Amparo a Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE), Sistema Nacional de Pesquisa em Biodiversidade – SISBIOTA Brasil (Processo 563304/2010-3), Instituto Fazenda Tamanduá, Programa de Pós-Graduação em Biologia de Fungos e a Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) pelo incentivo e apoio financeiro para a realização dos projetos. Nós também estendemos nossos agradecimentos as Profas. Maria José Santos Fernandes e Débora Maria Massa Lima (Micoteca URM) e aos estudantes do Laboratório de Citologia e Genética de Fungos (UFPE).

4. FUNGOS ENDOFÍTICOS DO CACTO *Cereus jamacaru* NA FLORESTA TROPICAL SECA BRASILEIRA: UM PRIMEIRO ESTUDO²

Resumo

Fungos endofíticos vivem dentro dos tecidos saudáveis de plantas e podem promover tolerância das espécies hospedeiras para diferentes estresses ambientais. No entanto, a maioria dos estudos tem sido de plantas em ambientes úmidos e são poucos os relatos dos benefícios de tais associações de plantas de ambientes extremos. Nossos objetivos foram identificar fungos endofíticos usando taxonomia morfológica, explorar riqueza e estimar a frequência de espécies no cacto *C. jamacaru*, na floresta tropical seca brasileira (Caatinga). Foram identificados 59 táxons, correspondendo a 69,7% do número total de isolados, os outros 30,3% foram mycelia sterilia. *Cladosporium cladosporioides* e *Fusarium oxysporum* foram as espécies mais comumente isoladas, seguidas por *Acremonium terricola*, *Aureobasidium pullulans*, *Trichoderma viride*, *Chrysonilia sitophila*, e *Aspergillus flavus*. Quarenta e sete espécies são registradas pela primeira vez como fungos endofíticos de cactos, e 18 outras como endófitos para o Brasil; isto sugere que *C. jamacaru* abriga uma comunidade fúngica altamente diversificada como mensurado pelos índices de diversidade. Contudo, as curvas de acumulação de espécies sugerem que este estudo ainda subestima a diversidade de endófitos porque não proporcionou uma exaustiva amostragem. Para o nosso conhecimento, este é o primeiro relato de fungos endofíticos de *C. jamacaru* na floresta tropical seca.

Palavras-chave: Cactaceae, *Cladosporium cladosporioides*, diversidade de fungos, *Fusarium oxysporum*, semiárido, taxonomia.

Introdução

Micro-organismos endofíticos são aqueles que vivem em tecidos de plantas, sem causar dano aparente para o hospedeiro e sem produzir estruturas externas que surgem nas superfícies das plantas, eles podem ou não podem crescer em meio de cultura (Azevedo e Araújo, 2007). Muitos estudos têm relatado que as plantas são colonizadas por dezenas de endófitos. Uma árvore em uma floresta ou até mesmo uma única folha pode abrigar uma grande diversidade de espécies de fungos, mostrando sua importância na estimativa da diversidade fúngica (Arnold *et al.*, 2000; Saikkonen *et al.*, 2004). Além de suas principais relações ecológicas, fungos endofíticos são considerados importantes fontes de metabólitos bioativos (Tan e Zou, 2001; Chandra, 2012).

² Artigo submetido para publicação como Bezerra, J.D.P., Santos, M.G.S., Barbosa, R.N., Svedese, V.M., Lima, D.M.M., Fernandes, M.J.S., Gomes, B.S., Paiva, L.M., Almeida-Cortez, J.S., Souza-Motta, C.M. 2013. Fungos endofíticos do cacto *Cereus jamacaru* na floresta tropical seca brasileira: um primeiro estudo. *Symbiosis*.

Embora tenha havido avanços no estudo de fungos endofíticos, poucos são os trabalhos verificando as associações de fungos endofíticos em regiões áridas e semiáridas. Apenas Fisher *et al.* (1994a), Suryanarayanan *et al.* (2005) e Bezerra *et al.* (2012) parecem ter estudado a associação de fungos endofíticos com cactos. Outros estudos explorando endófitos concentraram-se em bactérias endofíticas em cactos de áreas de deserto no México (Puente *et al.*, 2004a, 2004b, 2009a, 2009b; Lopez *et al.*, 2011, 2012). Mais recentemente, nas regiões semiáridas dos Estados Unidos, Khidir *et al.* (2010) estudaram a comunidade de fungos endofíticos associados às raízes de gramíneas, e Loro *et al.* (2012) analisaram a diversidade de fungos endofíticos nas plantas na Venezuela. Sun *et al.* (2012) exploraram os fungos endofíticos em folhas e caules de plantas de áreas desérticas da China. Embora em número reduzido, estes estudos têm nos ajudado a entender as interações planta-fungos em ambientes considerados extremos, fornecendo informações para novas pesquisas sobre os benefícios destas associações.

Apenas 14% dos estudos estão relacionados com a biodiversidade da floresta tropical seca, enquanto 86% estão em regiões úmidas (Sánchez-Azofeifa *et al.*, 2005) e poucas pesquisas se concentram em fungos endofíticos associados com plantas nessas regiões. Florestas tropicais secas representam quase metade das florestas tropicais do mundo, cobrindo grandes áreas na África, Austrália, América Central e América do Sul, Índia e Sudeste da Ásia (Murphy e Lugo, 1986; Ceccon *et al.*, 2006; Linares-Palomino, 2006). Em contraste com florestas tropicais úmidas, florestas tropicais secas ocorrem em climas com chuvas altamente sazonais (Ceccon *et al.*, 2006).

No Brasil, a floresta tropical seca é chamada Caatinga por causa do tipo de vegetação predominante, caa (=floresta) e tinga (=branco), na língua nativa Tupi (Santos *et al.*, 2012). A Caatinga é um ecossistema único no Brasil, e apesar de sua importância socioeconômica, é submetido à intensa exploração de seus recursos naturais, e tem sido pouco protegido ou estudado (Andrade *et al.*, 2006). O Brasil é o terceiro centro de diversidade de Cactaceae no continente americano (Taylor, em Oldfield, 1997), com um total de 37 gêneros de espécies de Cactaceae nativa, que compreende cerca de 30% das 120 espécies registradas no Novo Mundo (Zappi *et al.*, 2010). Muitas espécies de cactos são endêmicas para a floresta tropical seca (Taylor e Zappi, 2004), e poucos estudos da associação deles com micro-organismos endofíticos têm sido realizados.

Cereus jamacaru DC. (Cactaceae) é conhecido popularmente no Brasil como 'mandacaru', é um cacto colunar comum, encontrado principalmente na Caatinga, e com grande importância para o desenvolvimento sustentável e conservação da biodiversidade do ecossistema. É especialmente importante durante os meses mais secos por causa de seu uso como alimento para o gado. Cresce em solos com baixos níveis de nutrientes, sobrevive com chuvas mínimas, e, além disso, tem

propriedades medicinais (Andrade *et al.*, 2006; Agra *et al.*, 2007; Cavalcanti e Resende, 2007; Rêgo *et al.*, 2009).

É importante preservar a Cactaceae no Brasil e adquirir um maior conhecimento do seu potencial, incluindo seu relacionamento com micro-organismos endofíticos. Existem poucos relatos de comunidades de fungos associados com cactos, e não há nenhum estudo de fungos endofíticos de *C. jamacaru*. Nossos objetivos foram, portanto, 1) identificar os fungos endofíticos de *C. jamacaru* usando taxonomia morfológica, e 2) explorar a riqueza e a frequência de espécies de fungos endofíticos neste cacto crescendo na floresta tropical seca conhecida como Caatinga, um único e subestimado ecossistema na região Nordeste do Brasil. Para nosso conhecimento, este é o primeiro relato de fungos endofíticos de *C. jamacaru* em florestas tropicais secas.

Materiais e métodos

Local de estudo

Amostras de *C. jamacaru* foram coletadas na Fazenda Tamanduá no Nordeste do Brasil (07° 1.524S, 037 ° 23.518W) em áreas de Caatinga, na estação seca entre setembro e novembro de 2011. A Fazenda Tamanduá inclui 900 hectares, dos quais 325 hectares são uma reserva natural legal (Reserva Particular do Patrimônio Natural). A Fazenda está localizada no sertão das Espinharas, a uma altitude média de 240 metros, com solos predominantemente Neossolos Litólicos (Embrapa, 1997). O clima é do tipo Bsh (semiárido), de acordo com a classificação de Köppen (1948), com uma temperatura média anual de 32,8 °C e uma precipitação média anual de 380-800 mm, concentrada em um curto período de 2 a 4 meses seguido de um longo período de seca, com a duração de oito meses.

Material vegetal

Nove amostras foram coletadas aleatoriamente em cada uma das três coletas, fornecendo um total de 27 amostras. Foram coletados cladódios de 30-50 cm de comprimento de diferentes indivíduos de *C. jamacaru* de até 3 m de altura. As amostras foram acondicionadas em sacos de nylon, transportados para o laboratório, e processados dentro de 48 h.

Isolamento de fungos endófitos de *Cereus jamacaru*

O material foi processado como descrito por Bezerra *et al.* (2012a). Resumidamente, para assepsia do material vegetal foram cortados fragmentos de cerca de 5 cm e esterilizados superficialmente pela sequência de lavagem em etanol 70% durante 60s, hipoclorito de sódio (2-2,5% de cloro ativo) por 180s, etanol 70% durante 30 s, e foram então lavados três vezes em água destilada e esterilizada. Depois do processamento foram cortados em segmentos de cerca de 1 cm² totalizando 45 fragmentos de cada cladódio. Os fragmentos foram inoculados em meio de cultura

batata-dextrose-ágar (BDA) com cloranfenicol (100 mg/l) e tetraciclina (50 mg/l) para restringir o crescimento bacteriano. As placas foram incubadas a 28 ± 2 °C por até 30 dias. O crescimento fúngico foi observado diariamente e qualquer colônia de fungo encontrada foi isolada, purificada e mantida em BDA para posterior identificação. Para verificar a eficácia da esterilização de superfície, 1 ml de água última lavagem foi semeada em placas de Petri contendo o mesmo meio, e sob as mesmas condições de incubação.

Identificação de fungos endofíticos de *Cereus jamacaru*

Para a identificação de fungos endofíticos filamentosos, micro cultivos foram realizados, e os aspectos macro e micro morfológicos das estruturas somáticas e reprodutiva foram observados, utilizando metodologia e literatura específica (Ellis, 1971; Sutton, 1980; Samson e Frisvad, 2004; Leslie e Summerell, 2006 ; Domsch *et al.*, 2007). Para identificação das leveduras endofíticas, foram adotados os critérios de taxonomia clássica observando as características macro e microscópicas, fisiologia e indicadores bioquímicos (Lodder, 1970; Kreger-Van Rij, 1984; Kurtzman e Fell, 1998; Barnett *et al.*, 2000).

Microscopia eletrônica de varredura (MEV) foi realizada no Centro de Tecnologias Estratégicas do Nordeste (CETENE) em Recife, Pernambuco, Brasil.

Culturas representativas dos fungos endofíticos isolados de *C. jamacaru* estão depositadas na Coleção de Culturas – Micoteca URM (WDCM604) da Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasil.

Análise dos dados

As frequências absoluta e relativa de fungos endofíticos isolados foram calculadas. A frequência absoluta foi calculada como o número total de isolados endofíticos e a frequência relativa foi o número de isolados de cada espécie, dividido pelo número total de isolados. A taxa de colonização foi calculada como o número total de segmentos a partir dos quais os fungos foram isolados em uma amostra, dividido pelo número total de segmentos utilizados para isolamento (Larran *et al.*, 2002).

Diversidade de espécies foi calculada utilizando o programa Primer 6.0 (Clarke e Gorley 2006). Análise da diversidade de espécies foi calculada utilizando os índices Shannon, Fisher α , Simpson, Margalef e Pielou. Também foram estimadas curvas de acumulação de espécies para os endófitos de *C. jamacaru* (Jackknife 1; Jackknife 2; Chao 1; Chao 2; Bootstrap).

Resultados

No total, 27 cladódios (1215 fragmentos) de *C. jamacaru* foram utilizados, a partir dos quais 560 fungos endofitos foram isolados. A taxa de colonização dos fragmentos por fungos endofíticos foi de 42,22%.

As espécies mais frequentemente isoladas foram membros de *Cladosporium*, *Fusarium*, *Acremonium*, *Aureobasidium*, *Trichoderma*, *Chrysonilia* e *Aspergillus*. Outros gêneros mostraram uma baixa frequência (um ou dois isolados) e foram considerados como isolamentos acidentais e/ou raros. Estas espécies foram dos gêneros *Boeremia*, *Candida*, *Cochliobolus*, *Guignardia*, *Pestalotiopsis*, *Phomopsis*, *Purpureocillium*, *Redaellia* (= *Aspergillus*), *Sporobolomyces*, e *Syncephalastrum* (Tabela 1). Foi observado que as leveduras endofíticas preferem colonizar os tecidos mais internos de *C. jamacaru*. A Figura 1 ilustra as duas espécies mais frequentes e uma menos frequentemente isolada.

Tabela 1: Frequências absoluta (f) e relativa (fr) de fungos endofíticos isolados de *Cereus jamacaru* crescendo em floresta tropical seca (Caatinga), Brasil.

Fungo endofítico	Ocorrência ^a	Coletas			f	fr
		Setembro	Outubro	Novembro		
ASCOMYCETES						
<i>Acremonium charticola</i> (Lindau) W. Gams	a, b		1		1	0,17
<i>A. curvulum</i> W. Gams	a		1		1	0,17
<i>A. implicatum</i> (J.C. Gilman & E.V. Abbott) W. Gams	-			18	18	3,2
<i>A. pteridii</i> W. Gams & J.C. Frankland	a	2			2	0,35
<i>Aspergillus flavus</i> Link	a		1	11	12	2,13
<i>A. japonicus</i> Saito	-		1		1	0,17
<i>A. niger</i> Tiegh.	a	3		1	4	0,71
<i>A. ochraceus</i> G. Wilh.	a	1		7	8	1,42
<i>A. parasiticus</i> Speare	a	2			2	0,35
<i>A. sydowii</i> (Bainier & Sartory) Thom & Church	a			1	1	0,17
<i>A. terreus</i> Thom	a			1	1	0,17
<i>A. versicolor</i> (Vuill.) Tirab.	a			3	3	0,53
<i>Aureobasidium pullulans</i> (de Bary) G. Arnaud	-	2	13	2	17	3,03
<i>Boeremia exigua</i> (Desm.) Aveskamp, Gruyter & Verkley	a			1	1	0,17
<i>Candida etchellsii</i> (Lodder & Kreger-van Rij) S.A. Mey. & Yarrow	a			1	1	0,17
<i>C. magnoliae</i> (Lodder & Kreger-van Rij) S.A. Mey. & Yarrow	a, b		1		1	0,17
<i>Chrysonilia sitophila</i> (Mont.) Arx	a, b			15	15	2,67
<i>Cladosporium cladosporioides</i> (Fresen.) G.A. de Vries	-	44	32	28	104	18,53
<i>C. sphaerospermum</i> Penz.	-		1	3	4	0,71
<i>Cochliobolus lunatus</i> R.R. Nelson & F.A. Haasis	a	1	1		2	0,35
<i>Curvularia brachyspora</i> Boedijn	a, b		1		1	0,17
<i>C. senegalensis</i> (Speg.) Subram.	a	1			1	0,17
<i>Cytospora</i> Ehrenb.	a			14	14	2,49
<i>Debaryomyces hansenii</i> (Zopf) Lodder & Kreger-van Rij	a	4	2		6	1,06
<i>Fusarium lateritium</i> Nees	-	3			3	0,53
<i>F. oxysporum</i> Schltdl.	-	37	26	2	65	11,58
<i>Gibberella fujikuroi</i> var. <i>fujikuroi</i> (Sawada) Wollenw.	a	6	1		7	1,24
<i>Guignardia bidwellii</i> (Ellis) Viala & Ravaz	a	2			2	0,35
<i>Nigrospora sphaerica</i> (Sacc.) E.W. Mason	-		1	6	7	1,24
<i>Penicillium aurantiogriseum</i> Dierckx	-		2		2	0,35
<i>P. brevicompactum</i> Dierckx	a, b	2	2		4	0,71
<i>P. chrysogenum</i> Thom	a		2	1	3	0,53

Tabela 1: continuação

Fungo endofítico	Ocorrência ^a	Coletas			f	fr
		Setembro	Outubro	Novembro		
<i>P. commune</i> Thom	a, b		2		2	0,35
<i>P. funiculosum</i> Thom	a			6	6	1,06
<i>P. griseofulvum</i> Dierckx	a	6		0	6	1,06
<i>P. minioluteum</i> Dierckx	a			3	3	0,53
<i>P. restrictum</i> J.C. Gilman & E.V. Abbott	a, b		1		1	0,17
<i>P. waksmanii</i> K.M. Zalesky	a, b		2		2	0,35
<i>Pestalotiopsis guepinii</i> (Desm.) Steyaert	-	2			2	0,35
<i>Phoma leveillei</i> Boerema & G.J. Bollen	a, b	1			1	0,17
<i>P. pomorum</i> Thüm.	a, b	2			2	0,35
<i>P. putaminum</i> Speg.	a		1		1	0,17
<i>P. tropica</i> R. Schneid. & Boerema	-	2	2	2	6	1,06
<i>Phomopsis archeri</i> B. Sutton	-			1	1	0,17
<i>Pseudocochliobolus pallescens</i> Tsuda & Ueyama	a		1		1	0,17
<i>Purpureocillium lilacinum</i> (Thom) Luangsa-ard, Hywel-Jones & Samson	a		1		1	0,17
<i>Redaellia Ciferri</i> (= <i>Aspergillus</i>)	a, b	1			1	0,17
<i>Sarocladium bacillisporum</i> (Onions & G.L. Barron) Summerb.	a, b	1		1	2	0,35
<i>Trichoderma viride</i> Pers.	a	1	16		17	3,03
BASIDIOMYCETES						
<i>Rhodotorula foliorum</i> (Ruinen) Rodr. Mir. & Weijman	a, b		1		1	0,17
<i>R. minuta</i> (Saito) F.C. Harrison	a		1		1	0,17
<i>R. mucilaginoso</i> (A. Jörg.) F.C. Harrison	a			1	1	0,17
<i>R. pilatii</i> (F.H. Jacob, Faure-Reayn. & Berton) Weijman	a, b	1	1		2	0,35
<i>R. sonckii</i> (Hopsu-Havu, Tunnela & Yarrow) Rodr. Mir. & Weijman	a	1			1	0,17
<i>Sporobolomyces salmonicolor</i> (B. Fisch. & Brebeck) Kluyver & C.B. Niel	a		2		2	0,35
<i>Sterigmatomyces elviae</i> Sonck & Yarrow	a,b		5		5	0,89
<i>Tritirachium dependens</i> Limber	a, b	4			4	0,71
ZYGOMYCETES						
<i>Cunninghamella echinulata</i> var. <i>echinulata</i> (Thaxt.) Thaxt. ex Blakeslee	a, b	2		1	3	0,53
<i>Syncephalastrum racemosum</i> Cohn ex J. Schröt.	a, b			1	1	0,17
<i>Mycelia sterilia</i>		58	85	27	170	30,3
Total		192	210	158	560	
Total taxa		26	30	25	59	

^aOcorrência: (a) espécies relatadas pela primeira vez como endófitos dos membros de Cactaceae, e (b) espécies relatadas pela primeira vez ocorrendo como endófitos no Brasil

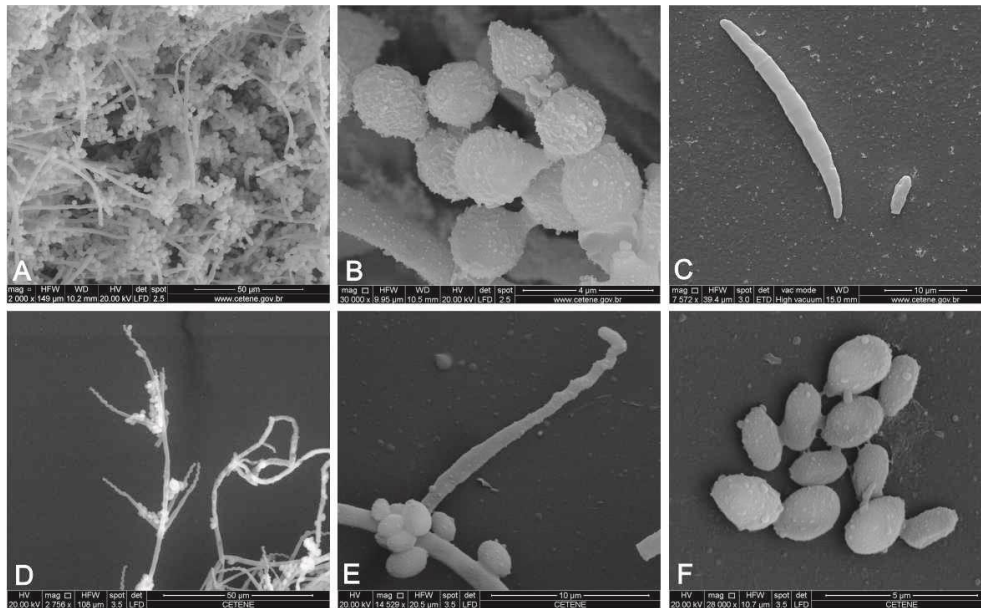


Figura 1: Fotografia de três endófitos por microscopia eletrônica de varredura (MEV). *Cladosporium cladosporioides* (URM 6703): A. Conidióforos e conídios. B. Conídios. *Fusarium oxysporum* (URM 6704): C. Macro e micro conídios. *Tritirachium dependens* (URM 6705): D. Conidióforos. E. Célula conidiogênica geniculada. F. Conídios

Entre os isolados identificados, 47 espécies foram relatadas pela primeira vez como fungo endofíticos de cactos, 18 outras como endófitos no Brasil e cerca de 58% sendo espécies raras (Tabela 1 e Figura 2). Estas foram distribuídas em 30 gêneros: Ascomycetes (24), Basidiomycetes (4), e Zygomycetes (2). Embora 59 táxons foram identificados, correspondendo 69,7% do número total de isolados, 30,3% dos fungos foram mycelia sterilia. Os fungos endofíticos mais frequentes foram membros de *Cladosporium* e *Fusarium* (Tabela 1 e Figura 2).

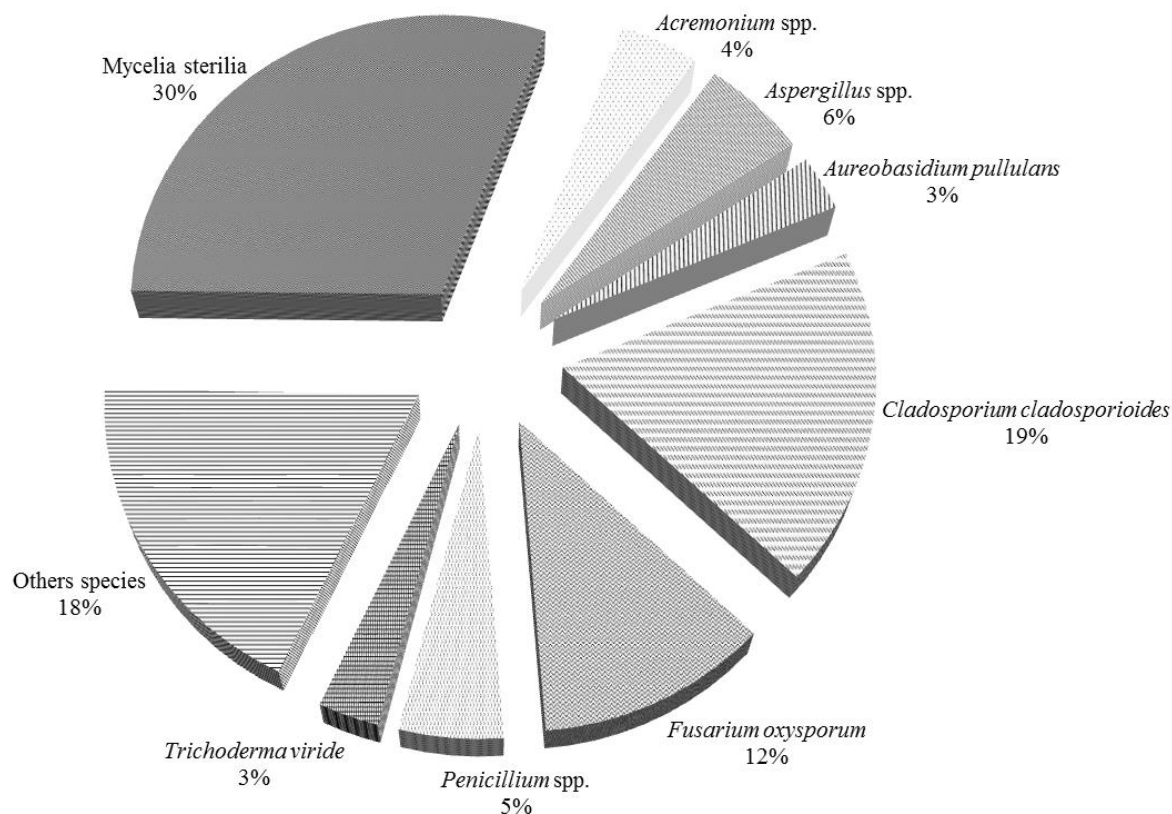


Figura 2: Frequência relativa de fungos endofíticos isolados do cacto *Cereus jamacaru* crescendo na floresta tropical seca no Brasil.

A riqueza de fungos endofíticos de *C. jamacaru* foi alta (Tabela 2). O valor do índice de diversidade Fisher α foi 19,32 e Margalef foi 9,722, sugerindo que *C. jamacaru* abriga uma grande diversidade de fungos endofíticos. Além disso, deve ser recordado que as curvas de acumulação de fungos endofíticos não atingiram o ponto de estabilização. Os vários índices de riqueza usados estimaram o número de espécies em *C. jamacaru* como 87 (usando Jackknife 1), 106 (usando Jackknife 2), 80 (usando Chao 1), 106 (usando Chao 2), e 72 (usando Bootstrap). Os métodos utilizados subestimaram a diversidade de endófitos e a amostragem não foi exaustiva (Figura 3).

Table 2: Índices de diversidade de fungos endofíticos de *Cereus jamacaru* crescendo em floresta tropical seca, Brasil. Isolados identificados como mycelia sterilia não estão incluídos.

Índices	Coletas			Total
	Setembro	Outubro	Novembro	
Riqueza de espécies	26	30	25	59
Número de isolados	134	125	131	390
Margalef	5.104	6.006	4.923	9.722
Pielou	0.6976	0.7317	0.8068	0.7335
Fisher α	9.617	12.52	9.167	19.32
Shannon (H')	2.273	2.489	2.597	2.991
Simpson	0.8127	0.8662	0.9008	0.8904

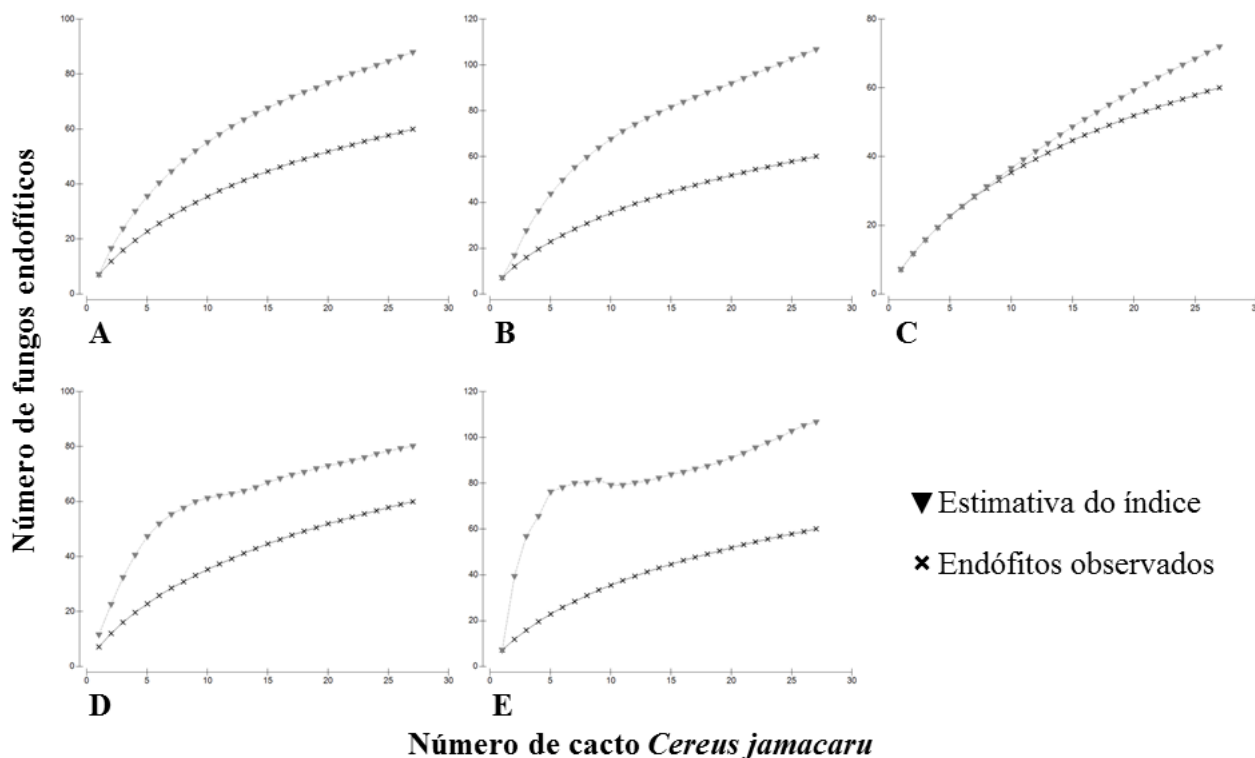


Figura 3: Curvas de acumulação de fungos endofíticos de *C. jamacaru* crescendo na floresta tropical seca no Brasil. (▼) indica as curvas de acumulação de fungos endofíticos estimada por cada índice e (×) indica as curvas de acumulação de fungos endofíticos. (A Jackknife 1; B Jackknife 2; C Bootstrap; D Chao 1; E Chao 2).

Discussão

Muito poucas investigações têm sido feitas com endófitos em plantas de ambientes secos (Puente *et al.*, 2004a; 2004b; Murali *et al.*, 2007; Puente *et al.*, 2009a; 2009b; Khidir *et al.*, 2010; Lopez *et al.*, 2011; 2012; Suryanarayanan *et al.*, 2011; Sun *et al.*, 2012; Bezerra *et al.*, 2012b; Loro *et al.*, 2012) e a maioria dos estudos endofíticos têm se concentrado em plantas de florestas tropicais e regiões temperadas (Fisher *et al.*, 1994a; Rodrigues e Petrini, 1997; Arnold *et al.*, 2000; Azevedo *et al.*, 2000; Suryanaraynan e Kumaresan, 2000; Kumaresan e Suryanaraynan, 2001; Azevedo e Araújo, 2007; Costa *et al.*, 2012a, b; Lima *et al.*, 2013). Plantas em áreas secas estão expostas a muitos estresses ambientais, incluindo baixa disponibilidade de água, alta salinidade, elevadas diferenças de temperaturas diurnas, alta irradiação e privação de nutrientes. Como fungos endofíticos podem ajudar contra estresses ambientais, é um pouco surpreendente que os endófitos de plantas de área seca têm recebido pouca atenção (Suryanarayanan *et al.*, 1998; Sun *et al.*, 2012).

Estudos de Cactaceae indicam semelhanças com os resultados de nossas taxas de colonização. Fisher *et al.* (1994), por exemplo, estudaram 600 fragmentos de cacto da Austrália e isolaram 617 fungos endofíticos de 23 táxons (Ascomycota). Suryanarayanan *et al.* (2005)

utilizaram 1.050 fragmentos de cactos do Arizona (EUA) para isolar 900 endófitos pertencentes a 22 espécies de fungos (Ascomycota) e Bezerra *et al.* (2012a) utilizaram 45 fragmentos de palma forrageira do Brasil para obter 44 isolados de fungos endofíticos pertencentes a 13 espécies (Ascomycota). Estudando os fungos endofíticos de outras plantas, Khidir *et al.* (2010) analisaram as raízes de gramíneas em pastagem semiárida dos Estados Unidos, e encontraram uma taxa de colonização de 87,5%. Sun *et al.* (2012) observaram uma taxa de colonização de 69% dos fragmentos de caules e folhas de plantas de áreas desérticas da China. Loro *et al.* (2012), estudando a diversidade de fungos endofíticos de 18 plantas de regiões semiáridas da Venezuela, verificaram que todas as espécies de plantas continham fungos endofíticos (incidência de 100%), e obtiveram entre 2 e 8 isolados morfológicamente distintos por planta. A maioria dos fungos que se encontram dentro de *C. jamacaru* correspondem a gêneros já relatados como endófitos (Larran *et al.*, 2002; Azevedo e Araújo, 2007; Vieira *et al.*, 2011; Vieira *et al.*, 2012; Costa *et al.*, 2012a).

Em um prévio estudo de *Opuntia ficus-indica* cultivada em regiões semiáridas do Brasil, Bezerra *et al.* (2012a) observaram que dos 44 fungos endofíticos isolados, o gênero *Cladosporium* foi o mais frequente. Fischer *et al.* (1994b) e Suryanarayanan *et al.* (2005) estudando os fungos endofíticos de cactos na Austrália e Arizona, respectivamente, também isolaram espécies do gênero *Cladosporium*. Em estudos de fungos endofíticos em ambientes secos, no Novo México, Khidir *et al.* (2010) observaram que os gêneros *Paraphaeosphaeria* e *Moniliophthora* foram mais comumente isolados, representando 58% do total. Estudando a comunidade endofítica fúngica de plantas de áreas desérticas na China, Sun *et al.* (2012) encontraram apenas um isolado de *Cladosporium*, porém eles também identificaram alguns gêneros de fungos endofíticos, geralmente encontradas em Cactaceae (*Alternaria*, *Aspergillus*, *Fusarium*, *Penicillium*, *Phoma* e *Ulocladium*). Loro *et al.* (2012) verificaram que os fungos endofíticos mais comuns em gramíneas e ciperáceas do semiárido no noroeste da Venezuela são membros dos gêneros *Cochliobolus* e *Phoma*.

Os endófitos agrupados como mycelia sterilia (30,3%) demonstram que plantas de áreas secas abrigam uma diversidade de fungos que não esporulam em cultura (Tabela 1 e Figura 2). Estudando cactos, Fisher *et al.* (1994a) encontraram 1,78% de mycelia sterilia na Austrália; Suryanarayanan *et al.* (2005) encontraram 6,44% no Arizona e Bezerra *et al.* (2012a) encontraram 22,72% no Brasil. Similarmente, Sun *et al.* (2012) avaliando a comunidade de fungos endofíticos em caules e folhas de outras plantas em áreas desérticas na China encontraram 13,10% de mycelia sterilia. Em estudos de fungos endofíticos de plantas de regiões tropicais úmidas e temperadas, mycelia sterilia também tem disso isolado. Gou *et al.* (2000), por exemplo, encontraram 16,45% isolados que não esporularam em cultura de palmeiras distribuídas e cultivadas na China. Arnold *et al.* (2000) agruparam todos os isolados obtidos de duas espécies de plantas no Panamá em 418

morfoespécies endofíticas. Outros estudos em regiões tropicais e temperadas têm demonstrado que *myceia sterilia* pode ser isolado como endófito (Arnold *et al.* 2001; Girlanda *et al.* 2002; Wang *et al.* 2005; Arnold e Lutzoni 2007; Unterseher *et al.* 2007; Linnakoski *et al.* 2012).

Nesta pesquisa, 69,7% dos isolados foram identificados por características morfológicas como pertencentes a 59 táxons, e 58% são considerados espécies raras. Embora a taxonomia morfológica contribua grandemente para a elucidação da riqueza de fungos endofíticos, a adição de métodos moleculares na identificação destes organismos tem ajudado na distinção de morfoespécies e gêneros com espécies complexas, tais como *Cladosporium* (Bensch *et al.* 2012). Isto também tem aumentado o conhecimento da diversidade de endófitos, incluindo, em particular, aqueles fungos que não esporulam em cultura (Suryanarayanan *et al.* 2011). Portanto, o uso exclusivo de taxonomia morfológica pode, em certa medida, deturpar a presença de algumas espécies comuns no cacto *C. jamacaru*, previamente encontradas em outros ambientes. Esperamos continuar a exploração da diversidade de fungos endofíticos de *C. jamacaru* adicionando métodos moleculares para auxiliar na identificação destes micro-organismos Gou *et al.* (2000), Wang *et al.* (2005) e Suryanarayanan *et al.* (2011) tem destacado a importância de técnicas moleculares para auxiliar na identificação de fungos não esporulantes.

Curiosamente, o patógeno de planta *Fusarium oxysporum* foi isolado como endófito de *C. jamacaru*. Esta espécie é relatada como causadora de doenças em plantas de interesse agrícola e cactos do gênero *Opuntia*, no qual ele causa murchidão dos cladódios (Postma e Rattink, 1992; Souza *et al.*, 2010), no entanto, também tem sido predominantemente isolado como um endófito (Xing *et al.*, 2010; Wang *et al.*, 2011; Vieira *et al.*, 2012). Também foram isoladas espécies de *Aspergillus* e *Penicillium*, que podem ser termofílicas, patógenos oportunistas em seres humanos e outros mamíferos, e produzirem micotoxinas (Hoog *et al.*, 2000; Summerbell, 2005; Magan, 2007; Posada *et al.*, 2007; Kharwar *et al.*, 2008; Houbaken *et al.*, 2011; Loro *et al.*, 2012; Bezerra *et al.*, 2012). Embora Zygomycetes sejam raramente isolados como endófitos (Stone *et al.*, 2004), foram isoladas de *C. jamacaru* as espécies *Cunninghamella echinulata* var. *echinulata* e *Syncephalastrum racemosum*.

Alguns fungos pigmentados também foram isolados; *Aureobasidium*, *Cladosporium*, *Curvularia*, e *Phoma*. Outros trabalhos sobre endófitos sugerem que fungos pigmentados podem conferir tolerância da planta hospedeira à seca, aridez, e/ou a temperaturas extremas (Redman *et al.*, 2002; Mandyam e Jumpponen, 2005; Khidir *et al.*, 2010), e estes fungos associados a raízes podem estar envolvidos na absorção de água (Barrow, 2003; Mandyam e Jumpponen, 2005; Barrow *et al.*, 2008). Além disso, alguns estudos têm levantado a hipótese de que fungos endofíticos podem alterar os níveis de hormônios que controlam o comportamento estomático e ajuste osmótico

(Malinowski e Belesky, 2000; Mandyam e Jumpponen, 2005). Morsy *et al.* (2010) sugeriram que estas relações podem ser influenciadas pelo envolvimento de osmoprotetores, o pigmento melanina, e proteínas termófilas, como foi observado em culturas de *Curvularia protuberata*. Pesquisa sobre fungos de ambientes extremos, embora às vezes desafiadora, é claramente justificada e importante para a compreensão dos fatores que moldam comunidades microbianas nessas áreas, dando uma perspectiva sobre os benefícios para o meio ambiente (Magan, 2007; Newsham, 2012).

Os resultados deste estudo sugerem uma alta diversidade de fungos endofíticos em *C. jamacaru*. Isto está em contraste com alguns estudos que indicaram que a diversidade de endófitos em áreas secas e/ou desérticas é baixa por causa de fatores tais como baixa pluviosidade e baixa densidade da vegetação (Arnold *et al.*, 2000; Suryanarayanan *et al.*, 2002, 2003, 2005). Murali *et al.* (2007), por exemplo, analisando a comunidade endofítica na Índia, identificaram 60 e 51 espécies em tecidos de 15 diferentes árvores nas florestas espinhosa seca e decídua seca, respectivamente. Estes autores sugerem que a baixa diversidade de endófitos pode ser devido a um grupo de fungos dominado por *Colletotrichum gloeosporioides*, *Phomopsis* spp., e *Phyllosticta capitalensis*, e compartilhado por árvores pertencendo a diferentes famílias nestas duas diferentes florestas. Este não seria o caso deste estudo, pois destes táxons foi isolado somente *Phomopsis archeri*. Semelhantemente, estudando endófitos associados com outros cactos, Fisher *et al.* (1994a) isolaram 23 táxons, Suryanarayanan *et al.* (2005) isolaram 22 espécies de fungos, e Bezerra *et al.* (2012a) isolaram 15 táxons em *Opuntia ficus-indica*. A elevada riqueza de endófitos de *C. jamacaru* na floresta tropical seca brasileira pode estar relacionada com a diversidade de plantas na Caatinga (Siqueira Filho *et al.*, 2012).

No geral, a comunidade de fungos endofíticos no cacto na floresta tropical seca brasileira é muito diversa, como está indicado pelo valor de Fisher α estimado (19,32). Estudando 21 espécies de cactos no Arizona, Suryanarayanan *et al.* (2005) obtiveram um valor de Fisher α entre 0,6 e 2,3. Os valores de Fisher α encontrados nesta pesquisa são baixos em comparação com outros obtidos por Arnold e Lutzoni (2007). Estes autores descreveram o aumento da diversidade na comunidade de fungos endofíticos recuperados de angiospermas na floresta boreal do sul (Fisher α de 9,2), para a zona temperada (Fisher α de 25,7) e para os trópicos (Fisher α de 30,9). Em contraste, as estimativas de Fisher-alfa encontradas foram maiores do que as encontradas por Murali *et al.* (2007) e Suryanarayanan *et al.* (2011) em plantas espinhosas de floresta seca, floresta decídua seca e floresta ombrófila montanhosa. Estas comparações devem ser interpretadas com cautela, pois as curvas de saturação em alguns destes estudos indicaram a diversidade da comunidade de fungos como subestimada (Loro *et al.*, 2012).

Estudando folhas e caules em áreas desérticas na China, Sun *et al.* (2012) obtiveram valores para o índice de Shannon variando de 0,29 para 4,78, e para o índice de Simpson de 1,00 para 6,60. Embora haja variação, estas estimativas são relativamente semelhantes com os valores encontrados neste estudo. Estimativas de diversidade de fungos semelhantes também foram obtidas de gramíneas e ciperáceas na região semiárida neotropical do noroeste da Venezuela ($H' = 2,27-3,06$) (Loro *et al.* 2012). Os valores do índice de Shannon ($H' = 2,991$) e índice de equitabilidade de Pielou ($J = 0,7335$) desta pesquisa foram similares aos de Tadych *et al.* (2012) em estudo de fungos endofíticos e patogênicos no desenvolvimento de ovários de arando (“cranberry”) de *Vaccinium macrocarpon* coletadas em Nova Jersey, EUA. O valor do índice de riqueza de Margalef para fungos de *C. jamacaru* ($D_{mg} = 9,722$) foi maior do que para a micobiota endofítica em raízes de um raro arroz selvagem (*Oryza granulate*) de uma reserva natural na China (Yuan *et al.*, 2010), e foi o maior que a comunidade endofítica de *Cannabis sativa* na Holanda (Kusari *et al.*, 2013). Isto indica que a diversidade de fungos endofíticos em cacto da floresta tropical seca brasileira é muito alta.

As curvas de acumulação de fungos endofíticos observadas mostram que a comunidade endofítica não foi completamente amostrada. Resultados similares foram obtidos por outras pesquisas de plantas em ambientes secos (ver Murali *et al.*, 2007; Khidir *et al.*, 2010; Suryanarayanan *et al.*, 2011; Loro *et al.*, 2012; Sun *et al.*, 2012) e outros ambientes tropicais (Arnold *et al.*, 2000; Arnold e Lutzoni, 2007). Os resultados obtidos sugeriram que amostragens adicionais acrescentariam novas espécies de endófitos para aquelas que são conhecidas a partir deste cacto.

Investigações detalhadas da composição de comunidades de fungos endofíticos em plantas tropicais e/ou temperadas frequentemente encontram novos táxons e revelam novas distribuições de espécies já conhecidas. Por causa dos endófitos não serem facilmente observáveis, a diversidade de espécies podem ser relativamente elevada e uma vez que apenas uma pequena proporção dos potenciais hospedeiros foram examinados, endófitos representam um número substancial e diverso de fungos desconhecidos (Arnold *et al.*, 2000). Estudos de fungos endofíticos são necessários para fornecer informações fundamentais para a avaliação da diversidade global e da distribuição desses importantes micro-organismos (Tan e Zou, 2001; Strobel e Daisy, 2003, Stone *et al.*, 2004; Siqueira *et al.*, 2011).

Conclusão

Com base nas observações deste estudo, sugere-se que o cacto *C. jamacaru* abriga uma alta diversidade de fungos endofíticos, e que mais amostragens ainda vão acrescentar mais novas espécies para a comunidade de endófitos conhecida. *Cladosporium cladosporioides* e *Fusarium*

oxysporum foram as mais frequentemente espécies endofíticas isoladas, sugerindo que eles podem ter importância ecológica para as Cactaceae. Mais estudos de fungos endofíticos de Cactaceae são necessários para entender as relações entre plantas e fungos de regiões áridas e semiáridas, e os benefícios que esses fungos conferem a seus hospedeiros, bem como os mecanismos envolvidos para adaptar estas plantas as condições de vida extrema. Pode até ser possível transferir os genes apropriados a partir de fungos endofíticos para as plantas, para obtenção de plantas de importância econômica que são resistentes à escassez de água e potencialmente protegidas contra as alterações climáticas.

Agradecimentos

Agradecemos ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP-01.08.0392.00), Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG, CRA-APQ 00001-11), Fundação de Amparo a Ciência e Tecnologia de Pernambuco (FACEPE APQ-0290-2.12/10), o Sistema Nacional de Pesquisa em Biodiversidade - SISBIOTA Brasil (Processo 563304/2010-3) do Brasil pelo suporte financeiro desse projeto. Nós estendemos nossos agradecimentos ao Instituto Fazenda Tamanduá (Fazenda Tamanduá), Danielle Karla Silva (MSc.), Dra. Neiva Tinti de Oliveira, Dr. João Lúcio de Azevedo e dois revisores anônimos pelas sugestões para o manuscrito. Nós também agradecemos aos estudantes do Laboratório de Citologia e Genética de Fungos/UFPE por sua ajuda técnica e processamento das amostras.

6. CONSIDERAÇÕES GERAIS

A comunidade de fungos endofíticos associada ao cacto *Cereus jamacaru* representa uma importante diversidade de fungos até então não estudada.

A frequência e diversidade de fungos endofíticos em tecidos de *C. jamacaru* nas três áreas de sucessão ecológica da Caatinga (inicial, intermediária e tardia) são diferentes, contudo, as áreas Inicial e Intermediária possuem uma maior frequência de endófitos e a área Tardia é a mais diversa.

Espécies de fungos endofíticos isoladas de *C. jamacaru* são comumente isoladas de outros cactos e outras são relatadas em plantas de ambientes tropicais úmidos e/ou temperados, entretanto, quarenta e sete espécies são relatadas a primeira vez como fungo endofítico de cactos e dezoito outras como endófito para o Brasil.

As espécies *Cladosporium cladosporioides*, *Fusarium oxysporum*, *Acremonium terricola* e *Aureobasidium pullulans* são mais frequentes nas diferentes áreas de sucessão ecológica da Caatinga e parecem ter importância ecológica para *C. jamacaru* em áreas de sucessão ecológica da floresta ropical seca brasileira.

Certas espécies de fungos foram pouco frequentes em tecidos de *C. jamacaru* de diferentes áreas de sucessão ecológica, entretanto, algumas espécies foram específicas para cada área, por exemplo, *Acremonium charticola* foi específica para a área inicial, *A. pteridii* específica para a área intermediária e *Aspergillus sydowii* específica para a área tardia.

Fungos pigmentados podem estar envolvidos na proteção do cacto *C. jamacaru* aos fatores abióticos extremos da floresta tropical seca brasileira conhecida como ecossistema Caatinga.

A maior similaridade de fungos endofíticos no cacto *C. jamacaru* foi entre as áreas inicial e intermediária do ecossistema Caatinga.

Fungos endofíticos de plantas de floresta tropical seca parecem estar contribuindo com a regeneração dessas florestas, como foi observado no estudo de *C. jamacaru* de diferentes áreas de sucessão ecológica do ecossistema Caatinga.

Este estudo da comunidade de fungos endofíticos de *C. jamacaru* é o primeiro no mundo e nenhum outro verificou a comunidade de fungos endofíticos de plantas de ambientes em sucessão ecológica, principalmente do bioma floresta tropical seca, conhecido no Brasil como ecossistema Caatinga.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agra, M.F., Baracho, G.S., Basílio, I.J.D., Nurit, K., Coelho, V.P., Barbosa, D.A. 2007. Sinopse da flora medicinal do cariri paraibano. *Oecologia Brasiliensis* 11:323-330.
- Agrios, G.H. 1997. *Plant Pathology*. Academy Press, London.
- Albrechtsen, B.R., Bjorken, L., Varad, A., Hagner, A., Wedin, M., Karlsson, J., Jansson, S. 2010. Endophytic fungi in European aspen (*Populus tremula*) leaves diversity, detection, and a suggested correlation with herbivory resistance. *Fungal Diversity* 41(1):17-28.
- Albuquerque, U.P., Andrade, L.H.C. 2002. Uso de recursos vegetais da caatinga: o caso do agreste do estado de Pernambuco (nordeste do Brasil). *Interciência* 27(7):336-346.
- Albuquerque, U.P., Medeiros, P.M., Almeida, A.L., Monteiro, J.M., Lins-Neto, E.M.F., Melo, J.G. de, Santos, J.P. 2007. Medicinal plants of the caatinga (semi-arid) vegetation of NE Brazil: a quantitative approach. *Journal of Ethnopharmacology* 114, 325-354.
- Almeida, M.M., Tavares, D.P.S.A., Rocha, A.S., Oliveira, L.S.C., Silva, F.L.H., Mota J.C. 2006. Cinética da produção do fermentado do fruto do mandacaru. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais* 8:35-42.
- Alquati, S.A.B. 1999. *Paracoccidioides brasiliensis* não ocorre na forma endofítica em gramíneas da região endêmica de Botucatu, SP. Brasil. Botucatu, UNESP, 115p., Dissertação de Mestrado.
- Ananda, K., Sridhar, K.R. 2002. Diversity of endophytic fungi in the roots of mangrove species on the west coast of India. *Canadian Journal of Microbiology* 48(10):871-878.
- Anderson, E.F. 2001. *The Cactus Family*. Portland: Timber Press, Inc.
- Andrade, C.T.S., Marques, J.G.W., Zappi, D.C. 2006. Utilização medicinal de cactáceas por sertanejos baianos. *Revista Brasileira de Plantas Medicinais* 8:36-42
- Andrade, L.A., Pereira, I.M., Leite, U.T., Barbosa, M.R. 2005. Análise da cobertura de duas fitofisionomias de caatinga, com diferentes históricos de uso, no município de São João do Cariri, estado da Paraíba. *Cerne Lavras* 11(3):253-262.
- Andrade-Lima, D. 1981. The caatinga dominium. *Revista Brasileira e Botânica* 4:149-53.
- Araújo Filho, J.A. 1996. Desenvolvimento sustentável da caatinga. Sobral: Ministério da Agricultura/EMBRAPA/CNPQ.
- Araújo, W.L., Maccheroni, JR.W., Aguilar-Vildoso, C.I., Barroso, P.A.V., Saridakis, H.O., Azevedo, J.L. 2001. Variability and interations between endophytic bacteria and fungi isolated from leaf tissues of citrus rootstocks. *Canadian Journal of Microbiology* 47: 229-236
- Arnold, A.E., Lutzoni, F. 2007. Diversity and host range of foliar fungal endophytes: are tropical leaves biodiversity hotspots? *Ecology* 88(3):541-549.
- Arnold, A.E., Maynard, Z., Gilbert, G.S. 2001. Fungal endophytes in dicotyledonous neotropical trees: patterns of abundance and diversity. *Mycological Research* 105(12):1502-1507.
- Arnold, A.E., Maynard, Z., Gilbert, G.S., Coley, P.D., Kursar, T.A. 2000. Are tropical endophytes fungi hyperdiverse? *Ecology Letters* 3:267-274.
- Azevedo, J.L. Microrganismos endofíticos. 1998. In: Melo, I.S., Azevedo, J.L. (eds.) *Ecologia Microbiana*. Jaguariúna: EMBRAPA-CNPMA, pp.117-137.
- Azevedo, J.L., Araújo, W.L. 2007. Diversity and applications of endophytic fungi isolated from tropical plants. In: Ganguli BN, Deshmukh SK (eds.) *Fungi: multifaceted microbes*. CRC Press, Boca Raton, pp. 189-207.
- Azevedo, J.L., Maccheroni, Jr.W., Pereira, J.O., Araújo, W.L. 2000. Endophytic microorganisms: a review on insect control and recent advances on tropical plants. *Electronic Journal of Biotechnology* 3(1), 40-65.
- Banerjee, D. 2011. Endophytic Fungal Diversity and Tropical and Subtropical Plants. *Research Journal of Microbiology* 6(1):54-62.
- Banerjee, D., Mahapatra, S., Manna, S., Mukherjee, R., Mukherjee, S., Pati, B.R. 2006. Occurrence of Endophytic fungi in *Vitex negundo* L. (Verbenaceae). *Journal of the Botanical Society of Bengal* 60: 28-31.

- Banerjee, D., Manna, S., Mahapatra, S., Pati, B.R. 2009. Fungal endophytes in three medicinal plants of lamiaceae. *Acta Microbiologica et Immunologica Hungarica* 56:243-250.
- Barbosa, H.P. 1998. *Tabela da composição de alimentos do Estado da Paraíba Setor Agropecuário*. FAPEP-UFPB.
- Barnett, J.A., Payne, R.W., Yarrow, D. 2000. *Yeasts: Characteristics and Identification*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Barroso, G., Guimarães, E., Ichaso, C., Costa, C., Peixoto, A. 1978. *Sistemática das Angiospermas do Brasil*, v 1. LTC/ Edusp, São Paulo.
- Barrow, J.R. 2003. Atypical morphology of dark septate fungal root endophytes of *Bouteloua* in arid southwestern USA rangelands. *Mycorrhiza* 13:239–247.
- Barrow, J.R., Lucero, M.E., Reyes-Vera, I., Havstad, K.M. 2007. Endosymbiotic fungi structurally integrated with leaves reveals a lichenous condition of C4 grasses. *In Vitro Cellular and Developmental Biology - Plant* 43:65-70.
- Barrow, J.R., Lucero, M.E., Reyes-Vera, I., Havstad, K.M. 2008. Do symbiotic microbes have a role in plant evolution, performance and response to stress? *Communicative and Integrative Biology* 1:69-73.
- Bayman, P., Angulo-Sandoval, P., Zoila, B.A., Ez-Ortiz, Lodge, D.J. 1998. Distribution and dispersal of *Xylaria* endophytes in two tree species in Puerto Rico. *Mycological Research* 102(8):944-948.
- Bensch, K., Braun, U., Groenewald, J.Z., Crous, P.W. 2012. The genus *Cladosporium*. *Studies in Mycology* 72:1-401.
- Bezerra, J.D.P., Lopes, D.H.G., Santos, M.G.S., Svedese, V.M., Paiva, L.M., Almeida-Cortez, J.S., Souza-Motta, C.M. 2012b. Riqueza de micro-organismos endofíticos em espécies da família Cactaceae. *Boletín de la Sociedad Latinoamericana y del Caribe de Cactáceas y otras Suculentas* 9(2): 19-23.
- Bezerra, J.D.P., Santos, M.G.S., Svedese, V.M., Lima, D.M.M., Fernandes, M.J.S., Paiva, L.M., Souza-Motta, C.M. 2012a. Richness of endophytic fungi isolated from *Opuntia ficus-indica* Mill. (Cactaceae) and preliminary screening for enzyme production. *World Journal of Microbiology and Biotechnology* 28:1989-1995.
- Bills, G.F. 1996. Isolation and analysis of endophytic fungal communities from woody plants. In: Redlin, S.C., Carris, L.M. (eds.) *Endophytic fungi in grasses and woody plants: systematics, ecology, and evolution*. American Phytopathological Society Press, Saint Paul, pp.31–65.
- Bose, S.R. 1947. Hereditary (Seed-Borne) Symbiosis in *Casuarina equisetifolia* Forst. *Nature* 159:512-514.
- Brasil. 1991. Subsídios Técnicos para elaboração do relatório nacional do Brasil para a CNUMAD. Ministério das Relações Exteriores, Brasília.
- Brasil. 1995. Nordeste: uma estratégia de desenvolvimento sustentável. Ministério do Planejamento e Orçamento, Brasília.
- Cabral, D., Stone, J., Carroll, G.C. 1993. The internal mycoflora of *Juncus* spp.: microscopic and cultural observation of infection patterns. *Mycological Research* 97:367-376.
- Carroll, F.E., Müller, E., Sutton, B.C. 1977. Preliminary studies on the incidence of needle endophytes in some European conifers. *Sydowia* 29:87–103.
- Carroll, G.C. 1986. The biology of endophytism in plants with particular reference to woody perennials. In: Fokkoma, N.J., Van de Heuvel, J. (eds.). *Microbiology of the Phyllosphere*. Cambridge University Press, Cambridge, pp.205-222.
- Carroll, G.C. 1988. Fungal endophytes in stems and leaves: from latent pathogen to mutualistic symbiont. *Ecology* 69:2-9.
- Cavalcanti, N.B., Resende, G.M. 2007. Efeito de Diferentes Substratos no Desenvolvimento de Mandacaru (*Cereus jamacaru* P. DC.), Facheiro (*Pilosocereus pachycladus* RITTER), Xiquexique (*Pilosocereus gounellei* (A. WEBWR EX K. SCHUM.) BLY. EX ROWL.) e Coroa-de-Frade (*Melocactus bahiensis* BRITTON & ROSE). *Revista Caatinga* 20(1):28-35.

- Ceccon, E., Huante, P., Rincón, E. 2006. Abiotic factors influencing tropical dry forests regeneration. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 49(2):305-312.
- Chandra, S. 2012. Endophytic fungi: novel sources of anticancer lead molecules. *Applied Microbiology and Biotechnology* 95:47-59.
- Chareprasert, S., Piapukiew, J., Thienhirun, S., Whalley, A.J.S., Sihanonth, P. 2006. Endophytic fungi of teak leaves *Tectona grandis* L. and rain tree leaves *Samanea saman* Merr. *World Journal of Microbiology and Biotechnology* 22:481-486.
- Chen, G., Lin, Y., Wen, L., Vrijmoed, L.L.P., Jones, E.B.G. 2003. Two new metabolites of a marine endophytic fungus from an estuarine mangrove on the South China Sea Coast. *Tetrahedron* 59:4907-4909.
- Choi, W.Y., Rim, S.O., Lee, J.H., Lee, J.M., Lee, I.J., Cho, K.J., Rhee, I.K., Kwon, J.B., Kim, J.G. 2005. Isolation of gibberellins producing fungi from the root of several *Sesamum indicum* plants. *Journal of Microbiology and Biotechnology* 15(1):22-28.
- Clarke, K.R., Gorley, R.N. 2006. Primer v6: user manual/tutorial. PRIMER-E, Plymouth, UK.
- Clay, K., Hardy, T.N., Hammond, A.M. Jr. 1985. Fungal endophytes of grasses and their effects on an insect herbivore. *Oecologia* 66:1-5.
- Clay, K., Schardl, C. 2002. Evolutionary origins and ecological consequences of endophyte symbiosis with grasses. *American Naturalist* 160, 99-127.
- Collado, J., Platas, G., Gonzales, I., Pelaéz, F. 1999. Geographical and seasonal influence on the distribution of fungal endophytes in *Quercus ilex*. *New Phytologist* 143:525-532.
- Correa, M.P. 1969. *Dicionário das plantas úteis do Brasil*. Rio de Janeiro: Imprensa Nacional.
- Costa, I.P.M.W., Assunção, M.M.C., Lima, T.E.F., Oliveira, R.J.V., Cavalcanti, M.A.Q. 2012a. Checklist of endophytic fungi from tropical regions. *Mycotaxon* 119:494. http://www.mycotaxon.com/resources/checklists/costa_v119_checklist.pdf. Acesso em 11 de agosto de 2012.
- Costa, I.P.M.W., Maia, L.C., Cavalcanti, M.A. 2012b. Diversity of leaf endophytic fungi in mangrove plants of Northeast Brazil. *Brazilian Journal of Microbiology* 43(3):1165-1173.
- Crabtree, S.L., Gessner, R.V. 1982. Growth and nutrition of the salt marsh fungi *Pleospora gaudefroyi* and *Camarosporium roumeguerii*. *Mycologia* 74:640-647.
- Dai, C.C., Yu, B.Y., Li, X. 2008. Screening of endophytic fungi that promote the growth of *Euphorbia pekinensis*. *African Journal of Biotechnology* 7(19):3505-3510.
- Davey, M.L., Currah, R.S. 2006. Interactions between mosses (Bryophyta) and fungi. *Canadian Journal of Botany* 84:1509-1519.
- De Bary, A. 1866. *Morphologie und Physiologie der Pilze, Flechten und Myxomyceten*. Engelann, Leipzig, Alemanha.
- Domsch, K.H., Gams, W., Anderson, T.H. 2007. *Compendium of soil fungi*. IHW-Verlag, Eching.
- Dreyfuus, M.M., Chapela, I.H. 1994. Potential of fungi in the discovery of novel, low molecular weight pharmaceuticals. In: Gullo, V.P. (ed.). *The Discovery of Natural Products with Therapeutic Potential*. Butterworth-Heinemann, London, UK, pp. 49-80.
- Ellis, M.B. 1971. *Dematiaceus Hyphomycetes*. Commonwealth Mycological Institute, Kew.
- Embrapa. 1997. *Manual de métodos de análises do solo*. Ministério da Agricultura e do Abastecimento, Rio de Janeiro.
- Embrapa. Vegetação florestal. EMBRAPA Cerrado, Brasília, Disponível em: < http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia16/AG01/arvore/AG01_15_911200585232.html >. Acesso em: 11 janeiro 2011.
- Faeth, S.H., Fagan, W.F. 2002. Fungal endophytes: common host plant symbionts but uncommon mutualists. *Integrative and Comparative Biology* 42: 360-368.
- Fisher, P.J., Petrini, O., Petrini, L.E., Sutton, B.C. 1994a. Fungal endophytes from the leaves and twigs of *Quercus ilex* L. from England, Majorca an Switzerland. *New Phytol* 127:133-137.
- Fisher, P.J., Sutton, B.C., Petrini, L.E., Petrini, O. 1994b. Fungal endophytes from *Opuntia stricta*: a first report. *Nova Hedwigia* 59:195-200.

- Gai, C.S., Maccheroni Jr., W., Araujo, W. L., Azevedo, J.L. 2000. Microscopia eletrônica de varredura para localização de leveduras endofíticas em citros (*Citrus sinensis*) e análise de variabilidade entre os isolados através de marcadores de RAPD. In: Simpósio Internacional de Iniciação Científica da Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP.
- Galvão, R.M.S. 1998. Variabilidade genética detectada por RAPD em *Glomerella cingulata*, um dos fungos endofíticos mais frequentes, isolados em *Theobroma grandiflorum*, *Pueraria phaseoloides* e *Scleria pterota*. Manaus, FUA/UFSCAR, 151p. Dissertação de Mestrado.
- Geng, J., Yub, S-B., Wana, X., Wanga, X-J., Shena, P., Zhoub, P., Chena, X-D. 2008. Protective action of bacterial melanin against DNA damage in full UV spectrums by a sensitive plasmid-based noncellular system. *Journal of Biochemical and Biophysical Methods* 70(6):1151–1155.
- Gimre, T.S. 2001. *Cereus jamacaru*. Disponível em: <<http://home.eunet.no/~tgimre/MyCacti/index.html>>. Acesso em: dezembro de 2012.
- Girlanda, M., Ghignone, S., Luppi, A.M. 2002. Diversity of sterile root-associated fungi of two Mediterranean plants. *New Phytologist* 155:481–498.
- Glienke-Blanco, C., Aguilar-Vildoso, C.I., Vieira, M.I.C., Barroso, P.A.V., Azevedo, J.L. 2002. Genetic variability in the endophytic fungus *Guignardia citricarpa* isolated from citrus plants. *Genetics and Molecular Biology* 25:251-255.
- Gond, S.K., Verma, V.C., Kumar, A., Kumar, V., Kharwar, R.N. 2007. Study of endophytic fungal community from different parts of *Aegle marmelos* Correae (Rutaceae) from Varanasi (India). *World Journal of Microbiology and Biotechnology* 23(10):1371-1375.
- Guimarães, V.C. 1998. Isolamento de fungos endofíticos do hospedeiro *Paullinia cupana* H.B.K. var. *sorbilis* (Mart.) Ducke e análise da variabilidade genética, detectada por marcadores RAPD no endófito *Glomerella cingulata*. Manaus, FUA/UFSCAR, 123p., Dissertação de Mestrado.
- Guo, L.D., Hyde, K.D., Liew, E.C.Y. 2000. Identification of endophytic fungi from *Livistona chinensis* based on morphology and rDNA sequences. *New Phytologist* 147:617-630.
- Hallmann, J.A., Quadt-Halman, W., Mahaffee, F., Kloepper, J.W. 1997. Bacterial endophytes in agricultural crops. *Canadian Journal of Microbiology* 43:895-914.
- Hata, K., Atari, R., Sone, K. 2002. Isolation of endophytic fungi from leaves of *Pasania edulis* and their within-leaf distributions. *Mycoscience* 43:369–373.
- Hawksworth, D.L. 1991. The fungal dimension of biodiversity: magnitude, significance, and conservation. *Mycology Research* 95:641-655
- Hawksworth, D.L., Rossman, A.Y. 1997. Where are all the undescribed fungi? *Phytopathology* 87:888-891.
- Hirsch, G.U., Braun, U. 1992. Communities of parasitic microfungi. In: Winterhoff, W. (ed.). *Handbook of vegetation science: Fungi in vegetation science*. Kluwer Academic, Dordrecht, Netherlands, pp.225-250.
- Hoffman, M.T., Arnold, A.E. 2008. Geographic locality and host identity shape fungi endophyte communities in cupressaceous trees. *Mycological Research* 112:31–344.
- Holdridge, L.R. 1967. *Life zone ecology*. Tropical Science Center, San Jose.
- Hoog, G.S., Guarro, J., Gené, J., Figueras, M.J. 2000. *Atlas of Clinical Fungi*. Centraalbureau voor Schimmelcultures, Utrecht, The Netherlands.
- Houbraken, J., Frisvad, J.C., Samson, R.A. 2011. Taxonomy of *Penicillium* section *Citrina*. *Studies in Mycology* 70:53–138.
- Huang, Y., Wang, J., Li, G., Zheng, Z., Su, W. 2001. Tumor and antifungal activities in endophytic fungi isolated from pharmaceutical plants *Taxus mairei*, *Cephalataxus fortune* and *Torreya grandis*. *FEMS Immunology and Medical Microbiology* 31:163-167.
- Hunt, D., Taylor, N. 1990. The genera of Cactaceae: progress towards consensus. *Bradleya* 8:85-107.
- Hunt, D.R., N.P. Taylor, G. Charles (eds.) 2006. *The New Cactus Lexicon*. DH Publications, Milborne Port.

- Hyakumachi, M., Yokoyama, K., Ui, T. 1987. Role of melanin in susceptibility and resistance of *Rhizoctonia solani* to microbial lysis. *Transactions of the British Mycological Society* 89:27-33.
- Hyde, K.D., Soyong, K. 2008. The fungal endophyte dilemma. *Fungal Diversity* 33:163-173.
- Jacobson, E.S., Hove, E., Emery, H.S. 1995. Antioxidant function of melanin in black fungi. *Infect. Immun.* 63:4944-4945.
- Japan. 1990. Environment Agency. Global Environment Program and Global Environment Monitoring Program for Fiscal Year. Environment Agency, Tokyo.
- Johri, B.N. 2006. Endophytes to the rescue of plants! *Current Science* 90(10):1315-1316.
- Kawamura, C., Moriwaki, J., Kimura, N., Fujita, Y., Fuji, S., Hirano, T., Koizumi, S., Tsuge, T. 1997. The Melanin Biosynthesis Genes of *Alternaria alternata* Can Restore Pathogenicity of the Melanin Deficient Mutants of *Magnaporthe grisea*. *Molecular Plant-Microbe Interactions* 10(4):446-453.
- Kharwar, R.N., Verma, V.C., Strobel, G., Ezra, D. 2008. The endophytic fungal complex of *Catharanthus roseus* (L.) G. Don. *Current Science* 95:228–233.
- Khidir, H.H., Eudy, D.M., Porras-Alfaro, A., Herrera, J., Natvig, D.O., Sinsabaugh, R.L. 2010. A general suite of fungal endophytes dominate the roots of two dominant grasses in a semiarid grassland. *Journal of Arid Environmental* 74:35–42.
- Kirk, P., Cannon, P.F., Minter, D.W., Stalpers, J.A. 2008. *Ainsworth & Bisby's Dictionary of the Fungi*. 10th edn. CAB International, Wallingford, UK.
- Kogel, K.-H., Franken, P., Hüchelhoven, R. 2006. Endophyte or parasite – what decides? *Current Opinion Plant Biology* 9(4):358-363.
- Köppen, W. 1948. *Climatologia: con un estudio de los climas de la tierra*. Fondo de Cultura Económica, México.
- Kreger-Van Rij, N.J.W. 1984. *The Yeast - A Taxonomic Study*. Elsevier Science, Amsterdam.
- Krings, M., Taylor, T.N., Hass, H., Kerp, H., Dotzler, N., Hermsen, E.J. 2007. Fungal endophytes in a 400-million-yr-old land plant: infection pathways, spatial distribution, and host responses. *New Phytologist* 174:648–657
- Kumar, D.S.S., Hyde, K.D. 2004. Biodiversity and tissue-recurrence of endophytic fungi from *Tripterygium wilfordii*. *Fungal Diversity* 17:69–90.
- Kumaresan, V., Suryanarayanan, T.S. 2001. Occurrence and distribution of endophytic fungi in a mangrove community. *Mycological Research* 11(105):1388-1391.
- Kurtzman, C.P., Fell, J.W. 1998. *The Yeasts, A Taxonomic Study*. Elsevier Science, Amsterdam.
- Kusari, P., Kusari, S., Spiteller, M., Kayser, O. 2013. Endophytic fungi harbored in *Cannabis sativa* L.: diversity and potential as biocontrol agents against host plant-specific phytopathogens. *Fungal Diversity* 60(1):137-151.
- Lacava, P.T., Sebastiane, F.L.S., Azevedo, J.L. 2010. Fungos endofíticos: biodiversidade e aplicações biotecnológicas. In: Esposito E, Azevedo J.L. (orgs.). *Fungos: uma introdução à biologia, bioquímica e biotecnologia*. Caxias do Sul, Educs.
- Langfelder, K., Streibela, M., Jahn, B., Haase, G., Brakhage, A.A. 2003. Biosynthesis of fungal melanins and their importance for human pathogenic fungi. *Fungal Genetics and Biology* 38(2):143–158.
- Larran, S., Mónaco, C., Alippi, H.E. 2001. Endophytic fungi in leaves of *Lycopersicon esculentum* Mill. *World Journal of Microbiology and Biotechnology* 17:181–184.
- Larran, S., Perelló, A., Simón, M.R., Moreno, V. 2002. Isolation and analysis of endophytic microorganisms in wheat (*Triticum aestivum* L.) leaves. *World Journal of Microbiology and Biotechnology* 18:683–686.
- Latch, G.C.M. 1993. Physiological interactions of endophytic fungi and their hosts. Biotic stress tolerance imparted to grasses by endophytes. *Agriculture, Ecosystems and Environments* 44:143-156.
- Leal, I.R., Silva, J.M.C., Tabarelli, M., Lacher Jr., T. E. 2005. Mudando o curso da conservação da biodiversidade na Caatinga do Nordeste do Brasil. *Megadiversidade* 1(1):139-146.

- Leslie, J., Summerell, B.A. 2006. *The Fusarium Laboratory Manual*. Iowa: Blackwell Publishing.
- Léveillé, J.H. 1846. *Considérations mycologiques suivies d'une nouvelle classification des champignons*. Paris.
- Li, J.Y., Harper, J.K., Grant, D.M., Tombe, B.O., Bashyal, B., Hess, W.M., Strobel, G.A. 2001. Ambuic acid, a highly functionalized cyclohexenone with antifungal activity from *Pestalotiopsis* sp. and *Monochaetia* sp. *Phytochemistry* 56:463-468.
- Li, W.C., Zhou, J., Guo, S.Y., Guo, L.D. 2007. Endophytic fungi associated with lichens in Baihua mountain of Beijing, China. *Fungal Diversity* 25:69-80.
- Lima, D.A. 1989. *Plantas da Caatinga*. São Paulo: Academia Brasileira de Ciências.
- Lima, J.L. 1996. *Plantas forrageiras das caatingas: usos e potencialidades*. Petrolina: Embrapa.
- Lima, T.E.F., Oliveira, R.J.V., Neves, R.P., Bezerra, J.L., Cavalcanti, M.A.Q. 2013. Endophytic yeast of *Coffea arabica* and *Vitis labrusca* cv. Isabel from Pernambuco, Brazil. *Nova Hedwigia* 96(3-4):463-469.
- Lin, X., Lu, C., Huang, Y., Zheng, Z., Su, W., Shen, Y. 2007. Endophytic fungi from a pharmaceutical plant, *Camptotheca acuminata*: isolation, identification and bioactivity. *World Journal of Microbiology and Biotechnology* 23:1037-1040.
- Linares-Palomino, R. 2006. Phytogeography and floristics of seasonally dry tropical forests in Peru. In: Pennington, R.T., Lewis, G.P., Ratter, J.A. (eds.). *Neotropical savannas and dry forests: plant diversity, biogeography, and conservation*. Taylor & Francis CRC Press, Oxford UK, pp. 249-271.
- Linnakoski, R., Puhakka-Tarvainen, H., Pappinen, A. 2012. Endophytic fungi isolated from *Khaya anthotheca* in Ghana. *Fungal Ecology* 5:298-308.
- Lodder, J. 1970. *The Yeast - A Taxonomic Study*. North Holland Publishing Company, Amsterdam
- Lopez, B.R., Bashan, Y., Bacilio, M. 2011. Endophytic bacteria of *Mammillaria fraileana*, an endemic rock-colonizing cactus of the southern Sonoran Desert. *Archives of Microbiology* 193:527-541.
- Lopez, B.R., Tinoco-Ojanguren, C., Bacilio, M., Mendoza, A., Bashan, Y. 2012. Endophytic bacteria of the rock-dwelling cactus *Mammillaria fraileana* affect plant growth and mobilization of elements from rocks. *Environmental and Experimental Botany* 81:26-36.
- Loro, M., Valero-Jiménez, C.A., Nozawac, S., Márquez, L.M. 2012. Diversity and composition of fungal endophytes in semiarid Northwest Venezuela. *Journal of Arid Environmental* 85:46-55
- Losos, E.C., Leigh, E.G. Jr. 2004. *Tropical forest diversity and dynamism: findings from a large-scale plot network*. University of Chicago Press, Chicago.
- Maehara, S., Simanjuntak, P., Ohashi, K., Shibuya, H. 2010. Composition of endophytic fungi living in *Cinchona ledgeriana* (Rubiaceae). *Journal of Natural Medicines* 64(2):227-230.
- Magalhães, A. 2006. Perfil etnobotânico e conservacionista das comunidades do entorno da Reserva Natural Serra das Almas, Ceará-Piauí, Brasil. Fortaleza, Dissertação de Mestrado, Programa Regional de Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal do Ceará.
- Magalhães, A.A.S. 2000. Isolamento e variabilidade genética detectada por RAPD do fungo endofítico *Guignardia* sp. de *Himatanthus sucuuba* Spruce (Wood) Apocynaceae. Manaus, FUA/UFSCAR, 130p., Dissertação de Mestrado.
- Magan, N. 2007. Fungi in Extreme Environments. In: Kubicek, C.P., Druzhinina, I.S. (eds), *Environmental and Microbial Relationships*, 2nd edn. The Micota IV. Springer-Verlag, Berlin, pp. 85-100.
- Mahapatra, S., Banerjee, D. 2009. Extracellular tannase production by endophytic *Hyalopus* sp. *Journal of General and Applied Microbiology* 55:255-259.
- Maheshwari, R. 2006. What is an endophytic fungus? *Current Science* 90(10):1309.
- Malinowski, D.P., Belesky, D.P. 2000. Adaptations of endophyte-infected coolseason grasses to environmental stresses: mechanisms of drought and mineral stress tolerance. *Crop Science* 40:923-940.

- Malinowski, D.P., Brauer, D.K., Belesky, D.P. 1999. *Neotyphodium coenophialum*-endophyte affects root morphology of tall fescue grown under phosphorus deficiency. *Journal of Agronomy and Crop Science* 183:53–60.
- Mandyam, K., Jumpponen, A. 2005. Seeking the elusive function of the root-colonising dark septate endophytic fungi. *Studies in Mycology* 53:173–189.
- Maracajá, P.B., Benevides, D.S. 2006. Estudo da Flora Herbácea da Caatinga no Município de Caraúbas no Estado do Rio Grande do Norte. *Revista de Biologia e Ciências da Terra* 6:165–175.
- Marinho, A.M.R., Marinho, P.S.B., Rodrigues Filho, E. 2007. Constituintes químicos de *Penicillium* sp, um fungo endofítico isolado de *Murraya paniculata* (Rutaceae). *Revista Ciências Exatas e Naturais* 9(2):189-199.
- Medeiros, S.A.F. 1988. Microflora da folhagem do cajueiro *Anacardium occidentale* (L.) e controle biológico do agente da antracnose *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz) Sacc. *in vitro*. Recife, UFRPe, 1988, 106p., Dissertação de Mestrado.
- Meiado, M.V., Machado, M.C., Zappi, D.C., Taylor, N.P., Siqueira Filho, J.A. 2012. Cactos do Rio São Francisco: atributos ecológicos, distribuição geográfica e endemismo. In: Siqueira Filho, J.A. (org.). *A Flora das Caatingas do Rio São Francisco: história natural e conservação*. Rio de Janeiro, Andrea Jakobsson Estúdio Editorial, pp. 264-305.
- Meiado, V.M., Albuquerque, L.S.C., Rocha, E.A., Rojas-Aréchigas, M., Leal, I.R. 2010. Seed germination responses of *Cereus jamacaru* DC. ssp. *jamacaru* (Cactaceae) to environmental factors. *Plant Species Biology* 25:120-128.
- Melnroy, J.A., Kloepper, J.W. 1995. Survey of indigenous bacterial endophytes from cotton and sweet corn. *Plant and Soil* 173:337-342.
- Mendes, R., Azevedo, J.L. 2007. Valor biotecnológico de fungos endofíticos isolados de plantas de interesse econômico. In: Anais do 5º Congresso Brasileiro de Micologia, pp. 129-140.
- Mendes, R., Kuklinsky-Sobral, J.; Geraldi, I. O.; Araujo, W.L.; Azevedo, J.L.; Pizzirani-Kleiner, A. A. 2001. Monitoring soybean endophytic fungal community associated with glyphosate. XXI Congresso Brasileiro de Microbiologia, (21-25 Out. 2001), Foz do Iguaçu. Sociedade Brasileira de Microbiologia, São Paulo, p.242.
- Morsy, M.R., Oswald, J., He, J., Tang, Y., Roossinck, M.J. 2010. Teasing apart a threeway symbiosis: transcriptome analyses of *Curvularia protuberata* in response to viral infection and heat stress. *Biochemical and Biophysical Research Communications* 401:225-230.
- Mosse, B., Lyakh, I. P. 1994. Influence of Melanin on Mutation Load in *Drosophila* Populations after Long-Term Irradiation. *Radiation Research* 139(3):357-359.
- Mostert, L., Crous, P.W., Petrini, O. 2000. Endophytic fungi associated with shoots and leaves of *Vitis vinifera*, with specific reference to the *Phomopsis viticola* complex. *Sydowia* 52:46-58
- Müller, C.B., Krauss, J. 2005. Symbiosis between grasses and asexual fungal endophytes. *Current Opinion in Plant Biology* 8:450–456.
- Murali, T.S., Suryanarayanan, T.S., Venkatesan, G. 2007. Fungal endophytes communities in two tropical forest of southern India: diversity and host affiliation. *Mycological Progress* 6:191-199.
- Murphy, P.G., Lugo, A.E. 1986. Ecology of tropical dry forest. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 17:67-88.
- Nalini, M.S., Mahesh, B., Tejesvi, M.V., Prakash H.S., Subbaiah, V., Kini, K.R., Shetty, H.S. 2005. Fungal endophytes from the three-leaved caper, *Crataeva magna* (Lour.) DC. (Capparidaceae). *Mycopathologia* 159(2):245-249.
- Newsham, K.K. 2012. Fungi in extreme environments. *Fungal Ecology* 5:379-380.
- Oldfield, S. 1997. *Cactus and Succulent Plants – Status Survey and Conservation Action Plant*. IUCN/SSC Cactus and Succulent Specialist Group. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK, pp. 212.

- Oliveira, F.C.O. 1999. Fungos endofíticos de folhas de cajueiro, *Anacardium occidentale* L. propriedades antagônicas a *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz) Sacc. avaliação enzimática através de eletroforese e substratos específicos. Recife, UFRPe, 79p. Dissertação de Mestrado.
- Olsrud, M., Michelsen, A., Wallander, H. 2007. Ergosterol content in ericaceous hair roots correlates with dark septate endophytes but not with ericoid mycorrhizal colonization. *Soil Biology and Biochemistry* 39:1218–1221.
- Osono, T. 2007. Endophytic and epiphytic phyllosphere fungi of red-osier dogwood (*Cornus stolonifera*) in British Columbia. *Mycoscience* 48:47–52.
- Owen, N.L., Hundley, N. 2004. Endophytes – the chemical synthesizers inside plants. *Science Progress* 87(2):79-99.
- Pamphile, J.A. 1997. Variabilidade, transformação genética e transposons em linhagens endofíticas de *Fusarium moniliforme* isoladas de milho (*Zea mays* L.). Piracicaba: ESALQ/USP, 199p. Tese de Doutorado
- Pamphile, J.A., Azevedo, J.L. 2002. Molecular characterization of endophytic strains of *Fusarium verticillioides* (= *Fusarium moniliforme*) from maize (*Zea Mays* L.). *World Journal of Microbiology and Biotechnology* 18: 391-396.
- Paula, C.C., Ribeiro, O.B.C. 2004. *Cultivo prático de cactáceas*. Viçosa: UFV.
- Peixoto-Neto, P.A.S., Azevedo, J.L., Araújo, W.L. 2002. Microrganismos endofíticos: interação com plantas e potencial biotecnológico. *Biotecnologia, Ciência e Desenvolvimento* 29:62-76.
- Penna, E.B.S. 2000. Microrganismos endofíticos em erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) e variabilidade genética em *Phylosticta* sp. por RAPD. Curitiba, UFPr, 123p. Dissertação de Mestrado.
- Pereira, I.M., Andrade, L.A., Costa, J.R.M., Dias, J.M. 2001. Regeneração natural em um remanescente de caatinga sob diferentes níveis de perturbação, no agreste paraibano. *Acta Botanica Brasilica* 15(3):413-426.
- Pereira, J.O. 1993. Fungos endofíticos dos hospedeiros tropicais *Stylosanthes guianensis* e *Musa cavendish*. Piracicaba:ESALQ/USP, 105p. Tese de Doutorado.
- Pereira, J.O.; Azevedo, J.L.; Petrini, O. 1993. Endophytic fungi of *Stylosanthes*: A first report. *Mycologia* 85:362-364.
- Pereira, J.O.; Carneiro-Vieira, M.L.; Azevedo, J.L. 1999. Endophytic fungi from *Musa acuminata* and their reintroduction into axenic plants. *World Journal of Microbiology and Biotechnology* 15:37-40.
- Pereira, R.M.A., Filho, J.A.A., Lima, R.V., Paulino, F.D.G., Lima, A.O.N., Araújo, Z.B. 1989. Estudos fenológicos de algumas espécies lenhosas e herbáceas da caatinga. *Ciência Agrônômica* 20:11-20.
- Peters, S., Aust, H.J., Draeger, S., Schulz, B. 1998. Interactions in dual cultures of endophytic fungi with host and nonhost plant calli. *Mycologia* 90:360-367.
- Petrini, O. 1991. Fungal endophytes of tree leaves. In: Andrews, J.H., Hirano, S.S. (eds.). *Microbial ecology of leaves*. Springer, New York
- Petrini, O., Carroll, G. 1981. Endophytic fungi in foliage of some Cupressaceae in Oregon. *Canadian Journal of Botany* 59:629–636.
- Photita, W., Lumyong, S., Lumyong, P., Hyde, K.D. 2001. Endophytic fungi of wild banana (*Musa acuminata*) at Doi Suthep Pui National Park, Thailand. *Mycological Research* 105:1508-1513.
- Pimentel, I.C. 2001. Fungos endofíticos do milho (*Zea mays* L.) e da soja (*Glycine max* (L.) Merril e seu potencial valor biotecnológico no controle de pragas agrícolas. Curitiba, UFPr, 154p. Tese de Doutorado.
- Pirozynski, K.A., Malloch, D.W. 1975. The origin of land plants: a matter of mycotrophism. *Biosystems* 6:153–164.
- Posada, F., Aime, M., Peterson, S.W., Rehner, S.A., Vega, F. 2007. Inoculation of coffee plants with the fungal entomopathogen *Beauveria bassiana* (Ascomycota: Hypocreales). *Mycological Research* 111:748–757.

- Postma, J., Rattink, H. 1992. Biological control of *Fusarium* wilt of carnation with a non-pathogenic isolate of *Fusarium oxysporum*. *Canadian Journal of Botany* 70:1199–1205.
- Puente, M.E., Bashan, Y., Li, C.Y., Lebsky, V.K. 2004a. Microbial populations and activities in the rhizoplane of rock-weathering desert plants. I. Root colonization and weathering of igneous rocks. *Plant Biology* 6:629-642.
- Puente, M.E., Li, C.Y., Bashan, Y. 2004b. Microbial populations and activities in the rhizoplane of rock-weathering desert plants. II. Growth promotion of cactus seedlings. *Plant Biology* 6:643-649.
- Puente, M.E., Li, C.Y., Bashan, Y. 2009a. Rock-degrading endophytic bacteria in cacti. *Environmental and Experimental Botany* 66:389–401.
- Puente, M.E., Li, C.Y., Bashan, Y. 2009b. Endophytic bacteria in cacti seeds can improve the development of cactus seedlings. *Environmental and Experimental Botany* 66:402–408.
- Raviraja, N.S. 2005. Fungal endophytes in five medicinal plant species from Kudremukh Range, Western Ghats of India. *Journal of Basic Microbiology* 45:230-235.
- Redman, R.S., Sheehan, K.B., Stout, R.G., Rodriguez, R.J., Henson, J.N. 2002. Thermotolerance generated by plant/fungal symbiosis. *Science* 298:1581.
- Rêgo, M.M., Araújo, E.R., Rêgo, E.R., Castro, J.P. 2009. In vitro seed germination of mandacaru (*Cereus jamacaru* DC.). *Revista Caatinga* 22(4):34-38.
- Rizzini, C. 1987. Cactáceas: Os segredos da sobrevivência. *Ciência Hoje* 30:30-39.
- Rodal, M.J.N. 1992. Fitossociologia da vegetação arbustivo-arbórea em quatro áreas de caatinga em Pernambuco. Tese de Doutorado. Universidade Estadual de Campinas: Campinas – SP.
- Rodrigues, A.A.C. 1999. Fungos endofíticos de sementes de caupi, *Vigna unguiculata* (L.) Walp. e diferenciação morfológica, patogênica e enzimática de espécies de *Fusarium*. Recife, UFRPe, 87p. Dissertação de Mestrado.
- Rodrigues, K. F., Samuels, G. J. 1999. Fungal endophytes of *Spondias mombin* leaves in Brazil. *Journal of Basic Microbiology* 39:131-135.
- Rodrigues, K.F., Petrini, O. 1997. Biodiversity of Endophytic Fungi in Tropical Regions. Hyde, K.D. (ed.). *Biodiversity of Tropical Microfungi*. Hong Kong, China: Hong Kong University Press, pp. 57-69.
- Rodriguez, R.J., Henson, J., Van Volkenburgh, E., Hoy, M., Wright, L., Beckwith, F., Kim, Y., Redman, R.S. 2008. Stress tolerance in plants via habitat-adapted symbiosis. *International Society of Microbial Ecology* 2: 404–416.
- Rojas-Aréchiga, M., Vázquez-Yanes, C. 2000. Cactus seed germination: a review. *Journal of Arid Environments* 44: 85–104.
- Rollinger, J.L., Langenheim, J.H. 1993. Geographic survey of fungal endophytic community, composition in leaves of coastal redwood. *Mycologia* 85:149–156.
- Rudgers, J.A., Koslow, J.M., Clay, K. 2004. Endophytic fungi alter relationships between diversity and ecosystem properties. *Ecology Letters* 7(1):42-51.
- Russell, J.R., Huang, J., Anand, P., Kucera, K., Sandoval, A.G., Dantzler, K.W., Hickman, D., Jee, J., Kimovec, F.M., David Koppstein, D., Marks, D.H., Mittermiller, P.A., Núñez, S.J., Santiago, M., Townes, M.A., Vishnevetsky, M., Williams, N.E., Vargas, M.P.N., Boulanger, L-A., Bascom-Slack, C., Strobel, S.A. 2011. Biodegradation of polyester polyurethane by endophytic fungi. *Applied and Environmental Microbiology* 77(17):6076–6084.
- Sabogal, C. 1992. Regeneration of tropical dry forest in Central America, with examples from Nicaragua. *Journal of Vegetation Science* 3:407–416.
- Saikkonem, K., Wäli, P., Helander, M., Faeth, S.H. 2004. Evolution of endophyte-plant symbioses. *TRENDS in Plant Science* 9(6):275-280.
- Sampaio, E.V.S.B. 2002. Uso das plantas da caatinga. In: Sampaio, E.V.S.B., Giuliatti, A.M., Virgínio, J., Gamarra-Rojas, C.F.L. *Vegetação e flora da caatinga*. Associação Plantas do Nordeste – APNE, Centro Nordestino de Informações sobre Plantas – CNIP, Recife, pp. 49-90.

- Samson, R.A., Frisvad, J.C. 2004. *Penicillium* subgenus *Penicillium*: new taxonomics schemes, mycotoxins and other extrolites. *Studies in Mycology* 49:1–260.
- Sánchez-Azofeifa, G.A., Quesada, M., Rodriguez, J.P., Nassar, J.M., Stoner, K.E., Castillo, A., Garvin, T., Zent, E.L., Calvo-Alvarado, J.C., Kalacska, M.E.R., Fajardo, L., Gamon, J.A., Cuevas-Reyes, P. 2005. Research priorities for neotropical dry forests. *Biotropica* 37(4):477–485.
- Santamaría, J., Bayman, P. 2005. Fungal epiphytes and endophytes of coffee leaves (*Coffea arabica*). *Microbial Ecology* 50:1–8.
- Santos, R.M., Oliveira-Filho, A.T., Eisenlohr, P.V., Queiroz, L.P., Cardoso, D.B.O.S., Rodal, M.J.N. 2012. Identity and relationships of the Arboreal Caatinga among other floristic units of seasonally dry tropical forests (SDTFs) of north-eastern and Central Brazil. *Ecology and Evolution* 2(2):409–428.
- Sappapan, R., Sommit, D., Ngamrojanavanich, N., Pengpreecha, S., Wiyakrutta, S., Sriubolmas, N., Pudhom, K. 2008. 11-Hydroxymonocerin from the plant endophytic fungus *Exserohilum rostratum*. *Journal of Natural Products* 71:1657–1659.
- Sati, S.C., Pargaen, N., Belwal, M. 2009. Diversity of aquatic hyphomycetes as root endophytes on pteridophytic plants in Kumaun Himalaya. *Journal of American Science* 5(4):179–182.
- Schulz, B., Boyle, C. 2005. The endophytic continuum. *Mycological Research* 109(06):661–686.
- Schulz, B., Boyle, C., Draeger, S., Aust, H.J., Römmert, A.K., Krohn, K. 2002. Endophytic fungi: a source of novel biologically active secondary metabolites. *Mycological Research* 106(9):996–1004.
- Sebastianes, F.L.S., Romão, A.S., Lacava, P.T., Pizzirani-Kleiner, A.A. 2008. Endophytic fungi isolated from two mangrove ecosystems in São Paulo State, Brazil. In: *XII International Congress on Mycology*, pp. 69–69.
- Selosse, M.-A., Baudoin, E., Vandenkoornhuyse, P. 2004. Symbiotic microorganisms, a key for ecological success and protection of plants. *Comptes Rendus Biologies* 327(7):639–648.
- Sette, L.D., Passarini, M.R.Z., Delarmelina, C., Salati, F., Duarte, M.C.T. 2006. Molecular characterization and antimicrobial activity of endophytic fungi from coffee plants. *World Journal of Microbiology and Biotechnology* 22:1185–1195.
- Silva, A.C. 1997. Isolamento de fungos endofíticos de milho (*Zea mays*, L.). Piracicaba, ESALQ/USP, 1997, 56p., Dissertação de Mestrado.
- Silva, J.M.C., M. Tabarelli, M.T. Fonseca, L.V. Lins (orgs.) 2004. *Biodiversidade da Caatinga: áreas e ações prioritárias para a conservação*. Ministério do Meio Ambiente, Brasília.
- Sim, J.H., Khoo, C.H., Lee, L.H., Cheah, Y.K. 2010. Molecular diversity of fungal endophytes isolated from *Garcinia mangostana* and *Garcinia parvifolia*. *Journal of Microbiology and Biotechnology* 20:651–658.
- Siqueira Filho, J.A., Conceição, A.A., Rapini, A., Coelho, A.O.P., Zuntini, A.R., Joffily, A., Vieira, A.O.S., Prata, A.P.N., Machado, A.F.P., Alves-Araujo, A.G., Melo, A.L., Amorim, A.M.A., Fontana, A.P., Moreira, A.D.R., Lima, C.T., Proenca, C.E.B., Luz, C.L., Kameyama, C., Caires, C.S., Bove, C.P., Mynssen, C.M., Sá, C.F.C., Melo, E., Souza, E.B., Leme, E.M.C., Firetti-Leggieri, F., Salimena, F.R.G., Franca, F., Rainer, H., Faria, J.E.Q., Maciel, J.R., Lopes, J.C., Braga, J.M.A., Stehmann, J.R., Jardim, J.G., Pereira, J.F., Pastore, J.F.B., Valls, J.F.M., Melo, J.I.M., Pirani, J.R., Silva, J.A., Paula-Souza, J., Cardoso, L.J.T., Matias, L.Q., Lohmann, L.G., Queiroz, L.P., Oliveira, M.A., Sobral, M.E.G., Silva, M.J., Meiado, M.V., Coelho, M.A.N., Silva, M. B.C., Mamede, M.C.H., Lucena, M.F.A., Pessoa, M.C.R., Loiola, M.I.B., Arbo, M.M., Barbosa, M.R.V., Marchioretto, M.S., Buril, M.T., Bovini, M.G., Bueno, N.C., Fiaschi, P., Borges, R.A.X., Forzza, R.C., Sebastiani, R., Mello-Silva, R., Couto, R.S., Lima, R. B., Pereira, R.C.A., Marquete, R., Barreto, R.C., Xavier, S.R.S., Profice, S.R., Cavalcanti, T.B., Silva, T.R.S., Pott, V.J., Klein, V.L.G., Souza, V.C. 2012. Flora das Caatingas do Rio São Francisco. In: Siqueira Filho, J.A. (org.). *A Flora das Caatingas do Rio São Francisco: história natural e conservação*. Rio de Janeiro, Andrea Jakobsson Estúdio Editorial, pp. 446–542.

- Siqueira, M.V., Braun, U., Souza-Motta, C.M. 2008. *Corynespora subcylindrica* sp. nov., a new hyphomycete species from Brazil and a discussion on the taxonomy of corynespora-like genera. *Sydowia* 60(1):113–122.
- Siqueira, V.M., Conti, R., Araújo, J.M., Souza-Motta, C.M. 2011. Endophytic fungi from the medicinal plant *Lippia sidoides* Cham. and their antimicrobial activity. *Symbiosis* 53:89–95.
- Socha, A.M. 2003. From areoles to zygocactus: An evolutionary masterpiece. A synopsis of the family cactaceae. Disponível em: <<http://www.nybg.org/bsci/herb/cactaceae1.html.78k>>. Acesso em: dezembro de 2012.
- Souza, A.E.F., Nascimento, L.C., Araújo, E., Lopes, E.B., Souto, F.M. 2010. Ocorrência e identificação dos agentes etiológicos de doenças em palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* Mill.) no semiárido paraibano. *Biotemas* 23(3):11–20.
- Souza, A.Q.L. 2001. Fungos endofíticos de plantas tóxicas da Amazônia, *Palicourea longiflora* (aubl.) Rich e *Strychnos cogens* Benth. Manaus, FUA/UFSCAR, 102p. Dissertação de Mestrado.
- Souza, I.A. 2001. Antitumor properties of *Cereus jamacaru* on an experimental model of cancer *in vivo*. *Federation of European Pharmacological Societies* 15, 148.
- Stamford, T.L.M. 1997. Isolamento e identificação de microrganismos endofíticos, seleção e caracterização de actinomicetos produtores de enzimas amilolíticas. Recife, UFPe, 110p., Tese de Doutorado.
- Stone, J.K., Polishook, J.D., White, Jr.F. 2004. Endophytic Fungi. In: Muller, J.M., Bills, G.F., Foster, M.S. *Biodiversity of fungi: inventory and monitoring methods*. San Diego: Elsevier Academic Press, pp.241–270.
- Strobel, G.A. 2002. Rainforest endophytes and bioactive products. *Critical Reviews in Biotechnology* 22:315–333.
- Strobel, G.A., Daisy, B. 2003. Bioprospecting for microbial endophytes and their natural products. *Microbiology and Molecular Biology Reviews* 67(4):491–502.
- Strobel, G.A., Daisy, B., Castillo, U., Harper, J. 2004. Natural products from endophytic microorganisms. *Journal of Natural Products* 67:257–268.
- Strobel, G.A., Ford, E., Worapong, J., Harper, J.K., Arif, A.M., Grant, D.M., Fung, P.C.W., Chau, R.M.W. 2002. Isopestacin, an isobenzofuranone from *Pestalotiopsis microspora*, possessing antifungal and antioxidant activities. *Phytochemistry* 60:179–183.
- Strobel, G.A., Hess, W.M., Ford, E., Sidhu, R.S., Yang, X. 1996. Taxol from fungal endophyte and issue of biodiversity. *Journal of Industrial Microbiology* 17:417–423.
- Strobel, G.A., Kluck, K., Hess, W.M., Sears, J., Ezra, D., Vargas, P.N. 2007. *Muscodor albus* E-6, an endophyte of *Guazuma ulmifolia* making volatile antibiotics: Isolation, characterization and experimental establishment in the host plant. *Microbiology* 153:2613–2620.
- Strobel, G.A., Spang, S., Kluck, K., Hess, W.M., Sears, J., Livinghouse, T. 2008. Synergism among volatile organic compounds resulting in increased antibiosis in *Oidium* sp. *FEMS Microbiology Letters* 283:140–145.
- Summerbell, R.C. 2005. Root endophyte and mycorrhizosphere fungi of black spruce, *Picea mariana*, in a boreal forest habitat: influence of site factors on fungal distributions. *Studies in Mycology* 53:121–145.
- Sun, Y., Wang, Q., Lu, X., Okane, I., Kakishima, M. 2012. Endophytic fungal community in stems and leaves of plants from desert areas in China. *Mycological Progress* 11(3):781–790.
- Suryanarayanan, T.S., Kumaresan, V., Johnson, J.A. 1998. Foliar fungal endophytes from two species of the mangrove *Rhizophora*. *Canadian Journal of Microbiology* 44:1003–1006.
- Suryanarayanan, T.S., Murali, T.S., Thirunavukkarasu, N., Rajulu, M.B.G., Venkatesan, G., Sukumar, R. 2011. Endophytic fungal communities in woody perennials of three tropical forest types of the Western Ghats, southern India. *Biodiversity and Conservation* 20:913–928.
- Suryanarayanan, T.S., Murali, T.S., Venkatesan, G. 2002. Occurrence and distribution of fungal endophytes in tropical forest across a rainfall gradient. *Canadian Journal of Botany* 80:818–826.

- Suryanarayanan, T.S., Venkatesan, G., Murali, T.S. 2003. Endophytic fungal communities in leaves of tropical forest trees: diversity and distribution patterns. *Current Science* 85: 489–493.
- Suryanarayanan, T.S., Wittlinger, S.K., Faeth, S.H. 2005. Endophytic fungi associated with cacti in Arizona. *Mycological Research* 109:635–639.
- Suryanarayanan, T.S., Kumaresan, V. 2000. Endophytic fungi of some halophytes from an estuarine mangrove forest. *Mycological Research* 12(104):1465–1567.
- Sutton, B.C. 1980. *The Coelomycetes: fungi imperfecti with pycnidia, acervuli and stromata*. Commonwealth Mycological Institute, Kew.
- Swatzell, L.J., Powell, M.J., Kiss, J.Z. 1996. The relationship of endophytic fungi to the gametophyte of the fern *Schizaea pusilla*. *International Journal of Plant Sciences* 157:53–62.
- Tadych, M., Bergen, M.S., Johnson-Cicalese, J., Polashock, J.J., Vorsa, N., White Jr., J.F. 2012. Endophytic and pathogenic fungi of developing cranberry ovaries from flower to mature fruit: diversity and succession. *Fungal Diversity* 54:101–116.
- Taechowisan, T., Peberdy, J.F., Lumyong, S. 2003. Isolation of endophytic actinomycetes from selected plants and their antifungal. *World Journal of Microbiology and Biotechnology* 19:381–385.
- Tan, R.X., Zou, W.X. 2001. Endophytes: a rich source of functional metabolites. *Natural Product Reports* 18:448–459.
- Tao, G., Liu, Z.Y., Hyde, K.D., Lui, X.Z., Yu, Z.N. 2008. Whole rDNA analysis reveals novel and endophytic fungi in *Bletilla ochracea* (Orchidaceae). *Fungal Diversity* 33:101–122.
- Taylor, N., Zappi, D. 2008. Diversidade e endemismo das Cactaceae na Cadeia do Espinhaço. *Megadiversidade* 4:1–2.
- Taylor, N.P., Zappi, D.C. 2004. *Cacti of Eastern Brazil*. Kew: Royal Botanic Gardens, Kew.
- Taylor, T.N., Taylor, E.L. 2000. The rhynie chert ecosystem: a model for understanding fungal interactions. In: Bacon, C.W., White, J.F. (eds.) *Microbial endophytes*. Marcel Decker, New York.
- Tejesvi, M.V., Mahesh, B., Nalini M.S., Prakash, H.S., Kini, K.R., Subbiah, V., Shetty, H.S. 2006. Fungal endophyte assemblages from ethnopharmacologically important medicinal trees. *Canadian Journal of Microbiology* 52(5): 427–435.
- Tejesvi, M.V., Mahesh, B., Nalini, M.S., Prakash, H.S., Kini, K.R., Subbiah, V., Shetty, H.S. 2005. Endophytic fungal assemblages from inner bark and twig of *Terminalia arjuna* W. and A. (Combretaceae). *World Journal of Microbiology and Biotechnology* 21:1535–1540.
- Unterseher, M., Reiher, A., Finstermeier, K., Otto, P., Morawetz, W. 2007. Species richness and distribution patterns of leaf-inhabiting endophytic fungi in a temperate forest canopy. *Mycological Progress* 6:201–212.
- Verma, V.C., Gond, S.K., Kumar, A., Kharwar, R.N., Strobel, G. 2007. The endophytic mycoflora of bark, leaf, and stem tissues of *Azadirachta indica* A. Juss (Neem) from Varanasi (India). *Microbial Ecology* 54:119–125.
- Vieira, M.L.A., Hughes, A.F.S., Gil, V.B., Vaz, A.B.M., Alves, T.M.A., Zani, C.L., Rosa, C.A., Rosa, L.H. 2012. Diversity and antimicrobial activities of the fungal endophyte community associated with the traditional Brazilian medicinal plant *Solanum cernuum* Vell. (Solanaceae). *Canadian Journal of Microbiology* 58:54–66.
- Vieira, P.D.S., Souza-Motta, C.M., Lima, D., Torres, J.B., Quecine, M.C., Azevedo, J.L., Oliveira, N.T. 2011. Endophytic fungi associated with transgenic and non-transgenic cotton. *Mycology* 2(2):91–97.
- Wang, Q-X., Li, S-F., Zhao, F., Dai, H-Q., Bao, L., Ding, R., Gao, H., Zhang, L-X., Wen, H-A., Liu, H-W. 2011. Chemical constituents from endophytic fungus *Fusarium oxysporum*. *Fitoterapia* 82:777–781.
- Wang, Y., Casadevall, A. 1994. Decreased susceptibility of melanized *Cryptococcus neoformans* to UV light. *Applied and Environmental Microbiology* 60:3864–3866.

- Wang, Y., Dai, C-C. 2011. Endophytes: a potencial resource for biosynthesis, biotransformation, and biodegradation. *Annals of Microbiology* 61:207–215.
- Wang, Y., Guo, L.D., Hyde, K.D. 2005. Taxonomic placement of sterile morphotypes of endophytic fungi from *Pinus tabulaeformis* (Pinaceae) in northeast China based on rDNA sequences. *Fungal Diversity* 20: 235-260.
- Wilson, D. 1995. Endophyte – the evolution of the term, a clarification of its use and definition. *Oikos* 73:274-276.
- Worapong, J., Strobel, G.A., Daisy, B., Castillo, U., Baird, G., Hess, W.M. 2002. *Muscodor roseus* ann. nov. an endophyte from *Grevillea pteridifolia*. *Mycotaxon* 81:463-475.
- Worapong, J., Strobel, G.A., Ford, E.J., Li, J.Y., Baird, G., Hess, W.M. 2001. *Muscodor albus* gen. et sp. nov., an endophyte from *Cinnamomum zeylanicum*. *Mycotaxon*, 79: 67-79.
- Xing, X., Guo, S., Fu, J. 2010. Biodiversity and distribution of endophytic fungi associated with *Panax quinquefolium* L. cultivated in a forest reserve. *Symbiosis* 51:161–166.
- Yates, I.E., Bacon, C.W., Hinton, D.M. 1997. Effects of endophytic infection by *Fusarium moniliforme* on corn growth and cellular morphology. *Plant Diseases* 81:723-728.
- Yousif, F., Hifnawy, M.S., Soliman, G., Boulous, L., Labib, T., Mahmoud, S., Ramzy, F., Yousif, M., Hassan, I., Mahmoud, K., El-Hallouty, S.M., El-Gendy, M., Gohar, L., El-Manawaty, M., Fayyad, W., El-Menshaw, B.S. 2007. Large-scale *in vitro* screening of Egyptian native and cultivated plants for schistosomicidal activity. *Pharmaceutical Biology* 45:501-510.
- Yuan, Z.L., Zhang, C.L., Lin, F.C., Kubicek, C.P. 2010. Identity, diversity, and molecular phylogeny of the endophytic mycobiota in the roots of rare wild rice (*Oryza granulata*) from a nature reserve in Yunnan, China. *Applied and Environmental Microbiology* 76:1642–1652.
- Zanetti, R. 1994. Análise fitossociológica e alternativas de manejo sustentável da mata da agronomia, Viçosa, Minas Gerais. Trabalho integrante do conteúdo programático da disciplina Manejo Sustentado de Florestas Naturais. Viçosa: UFV.
- Zappi, D., Aona, L. 2007. *Cactaceae in Flora brasiliensis revisitada*. Disponível em: <<http://flora.cria.org.br>>. Acesso em: junho de 2007.
- Zappi, D., Taylor, N. 2008. Diversidade e endemismo das Cactaceae na Cadeia do Espinhaço. *Megadiversidade* 4(1-2):111-116.
- Zappi, D., Taylor, N., Machado, M. 2012. Cactaceae. In: Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/2012/FB000070>>. Acesso em: 08/12/2012.
- Zappi, D.C., Taylor, N.P., Machado, M.C. 2010. Cactaceae. In: Forzza, R.C., Baumgratz, F.A., Bicudo, C.E.M., Canhos, D.A.L., Carvalho, Jr.A.A., Costa, A., Costa, D.P., Hopkins, M., Leitman, P.M., Lohm Ann, L.G., Nic Lu Ghadha, E., Maia, L.C., Martinelli, G., Menezes, M., Morim, M.P., Nadruz, Coelho, M.A., Peixoto, A.L., Pirani, J.R., Rado, J., Queiroz, L.P., Souza, S., Souza, V.C., Stehmann, J.R., Sylvestre, L.S., Walter, B.M.T., Zappi, D.C. (eds.). *Catálogo de Plantas e Fungos do Brasil*. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 1:822-832.

APÊNDICE

Frequências absoluta (f) e relativa (fr) de fungos endofíticos isolados de *Cereus jamacaru* em diferentes áreas de sucessão ecológica da Caatinga, Brasil.

Fungos endofíticos	Áreas de sucessão ecológica da Caatinga					
	Inicial		Intermediária		Tardia	
	f	fr	f	fr	f	fr
<i>Acremonium bacillisporum</i> (Onions & G.L. Barron) W. Gams			1	0.48	1	0.67
<i>A. charticola</i> (Lindau) W. Gams	1	0.48				
<i>A. curvulum</i> W. Gams	1	0.48				
<i>A. pteridii</i> W. Gams & J.C. Frankland			2	0.97		
<i>A. terricola</i> (J.H. Mill., Giddens & A.A. Foster) W. Gams		6.79	4	1.94		
<i>Aspergillus flavus</i> Link	1	0.48	4	1.94	7	4.69
<i>A. japonicus</i> Saito	1	0.48			1	0.67
<i>A. niger</i> Tiegh.	1	0.48	3	1.45		
<i>A. ochraceus</i> G. Wilh.	6	2.91	2	0.97		
<i>A. parasiticus</i> Speare	1	0.48	1	0.48		
<i>A. sydowii</i> (Bainier & Sartory) Thom & Church					1	0.67
<i>A. terreus</i> Thom	1	0.48				
<i>A. versicolor</i> (Vuill.) Tirab.			1	0.48	2	1.34
<i>Aureobasidium pullulans</i> (de Bary) G. Arnaud	10	4.85	4	1.94	3	2.01
<i>Boeremia exigua</i> (Desm.) Aveskamp, Gruyter & Verkley			1	0.48		
<i>Candida etchellsii</i> (Lodder & Kreger-van Rij) S.A. Mey. & Yarrow			1	0.48		
<i>C. magnoliae</i> (Lodder & Kreger-van Rij) S.A. Mey. & Yarrow		0.48				
<i>Chrysonilia sitophila</i> (Mont.) Arx	5	2.42	5	2.42	5	3.35
<i>Cladosporium cladosporioides</i> (Fresen.) G.A. de Vries	53	25.72	35	16.99	16	10.73
<i>C. sphaerospermum</i> Penz.	4	1.94				
<i>Cochliobolus lunatus</i> R.R. Nelson & F.A. Haasis	2	0.97				
<i>Cunninghamella echinulata</i> var. <i>echinulata</i> (Thaxt.) Thaxt. ex Blakeslee	1	0.48	1	0.48	1	0.67
<i>Curvularia brachyspora</i> Boedijn	1	0.48				
<i>C. senegalensis</i> (Speg.) Subram.	1	0.48				
<i>Cytospora</i> Ehrenb.			6	2.91	8	5.36
<i>Debaryomyces hansenii</i> (Zopf) Lodder & Kreger-van Rij	1	0.48	5	2.42		
<i>Fusarium lateritium</i> Nees			3	1.45		
<i>F. oxysporum</i> Schltdl.	24	11.65	27	13.1	14	9.39
<i>Gibberella fujikuroi</i> var. <i>fujikuroi</i> (Sawada) Wollenw.	1	0.48	4	1.94	2	1.34
<i>Guignardia bidwellii</i> (Ellis) Viala & Ravaz			2	0.97		
<i>Nigrospora sphaerica</i> (Sacc.) E.W. Mason	1	0.48			6	4.02
<i>Penicillium aurantiogriseum</i> Dierckx	2	0.97				
<i>P. brevicompactum</i> Dierckx	1	0.48	1	0.48	2	1.34
<i>P. chrysogenum</i> Thom	2	0.97			1	0.67
<i>P. commune</i> Thom	2	0.97				
<i>P. funiculosum</i> Thom					6	4.02
<i>P. griseofulvum</i> Dierckx	2	0.97	3	1.45	1	0.67
<i>P. minioluteum</i> Dierckx			3	1.45		
<i>P. restrictum</i> J.C. Gilman & E.V. Abbott					1	0.67
<i>P. waksmanii</i> K.M. Zalessky					2	1.34
<i>Pestalotiopsis guepinii</i> (Desm.) Steyaert	2	0.97				
<i>Phoma leveillei</i> Boerema & G.J. Bollen			1	0.48		
<i>P. pomorum</i> Thüm.					2	1.34
<i>P. putaminum</i> Speg.					1	0.67
<i>P. tropica</i> R. Schneid. & Boerema	1	0.48	2	0.97	3	2.01
<i>Phomopsis archeri</i> B. Sutton			1	0.48		
<i>Pseudocochliobolus pallescens</i> Tsuda & Ueyama			1	0.48		
<i>Purpureocillium lilacinum</i> (Thom) Luangsa-ard, Hywel-Jones & Samson					1	0.67
<i>Redaellia Ciferri</i> (= <i>Aspergillus</i>)	1	0.48				

Continuação						
Fungos endofíticos	Áreas de sucessão ecológica da Caatinga					
	Inicial		Intermediária		Tardia	
	f	fr	f	fr	f	fr
<i>Rhodotorula foliorum</i> (Ruinen) Rodr. Mir. & Weijman	1	0.48				
<i>R. minuta</i> (Saito) F.C. Harrison					1	0.67
<i>R. mucilaginosa</i> (A. Jörg.) F.C. Harrison	1	0.48				
<i>R. pilatii</i> (F.H. Jacob, Faure-Reayn. & Berton) Weijman					2	2.01
<i>R. sonckii</i> (Hopsu-Havu, Tunnela & Yarrow) Rodr. Mir. & Weijman		0.48				
	1					
<i>Sporobolomyces salmonicolor</i> (B. Fisch. & Brebeck) Kluyver & C.B. Niel					2	2.01
<i>Sterigmatomyces elviae</i> Sonck & Yarrow	3	1.45			2	2.01
<i>Syncephalastrum racemosum</i> Cohn ex J. Schröt.					1	0.67
<i>Trichoderma viride</i> Pers.	4	1.94	13	6.31		
<i>Tritirachium dependens</i> Limber	2	0.97	1	0.48	1	0.67
<i>Mycelia sterilia</i>	49	23.78	68	33	52	35.57
Total	206		206		148	
Total taxa	35		30		29	