



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E CONSERVAÇÃO

INFLUÊNCIA DE DIFERENTES ESTÁGIOS SUCESSIONAIS NA
COMPOSIÇÃO E RIQUEZA DE LIQUENS NA CAATINGA

Cléverton de Oliveira Mendonça

Mestrado Acadêmico

São Cristóvão

Sergipe – Brasil

2014

CLÉVERTON DE OLIVEIRA MENDONÇA

INFLUÊNCIA DE DIFERENTES ESTÁGIOS SUCESSIONAIS NA
COMPOSIÇÃO E RIQUEZA DE LIQUENS NA CAATINGA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação da Universidade Federal de Sergipe, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ecologia.

Orientadora: Prof. Dra. Marcela Eugenia da Silva Cáceres

São Cristóvão

Sergipe – Brasil

2014

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE

M539i Mendonça, Cléverton de Oliveira
Influência de diferentes estágios sucessionais na composição e riqueza de líquens na caatinga / Cléverton de Oliveira Mendonça ; orientadora Marcela Eugenia da Silva Cáceres. – São Cristóvão, 2014.
104 f. : il.

Dissertação (mestrado em Ecologia e Conservação) – Universidade Federal de Sergipe, 2014.

1. Líquens. 2. Sucessão ecológica. 3. Floresta tropical. 4. Caatinga. 5. Sergipe (SE). 6. Qualidade ambiental - bioindicadores. I. Cáceres, Marcela Eugenia da Silva, orient. II. Título

CDU: 582.29

TERMO DE APROVAÇÃO

INFLUÊNCIA DE DIFERENTES ESTÁGIOS SUCESSIONAIS NA COMPOSIÇÃO E RIQUEZA DE LIQUENS NA CAATINGA

por

CLÉVERTON DE OLIVEIRA MENDONÇA

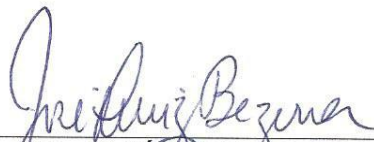
Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação da Universidade Federal de Sergipe, como parte dos requisitos exigidos para a obtenção do título de Mestre em Ecologia e Conservação.

APROVADA pela banca examinadora composta por



DR^a MARCELA EUGENIA DA SILVA CÁCERES

Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação da
Universidade Federal de Sergipe



DR. JOSÉ LUIZ BEZERRA

Universidade Federal do Recôncavo da Bahia



DR^a ANA PAULA CIRINO DO NASCIMENTO

Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação da
Universidade Federal de Sergipe

São Cristóvão/SE, 29 de julho de 2014

AGRADECIMENTOS

A aquele que se faz presente na minha essência, a Deus, agradeço.

A minha orientadora, Profa Dra Marcela Cáceres, que me mostrou um novo caminho, novos conhecimentos e novas oportunidades, agradeço por toda amizade, paciência, sabedoria e, principalmente, pela sua confiança depositada em mim durante estes 4 anos que perfazem os nossos caminhos. Que venha o doutorado!

Aos meus pais por todo amor, apoio e confiança dedicado, por estarem presentes nas minhas conquistas e me direcionar a seguir os melhores caminhos, a vocês serei eternamente grato. Amo muito vocês!

As minhas parceiras de coletas Adanilsa, Driele, Narla e Viviane por todo apoio e suporte durante as várias coletas realizadas nestes dois anos, em especial agradeço imensamente pela amizade e o tempo dedicado, sem vocês não teria conseguido, sem falar das risadas durante as sofríveis, mas prazerosas e marcantes semanas na Caatinga. A Danyelle, Marília e Octavio pela amizade, conversas e apoio. Obrigado!

Aos liquenólogos Dr. André Aptroot (ABL Herbarium, Holanda) e Dr. Robert Lücking (The Field Museum, Chicago) por todo suporte, auxílio nas identificações, com a estatística e os conhecimentos valiosos passados durante nossos encontros e por e-mail.

A minha amiga mineira Poliana que o mestrado me deu de presente, agradeço por sempre estar comigo, sempre vou lembrar de sua alegria e amizade.

A Edvaneide Leandro de Lima por todo o apoio durante esses dois anos, as palavras de amizade e as dicas para melhorar o trabalho.

A Nathália Mossman Koch pelos comentários e ajuda na interpretação de alguns dados.

A Maria Machado e Narla Mota por me auxiliarem durante as identificações, coletas e catalogação do material.

A Professora Dra Deise Maria Furtado de Mendonça agradeço todo o apoio e dedicação, especialmente por lutar por uma causa que não era sua, sem o seu auxílio eu não estaria aqui te dedicando este trabalho, serei eternamente grato.

A Amanda Barreto Xavier Leite e Aline Anjos de Menezes por todas as dicas e suporte durante o mestrado.

A Juliana Cordeiro secretária do PPEC por sempre nos auxiliar com as partes burocráticas e pela atenção e disposição em ajudar nos momentos mais necessitados.

Ao professor Dr. Leandro de Souza Souto pelo auxílio com a estatística do projeto.

A banca examinadora por aceitar fazer parte deste momento.

A SEMARH por conceder a autorização de coleta

A CAPES pela concessão da bolsa de mestrado.

*Aos melhores, aos que nos unem em laços fraternais,
aos que representam a minha vida,
a minha família,*

DEDICO!

*“O que verdadeiramente somos é aquilo que o
impossível cria em nós.”*

Clarice Lispector

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	10
LISTA DE TABELAS.....	12
RESUMO GERAL	14
GENERAL ABSTRACT.....	15
INTRODUÇÃO GERAL	16
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	21
Capítulo 1. ORGANIZAÇÃO DA COMUNIDADE DE LIQUENS NA CAATINGA EM RESPOSTA A UM GRADIENTE SUCESSIONAL	26
RESUMO.....	27
ABSTRACT	28
INTRODUÇÃO	29
MATERIAIS E MÉTODOS	31
Área de estudo	31
Monumento Natural Grota do Angico	31
Fazenda São Pedro	33
Coleta e Processamento de material biológico	34
Coleta do material biológico	34
Processamento e identificação das amostras	35
Amostragem dos fatores ambientais bióticos e abióticos	37
Análises estatísticas dos dados	38
RESULTADOS.....	39
Riqueza e composição de espécies	39
DISCUSSÃO	52
Riqueza de espécies	51
Composição.....	52
Diversidade Beta	53
CONCLUSÃO.....	55
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	55

Capítulo 2. ATRIBUTOS FUNCIONAIS DE LIQUENS COMO BIOINDICADORES DE SUCESSÃO FLORESTAL NA CAATINGA.....	61
RESUMO.....	62
ABSTRACT	63
INTRODUÇÃO	64
MATERIAIS E MÉTODOS	65
Área de estudo	65
Monumento Natural Grota do Angico	66
Fazenda São Pedro	67
Coleta e Processamento de material biológico	68
Coleta do material biológico	68
Processamento e identificação das amostras	69
Amostragem dos fatores ambientais bióticos e abióticos	71
Atributos funcionais	73
Análises estatísticas dos dados.....	74
RESULTADOS	74
DISCUSSÃO	79
Atributos × Estágios sucessionais.....	79
Atributos funcionais como bioindicadores	80
CONCLUSÃO.....	81
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	81
Capítulo 3. THE LICHENIZED MYCOBIOTA IN THE SEMI-ARID REGION OF SERGIPE STATE, BRAZIL: CONTRIBUTING TOWARDS A BIODIVERSITY INVENTORY OF THE CAATINGA BIOME	87
ABSTRACT	89
Introduction	90
Material and methods	90
Results and discussion.....	91
Acknowledgments.....	93
References.....	93
Considerações Finais.....	104

LISTA DE FIGURAS

Capítulo 1 – Organização da comunidade de líquens na caatinga em resposta a um gradiente sucessional.

- Figura 1.** Mapa territorial do estado de Sergipe com a localização das áreas de coletas.32
- Figura 2.** Entrada do Monumento Natural Grotta do Angico (A) e vista panorâmica da caatinga (B).....32
- Figura 3.** Vista da vegetação na Fazenda São Pedro (A) e Placa indicativa do bioma em estudo (B).33
- Figura 4.** Desenho amostral dos transectos para a coleta de líquens crostosos em cada estágio sucessional da floresta.34
- Figura 5.** Remoção de líquen crostoso do córtex do forófito.35
- Figura 6.** Secagem das amostras na prensa botânica (A) e exsiccatas confeccionadas prontas para identificação (B).35
- Figura 7.** Corte transversal do ascoma demonstrando teste histoquímico com hidróxido de potássio KOH (A), formação de cristais com teste KOH (B) Teste com Lugol I (C), Teste Ultravioleta UV (D).36
- Figura 8.** Foto hemisférica tirada em campo com o auxílio da lente olho de peixe (A) e tratada com o programa GLA (B).37
- Figura 9.** Boxplot da ANOVA de Kruskal-Wallis entre a riqueza em relação aos três estágios sucessionais. Local (1) Estágio inicial, (2) Estágio intermediário (3) Estágio avançado; Mean = Média, $\pm SE$ = Erro padrão e $\pm SD$ = Desvio padrão.....40
- Figura 10.** Teste de correlação de Spearman entre o pH e a riqueza dos estágios sucessionais.41
- Figura 11.** Análise de Cluster da composição de espécies entre os estágios sucessionais.42
- Figura 12.** Análise NMS da composição das espécies de líquens em relação aos estágios sucessionais e os fatores bióticos e abióticos amostrados. 43

Figura 13. Boxplot da diversidade beta entre os estágios amostrados. Local (1) Estágio inicial, Local (2) Estágio intermediário, Local (3) Estágio avançado. Mean = Média, \pm SE = Erro padrão e \pm SD = Desvio padrão.44

Figura 14. Líquens corticícolas amostrados entre os três estágios de sucessão. (A) *Coniocarpum cinnabarinum*, (B) *Crysotrix xanthina*, (C) *Cratiria obscurior*, (D) *Dirinaria leopoldii*, (E) *Dirinaria purpuracens*, (F) *Glyphis cicatriccosa*, (G) *Glyphis substriatula*, (H) *Haematomma personii*.....50

Figura 15. Líquens corticícolas amostrados entre os três estágios de sucessão. (A) *Helmintocarpon leprevosti*, (B) *Lecanora achroa*, (C) *Lecanora tropica*, (D) *Parmotrema gardnerii*, (E) *Phaeographis neotricosa*, (F) *Ramboldia haematites*, (G) *Stigmatochroma gerontoides*, (H) *Tylophorum moderatum*.....51

Capítulo 2 - Atributos funcionais de líquens como bioindicadores de sucessão florestal.

Figura 1. Mapa territorial do estado de Sergipe com a localização das áreas de coletas.66

Figura 2. Entrada do Monumento Natural Grota do Angico (A) e vista panorâmica da caatinga (B).67

Figura 3. Vista da vegetação na Fazenda São Pedro (A) e Placa indicativa do bioma em estudo (B).68

Figura 4. Desenho amostral dos transectos para a coleta de líquens crostosos em cada estágio sucessional da floresta.....69

Figura 5. Remoção de líquen crostoso do córtex do forófito.69

Figura 6. Secagem das amostras na prensa botânica (A) e exsiccatas confeccionadas prontas para identificação (B).70

Figura 7. Corte transversal do ascoma demonstrando teste histoquímico com hidróxido de potássio KOH (A), formação de cristais com teste KOH (B) Teste com Lugol I (C), Teste Ultravioleta UV (D).....71

Figura 8. Foto hemisférica tirada em campo com o auxílio da lente olho de peixe (A) e tratada com o programa GLA (B).....72

Figura 9. Boxplots da ANOVA com os resultados significativos entre a abundância dos atributos e o estágio inicial. (A) Algas clorococoides, (B) Líquens crostosos, (C) Líquens com apotécio, (D) Ascósporos com uma célula, (E) Ascósporos com duas células, (F) Ascósporos

hialinos, (G) Ascósporos pequenos, (H) Ascósporos médios, (I) Reprodução indireta. Local (1) estágio inicial, (2) estágio intermediário, (3) estágio avançado.....77

Figura 10. Boxplots da ANOVA com os resultados significativos entre a abundância dos atributos e o estágio avançado. (A) Algas trentepolioides, (B) Líquens com lirelas, (C) Ascósporos com três a quatro células, (D) Ascósporos com nove a dezesseis células, (E) Ascósporos marrons. Local (1) estágio inicial, (2) estágio intermediário, (3) estágio avançado.....78

Capítulo 3. The lichenized mycobiota in the semi-arid region of Sergipe state, Brazil: Contributing towards a biodiversity inventory of the Caatinga biome.

Figura 1. New records for Brazil. (A) *Amandinea diorista* var. *hypopelidna* (Stirt.) Marbach, (B) *Diorygma circumfusum* (Stirt.) Kalb, Staiger & Elix, (C) *Graphis alboglaucescens* Adaw. & Makhija, (D) *G. crassilabra* Müll. Arg., (E) *G. flavovirens* Makhija & Adaw, (F) *G. rustica* Kremp., (G) *G. sundarbanensis* Jagadeesh & G.P. Sinha, (H) *Lithothelium obtectum* (Müll. Arg.) Aptroot.....102

Figura 2. New records for Northeast of Brazil. (A) *Acanthothecis farinosa* Staiger & Kalb, (B) *A. subabaphoides* Staiger & Kalb, (C) *Chapsa chionostoma* (Nyl.) Rivas Plata & Mangold, (D) *Enterographa kalbii* Sparrius, (E) *Porina melanops* Malme (F) *Pyxine cognata* Stirt.....103

LISTA DE TABELAS

Capítulo 1. Organização da comunidade de líquens na Caatinga em resposta a um gradiente sucessional.

Tabela 1. Resultado do teste de correlação de Spearman entre os fatores ambientais dos períodos “seco” e “chuvoso” com a riqueza.....40

Tabela 2. Teste de Monte Carlo referente as espécies indicadoras dos estágios sucessionais. (P < 0,05), VI – Valor de Indicação.....43

Tabela 3. Lista de espécies de líquens corticícolas amostrados nos três estágios de sucessão. PF – Porto da Folha, PR – Poço Redondo.....45

Capítulo 2. Atributos funcionais de líquens como bioindicadores de sucessão florestal.

Tabela 1. Atributos funcionais significativos com relação a diferença de abundância entre os estágios.....75

Tabela 2. Atributos funcionais indicadores dos estágios de sucessão.....76

Capítulo 3. The lichenized mycobiota in the semi-arid region of Sergipe state, Brazil: Contributing towards a biodiversity inventory of the Caatinga biome.

Table 1. List of species found in Sergipe semiarid. GA – Gararu, IT – Itabi, NI – Niterói, NSG – Nossa Senhora da Glória, PF – Porto da Folha, MAS – Monte Alegre de Sergipe, PR – Poço

Redondo.....96

RESUMO GERAL

Os processos sucessionais em florestas tropicais seguem uma progressão de estágios durante os quais as florestas apresentam um enriquecimento gradual de espécies e um aumento em complexidade estrutural e funcional. Ações estocásticas resultadas do comportamento dos componentes das populações e espécies definem a sucessão florestal, onde fatores bióticos e abióticos em uma comunidade conduzem as estratégias ecológicas de diversidade de uma determinada comunidade de acordo com filtros ambientais locais e regionais. Os líquens são organismos que possuem uma complexa relação sucessional dentro da floresta, pois respondem a fatores espaciais e temporais, e ao mesmo tempo, são bioindicadores de qualidade ambiental. Neste sentido, o presente estudo tem como objetivo analisar a riqueza e a composição de espécies de líquens corticícolas ao longo de um gradiente de sucessão florestal na Caatinga, e verificar a possibilidade da utilização de atributos funcionais de líquens como indicadores dos estágios de sucessão florestal neste tipo de vegetação. O trabalho foi realizado em três áreas de diferentes estágios sucessionais na Caatinga do Alto Sertão Sergipano, em dois municípios do estado. Foram coletadas 1460 amostras, distribuídas entre as áreas inicial, intermediária e avançada. Desse total, 119 espécies foram identificadas, compreendendo 17 famílias e 47 gêneros. A riqueza difere entre os estágios de sucessão, onde os maiores valores estão para o estágio inicial, seguidos pelo avançado e intermediário. Dentre os fatores ambientais amostrados, o pH do período chuvoso é o único que afeta a riqueza. Com relação à composição, há uma clara separação dos estágios, onde o estágio avançado se diferencia do inicial e intermediário e são influenciados pelos fatores pH, DAP, luminosidade, elevação. A diversidade beta é maior para o estágio avançado, que possui uma composição mais heterogênea em relação ao inicial e intermediário, os quais compartilham espécies entre si. Com relação aos atributos funcionais, é perceptível a variação da abundância e a correlação bioindicadora dos estágios de sucessão. Os resultados demonstram que a comunidade de líquens responde à sucessão natural e é influenciada por fatores bióticos e abióticos. Logo, espera-se que este trabalho venha contribuir para ampliar os conhecimentos ecológicos sobre os líquens na Caatinga, servindo como ponto inicial para pesquisas complementares e inovadoras que contribuam para a conservação deste bioma.

Palavras-Chave: Sucessão ecológica, atributos funcionais, floresta tropical seca, bioindicadores, fungos liquenizados.

GENERAL ABSTRACT

The successional processes in tropical forests follow a progression of stages during which forests have a gradual enrichment of species and an increase in structural and functional complexity. Stochastic actions resulted from the behaviour of the population's components and species define forest succession, where biotic and abiotic factors lead the ecological diversity strategies in a community according to local and regional environmental filters. Lichens are organisms with complex relationship within successional forest because they respond to spatial and temporal factors, and at the same time, are bioindicators of environmental quality. In this context, the present study aims to investigate the richness and species composition of corticolous lichens along a gradient of forest succession in the Caatinga biome, and verify the possibility of using functional traits of lichens as indicators of successional stages of this type of vegetation. The study was undertaken in three areas of different successional stages in the Caatinga from Sergipe semiarid, in two municipalities. A total of 1460 samples were collected, distributed between the initial, intermediate and advanced stage areas. After the analysis, 119 species were identified, comprising 17 families and 47 genera. The richness differs between stages of succession, where the highest values are for the initial stage, followed by intermediate and later stages. Among the sampled environmental factors, the pH of the rainy season is the one that significantly affects species richness. Regarding species composition, there is a clear separation of stages, where the advanced stage differs from the initial and intermediate and are influenced by parameters such as bark pH, DAP of the tree, brightness, and elevation. The beta diversity is higher for the advanced stage, which has a more heterogeneous composition than the initial and intermediate, which share species among themselves. The functional traits presents a noticeable variation in the abundance and are bioindicators of stages of succession. Results show that the community of lichens respond to natural succession and is influenced by biotic and abiotic factors. Therefore, it is expected that this work will contribute to enhance the ecological knowledge of lichens in the Caatinga, serving as the starting point for complementary and innovative research that contributes to the conservation of this ecosystem.

Keywords: Ecological succession, functional traits, tropical dry forest, bioindicators, lichenized fungi.

INTRODUÇÃO GERAL

INTRODUÇÃO GERAL

Perturbações que levam a perda de biodiversidade constituem um problema crítico para a existência humana, pois a extinção de uma espécie é irreversível e representa a perda de um genoma único (Joly *et al.* 2011). Neste sentido, a mudança na composição das paisagens pode afetar o relacionamento entre as espécies, o que pode levar ao desequilíbrio ecológico (Chapin *et al.* 2000).

Após perturbações, o ambiente sofre o processo de sucessão biológica que ocorre a partir da mudança direcional no tempo, da composição de espécies e da fisionomia em uma única área onde o clima permanece efetivamente constante (Hubbel 2001). Historicamente, os processos sucessionais das florestas vem sendo estudados desde o século XIX, onde Henry Chandler Cowles (1869–1939), e Frederick Clements (1874–1945) fizeram um uso mais extenso do conceito de sucessão, e empregaram uma ampla nomenclatura que descrevem as ações ecológicas (Alves 2009, Nascimento 2010).

Clements (1916) afirma que a vegetação deveria convergir para uma organização estável, um clímax, cujas características da comunidade seriam controladas unicamente pelo clima. Entretanto, ao longo do século XX, as discussões criaram outros paradigmas. Gleason (1926) e Tansley (1935), por sua vez, discordaram do conceito formulado por Clements e criticaram a ideia de monoclímax, pois acreditavam no comportamento individualista das espécies e do processo de sucessão ser dependente de ações estocásticas.

A sucessão acontece a partir de ecossistemas simples para mais complexos, com um maior número de níveis tróficos, maior diversidade de espécies e formas vitais, que converge para um sistema com máxima biomassa e diversidade (Margalef 1968, Odum 1969). Já na década de 70, Connell & Slatyer (1977) definiram que os mecanismos que determinam as mudanças da composição de espécies da comunidade em sucessão estão divididos entre os modelos de facilitação, tolerância e inibição.

O modelo de facilitação propõe que as espécies iniciais colonizem e tornem o ambiente propício para a implantação das espécies tardias; e modelo de tolerância aborda a complexidade de diferentes meios de exploração determinados pelas características das estratégias de vida, onde as espécies tardias são capazes de tolerar os mais baixos níveis de recursos que as iniciais e, desta forma, irão crescer em conjunto com as espécies já existentes, tornando-se capazes de dominar os estágios avançados (Connell & Slatyer 1977, Mac Dougall & Turkington 2004). Já

o modelo de inibição propõe que as espécies iniciais invasoras impedem o estabelecimento de novas espécies, apropriando-se dos espaços e recursos (Connell & Slatyer 1977).

Durante a sucessão, a composição de formas de vida muda drasticamente, especialmente durante a fase inicial (Chazdon 2008). Considerando a complexa interação entre eventos de distúrbios e processos de regeneração, em múltiplas escalas temporais e espaciais (Chazdon 2003) as espécies vão e vêm, e sua presença ou ausência é ditada pela dispersão randômica e extinção estocástica (Hubbel 2001).

A sucessão pode ser classificada em primária quando ocorre em um local que previamente não foi estabelecido por uma comunidade e secundária quando se inicia sobre um local anteriormente ocupado por outra comunidade e que sementes ou esporos permanecem (Odum 2011, Townsend *et al.* 2010). Nas regiões tropicais, as florestas secundárias representam, geralmente, mais de 70% da área total remanescente (FAO 2010) e estão cada vez mais tornando-se um importante repositório da biodiversidade (Brown & Lugo 1990).

No mundo, as Florestas Tropicais Secas representam aproximadamente 42 % das florestas, sendo estas pouco conhecidas e extensivamente ocupadas por áreas urbanas ou agricultura (Quesada *et al.* 2009). No Brasil, a Caatinga é o único bioma com distribuição exclusiva em território brasileiro, ocupando cerca de 800.000 Km²; contudo, apenas 8,4% está protegido por Unidades de Conservação (UCs) (Santos *et al.* 2011, PNUD 2010, Prado 2003).

A Caatinga é caracterizada pela ocorrência de clima semiárido, elevado grau de endemismo e pela presença de plantas altamente adaptadas a escassez hídrica como as caducifólias, xerófitas, suculentas e com formação de acúleos (Silva *et al.* 2003). A vegetação não possui os traços da exuberância verde das florestas tropicais úmidas (Leal *et al.* 2003), entretanto, é um complexo ecossistema pela capacidade de adaptação de seus seres vivos à acentuada aridez do território (Silans *et al.* 2006).

O sistema agropastoril e a extração de lenha exercem uma grande pressão sobre a cobertura vegetal no bioma que sofre com as modificações fitofisionômicas e estruturais (MMA 2010, Castelletti *et al.* 2008). Neste sentido, a degradação da Caatinga provocada pelo povoamento e o uso insustentável dos seus recursos naturais, representa um sério problema tanto para a manutenção da diversidade biológica quanto para as atividades econômicas desenvolvidas pela população que leva à perda de hábitat e a segregação de uma única área em fragmentos de diferentes tamanhos (Castelletti *et al.* 2008, Leal *et al.* 2003, Santos 2010).

A fragmentação da floresta reflete, diretamente, na organização dos padrões ecológicos de todos os indivíduos, influenciando na composição relativa de florestas em sucessão

(Guariguata e Ostertag 2001). Partindo deste princípio, organismos como os líquens respondem às modificações da floresta em seu processo de regeneração florestal que influenciam diretamente em sua distribuição, desde mudanças no substrato, como rugosidade, pH da casca e diâmetro à altura do peito (DAP) do forófito onde ocorrem, a fatores abióticos como luz e umidade (Kock 2012, Kantvilas 1990, Bourg *et al.* 2007, Bunnell *et al.* 2008, Cáceres *et al.* 2007, Käffer *et al.* 2007).

Na dinâmica da sucessão ecológica, os líquens são organismos pioneiros, podem ser encontrados em quase todos os habitats terrestres, desde os trópicos até as regiões polares (Brodo *et al.* 2001, Valencia & Ceballos 2002, Nash 2008), distribuídos em diferentes substratos. São bioindicadores de qualidade ambiental (McCune 2000, Rivas Plata *et al.* 2008), e algumas espécies ou estruturas morfológicas podem ser utilizadas como padrões específicos para identificação de cada estágio de sucessão florestal (Koch 2012). A competição espacial ocorre principalmente entre líquens e briófitas, como elementos dominantes das comunidades epífitas (Lücking 2001). E, apesar do número de espécies decrescer em florestas secundárias, florestas montanas e áreas secas, certas espécies são apenas encontradas em áreas de vegetação impactada, provavelmente pela maior exposição à luz (Lücking 1995).

O crescimento dos líquens normalmente é lento; nas regiões tropicais as espécies possuem um crescimento radial anual de alguns milímetros a poucos centímetros por ano (Honegger 2008). Podem ser classificados, de acordo com a forma de crescimento, basicamente, em crostosos, foliosos, fruticosos e esquamulosos (Deacon 2006). Os líquens crostosos formam uma crosta bastante aderida sobre o seu substrato e não possuem cortex inferior; os foliosos possuem menos contato direto com o seu substrato, e estão ligados através de filamentos especializados chamados rizinas ou um ponto central no talo; os fruticosos estão aderidos ao substrato por meio de apenas uma base estreita (um estipe), e a maior parte do talo fica fora do substrato, como os ramos de um arbusto (Sipman & Aptroot 2007, Carlile *et al.* 2001); e os esquamulosos produzem crostas em forma de pequenas escamas, em superfícies planas de rocha, de solo ou de árvores (Deacon 2006).

Podem se fixar em troncos e em suas ramificações, no solo, sobre rochas ou folhas, e às vezes até sobre substratos menos convencionais como o plástico (Lücking 1998). Possuem uma grande diversidade de aspectos morfológicos como formas, cores, química, tipo de fotobionte e estruturas reprodutivas. Diante deste fato, aspectos de grupos funcionais em florestas no estudo da sucessão ecológica são importantes como indicadores de degradação ou

de diferenciação de estágios sucessionais (Quesada *et al.* 2009). O uso combinado de espécies indicadoras de líquens e grupos funcionais é um método confiável para o monitoramento da dinâmica da floresta em ecossistemas de altitude subtropicais (Li *et al.* 2013).

Em áreas de florestas tropicais, a estrutura, bem como em qual estágio de sucessão em que a floresta se encontra, podem ser identificados com o uso de atributos funcionais liquênicos (Koch 2012). Os líquens respondem as alterações na estrutura da floresta, onde algumas espécies são apenas encontradas em ambientes que não sofreram modificações por um longo tempo (Brodo *et al.* 2001, Thormann 2006). Da mesma forma, a presença de algumas famílias de líquens está diretamente associada com os padrões de preservação ou sinais de distúrbios nos habitats (Rivas Plata *et al.* 2008).

Entretanto, são poucos os estudos relacionando estágios de sucessão ecológica a grupos funcionais, diversidade, riqueza e composição de espécies de líquens em regiões tropicais (Cáceres *et al.* 2007, Koch 2012, Giordane *et al.* 2012 Li *et al.* 2013, Stofer *et al.* 2006), principalmente em florestas tropicais secas como a Caatinga. Pesquisas que visem avaliar os padrões de organização da comunidade liquênica e o seu potencial biológico permitirão traçar estratégias de conservação e recuperação de ambientes afetados por ações naturais ou antrópicas, desenvolvendo novos parâmetros para a análise de impactos ambientais.

Nesse contexto, o presente estudo tem como objetivo analisar a riqueza e a composição de espécies de líquens corticícolas ao longo de um gradiente de sucessão florestal na Caatinga e verificar a possibilidade da utilização de atributos funcionais de líquens como indicadores dos estágios de sucessão florestal.

Frente a isso, este trabalho está organizado em três capítulos: O primeiro capítulo “Organização das comunidades de líquens na Caatinga em resposta a um gradiente sucessional” relaciona a riqueza e composição de líquens na caatinga com fatores bióticos e abióticos (Luminosidade, elevação, pH e diâmetro a altura do peito – DAP) para verificar o padrão organizacional e as influências entre os estágios. O segundo capítulo “A comunidade de líquens e o uso de atributos funcionais como bioindicadores de sucessão florestal na Caatinga” enfoca os caracteres funcionais de líquens e sua abordagem potencial de bioindicação. O terceiro capítulo “The lichenized mycobiota in the semi-arid region of Sergipe state, Brazil: Contributing towards a biodiversity inventory of the Caatinga biome” aborda a composição das espécies de líquens no semiárido do estado de Sergipe.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alves, KT. 2009. Uma reinterpretação neutra das teorias da sucessão ecológica à luz da teoria dos sistemas complexos. Monografia de conclusão de curso. *UFSC*. Florianópolis. 130p.

Bourg, A; Rosabal, DL; Komposch, H; Hernandez, JEM; Rivas, PE & Lücking, R. 2007. Referencia de (Micro) Hábitat de Líquenes de las Familias Porinaceae y Pyrenulaceae en Bosque Lluvioso Premontano Primario y Secundario en las Cruces, Costa Rica. In: *Résumenes de Pôster de lo VIII Encuentro del Grupo Latinoamericano de Liquenólogos*. Lima-Perú.

Brodo, IM; Sharnoff, SD; Sharnoff. S. 2001. Lichens of North America. Yale University Press, *New Haven*, CT. 828 p

Brown, S & Lugo, AE. 1990. Tropical secondary forests. *Journal of Tropical Ecology*. Cambridge University Press. 6:1-32.

Bunnell, FL; Spribille, T; Houde, I; Goward, T & Björk, C. 2008. Lichens on down wood in logged and unlogged forest stands. Canadá: *Can. J. For. Res.* 38:1033-1041.

Cáceres, MES; Lücking, R; & Rambold, G. 2007. Phorophyte specificity and environmental parameters versus stochasticity as determinants for species composition of corticolous crustose lichen communities in the Atlantic rainforest of northeastern Brazil. *Mycolog. Prog.* 6: 117-136.

Carlile, MJ, Watkinson, SC & Gooday, GW. 2001. The Fungi. San. Diego, *Academic Press*, 2ed. 588p.

Castelletti, CHM; Santos, AMM; Tabarelli, M & Silva, JMC. 2008. Quanto ainda resta da Caatinga? Uma estimativa preliminar. In: Leal IR, Tabarelli M & Silva (Eds.) *Ecologia e Conservação da Caatinga*. 3ª Ed. Recife: *Universitária da UFPE*, p. 719-734.

Chazdon, R L. 2003. Tropical Forest recovery: legacies of human impact and natural disturbances. *Perspectives in Plant Ecology*. 6:50-71.

Chazdon, R L. 2008. Chance and determinism in Tropical Forest Succession, In: Carson, W.P. & Schnitzer, S.A. (ed.). 2008. *Tropical Forest Community Ecology*. Wiley-Blackwell, West Sussex. XII+491p.

Chapin, FS; Zavaleta, ES; Eviner, VT; Naylor, R; Vitousek, PM; Reynolds, HL; Hoopr, DU; Lavorel, S; Sala, OE; Hobbie, SE; Mack, MC; & Diaz, S. 2000. Consequences of changing biodiversity. *Nature* 405: 234-242.

Clements, F E. 1916. Plant Succession, *Carnegie Institution*, Publication 242, Washington, DC. 1916.

Connell, JH & Slatyer, RO. 1977. Mechanisms of succession in natural communities and their role in community stability and organization. *American Naturalist* 111:1119-1144.

Deacon, JW. 2006. Fungal Biology. 4ed. Rev. Ed. Of: *Modern mycology* 384p.

FAO (Food And Agriculture Organization Of The United Nations). 2010. Global forest resources assessment 2010: main report: 1-340.

Giordani, P; Brunialti, G; Bacaro, G; Nascimbene, J. 2012. Functional traits of epiphytic lichens as potential indicators of environmental conditions in forest ecosystems. *Ecological Indicators* 18: 413-420.

Guariguata, M & Ostertag, R. 2001. Neotropical Secondary Forest Succession: change in structural and functional characteristics. *Forest Ecology and Management*, 148(1/3): 185-206.

Gleason, H A. 1926. The individualistic concept of the plant association. *Bulletin of the Torrey Botanical Club*, New York, 53: 7-26.

Honegger, R. 2008. Morphogenesis. In: Nash III TH. 2008. Lichen Biology. Cambridge: *Cambridge University Press*. 2^o ed. 496p.

Hubbell, SP. 2001. The unified neutral theory of biodiversity and biogeography. *Princeton University Press*, Princeton. 448p.

Joly, CA; Haddad, CFB; Verdade, LM; Oliveira, MC; Bolzani, VS & Berlinck, RGS. 2011. Diagnóstico da pesquisa em biodiversidade no Brasil. *Rev. USP* [online]. ISSN 0103-9989, 89: 114-133.

Käffer, MI; Ganade, G; Marcelli, MP. 2007. Interação entre líquens e forófitos em quatro ambientes na FLONA de São Francisco de Paula. *Rev. Bra. De Bioc.* 5: 216-218.

Kantvilas, G. 1990. Succession in rainforest lichens. *Tasforests* 2: 167-171.

Kock, NM. 2012. Dinâmica da sucessão liquênica: padrões estruturais e funcionais como indicadores de regeneração florestal. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Ecologia. Porto Alegre.

Leal, IR; Tabarelli, M & Silva, JMC. 2003. Ecologia e Conservação da Caatinga. 1ª Ed. Recife: *Ed. Universitária da UFPE*. 822p.

Li, S; Liu, WY; Li, DW. 2013. Bole epiphytic lichens as potential indicators of environmental change in subtropical forest ecosystems in southwest China. *Ecological Indicators* 29: 93-104.

Lücking, R. 1995. Biodiversity and conservation of foliicolous lichens in Costa Rica. *Mitteilungen der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft* 70: 63-92.

Lücking, R. 1998. "Plasticolous" lichens in a tropical rain forest at La Selva Biological Station, Costa Rica. *The Lichenologist* 30: 287-301.

Lücking, R. 2001. Lichens on Leaves in Tropical Rainforests: life in a permanently ephemeral environment. *Life Forms and Dynamics in Tropical Forests*, Gerhard Gottsberger & Sigrid Liede (eds.): Diss. Bot. 00: 000-000. J. Cramer in der Gebrüder Borntraeger Verlagsbuchhandlung. Berlin . Stuttgart, 2001.

McCune, B. 2000. Lichen Communities as Indicators of Forest Health. *The Bryologist* 103(2): 353–356

Mac Dougall, AS & Turkington, R. 2004. Relative importance of suppression-based and tolerance-based competition in an invaded oak savanna. *Journal of Ecology* 92:422-434.

- Margalef, R. 1968. Perspectives in ecological theory. Chicago: *University of Chicago Press*. Illinois, USA. 176p.
- MMA. 2010. Monitoramento do Desmatamento nos Biomas Brasileiros por Satélite: Monitoramento do Bioma Caatinga 2002 a 2008. Brasil.
- Nash III TH. 2008. Lichen Biology. Cambridge: *Cambridge University Press*. 2^o ed. 496p.
- Nascimento, LM. 2010. Sucessão secundária em áreas de Mata Atlântica de Pernambuco: mudanças florísticas e estruturais. *UFRP*. Recife, 102p.
- Odum, EP. 2011. Fundamentos de ecologia. São Paulo: *Cengage Learning*.
- Odum, EP. 1969. The strategy of ecosystem development. *Science*. 164: 262-270.
- PNUD – Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento. 2010. Representatividade do Sistema Nacional de Unidades de Conservação na Caatinga. Projeto BRA/00/021: Sustentabilidade e Repartição dos benefícios da biodiversidade. Brasília. 54 p.
- Prado, DE. 2003. As Caatingas da América do Sul. In: Leal IR, Tabarelli M & Silva JMC (eds). *Ecologia e Conservação da Caatinga*. ed, Recife: *Ed. Universitária da UFPE*. 822p.
- Quesada M; Sanchez-Azofeifa, GA; Alvarez-Añorve, M; Stoner, KE; Avila-Cabadilla, L; Calvo-Alvarado, J; Castillo, A; Espírito-Santo, MM; Fagundes, M; Fernandes, GW; Gamon, J; Lopezaraiza-Mikel, M; Lawrence, D; Morellato, LPC; Powers, SJ; Neves, FS; Rosas-Guerrero, V; Sayago, R & Sanchez-Montoya, G. 2009. Succession and management of tropical dry forests in the Americas: Review and new perspectives. *Forest Ecology and Management*. 258: 1014 - 1024.
- Rivas-Plata, E; Lücking, R & Lumbsch, HT. 2008. When family matters: an analysis of Thelotremataceae (Lichenized Ascomycota: Ostropales) as bioindicators of ecological continuity in tropical forests. *Biodiversity and Conservation* 17: 1319-1351.
- Santos, JC; Leal, IR; Almeida-Cortez, JS; Fernandes, GW; Tabarelli, M. 2011. Caatinga: the scientific negligence experienced by a dry tropical forest. In: *Tropical Conservation Science*, 4(3): 276-286.

Santos, JMFF. 2010. Diversidade e abundância inter-anual no componente herbáceo da caatinga: paralelos entre uma área preservada e uma área antropizada em regeneração natural. Recife. 77p.

Silans, AP; Silva, FM & Barbosa, FAR. 2006. Determinação in loco da difusividade térmica num solo da região de caatinga (PB). *Rev. Bras. Ciênc. Solo* [online]. ISSN 0100-0683. 30(1): 41-48.

Silva, JMC; Tabarelli, M; Fonseca, MT; Lins, LV. 2003. Biodiversidade da caatinga: áreas e ações prioritárias para a conservação – Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente: *Universidade Federal de Pernambuco*. 382 p.

Sipman, H & Aptroot, A. 2007. Lichen Biodiversity in New Guinea. In: Marshall, AJ; Beehler, BM. *Ecology of Indonesian Papua Part One*. 1ª ed. Periplus Editions (HK) Ltd. Singapore.

Stofer, S; Bergamini, A; Aragón, G; Carvalho, P; Coppins, BJ; Davey, S; Dietrich, M.; Farkas, E; Kärkkäinen, K; Keller, C; Lökös, L; Lommi, S; Máguas, C; Mitchell, R; Pinho, P; Rico, VJ; Truscott, AM; Wolseley, PA; Watt, A & Scheidegger, C. 2006. Species richness of lichen functional groups in relation to land use intensity. *The lichenologist* 38(4): 331-353.

Tansley, AG. 1935. The use and abuse of vegetational concepts and terms. *Ecology*, 16: 284-307.

Thormann, MN. 2006. Lichens as indicators of forest health in Canada. *The Forestry Chronicle*, 82, 3.

Townsend, CR.; Begon, M & Harper, J L. 2010. Fundamentos em ecologia. 3ª ed. *Porto Alegre: Arned*.

Valencia, MC & JA. Ceballos. 2002. Hongos liquenizados. Bogotá, *Universidad Nacional de Colombia*. 220p.

Capítulo 1

ORGANIZAÇÃO DAS COMUNIDADES DE LIQUENS NA CAATINGA EM
RESPOSTA A UM GRADIENTE SUCESSIONAL

ORGANIZAÇÃO DAS COMUNIDADES DE LIQUENS NA CAATINGA EM RESPOSTA A UM GRADIENTE SUCESSIONAL

Cléverton de Oliveira Mendonça¹, André Aptroot², Robert Lücking³ & Marcela Eugenia da Silva Cáceres¹

¹Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação, Universidade Federal de Sergipe, CEP: 49100-000, São Cristóvão, Sergipe, Brasil.

²ABL Herbarium, G.v.d.Veenstraat 107, NL-3762 X K Soest, The Netherlands.

³Science & Education, The Field Museum of Natural History, 1400 South Lake Shore Drive, Chicago, Illinois 60605, USA.

RESUMO:

As características estruturais de uma floresta secundária mudam com a idade e as taxas destas mudanças são mediadas pelo clima e o tipo de solo. Os processos sucessionais em florestas tropicais seguem uma progressão de estágios durante os quais as florestas apresentam um enriquecimento gradual de espécies e um aumento em complexidade estrutural e funcional. A Caatinga é classificada como uma floresta de porte baixo, composta por árvores e arbustos que geralmente apresentam espinhos e microfilia, além de plantas suculentas e de um estrato herbáceo efêmero. Contém um elevado número de espécies e também remanescentes de vegetação ainda bem preservados, que incluem um número expressivo de táxons raros e endêmicos. Estudos a respeito dos padrões de sucessão das florestas secas e ao mesmo tempo de outros organismos que fazem parte deste ecossistema e que se encontram em diferentes estágios sucessionais são escassos. Sendo assim, este trabalho tem como objetivo analisar a riqueza e a composição de espécies de líquens ao longo de um gradiente de sucessão florestal na Caatinga. O trabalho foi realizado em três áreas de diferentes estágios sucessionais na Caatinga do Alto Sertão Sergipano, em dois municípios do estado. Foram coletadas 1460 amostras distribuídas entre as áreas inicial, intermediária e avançada. Desse total, 119 espécies foram identificadas, em 17 famílias e 47 gêneros. A riqueza difere entre os estágios de sucessão, entretanto, dentre os fatores ambientais amostrados apenas o pH da casca durante o período chuvoso possui correlação significativa. O estágio avançado demonstrou ser o mais heterogêneo em relação a sua composição de espécies do que os estágios inicial e intermediário, que compartilham as espécies e são mais homogêneos. Os fatores ambientais elevação, DAP, pH “seco”, abertura do dossel “chuvoso”, transmitância total “chuvoso”, porcentagem da transmitância total “chuvoso”, transmitância difusa “chuvoso”, a porcentagem da transmitância difusa “chuvoso” e os estágios sucessionais possuem relação significativa com a composição líquênica. Os resultados mostram que o padrão organizacional

da comunidade de líquens na Caatinga sofre alterações em sua composição que, da mesma forma, é influenciado por fatores bióticos e abióticos.

Palavras-chave: florestas tropicais secas, sucessão ecológica, micota liquenizada, composição de espécies, diversidade beta.

ABSTRACT:

The structural characteristics of a secondary forest change with age and the rates of these changes are mediated by the climate and soil type. The successional processes in tropical forests follow a progression of stages during which forests have a gradual enrichment of species and an increase in structural and functional complexity. The Caatinga vegetation is classified as a forest of low stature, composed of trees and shrubs that usually have thorns and microfilia, plus succulent plants and ephemeral herbaceous elements. It contains a high number of species and well preserved remnants of vegetation, which include a large number of rare and endemic taxa. Studies regarding the succession patterns of dry forests and other organisms, which are part of this ecosystem and are at different successional stages, are scarce. Thus, this study aims to examine the richness and species composition of lichens along a gradient of forest succession in the Caatinga biome. The study was undertaken in three areas of different successional stages in the Caatinga of Sergipe state, distributed in two municipalities. A total of 1460 samples were collected, distributed between the initial, intermediate and advanced areas. After the analysis, 119 species were identified, representing 17 families and 47 genera. The lichen richness differs between successional stages, however, among the environmental factors sampled only the pH during the rainy season showed a significant correlation. As for the lichen composition, the advanced stage is more heterogeneous with respect to its composition than the initial and intermediate stages that share species and are more homogeneous. The environmental factors elevation, DAP, pH "dry", canopy openness "rainy", the total transmittance "rainy", percentage of total transmittance "rainy", diffuse transmittance "rainy", the percentage of diffuse transmittance "rainy" and successional stages are significantly related to the lichen composition. The results show that the organizational pattern of the community of lichens in the Caatinga undergoes changes in its composition, likewise, are influenced by biotic and abiotic factors.

Keywords: tropical dry forest, ecological succession, lichenized mycota, species composition, beta diversity.

INTRODUÇÃO

As características estruturais de uma floresta secundária mudam com a idade e as taxas destas mudanças são mediadas pelo clima e o tipo de solo (Brown & Lugo 1990). Os processos sucessionais em florestas tropicais seguem uma progressão de estágios durante os quais as florestas apresentam um enriquecimento gradual de espécies e um aumento em complexidade estrutural e funcional (Chadzon 2012). Nas Florestas Tropicais Secas, as características estruturais e ecofisiológicas da vegetação parecem intimamente relacionadas com a duração e natureza sazonal do período de seca, restringindo o período de tempo em que não são favoráveis as condições para a germinação de sementes, a sobrevivência, o estabelecimento e crescimento das plantas (Ceccon *et al.* 2006).

Este tipo de floresta faz parte das regiões tropicais, apresentando um período seco que, geralmente, se estende por cinco a seis meses ao ano (Borchert *et al.* 2002). No Brasil, o bioma Caatinga, uma floresta tropical seca exclusiva do país, representa 11 % do território brasileiro e 54 % da região nordeste, com uma área de, aproximadamente, 800.000 Km² (Alves *et al.* 2009, Prado 2003). Este bioma é caracterizado por uma heterogeneidade espaço-temporal no estabelecimento das plantas, onde no tempo o principal fator correlacionado é o regime chuvoso irregular e mal distribuído e, no espaço, as variações topográficas, tipo de substrato que influenciam a fertilidade do solo e a capacidade de retenção de água (Araújo & Tabarelli 2002, Araújo & Ferraz 2003, Silva *et al.* 2013, Sampaio & Gamarra-Rojas 2003).

A Caatinga é classificada como uma floresta de porte baixo, composta por árvores e arbustos que geralmente apresentam espinhos e microfilia, além de plantas suculentas e de um estrato herbáceo efêmero (Cardozo & Queiroz 2007). Contém um elevado número de espécies e também remanescentes de vegetação ainda bem preservados que incluem um número expressivo de táxons raros e endêmicos (Giulietti *et al.* 2004). Entretanto, historicamente, o bioma sofre com ações antrópicas como a pecuária bovina, a extração de lenha, carvão vegetal e áreas destinadas para produção de biocombustíveis, o que leva à fragmentação dos habitats, formando ilhas ameaçando a biodiversidade (IBAMA 2010, Castelletti *et al.* 2008). Após distúrbios de grande escala nas florestas tropicais, os processos sucessionais levam a alterações nas espécies que formam as comunidades florestais, da mesma forma, no tamanho e estrutura das populações de espécies e nas propriedades do ecossistema (Chadzon 2012).

Estudos a respeito dos padrões de sucessão das florestas secas e, ao mesmo tempo, de outros organismos que fazem parte deste ecossistema e que se encontram em diferentes

estágios sucessionais são escassos (Ceccon *et al.* 2006). No Brasil um dos estudos pioneiros, porém em regiões de mata úmida, foi realizado por Koch (2012) a respeito da dinâmica da sucessão líquênica e seus padrões estruturais e funcionais. A liquenização é uma estratégia nutricional desenvolvida no reino dos fungos no qual há uma associação simbiótica de um fungo com uma alga ou cianobactéria, resultando em uma estrutura estável e autossuficiente denominada de líquen (Nash 2008). Estes organismos possuem uma complexa relação sucessional dentro da floresta pois respondem a fatores espaciais e temporais (Kantvilas 1990, Koch 2012) que influenciam diretamente em sua distribuição, desde a mudanças de substrato, rugosidade e pH da casca do forófito onde ocorrem, diâmetro a altura do peito (DAP) a fatores abióticos como luz, umidade e o tempo de sucessão florestal (Kantvilas 1990, Koch 2012, Bourg *et al.* 2007, Bunnell *et al.* 2008, Cáceres *et al.* 2007, Käffer *et al.* 2007).

O pioneirismo destes organismos está diretamente relacionado ao fato de possuírem a habilidade de colonizar rochas nuas e de serem as primeiras espécies a se estabelecerem em novas áreas expostas, seguindo a linha sucessional pelas formas crostosos, foliosos e fruticosos (Brodo *et al.* 2001). Todavia, em florestas a competição espacial ocorre principalmente entre líquens e briófitas, como elementos dominantes das comunidades epífitas (Lücking 2001) e o comportamento de sucessão não segue os padrões de ambientes expostos como solos e rochas, pois as formas de crescimento mais rápidas como foliosos e fruticosos são os primeiros a aparecerem e por último os crostosos (Brodo *et al.* 2001).

Apesar do número de espécies decrescer em florestas secundárias, florestas montanas e áreas secas, certas espécies são apenas encontradas em áreas de vegetação impactada, provavelmente pela maior exposição à luz (Lücking 1995). Em contra partida, as espécies de líquens possuem a capacidade para trocar rápida e frequentemente de estado ativo a um estado de inatividade metabólica, quando as condições ambientais se voltam adversas como resultado da ação conjunta de vários fatores ambientais (López 2006). Desse modo, espécies competidoras podem excluir umas as outras de um habitat (Begon *et al.* 2006), no caso dos líquens a competição entre as espécies de uma mesma comunidade pode ocorrer através da substituição do mais fraco pelo mais forte, onde algumas espécies de líquens crostosos ao serem encobertas por foliosos perdem o seu espaço por serem menos efetivas na competição (Armstrong & Welch 2007).

O conhecimento da dinâmica sucessional líquênica é fundamental para compreender os padrões, mecanismos e processos ecológicos que ocorrem na comunidade e em sua estrutura na floresta em diferentes anos de recuperação. Sendo assim, este trabalho tem como

objetivo analisar a riqueza e a composição de espécies de líquens ao longo de um gradiente de sucessão florestal na Caatinga. Para tanto, propõe-se as seguintes hipóteses: H1 A riqueza de espécies de líquens é maior nos estágios intermediários de sucessão, onde tanto espécies de estágios iniciais quanto avançados poderiam co-ocorrer; H2 A composição de espécies de líquens varia de acordo com o estágio sucessional no qual a floresta se encontra; H3 A riqueza é maior nos estágios com maior índice de luminosidade; H4 A riqueza é maior nos estágios onde o pH da casca da árvore for menor; H5 A composição varia entre os estágios com relação a diferentes altitudes.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo

O trabalho foi realizado em três áreas de diferentes estágios sucessionais na Caatinga do Alto Sertão Sergipano, distribuídas em dois municípios do estado (Figura 1). As áreas de sucessão inicial e intermediária, respectivamente, com 8 a 12 anos e 15 a 20 anos de abandono estão localizadas no Monumento Natural Grota do Angico, município de Poço Redondo, e a área de sucessão avançada com 45 a 55 anos de abandono localiza-se na Fazenda São Pedro, na cidade de Porto da Folha. As informações relacionadas as idades das áreas foram obtidas através de moradores locais e fazendeiros da região.

Monumento Natural Grota do Angico

O Monumento Natural Grota do Angico (Figura 2) está localizado há cerca de 200 quilômetros a noroeste de Aracaju, capital sergipana, com uma área de aproximadamente 2183 hectares (9° 41' S e 38°31' W), entre os municípios de Poço Redondo e Canindé de São Francisco (SEMARH 2010).

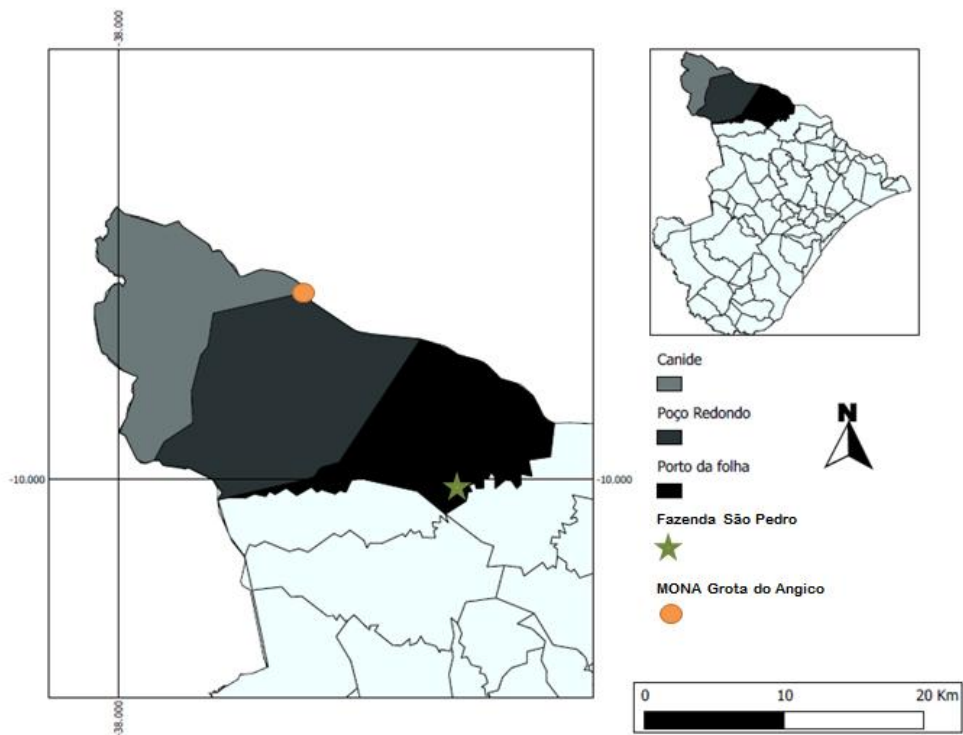


Figura 1. Mapa territorial do estado de Sergipe com a localização das áreas de coletas.

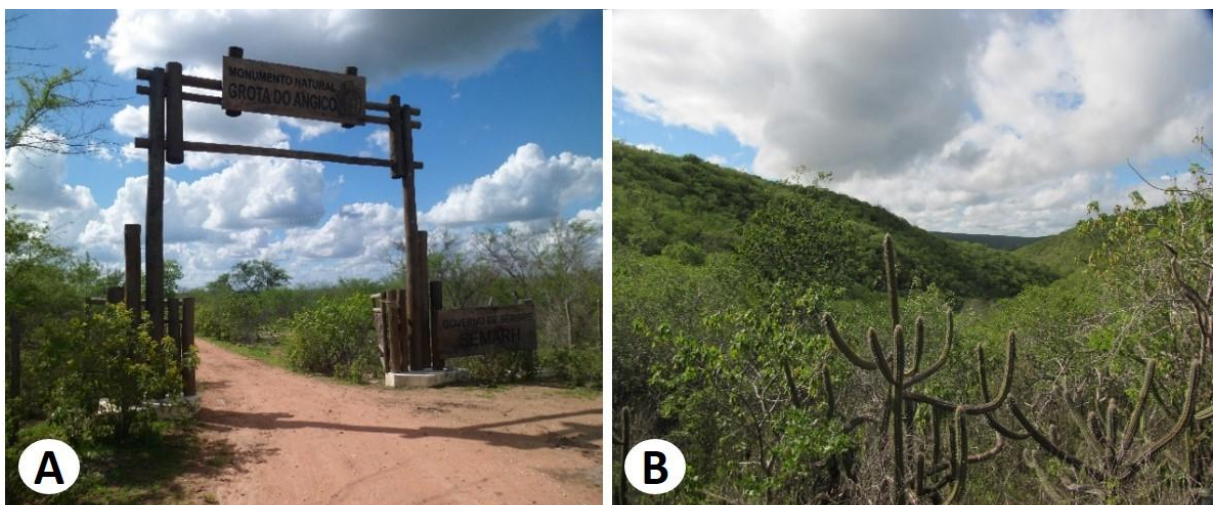


Figura 2. Entrada do Monumento Natural Grota do Angico (A) e vista panorâmica da Caatinga (B). Fotos: Mendonça (2013).

Caracterizado pelo domínio morfoclimático da Caatinga (Ab'Saber 1974) a região está situada na Depressão Sertaneja Meridional, com altitude variando de 100 a 800 m (SEMAH <http://www.semarh.se.gov.br/uploads/planos/PlanodeManejoMONA.pdf>. Acesso 20/03/2014, às 14:03h). O clima segundo a classificação de Köppen é categorizado como Tropical Semiárido Quente – BSh, com precipitação anual média de 500 mm distribuída entre os

meses de Abril a Agosto (Ab'Saber 1974). O solo é caracterizado pela presença de neossolos litólico e a vegetação corresponde a uma Caatinga Hiperxerófito Arbórea Densa e Hiperxerófito Arbórea Densa Associada a Riachos. (SEMAH <http://www.semarh.se.gov.br/uploads/planos/PlanodeManejoMONA.pdf>. Acesso 20/03/2014, às 14:03h).

Fazenda São Pedro

A Fazenda São Pedro localiza-se no município de Porto da Folha, com uma área de 115 ha entre os limites 10°02'14"S e 37°21'31"W. Caracteriza-se pela presença de uma Caatinga arbórea em bom estado de conservação (Figura 3), o clima da região é categorizado como Tropical Semiárido Quente – BSh segundo a classificação de Köppen com temperatura média anual de 26,2°C (Bonfim 200).



Figura 3. Vista da vegetação na Fazenda São Pedro (A) e Placa indicativa do bioma em estudo (B). Fotos: Mendonça (2013).

O período chuvoso está distribuído entre os meses de março a julho, entretanto, as precipitações são irregulares e mal distribuídas anualmente, variando entre 300 e 700 mm. O período seco da região é superior a oito meses, sendo dezembro o mês mais quente e agosto o mais frio. Quanto à classificação dos solos destacam-se dois: Neossolo Litólico e Planossolo (SUDENE/CONDESE 1976; Santos & Andrade 1992).

Coleta e Processamento de material biológico

Coleta do material biológico

As coletas das espécies de líquens nas áreas de estudo foram feitas através da demarcação de cinco transectos de 100 m cada (Figura 4), seguindo a metodologia adaptada de Cáceres *et al.* (2007). Estes transectos foram demarcados paralelamente, equidistantes 25 m. O ponto inicial de cada transecto foi delimitado a 10 m distante da borda para minimização de possíveis interferências de áreas abertas ou trilhas. Em seguida, a cada 20 m foi delimitado um ponto no qual foi escolhida a árvore mais próxima que possuía talos liquênicos, totalizando 30 árvores por área. Cada árvore selecionada representa uma unidade amostral, onde foram coletados os líquens ocorrentes na altura de 0,5 m até 1,50 m.

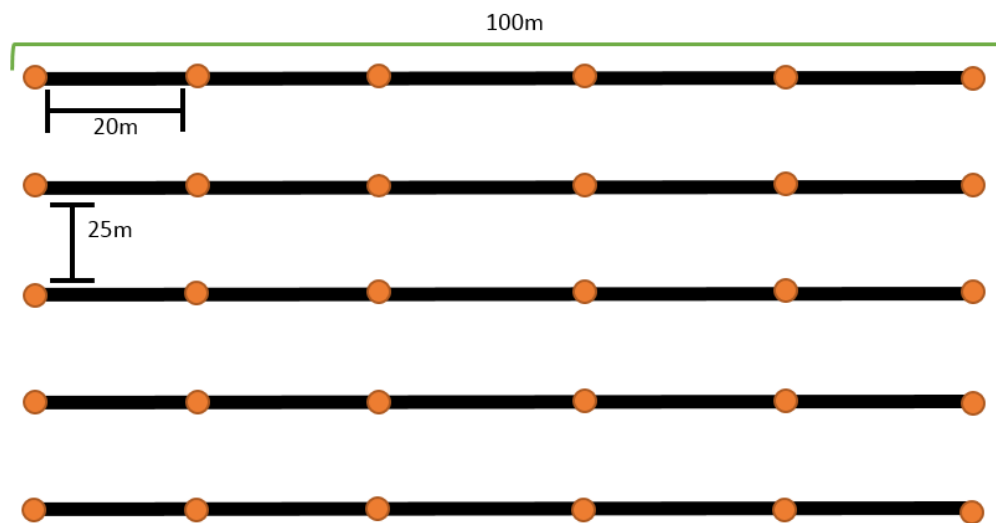


Figura 4. Desenho amostral dos transectos para a coleta de líquens crostosos em cada estágio sucessional da floresta.

A remoção dos talos liquênicos do córtex das árvores foi feita com o auxílio de faca e martelo (Figura 5). As amostras foram acondicionadas em envelopes de papel, nos quais foram registrados o local de coleta equivalente a cada determinado estágio sucessional, data, local, transecto e número da árvore.



Figura 5. Remoção de líquen crostoso do córtex do forófito. Foto: Mendonça (2013).

Processamento e identificação das amostras

O material coletado foi secado com auxílio de prensas botânicas utilizando jornais e papelão, em temperatura ambiente por sete dias (Figura 6A). Em seguida, as amostras foram levadas ao Laboratório de Liquenologia do Departamento de Biociências da Universidade Federal de Sergipe, Campus Professor Alberto Carvalho em Itabaiana - SE, onde foram confeccionadas exsicatas em papel cartão de 15 x 7 cm com as informações do estágio sucessional, local, transecto, coletor, número da árvore e data da coleta (Figura 6B).



Figura 6. Secagem das amostras na prensa botânica (A); e exsicatas confeccionadas prontas para identificação (B). Fotos: Mendonça (2013).

As amostras foram submetidas a congelamento em freezer a -22°C por sete dias, para evitar a contaminação por artrópodes e outros fungos. Coleções de referência do material coletado estão depositadas no Herbário ISE, da Universidade Federal de Sergipe, Campus Professor Alberto Carvalho no município de Itabaiana-SE.

Para identificação das espécies de líquens crostosos, foram feitas secções transversais no talo e ascoma com auxílio de lâmina de aço (gilette) no microscópio estereoscópico binocular Leica, modelo EZ4. Posteriormente, foi feita a análise dos cortes ao microscópio óptico Leica, modelo DM500, em preparação com água destilada, onde foram observadas características morfológicas como tamanho, coloração e septação dos ascósporos, inspersão do himênio, carbonização do excípulo, entre outros caracteres de importância taxonômica, a depender do grupo.

Testes histoquímicos foram realizados utilizando solução aquosa de hidróxido de potássio (KOH 10%) para a observação de reações com compostos secundários (Figura 7A) como a formação de cristais (Figura 7B), e solução Lugol (I 2%), para reações amilóide e dextrinóide, comumente empregados em taxonomia de fungos liquenizados (Figura 7C). Da mesma forma, também foram feitos testes com hipoclorito de sódio (C) (água sanitária comercial, NaClO), parafenilenodiamina (P) e luz Ultravioleta (UV) (Figura 7D). A classificação a nível de classe e ordem foi baseada em Lumbsch & Huhndorf (2007). Para a identificação das espécies foi utilizada bibliografia especializada, como por exemplo: Cáceres (2007), Lücking *et al.* (2009), Aptroot *et al.* (2008), Aptroot *et al.* (2013), Harris (1995), Sipman *et al.* (2012), Aptroot (2012), Lücking *et al.* (2011), Rivas Plata *et al.* (2010), Sipman (2003), Aptroot & Cáceres (2013).

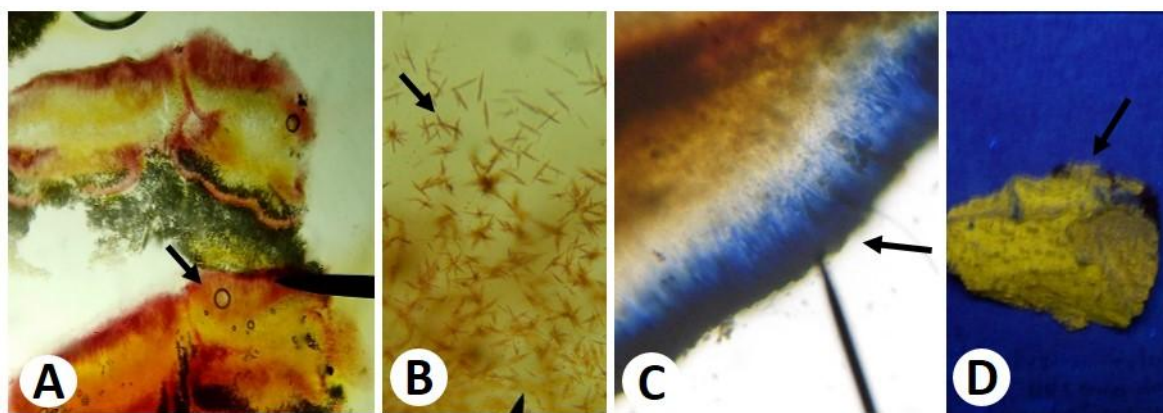


Figura 7. Corte transversal do ascoma demonstrando teste histoquímico com hidróxido de potássio KOH (A), formação de cristais com teste KOH (B) Teste com Lugol I (C), Teste Ultravioleta UV (D). Fotos: Mendonça (2013).

Amostragem dos fatores ambientais bióticos e abióticos

A Caatinga é um bioma que sofre grandes pressões ambientais no sentido da variação pluviométrica entre as estações secas (agosto a fevereiro) e chuvosas (março a julho). Por esta razão a amostragem dos fatores luminosidade e pH que possivelmente influenciam o padrão de distribuição dos líquens para este tipo de floresta seca foi analisado durante os dois períodos.

A medida do diâmetro à altura do peito (DAP) foi feita através da circunferência à altura do peito (CAP) de cada forófito, aferida com uma fita métrica colocada ao redor do tronco, numa altura de 1,5 m distante do solo, que é a altura padrão para esta variável. Em seguida, utilizou-se a seguinte equação $DAP = CAP/\pi$ para converter o CAP em DAP.

A intensidade luminosa incidente em cada árvore amostrada foi aferida com o auxílio de uma câmera fotográfica modelo Canon Power Shot SX20 IS, acoplada a uma lente do tipo “olho-de-peixe”, que fornece fotos hemisféricas, com a abertura do dossel em 180° (Figura 8A). Foram tiradas três fotos para cada forófito que após serem analisadas através do software Gap Light Analyzer (GLA) Version 2.0, foi feita a média dos valores obtidos.

A fotografia registrada foi convertida em preto e branco e recortada no formato quadrado requisitado pelo GLA (Figura 8B). Em seguida, esta mesma fotografia foi dividida radialmente e em círculos concêntricos equidistantes de acordo com a geometria óptica da lente de maneira que cada setor represente uma proporção igual do hemisfério. Esse cuidado tem como objetivo eliminar o efeito de visão obliqua crescente à medida que se afasta do centro da fotografia. Finalmente, a fotografia foi segmentada em bitmap binário usando um limiar estimado visualmente (Silva *et al.* 2009).

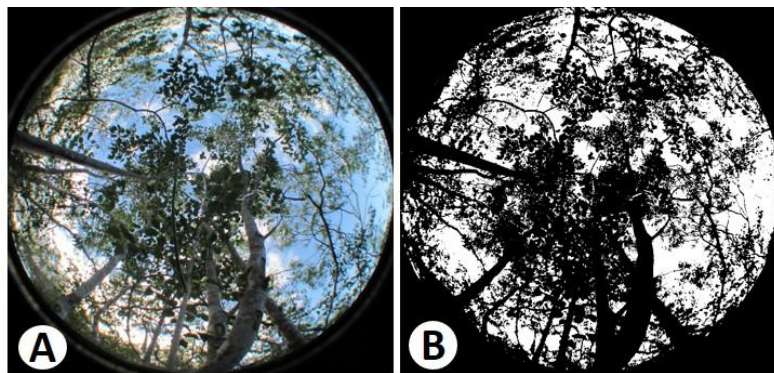


Figura 8. Foto hemisférica tirada em campo com o auxílio da lente olho-de-peixe (A) e tratada com o programa GLA (B). Fotos: Mendonça (2013).

As fotos foram feitas com a câmera fotográfica posicionada ao lado do tronco do hospedeiro selecionado. Os horários do registro das fotos foram das 6:00h às 7:30h da manhã e entre as 16:00h e 17h30min da tarde. O tripé de sustentação da câmera foi posicionado a uma altura de 1 m do solo (Koch 2012). É importante que a câmera esteja nivelada devido ao programa utilizado para análise das fotos. A máquina foi posicionada para o Norte magnético utilizando-se de bússola sob a lente e cada ponto registrado foi marcado pelo GPS onde fez-se o registro da localização e a elevação como parte da análise do GLA. A declinação magnética foi corrigida com a inserção dos dados necessários no site <<http://geomag.nrcan.gc.ca/calc/md-cal-eng.php>>, acesso em 21 de Janeiro de 2014, (Frazer *et al.* 1999).

A medida do pH foi aferida através do aparelho Skin Meter – HI 9918. Após a retirada de uma amostra do forófito selecionado posicionou-se o eletrodo de cabeça plana até a estabilização do valores apresentados pelo aparelho. Adotando-se a variação numérica de (0 a 6,9) como ácido, (7) como neutro e (7,1 a 14) como básico.

Análises estatísticas dos dados

Para a análise estatística dos dados amostrados foram criadas duas matrizes. A primeira matriz está relacionada com os dados de presença e ausência das espécies pelas unidades amostrais das três áreas de sucessão. A segunda matriz lista todos os fatores ambientais em relação as suas respectivas unidades amostrais.

A respeito da análise da riqueza, foram utilizados testes não paramétricos comparando múltiplas amostras independentes com a análise de variância (ANOVA) de Kruskal-Wallis para a diferença da riqueza entre os estágios de sucessão e o teste de correlação de Spearman entre a riqueza e as possíveis influências que afetam o padrão de organização da comunidade liquênica (pH da casca, abertura do dossel, transmitância total e DAP), no programa ESTATISTICA versão 6.0. Ainda no mesmo programa, com o auxílio da ANOVA de Kruskal-Wallis, foi feita a análise da diversidade beta com as distâncias de similaridade dos líquens entre os forófitos dos estágios sucessionais.

Com relação à composição de espécies e às influências que afetam o padrão de distribuição das mesmas entre os diferentes estágios de sucessão foi utilizado o teste estatístico escalonamento multidimensional não métrico (NMS) através do programa *PC-ORD Version 5.10* (McCune & Mefford 2006). No mesmo programa, foi feita a análise de similaridade correlacionando a presença ou ausência de espécies através da técnica de

agrupamento de Cluster entre os estágios sucessionais. A partir desta análise pode-se identificar espécies com características semelhantes e organizá-las em grupos de acordo com o grau similaridade ou dissimilaridade. Para os dois testes foi utilizando a distância de Sørensen. Para a análise de espécies indicadoras foi utilizado o teste de aleatorização de Monte Carlo através do software *PC-ORD Version 5.10 (McCune & Mefford 2006)*.

RESULTADOS

Foram coletadas 1460 amostras distribuídas entre as áreas inicial, intermediária e avançada de sucessão florestal. Desse total, 119 espécies foram identificadas (Tabela 3, Figuras 14 e 15), representando 17 famílias e 47 gêneros. As famílias mais representativas foram Graphidaceae, com 46 espécies, Trypetheliaceae, com 12 espécies, seguidas por Physciaceae e Roccellaceae, ambas com 10 espécies.

Com relação ao padrão de crescimento, 92% dos líquens registrados apresentaram hábito crostoso, 3% foram foliosos, 6% microfoliosos e 1% fruticosos. Todas as espécies estão em simbiose com algas clorofíceas e nenhuma espécie está associada a cianobactérias. Dentre as clorofíceas, 25% são clorococoides e 75% são trentepolioides.

Riqueza e composição de espécies

De acordo com a ANOVA ($P < 0,0187$) entre os dados de riqueza e as áreas dos estágios de sucessão amostrados é perceptível uma correlação significativa (Figura 9). Considerou-se riqueza como o número de espécies de líquens entre as áreas em estudo e desta forma, no estágio inicial foi observado um maior valor de riqueza, seguido pelo avançado e intermediário.

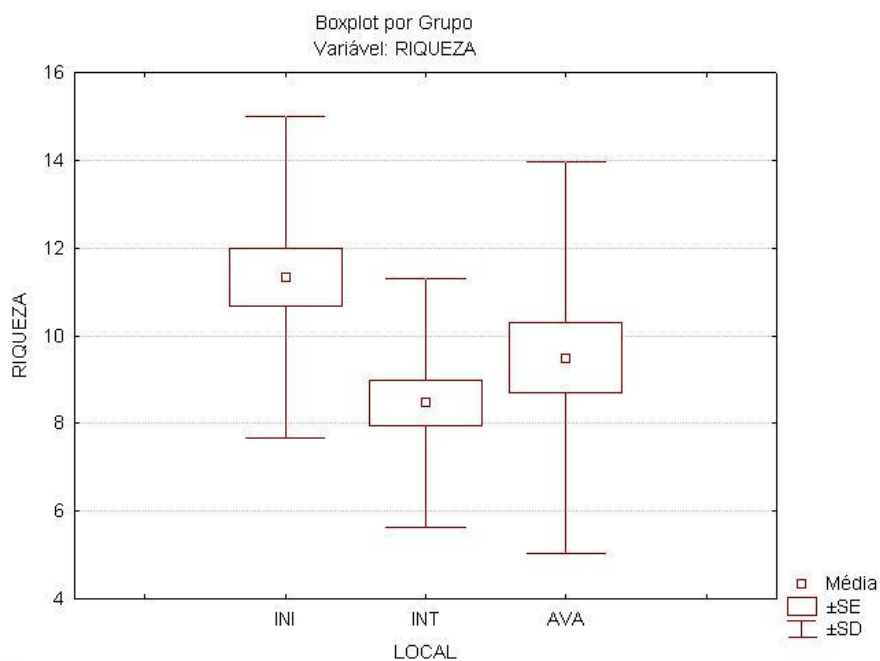


Figura 9. Boxplot da ANOVA de Kruskal-Wallis entre a riqueza em relação aos três estágios sucessionais. Local (INI) Estágio inicial, (INT) Estágio intermediário (AVA) Estágio avançado; Mean = Média, \pm SE = Erro padrão e \pm SD = Desvio padrão.

Quando é levado em consideração a correlação entre a riqueza e os fatores ambientais amostrados DAP ($P < 0,891348$), elevação ($P < 0,232259$) e os dados obtidos durante os períodos seco e chuvoso (pH, abertura do dossel, transmitância total, transmitância difusa e as porcentagens das transmitâncias total e difusa – Tabela 1), apenas o pH “chuvoso” ($P < 0,002719$) possui correlação significativa (Figura 10).

Tabela 1. Resultado do teste de correlação de Spearman entre os fatores ambientais dos períodos “seco” e “chuvoso” com a riqueza.

Fator ambiental	“Seco”	“Chuvoso”
pH	$P < 0,153134$	$P < 0,002719$
Abertura do dossel	$P < 0,093305$	$P < 0,511666$
Transmitância total	$P < 0,261109$	$P < 0,940048$
Transmitância difusa	$P < 0,231060$	$P < 0,807881$
Transmitância total %	$P < 0,214811$	$P < 0,890757$
Transmitância difusa %	$P < 0,230154$	$P < 0,825566$

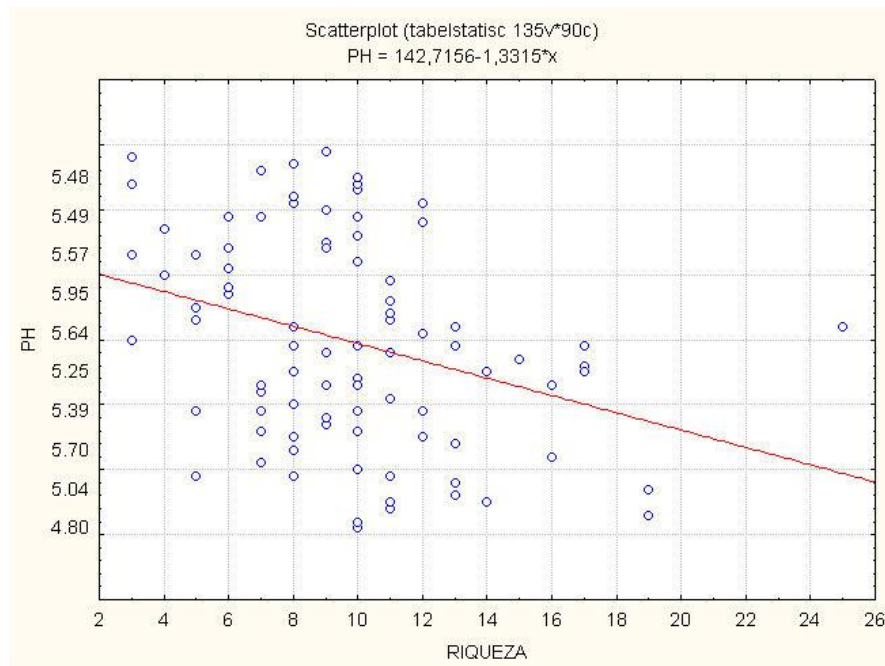


Figura 10. Teste de correlação de Spearman entre o pH e a riqueza dos estágios sucessionais.

A análise da ordenação NMS mostrou que para a composição de espécies há uma aglomeração nos estágios inicial e intermediário e uma diferenciação de similaridade entre as espécies do estado avançado (Figura 12). Ainda na mesma análise, fica clara a relação explicativa entre a composição de espécies e os fatores bióticos e abióticos amostrados, onde elevação, DAP e estágio de sucessão (local), estão correlacionados com o estágio avançado (3), e o pH “seco”, abertura do dossel “chuvoso” (CANOPENE), transmitância total “chuvoso” (TRANSTOT), porcentagem da transmitância total “chuvoso” (TRATOT%), transmitância difusa “chuvoso” (TRANSDIF) e a porcentagem da transmitância difusa “chuvoso” (TRADIFF%) estão em correspondência com os estágios inicial (1) e intermediário (2). A análise de cluster corrobora o NMS no sentido da formação dos dois grupos distintos, o primeiro formado pelas espécies que compõem os estágios inicial e intermediário e o segundo pelas espécies do estágio avançado (Figura 11).

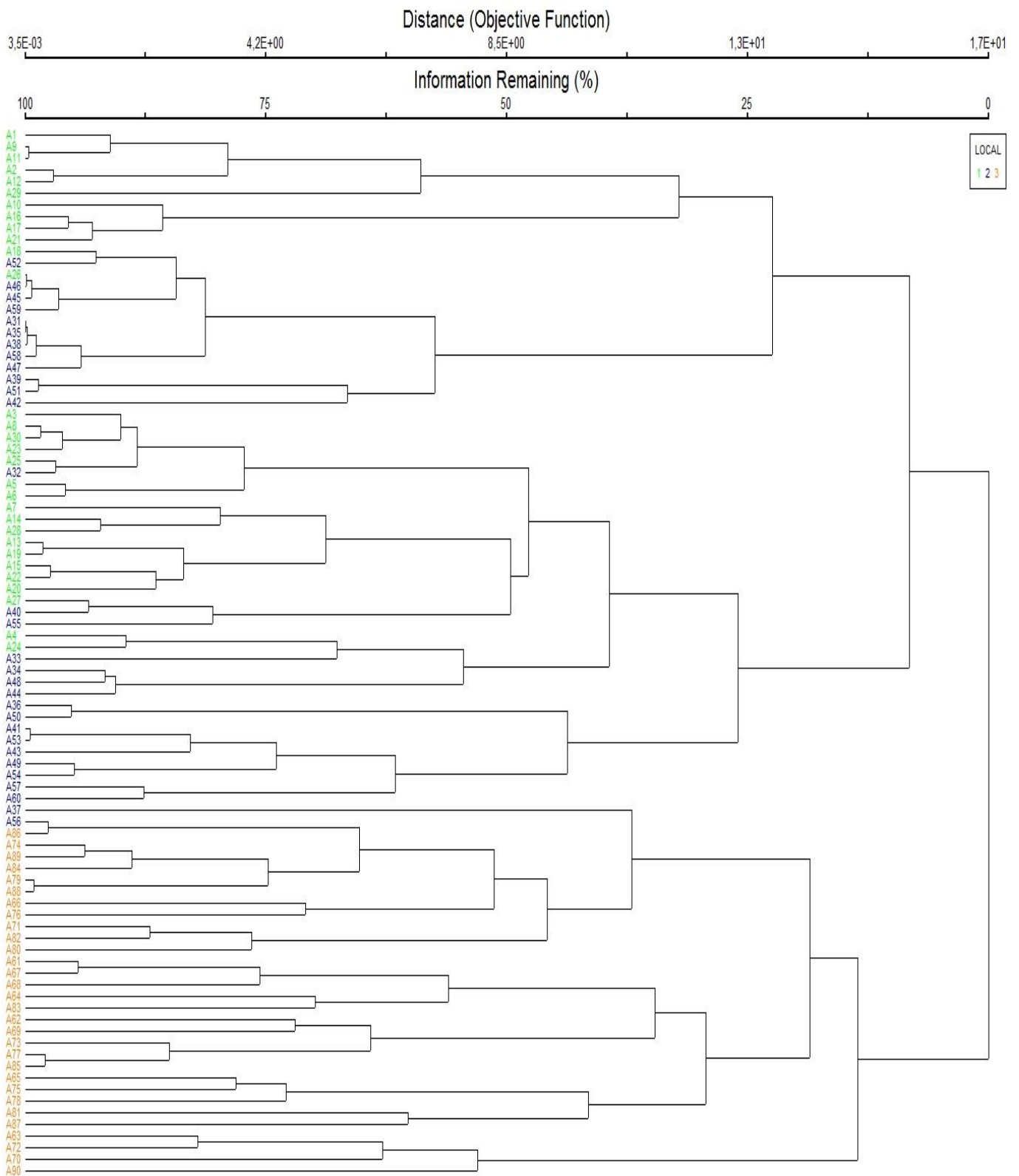


Figura 11. Análise de Cluster da composição de espécies entre os estágios sucessionais. Local (1) Estágio inicial, (2) Estágio intermediário (3) Estágio avançado.

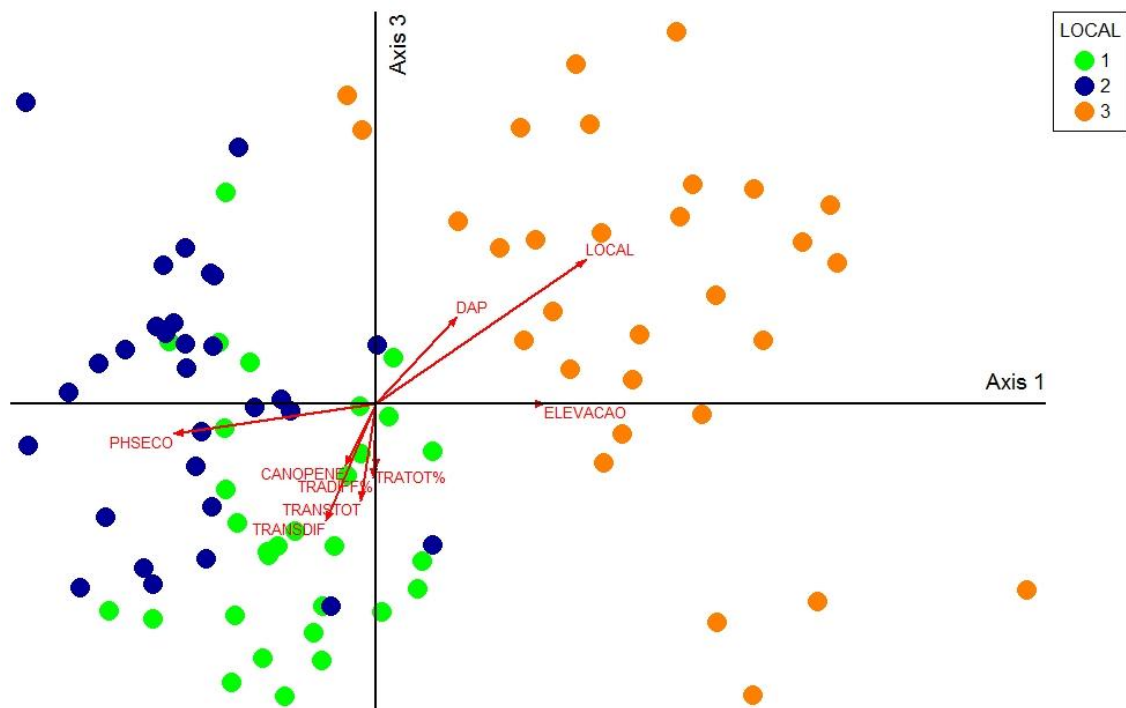


Figura 12. Análise NMS da composição das espécies de líquens em relação aos estágios sucessionais e os fatores bióticos e abióticos amostrados. Local (1) Estágio inicial, (2) Estágio intermediário (3) Estágio avançado.

A análise de espécies indicadoras revelou 33 espécies com valores significativos ($p < 0,05$) distribuídas entre os três estágios de sucessão florestal (Tabela 2). Os maiores valores de indicação estão correlacionados com *Glyphis scyphulifera* (Inicial), *Lecanora leprosa* (Inicial), *Pertusaria flavens* (Intermediário), *Coniocarpum cinnabarinum* (Avançado), *Graphis dendrogramma* (Avançado) e *Phaeographis neotricosa* (Avançado).

Tabela 2. Teste de Monte Carlo referente as espécies indicadoras dos estágios sucessionais. ($P < 0,05$), VI – Valor de Indicação.

Espécies	Estágio	VI	P*
<i>Arthopyrenia cinchonae</i>	Inicial	35.7	0.0002
<i>Chapsa chionostoma</i>	Inicial	32.0	0.0002
<i>Cratiria obscurior</i>	Inicial	26.9	0.0022
<i>Glyphis cicatricosa</i>	Inicial	22.4	0.0200
<i>Glyphis scyphulifera</i>	Inicial	55.0	0.0002
<i>Glyphis substriatula</i>	Inicial	29.7	0.0026
<i>Graphis leptocarpa</i>	Inicial	13.3	0.0354
<i>Lecanora leprosa</i>	Inicial	48.9	0.0002
<i>Lecanora tropica</i>	Inicial	22.9	0.0136
<i>Pertusaria carneola</i>	Inicial	13.3	0.0284

<i>Phaeographis crispata</i>	Inicial	15.0	0.0408
<i>Stigmatochroma gerontoides</i>	Inicial	24.2	0.0424
<i>Trypethelium eluteriae</i>	Inicial	19.6	0.0244
<i>Arthonia complanata</i>	Intermediário	26.7	0.0050
<i>Enterographa subserialis</i>	Intermediário	21.3	0.0080
<i>Lecanora helva</i>	Intermediário	31.7	0.0082
<i>Pertusaria flavens</i>	Intermediário	50.0	0.0002
<i>Polymeridium amylosporum</i>	Intermediário	28.2	0.0038
<i>Polymeridium catapastum</i>	Intermediário	16.3	0.0408
<i>Polymeridium jordanii</i>	Intermediário	18.1	0.0186
<i>Arthothelium sp.</i>	Avançado	13.3	0.0312
<i>Chapsa discoides</i>	Avançado	13.3	0.0316
<i>Coniocarpum cinnabarinum</i>	Avançado	46.7	0.0002
<i>Graphis dendrogramma</i>	Avançado	54.4	0.0002
<i>Graphis elegans</i>	Avançado	33.3	0.0002
<i>Graphis paralleloides</i>	Avançado	18.1	0.0198
<i>Lecanora achroa</i>	Avançado	18.1	0.0176
<i>Leucodecton occultum</i>	Avançado	37.2	0.0084
<i>Pertusaria ventosa</i>	Avançado	24.0	0.0182
<i>Phaeographis neotricosa</i>	Avançado	43.6	0.0002
<i>Pyrenula quassiaecola</i>	Avançado	33.6	0.0002
<i>Trypethelium ochroleucum</i>	Avançado	20.0	0.0042
<i>Trypethelium tropicum</i>	Avançado	23.7	0.0014

Para a diversidade beta o resultado da ANOVA ($P < 0,000$) demonstra um valor altamente significativo (Figura 13), onde o estágio avançado é mais heterogêneo em relação a sua composição do que os estágios inicial e intermediário que compartilham as espécies e tornam-se mais homogêneos.

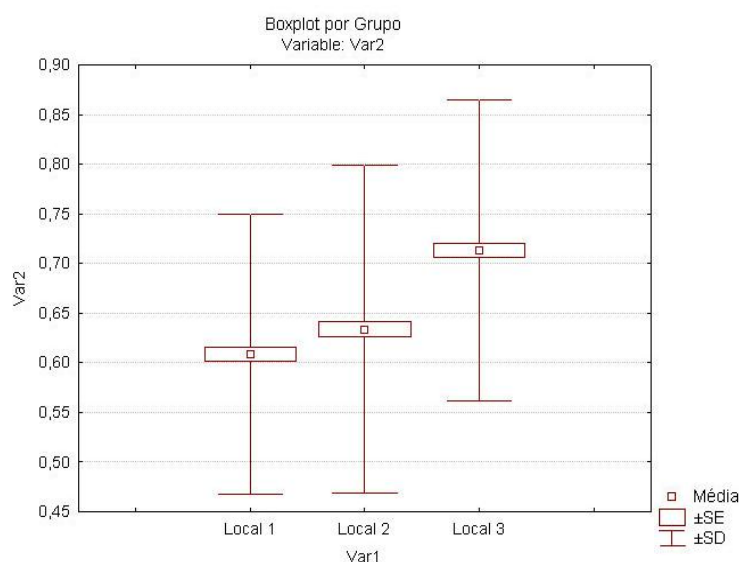


Figura 13. Boxplot da diversidade beta entre os estágios amostrados. Local (1) Estágio inicial, Local (2) Estágio intermediário, Local (3) Estágio avançado. Mean = Média, \pm SE = Erro padrão e \pm SD = Desvio padrão.

Tabela 3. Lista de espécies de líquens corticícolas amostrados nos três estágios de sucessão. PF – Porto da Folha, PR – Poço Redondo.

Ordem		PF	PR
Arthoniales	Henssen ex D. Hawksw. & O.E. Erikss.		
Arthoniaceae	Reichenb. ex Eichenb.		
	<i>Arthonia complanata</i> Fée		X
	<i>Arthonia</i> sp. 1		X
	<i>Arthonia</i> sp. 2		X
	<i>Chrysothrix xanthina</i> (Vain.) Kalb	X	X
	<i>Coniocarpon</i> aff. <i>cinnabarinum</i> DC.	X	
	<i>Coniocarpon cinnabarinum</i> DC.	X	
	<i>Cryptothecia</i> sp.		X
	<i>Cryptothecia macrocephala</i> E.L. Lima, M. Cáceres & Aptroot	X	
	<i>Stirtonia nivea</i> Xavier-Leite, M. Cáceres & Aptroot	X	
Roccellaceae	Chevall.		
	<i>Enterographa kalbii</i> Sparrius	X	
	<i>Enterographa subserialis</i> (Nyl.) Redinger	X	
	<i>Lecanactis elaeocarpa</i> (Nyl.) Tehler	X	
	<i>Lecanactis epileuca</i> (Nyl.) Tehler	X	
	<i>Opegrapha anguinella</i> (Nyl.) Ertz & Diederich	X	
	<i>Opegrapha atratula</i> Müll. Arg.		X
	<i>Opegrapha</i> cf. <i>aperiens</i> Vain.	X	
	<i>Opegrapha</i> sp. 1		
	<i>Opegrapha</i> sp. 2		
	<i>Opegrapha</i> sp. 3		
Dothideomycetes	Families incertae Sedis		
Arthopyreniaceae	W. Watson		
	<i>Arthopyrenia cinchonae</i> (Ach.) Müll. Arg.	X	X
Mycoporaceae	Zahlbr.		
	<i>Mycoporum compositum</i> (A. Massal.) R.C. Harris	X	

Ordem		PF	PR
Trypetheliaceae Zenker	<i>Bathelium madreporiforme</i> (Eschw.) Trevis.	X	
	<i>Polymeridium albocinereum</i> (Kremp.) R.C. Harris		X
	<i>Polymeridium amylosporum</i> (Vain.) Aptroot	X	X
	<i>Polymeridium catapastum</i> (Nyl.) R.C. Harris	X	X
	<i>Polymeridium jordanii</i> (C. W. Dodge) Aptroot	X	X
	<i>Polymeridium proponens</i> (Nyl.) R.C. Harris		X
	<i>Trypethelium eluteriae</i> Spreng.	X	X
	<i>Trypethelium ochroleucum</i> (Eschw.) Nyl.	X	
	<i>Trypethelium</i> sp.	X	
	<i>Trypethelium subeluteriae</i> Makhija & Patw.	X	
	<i>Trypethelium tropicum</i> (Ach.) Müll. Arg.	X	X
<i>Tylophorum moderatum</i> Nyl.	X		
Lecanorales Nannf.			
Haematommataceae Hafellner	<i>Haematomma persoonii</i> (Fée) A. Massal.	X	X
Lecanoraceae Körb.	<i>Hafellia subnexa</i> Marbach		X
	<i>Lecanora achroa</i> Nyl.	X	X
	<i>Lecanora caesiorubella</i> Ach.		X
	<i>Lecanora helva</i> Stizenb.	X	X
	<i>Lecanora hypocrocina</i> Nyl.	X	X
	<i>Lecanora leprosa</i> Fée		X
	<i>Lecanora tropica</i> Zahlbr.	X	X
	<i>Pyrrhospora palmicola</i> Aptroot & Seaward		X
	<i>Ramboldia haematites</i> (Fée) Kalb, Lumbsch & Elix		X
	Parmeliaceae Zenker	<i>Parmelinella cinerascens</i> (Lynge) Benatti & Marcelli	X
<i>Parmotrema gardneri</i> (C.W. Dodge) Sérus			X
<i>Parmotrema praesorediosum</i> (Nyl.) Hale		X	
Pilocarpaceae Zahlbr.	<i>Fellhanera</i> sp.	X	
Ramalinaceae C. Agardh	<i>Ramalina denticulata</i> (Eschw.) Nyl.		X
Ostropales Nannf.			
Graphidaceae Dumort.	<i>Acanthothesic farinosa</i> ad int.	X	
	<i>Acanthothesic subabaphoides</i> ad int.		X

Ordem	PF	PR
<i>Chapsa chionostoma</i> (Nyl.) Rivas Plata & Mangold		X
<i>Chapsa discoides</i> (Stirt.) Lücking	X	
<i>Diorygma circumfusum</i> (Stirt.) Kalb, Staiger & Elix	X	
<i>Diorygma poitae</i> (Fée) Kalb, Staiger & Elix	X	X
<i>Dyplolabia afzelii</i> (Ach.) A. Massal.	X	
<i>Fissurina mexicana</i> (Zahlbr.) Lücking & Rivas Plata		X
<i>Glyphis cicatricosa</i> Ach.	X	X
<i>Glyphis scyphulifera</i> (Ach.) Staiger	X	X
<i>Glyphis substriatula</i> (Nyl.) Staiger		X
<i>Graphis aurita</i> Eschw		X
<i>Graphis alboglaucescens</i> Adaw. & Makhija	X	
<i>Graphis brahmanensis</i> Aptroot		X
<i>Graphis caesiella</i> Vain.	X	X
<i>Graphis caesiocarpa</i> Redinger	X	
<i>Graphis cincta</i> (Pers.) Aptroot	X	X
<i>Graphis crassilabra</i> Müll. Arg.		X
<i>Graphis dendrogramma</i> Nyl.	X	X
<i>Graphis descissa</i> Müll. Arg.		X
<i>Graphis dracaenae</i> Vain.		X
<i>Graphis duplicatoinspersa</i>		X
<i>Graphis elegans</i> (Borrer ex Sm.) Ach.	X	
<i>Graphis flavovirens</i> Makhija & Adaw.		X
<i>Graphis furcata</i> Fée	X	
<i>Graphis glaucescens</i> Fée		X
<i>Graphis handelii</i> Zahlbr.	X	X
<i>Graphis immersella</i> Müll. Arg.		X
<i>Graphis leptocarpa</i> Fée		X
<i>Graphis librata</i> C. Knight		X
<i>Graphis lineola</i> Ach.	X	X
<i>Graphis norstictica</i> A. W. Archer & Lücking		X
<i>Graphis oxyclada</i> Müll. Arg.		X

Ordem		PF	PR
	<i>Graphis paralleloides</i> M. Cáceres & Lücking	X	X
	<i>Graphis pinicola</i> Zahlbr.		X
	<i>Graphis rustica</i> Kremp.		X
	<i>Graphis sitiana</i> Vain.	X	
	<i>Graphis sundarbanensis</i> Jagadeesh & G.P. Sinha		X
	<i>Graphis supracola</i> A.W. Archer		X
	<i>Helminthocarpon leprevostii</i> Fée	X	
	<i>Leucodecton occultum</i> (Eschw.) Frisch	X	X
	<i>Phaeographis crispata</i> Kalb & Mathes-Leicht	X	X
	<i>Phaeographis neotricosa</i> Redinger	X	
	<i>Phaeographis tortuosa</i> (Ach.) Müll. Arg.	X	
	<i>Thelotrema</i> sp.	X	
Porinaceae Reichenb.	<i>Porina melanops</i> Malme	X	
Pyrenulales Fink ex D. Hawksw. & O.E. Erikss.			
Monoblastiaceae Walt.	<i>Anisomeridium</i> sp.		X
Watson			
Pyrenulaceae Rabenh.	<i>Lithothelium obtectum</i> (Müll. Arg.) Aptroot	X	
	<i>Pyrenula anomala</i> (Ach.) Vain.	X	X
	<i>Pyrenula aspistea</i> (Afzel. Ex Ach.) Ach.	X	
	<i>Pyrenula duplicans</i> (Nyl.) Aptroot	X	
	<i>Pyrenula infraleucotrypa</i> Aptroot & M. Cáceres	X	
	<i>Pyrenula ochraceoflava</i> (Nyl.) R.C. Harris	X	X
	<i>Pyrenula quassiicola</i> Fée	X	X
	<i>Pyrgillus javanicus</i> Nyl.	X	
Pertusariales M. Choisy ex D. Hawksw. & O.E. Erikss.			
Pertusariaceae Körb. ex Körb.	<i>Pertusaria carneola</i> (Eschw.) Müll. Arg.		X
	<i>Pertusaria flavens</i> Nyl.	X	X
	<i>Pertusaria tetrathalamia</i> (Fée) Nyl.	X	X
	<i>Pertusaria ventosa</i> Malme	X	X
Teloschistales D. Hawksw. & O.E. Erikss.			
Physciaceae Zahlbr.	<i>Amandinea diorista</i> var. <i>hypopelidna</i> (Stirt.) Marbach	X	

Ordem	PF	PR
<i>Amandinea extenuata</i> (Müll. Arg.) Marbach		X
<i>Cratiria obscurior</i> (Stirt.) Marbach & Kalb	X	X
<i>Dirinaria confluens</i> (Fr.) D.D. Awasthi	X	X
<i>Dirinaria leopoldii</i> (Stein) D.D. Awasthi	X	X
<i>Dirinaria purpurascens</i> (Vain.) B.J. Moore		X
<i>Physcia krogiae</i> Moberg	X	
<i>Pyxine cocoes</i> (Sw.) Nyl.	X	
<i>Pyxine cognata</i> Stirt.		X
<i>Stigmatochroma gerontoides</i> (Stirt.) Marbach	X	X

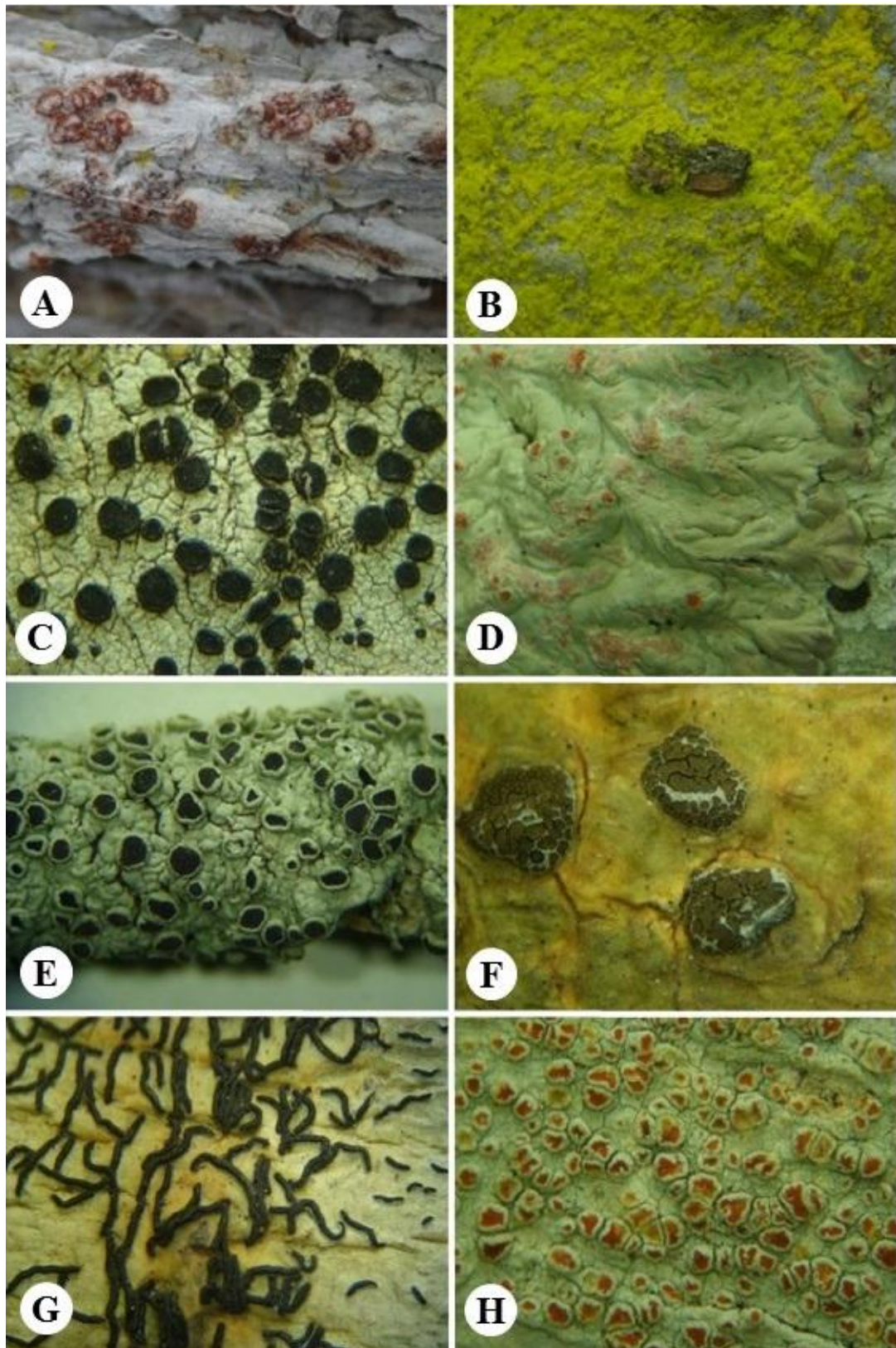


Figura 14. Líquens corticícolas amostrados nos três estágios de sucessão. (A) *Coniocarpum cinnabarinum* (B) *Crysotrix xanthina* (C) *Cratiria obscurior* (D) *Dirinaria leopoldii* (E) *D. purpuracens* (F) *Glyphis cicatricosa* (G) *G. substriatula* (H) *Haematomma personii*.

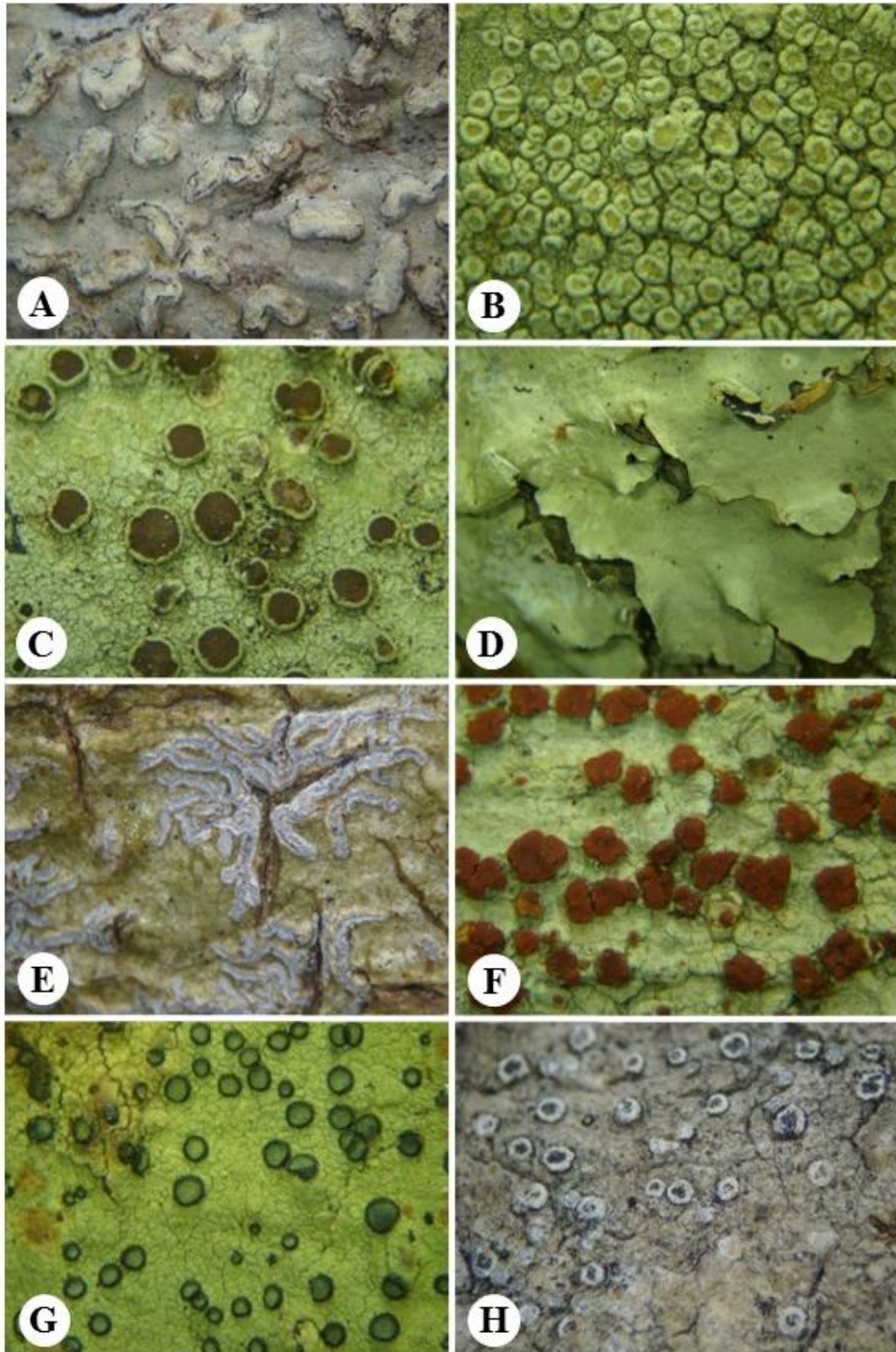


Figura 15. Líquens corticícolas amostrados nos três estágios de sucessão. (A) *Helmintocarpon leprevosti* (B) *Lecanora achroa* (C) *L. tropica* (D) *Parmotrema Gardnerii* (E) *Phaeographis neotricosa* (F) *Ramboldia haematites* (G) *Stigmatochroma gerontoides* (H) *Tylophorum moderatum*.

DISCUSSÃO

Riqueza de espécies

Considerando a hipótese H1 [A riqueza de espécies de líquens é maior nos estágios intermediários de sucessão, onde tanto espécies de estágios iniciais quanto avançados poderiam co-ocorrer], e seguindo a teoria do distúrbio intermediário (Connell 1978), constatamos, com o presente trabalho, que esta hipótese não foi corroborada. Os maiores valores de riqueza foram encontrados no estágio inicial, seguido pelos estágios avançado e intermediário, respectivamente. Desta forma, a hipótese H3 [A riqueza de líquens varia de acordo com o estágio sucessional no qual a floresta se encontra] foi corroborada. Resultado semelhante a esse também foi encontrado por Kock (2012), que analisou o padrão de distribuição da comunidade de líquens em uma área de sucessão de Mata Atlântica *strictu sensu* no Rio Grande do Sul, onde o estágio inicial foi o mais representativo em relação aos subsequentes. Entretanto, para a Caatinga, diferentemente da Mata Atlântica, o segundo estágio com maior riqueza foi o avançado. A substituição das espécies do estágio intermediário pelas espécies do estágio avançado, da mesma forma que a competição entre elas, podem ser alguns dos fatores que tenham ocasionado essa relação de diferença nas comunidades. Outro fator também que deve ser levado em consideração é a diferença na composição de espécies entre os dois biomas, assim, cada comunidade possui características específicas para o ambiente ao qual se encontra.

Neste estudo, a riqueza da comunidade de líquens parece seguir o tempo natural de sucessão ecológica, visto que não é afetada pelo DAP, elevação e, dentre os fatores ambientais amostrados, durante o período seco e chuvoso (pH, abertura do dossel, transmitância total, transmitância difusa e os valores de porcentagem da transmitância total e difusa), apenas o pH do período chuvoso possui correlação significativa com a riqueza. Com isto, corrobora-se também a hipótese H4 deste trabalho, que afirma que a riqueza é maior nos estágios onde o pH da casca da árvore for menor. Apesar de haver diferenças entre os níveis da abertura do dossel entre os estágios, o que proporciona diferenças na luminosidade, a não correlação da riqueza com este fator pode ser explicada pelo fato dos líquens possuírem uma plasticidade conjunta a ação de vários fatores ambientais e sua capacidade de trocar de um estado ativo para um estado de inatividade metabólica que lhes confere persistir em situações de stress devido a sua natureza poiquilohídrica (López 2006).

Estudos recentes feitos na Caatinga revelam que a riqueza da comunidade de líquens responde aos fatores pH da casca, DAP do hospedeiro, abertura do dossel e a transmitância total. Leite (2013) em seu estudo comparando a riqueza da Caatinga com a do Brejo de

Altitude, apresentou uma relação significativa com o pH, onde forófitos com valores mais ácidos obtêm maior riqueza. No mesmo estudo a correlação entre a riqueza, DAP e transmitância total também influenciam nos valores de riqueza, hospedeiros com menores valores do DAP possuem um aumento significativo na riqueza. Já para a transmitância total quanto maior a luminosidade maior também a riqueza, sendo que a Caatinga obteve maior grau de luminosidade. Rodrigues (2012) afirma que a abertura do dossel e os valores do DAP explicam 95% da variação na comunidade, e que os maiores valores de abertura do dossel estão diretamente relacionados com os forófitos que possuíam uma maior riqueza de espécies de líquens.

Composição

A análise de cluster suporta os padrões apresentados no NMS, onde há a formação de dois grupos, um formado pelo estágio avançado e o outro pelos estágios inicial e intermediário. Assim, a hipótese H2 foi corroborada, já que a composição de espécies de líquens varia de acordo com o estágio sucessional no qual a floresta se encontra. Desta forma, é possível concluir que, com relação à composição, a comunidade de líquens responde ao tempo de sucessão da floresta, quanto mais velha e preservada a vegetação mais diferente a composição se torna.

Além de responder ao tempo de sucessão, a composição da comunidade de líquens também sobre influência do ambiente. Os maiores valores do pH “seco” estão voltados para a área inicial, seguido pela intermediária, enquanto que quando se analisa os índices de luminosidade os maiores valores de abertura do dossel e transmitância total estão correlacionadas com o estágio intermediário, seguido pelo inicial e avançado. Já os maiores valores de transmitância total e as porcentagens da transmitância difusa e total estão ligados aos estágios inicial seguidos pelos estágios intermediário e avançado. Quanto maior o DAP, maior é a diferença entre a composição de espécies entre os estágios sucessionais. Com a tendência explicativa da altitude voltada para o estágio avançado, a hipótese H5 [A composição varia entre os estágios com relação a diferentes altitudes] foi corroborada pois, quanto maior a altitude, mais heterogênea é a composição.

Confirmando a forte atribuição bibliográfica dos líquens como indicadores ambientais (Koch 2012, Cáceres 2007, Lima 2013, Rivas-Plata *et al.* 2008), pode-se afirmar que, para a Caatinga, é possível identificar em qual estágio de sucessão florestal a vegetação se encontra através da ocorrência de algumas espécies correlatadas nesse estudo. Neste sentido, vale

ressaltar as espécies com maiores valores de indicação como *Glyphis scyphulifera* (Graphidaceae) e *Lecanora leprosa* (Lecanoraceae), indicadoras do estágio inicial; *Pertusaria flavens* (Pertusareaceae) voltada para o estágio intermediário e *Coniocarpum cinnabarinum* (Arthoniaceae), *Graphis dendrograma* (Graphidaceae) e *Phaeographis neotricosa* (Graphidaceae) diretamente relacionadas com o estágio avançado. Da mesma forma que para a Mata Atlântica (Koch 2012), a espécie *Glyphis cicatricosa* possui grau de significância com a área mais jovem da Caatinga.

Diversidade Beta

As maiores taxas de diversidade beta estão diretamente correlacionadas com o estágio avançado, ou seja, para a comunidade de líquens na Caatinga as áreas com maior tempo de sucessão possuem uma maior heterogeneidade em relação a sua composição de espécies, se comparando com os estágios inicial e intermediário. Apesar das áreas mais jovens possuírem maior riqueza, estas são mais homogêneas, compartilhando espécies entre elas. Altos valores de diversidade beta para a Caatinga também foram encontrados por Cáceres *et al.* (2008). De acordo com os dados existentes para a Mata Atlântica no sul do Brasil (Koch 2012), a diversidade beta entre os biomas é totalmente o inverso, onde os estágios inicial e intermediário na Mata Atlântica são mais heterogêneos em suas composições de espécies, sendo o estágio avançado o mais homogêneo. Segundo a mesma autora, nos estágios iniciais e intermediário as espécies chegam e ocorrem juntas, da mesma forma que competem e são substituídas, enquanto que no estágio avançado há uma relação direta com os fatores ambientais que restringem a ocorrência de várias espécies, havendo uma menor competição e consequentemente menor variação na composição. Para a Caatinga, essa relação também é válida, entretanto, o filtro ambiental diferenciado em relação a Mata Atlântica, permite que haja uma maior variedade na composição no estágio avançado e assim, a competição age com maior eficiência na redução do número de indivíduos entre os forófitos. Os líquens da Caatinga são mais adaptados às condições expostas produzindo substâncias corticais secundárias, desta forma, são menos afetados por perturbações antrópicas que líquens de florestas tropicais fechadas (Cáceres *et al.* 2008).

CONCLUSÃO

O padrão organizacional da comunidade de líquens na Caatinga responde a alterações na estrutura vegetacional, onde a riqueza e composição sofrem modificações ao longo de um gradiente sucessional. Assim, pode-se afirmar em qual estágio de sucessão florestal a vegetação se encontra a partir da dinâmica da sucessão liquênica e seu padrão estrutural. Com este estudo, pode-se concluir que a riqueza de espécies responde ao tempo de sucessão, onde difere entre os três estágios sucessionais e é afetada pelo pH do forófito em período chuvoso. Já para composição é clara a separação em dois grupos, um primeiro grupo homogêneo formado pelas espécies dos estágios inicial e intermediário e um segundo grupo heterogêneo com as espécies o estágio avançado, da mesma forma que a é influenciada pelos fatores DAP, elevação, pH “seco”, abertura do dossel “chuvoso”, transmitância total “chuvoso”, porcentagem da transmitância total “chuvoso”, transmitância difusa “chuvoso” e a porcentagem da transmitância difusa “chuvoso”. Desta forma, pode-se afirmar que quanto mais preservada a vegetação, mais diferente se torna a composição.

Reafirmando o potencial biológico dos líquens com relação à bioindicação, este estudo demonstrou que é possível identificar os estágios a partir da presença ou ausência de algumas espécies, assim, será possível traçar novas estratégias de conservação e recuperação de ambientes afetados por ações naturais ou antrópicas, desenvolvendo novos parâmetros para a análise de impactos ambientais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ab'Saber, AN. O domínio morfoclimático semi-árido das caatingas brasileiras. São Paulo: Instituto de Geografia USP. 1974. 1-39p. *Série Geomorfologia*, 43.
- Alves, JJA; Araújo, MA; Nascimento, SS. 2009. Degradação da Caatinga: Uma investigação ecogeográfica. *Caatinga*, 22(3): 126-135.
- Araújo, EL & Ferraz, EMN. 2003. Processos ecológicos mantenedores da diversidade vegetal na caatinga: estado atual do conhecimento. Pp. 115-128. IN: Claudino-Sales, V. *Ecossistemas brasileiros: manejo e conservação*. Fortaleza, Expressão Gráfica e Editora.

- Araújo, EL. & Tabarelli, M. 2002. Estudos de ecologia de populações de plantas do nordeste do Brasil. Pp. 135-142. In: Araújo, EL; Moura, NA; Sampaio, EVSB; Gestinari, LMS; Carneiro, HMT. *Biodiversidade, Conservação e Uso Sustentável da flora do Brasil*. Recife. Imprensa Universitária.
- Armstrong, RA.; Welch, AR. 2007. Competition in lichen communities. *Symbiosis*, ISSN 0334-5114. 43, 1-12.
- Aptroot, A. 2012. A world key to the species of *Antrhacothecium* and *Pyrenula*. *The Lichenologist* 44(1) 5-53.
- Aptroot, A; Sipman, HJM & Cáceres, MES. 2013. Twenty-one new species of *Pyrenula* from South America, with a note on over-mature ascospores. *The Lichenologist* 45(02):169-198.
- Aptroot, A; Lücking, R; Sipman, HJM; Umaña, L & Chaves, JL. 2008. Pyrenocarpous lichens with bitunicate asci a first assessment of the lichen biodiversity inventory in Costa Rica. *Bibliotheca Lichenologica*. In der Gebrüder Borntraeger Verlagsbuchhandlung, Berlin, Stuttgart. ISSN1436-169.
- Aptroot, A & Cáceres, MES. 2013. A refined species concept in the tropical lichen genus *Polymeridium* (Trypetheliaceae) doubles the number of known species, with a worldwide key to the species. *Nova Hedwigia*. 98(1-2): 1-29.
- Begon, M; Townsend, CR & Harper, JL. 2006. Ecology: from individuals to ecosystems. *Blackwell Publishing Ltd*, Oxford.
- Borchert, R; Rivera, G; Hagnauer, W. 2002. Modification of vegetative phenology in a tropical semideciduous forest by abnormal drought and rain. *Biotropica*, 34:381-393.
- Bonfim, LFC. 2002. Projeto Cadastro da Infra-Estrutura Hídrica do Nordeste: *Estado de Sergipe*. Diagnóstico do Município de Porto da Folha.
- Bourg, A; Rosabal, DL; Komposch, H; Hernandez, JEM; Rivas, PE & Lücking, R. 2007. Referencia de (Micro) Hábitat de Líquenes de las Familias Porinaceae y Pyrenulaceae en Bosque Lluvioso Premontano Primario y Secundario en las Cruces, Costa Rica. In: *Résumenes de Pôster de lo VIII Encuentro del Grupo Latinoamericano de Liquenólogos*. Lima-Perú.
- Brodo, IM; Sharnoff, SD; Sharnoff, S. 2001. Lichens of North America. Yale University Press, *New Haven, CT*. 828 p.

- Brown, S & Lugo, AE. 1990. Tropical secondary forests. *Journal of Tropical Ecology*. Cambridge University Press. 6:1-32.
- Bunnell, FL; Spribille, T; Houde, I; Goward, T & Björk, C. 2008. Lichens on down wood in logged and unlogged forest stands. Canadá: *Can. J. For. Res.* 38:1033-1041.
- Cáceres, MES. 2007. Corticolous crustose and microfoliose lichens of northeastern Brasil. *IHW-Verlag*. München.
- Cáceres, MES; Lücking, R; Rambold, G. 2007. Phorphyte specificity and environmental parameters versus stochasticity as determinants for species composition of corticolous crustose lichen communities in the Atlantic rain forest of northeastern Brazil. *Mycol Progress* DOI 10.1007/s11557-007-0532-2.
- Cáceres, MES; Lücking, R; Rambold, G. 2008. Corticolous microlichens in northeastern Brazil: habitat differentiation between coastal Mata Atlântica, Caatinga and Brejos de Altitude. *The Bryologist* 111(1): 98-117.
- Cardoso, DBOS & Queiroz, LP. 2007. Diversidade de Fabaceae nas Caatingas de Tucano, Bahia: Implicações para a fitogeografia do semi-árido do nordeste do Brasil. *Rodriguésia*, 58(2):379-391.
- Castelletti, CHM; Santos, AMM; Tabarelli, M & Silva, JMC. 2008. Quanto ainda resta da Caatinga? Uma estimativa preliminar. In: Leal IR, Tabarelli M & Silva (Eds.) *Ecologia e Conservação da Caatinga*. 3ª Ed. Recife: *Universitária da UFPE*, p. 719-734.
- Chazdon, R. 2012. Regeneração de florestas tropicais. *Mol. Mus. Para. Emílio Goeldi. Cienc. Nat.*, Belém, 7(3): 195-218.
- Ceccon, E; Huante, P; Rincón, E. 2006. Abiotic factors influencing tropical dry forests regeneration. *Brazilian archives of biology and technology*. ISSN 15116-8913, 49(2): 305-312.
- Connell, JH. 1978. Diversity in Tropical Rain Forests and Coral Reefs. *Science* 199: 1302-1310.
- Frazer GW; Canham CD; & Lertzman KP. 1999. Gap Light Analyzer (GLA), Version 2.0: Imaging software to extract canopy structure and gap light transmission indices from true-colour fisheye photographs, users manual and program documentation. Copyright © 1999: Simon Fraser University, Burnaby, *British Columbia and the Intitute of Ecosystem Studies*, Millbrook, New York. 36p.

- Giuliet AM, Bocage Neta AL, Castro AAJF, Gamarra-Rojas CFL, Sampaio EVSB, Virgínio JF, Queiroz LP, Figueiredo MA, Rodal MJN, Barbosa MRV, Harley RM. 2004. Diagnóstico da vegetação nativa do bioma Caatinga. Pg. 47-90. En: Silva JMC, Tabarelli M, Fonseca MT, Lins LV (Orgs.) *Biodiversidade da Caatinga: áreas e ações prioritárias para a conservação*.
- Harris, RC. 1995. More Florida Lichens: Including the 10c Tour of the Pyrenolichens. Bronx, New York: *Privately Published*.
- IBAMA – *Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis*. 2010. Notícias ambientais: desmatamento na Caatinga. Disponível em <http://www.ibama.gov.br/publicadas/desmatamento-na-caatinga-ja-destruiu-metade-da-vegetacao-original> Acesso em 21 de fevereiro de 2014.
- Käffer, MI; Ganade, G.; Marcelli, MP. 2007. Interação entre líquens e forófitos em quatro ambientes na FLONA de São Francisco de Paula. *Rev. Bra. De Bioc.* 5: 216-218.
- Käffer, MI; Alves, C; Cáceres, MES; Martins, SMA & Vargas, VMF. 2011. Caracterização da comunidade líquênica corticícola de Porto Alegre e áreas adjacentes, RS, Brasil. *Acta Bot. Bras.* [online]. ISSN 0102-3306. 25(4): 832-844.
- Kantvilas, G. 1990. Succession in rainforest lichens. *Tasforests* 2: 167-171.
- Koch, NM. 2012. Dinâmica da sucessão líquênica: padrões estruturais e funcionais como indicadores de regeneração florestal. Dissertação de Mestrado, *Universidade Federal do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre.
- Leite, ABX. 2013. Influência de fatores ambientais na riqueza e composição de espécies de líquens corticícolas em área de Brejo de Altitude e Caatinga. Dissertação. *Universidade Federal de Sergipe*, São Cristóvão, 89p.
- Lima, EL 2013. Riqueza e composição de líquens corticícolas crostosos em área de Caatinga no Estado de Pernambuco. Dissertação. *Universidade Federal de Pernambuco*, Recife, 109p.
- López, BF. 2006. Resposta dos líquens a fatores ambientais. In: Filho, LX; Legaz, ME; Cordoba, CV; Pereira, EC. *Biologia de Líquens. Ambito Cultura*, Rio de Janeiro, 624 p.
- Lücking, R; Seavey, F; Common, R S; Beeching, SQ; Breuss, O; Buck, WR.; Crane, L; Hodges, M; Hodkinson, BP; Lay, E; Lendemer, JC; McMullin, RT; Mercado-Díaz, JA; Nelsen, MP; Rivas Plata, E; Safranek, W; Sanders, WB; Schaefer Jr, HP; Seavey, J.

2011. The lichens of Fakahatchee Strand Preserve State Park, Florida: Proceedings from the 18th Tuckerman Workshop. *Bulletin of the Florida Museum of Natural History*. 49(4): 127-186.
- Lücking, R. 1995. Biodiversity and conservation of foliicolous lichens in Costa Rica. *Mitteilungen der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft* 70:63-92.
- Lücking, R; Archer, AW & Aptroot, A. 2009. A world-wide key to the genus *Graphis* (Ostropales: Graphidaceae). *The Lichenologist* 41(4/5): 1-90.
- Lücking, R. 2001. Lichens on Leaves in Tropical Rainforests: life in a permanently ephemeral environment. *Life Forms and Dynamics in Tropical Forests*, Gerhard Gottsberger & Sigrid Liede (eds.): Diss. Bot. 00: 000-000. J. Cramer in der Gebrüder Borntraeger Verlagsbuchhandlung. Berlin. Stuttgart, 2001.
- Lumbsch HT & Huhndorf SM. 2007. Outline of Ascomycota – 2007. *Myconet* v13, ISSN 1403-1418.
- McCune, B. and MJ. Mefford. 2006. PC-ORD. Multivariate Analysis of Ecological Data. Version 5.10; *MjM Software*, Gleneden Beach, Oregon, U.S.A.
- Nash III TH. 2008. Lichen Biology. Cambridge: *Cambridge University Press*. 2^o ed. 496p.
- Prado, DE. 2003. As Caatingas da América do Sul. In: Leal IR, Tabarelli M & Silva JMC (eds). *Ecologia e Conservação da Caatinga*. ed, Recife: Ed. Universitária da UFPE. 822p.
- Rivas-Plata, E; Lücking, R & Lumbsch, HT. 2008. When family matters: an analysis of Thelotremaaceae (Lichenized Ascomycota: Ostropales) as bioindicators of ecological continuity in tropical forests. *Biodiversity and Conservation* 17: 1319-1351.
- Rivas Plata, E; Lücking, R; Sipman, HJM; Mangold, A; Kalb, K & Lumbsch, HT. 2010. A world-wide key to the thelotremoid Graphidaceae, excluding the Ocellularia-Myriotrema-Stegobolus clade. *The Lichenologist* 42(2): 139-185.
- Rodrigues, L. C. 2012. A comunidade de microlíquens crostosos sofre alteração ao longo de gradientes ambientais na Caatinga? Dissertação. *Universidade Federal de Sergipe*. São Cristóvão, 81p.
- Sampaio, EVS & Gamarra-Rojas, CFL. 2003. A vegetação lenhosa das ecoregiões da Caatinga. Pp. 85-90. In: Jardim, EAG; Bastos MNC & Santos, JUM. *Desafios da Botânica*

- brasileira no novo milênio: inventário, sistematização e conservação da biodiversidade vegetal. Belém. Sociedade Brasileira de Botânica.
- Santos, AF; Andrade, JA. 1992. Caracterização e delimitação do semi-árido sergipano, Aracaju: CNPq/UFS. 232p.
- SEMARH. 2010. *Unidades de Conservação*. Disponível em: <<http://www.semarh.se.gov.br/biodiversidade/modules/tinyd0/index.php?id=11>>. Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos de Sergipe. Acessado em 04 de fevereiro de 2013.
- SEMAH. 2014. <http://www.semarh.se.gov.br/uploads/planos/PlanodeManejoMONA.pdf>. Acesso 20/03/2014, às 14:03h.
- Silva JR, Mailard P, Costa-Pereira PS & Andrade CF. 2009. Comparação de métodos indiretos para medição de abertura do dossel no cerrado, utilizando observações obtidas nos trabalhos de campo e fotos hemisféricas digitais. Natal: *Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*. INPE 3059-3064.
- Silva, KA; Santos, JMFF; Santos DM; Ferraz EMN; Araújo EL. 2013. Spatial variation in the structure and composition of the herbaceous community in a semiarid region of northeastern Brazil. *Braz. J. Biol.*, 73(1): 135-148.
- Sipman, H. 2003. Artificial Key to Marbach's tropical *Buellia* s.l. with short diagnosis. Disponível em: <http://www.bgbm.org/sipman/keys/Trobuellia.htm>. (Acesso em 19/08/2013).
- Sipman, HJM; Lücking, R; Aptroot, A; Chaves, JL; Kalb, K; & Tenorio, LU. 2012. A first assesment of the Ticolichen biodiversity inventory in Costa Rica and adjacente áreas: the thelotrmoid Grapidaceae (Ascomycota: Ostropales). *Phytotaxa* 55:1-214.
- SUDENE/CONDESE. 1976. Zoneamento ecológico florestal do estado de Sergipe. *Gráfica Sercore*. Aracaju, Brasil. 107p.

Capítulo 2

ATRIBUTOS FUNCIONAIS DE LIQUENS COMO BIOINDICADORES DE SUCESSÃO FLORESTAL NA CAATINGA

ATRIBUTOS FUNCIONAIS DE LIQUENS COMO BIOINDICADORES DE SUCESSÃO FLORESTAL NA CAATINGA

Cléverton de Oliveira Mendonça¹, André Aptroot², Robert Lücking³ & Marcela Eugenia da Silva Cáceres⁴

¹Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação, Universidade Federal de Sergipe, CEP: 49100-000, São Cristóvão, Sergipe, Brasil.

²ABL Herbarium, G.v.d.Veenstraat 107, NL-3762 X K Soest, The Netherlands.

³Science & Education, The Field Museum of Natural History, 1400 South Lake Shore Drive, Chicago, Illinois 60605, USA.

⁴Departamento de Biociências, Universidade Federal de Sergipe, 49500-000, Itabaiana, Sergipe, Brasil.

RESUMO:

A fragmentação da floresta reflete diretamente na organização dos padrões ecológicos de todos os indivíduos influenciando na composição relativa das florestas em sucessão. Processos estocásticos resultam do comportamento dos componentes das populações e espécies definem a sucessão florestal. Cada espécie tem um grande número de características morfológicas, fisiológicas e comportamentais, muitas das quais podem influenciar a abundância de espécies e funcionamento dos ecossistemas. Pouco se sabe a respeito das características funcionais na comunidade de líquens e sua resposta a vários impactos, como o uso da terra, a perturbação ou a mudança climática e a sucessão florestal. Logo, este trabalho tem como objetivo constatar se os atributos funcionais dos líquens podem ser usados como indicadores dos estágios de sucessão florestal em um enclave de caatinga no alto sertão sergipano. O trabalho foi realizado em três áreas de diferentes estágios sucessionais na Caatinga do Alto Sertão Sergipano, distribuídas em nos municípios de Poço Redondo e Porto da Folha. Foram coletadas 1460 amostras distribuídas entre as áreas inicial, intermediária e avançada. No que diz respeito às diferenças no padrão de distribuição da abundância dos atributos entre os estágios de sucessão 14 atributos possuem correlação significativa ($P < 0,05$). Com relação aos atributos indicadores dos estágios de sucessão na Caatinga 12 atributos possuem valores significativos. Os maiores valores de indicação estão correlacionados com apotécio, ascósporo médio e ascósporos com duas células para o estágio inicial e ascósporos com três a quatro células, ascósporo marrom e lirela correlatados para o estágio avançado. Nenhum dos atributos possuíram relação

significativa com o estágio intermediário. Em vista dos aspectos observados, os atributos funcionais da comunidade de líquens respondem ao tempo de sucessão ecológica na Caatinga.

Palavras-chave: sucessão ecológica, floresta seca, semiárido, micota liquenizada.

ABSTRACT:

Forest fragmentation directly reflects in the organization of ecological patterns of all individuals, influencing the relative composition of forests in succession. Stochastic process results of the behaviour of components of populations and species that define forest succession. Each species has a large number of morphological, physiological and behavioural traits, many of which can affect the abundance of species and ecosystem functioning. Little is known about the functional characteristics of the lichens and their response to various impacts such as land use, disturbance or climate change and forest succession community. Therefore, this paper aims to establish whether the functional traits of lichens can be used as indicators of the stages of forest succession in an enclave of Caatinga. The study was undertaken in three areas of different successional stages in the Caatinga, in Sergipe State, distributed in the municipalities of Poço Redondo and Porto da Folha. A total of 1460 samples were collected, distributed between the initial, intermediate and advanced areas. With regard to differences in the distribution pattern of abundance of attributes between stages of succession 14 attributes have significant correlation ($P < 0.05$). With respect to the attributes of indicators stages of succession in the Caatinga, 12 attributes have significant values. The highest values indicated are correlated with attributes such as apothecium, medium ascospore and ascospores with two cells, for the initial stage and ascospores with three to four cells, ascospore brown and lirela correlated to later stage. None of the traits are significant with the intermediate stage. In view of features observed, the functional traits of the lichen community respond to the time of ecological succession in the Caatinga.

Keywords: ecological succession, caatinga, semiarid, lichenized mycota.

INTRODUÇÃO

Serviços ecossistêmicos são definidos como os processos e as condições gerados pela biodiversidade dos ecossistemas naturais que sustentam a atividade e a vida humana (Chapin *et al.* 2000). Desta maneira, alterações ambientais a nível global tem o potencial de aumentar os impactos ecológicos e sociais das mudanças na biodiversidade (Sala *et al.* 2000).

A fragmentação da floresta reflete diretamente na organização dos padrões ecológicos de todos os indivíduos influenciando na composição relativa das florestas em sucessão (Guariguata & Ostertag 2001). As trajetórias sucessionais são influenciadas pela escala, frequência e intensidade de distúrbios, usos de terra anteriores, textura do solo, disponibilidade de nutrientes, natureza da vegetação remanescente e condições pós distúrbios como tipos de manejo, colonização por espécies invasoras ou dispersão de sementes a partir de áreas florestais do entorno (Chazdon 2003, 2008).

Processos estocásticos resultados do comportamento dos componentes das populações e espécies definem a sucessão florestal (Chazdon 2008). Durante o processo de sucessão secundária ocorre a re-colonização da comunidade, em que a sua estrutura e a composição de espécies mudam ao longo do tempo (Lebrija-Trejos *et al.* 2012). Cada espécie tem um grande número de características morfológicas, fisiológicas e comportamentais, muitas das quais podem influenciar a abundância de espécies e funcionamento dos ecossistemas (Tilman 2001). Dessa forma, os filtros ambientais e espécies características são relevantes para o conjunto da comunidade que, em seguida, devem ter combinações particulares dos atributos funcionais sob diferentes condições ambientais (Lebrija-Trejos *et al.* 2012).

A diversidade de espécies dentro de tipos funcionais parece desempenhar um papel fundamental na estabilidade do ecossistema a longo prazo em face das mudanças ambientais (Diaz e Cabido 2001). Neste sentido, grupos funcionais podem ser definidos como um conjunto de espécies que têm características semelhantes e que seus efeitos são similares no funcionamento dos ecossistemas (Tilman 2001).

Pouco se sabe a respeito das características funcionais na comunidade de líquens e sua resposta a vários impactos, como o uso da terra, a perturbação ou a mudança climática e a sucessão florestal (Koch 2012, Stofer *et al.* 2006). Estudos mostram a importância relativa do clima e da estrutura da floresta nos padrões de riqueza de espécies de líquens em larga escala espacial, e ao mesmo tempo, uma resposta dependente do fotobionte na riqueza para vários fatores ambientais (Marini *et al.* 2011).

O tipo de floresta, forma de crescimento e condições de luz, respondem a fatores estruturais da vegetação e a perturbações antrópicas (Giordani *et al.* 2012). A utilização de aspectos indicadores de líquens e grupos funcionais podem capturar mudanças distintas nas variáveis ambientais (Li *et al.* 2013). Assim, a sensibilidade de algumas formas morfológicas e a necessidade de nutrientes podem ser utilizados como bioindicadores para avaliar o impacto da poluição atmosférica em pequenas áreas urbanas (Llop *et al.* 2012). O uso combinado de espécies indicadoras de líquens e grupos funcionais é um método confiável para o monitoramento da dinâmica da floresta em ecossistemas de altitude subtropicais (Li *et al.* 2013).

Processos bióticos e abióticos em uma comunidade conduzem as estratégias ecológicas de diversidade de uma determinada comunidade de acordo com filtros ambientais locais e regionais (Raevel *et al.* 2012). A perda ou adição de espécies com certas características funcionais pode ter um grande impacto em processos ecossistêmicos particulares, entretanto, diferentes processos são suscetíveis de serem afetados por diferentes espécies e grupos funcionais. (Tilman *et al.* 1997). Uma das maiores contribuições dos atributos funcionais é que estes podem oferecer uma visão muito mais forte sobre as relações entre a estrutura da comunidade e funcionamento do ecossistema do que quando se considera apenas a riqueza de espécies (Diaz & Cabido 2001).

Diante do exposto, faz-se necessário o monitoramento das ações antrópicas em detrimento ao regime de distúrbios inerentes as florestas em sucessão e as respostas dos organismos as diversas modificações ambientais. Logo, este trabalho tem como objetivo constatar se os atributos funcionais dos líquens podem ser usados como indicadores dos estágios de sucessão florestal em um enclave de caatinga no alto sertão sergipano. Para tanto, foi levantada as hipóteses H1 Atributos funcionais variam de acordo com o estágio de sucessão ao qual a floresta se encontra e H2 Atributos funcionais são bioindicadores de estágios sucessionais.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo

O trabalho foi realizado em três áreas de diferentes estágios sucessionais na Caatinga do Alto Sertão Sergipano, distribuídas em dois municípios do estado (Figura 1). As áreas de

sucessão inicial e intermediária, respectivamente, com 8 a 12 anos e 15 a 20 anos de abandono estão localizadas no Monumento Natural Grota do Angico, município de Poço Redondo, e a área de sucessão avançada com 45 a 55 anos de abandono localiza-se na Fazenda São Pedro, na cidade de Porto da Folha. As informações relacionadas as idades das áreas foram obtidas através de moradores locais e fazendeiros da região.

Monumento Natural Grota do Angico

O Monumento Natural Grota do Angico (Figura 2) está localizado há cerca de 200 quilômetros a noroeste de Aracaju, capital sergipana, com uma área de aproximadamente 2183 hectares ($9^{\circ} 41' S$ e $38^{\circ}31' W$), entre os municípios de Poço Redondo e Canindé de São Francisco (SEMARH 2010).

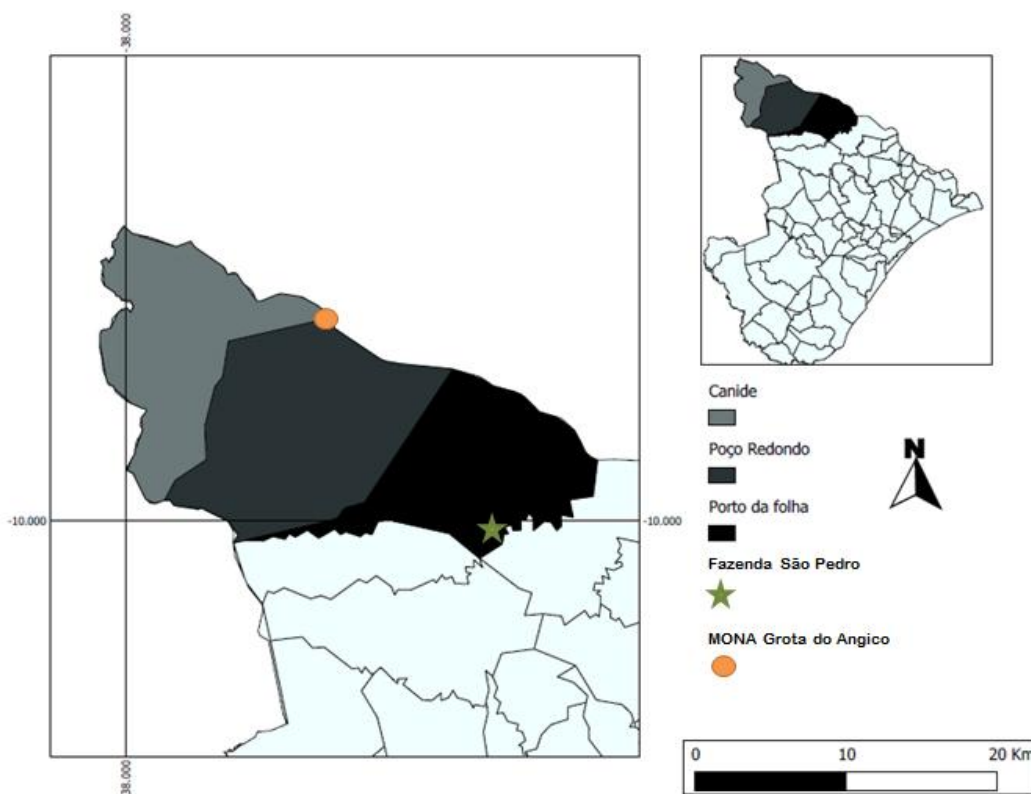


Figura 1. Mapa territorial do estado de Sergipe com a localização das áreas de coletas.

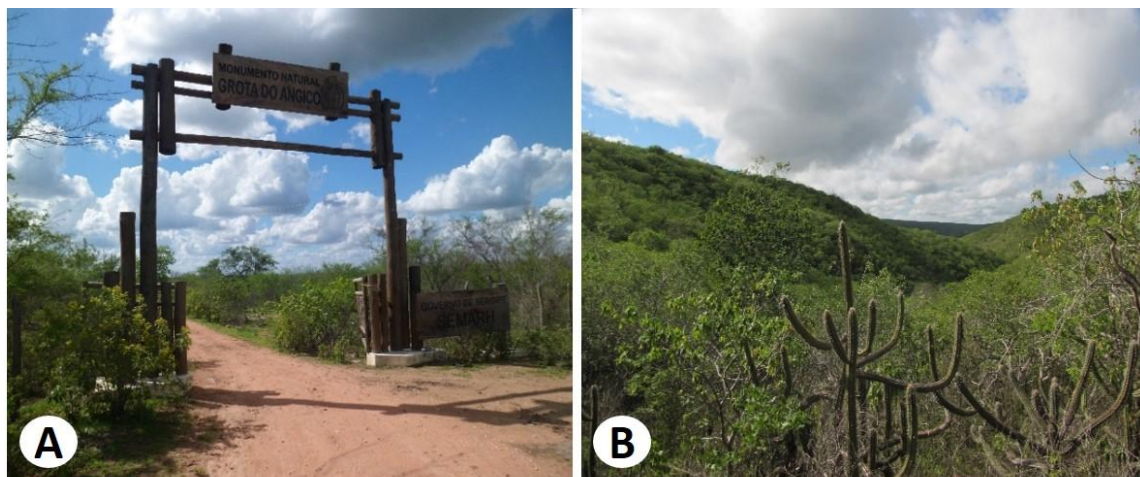


Figura 2. Entrada do Monumento Natural Grota do Angico (A) e vista panorâmica da Caatinga (B). Fotos: Mendonça (2013).

Caracterizado pelo domínio morfoclimático da Caatinga (Ab’Saber 1974) a região está situada na Depressão Sertaneja Meridional, com altitude variando de 100 a 800 m (SEMAH <http://www.semarh.se.gov.br/uploads/planos/PlanodeManejoMONA.pdf>. Acesso 20/03/2014, às 14:03h). O clima segundo a classificação de Köppen é categorizado como Tropical Semiárido Quente – BSh, com precipitação anual média de 500 mm distribuída entre os meses de Abril a Agosto (Ab’Saber 1974). O solo é caracterizado pela presença de neossolos litólico e a vegetação corresponde a uma Caatinga Hiperxerófito Arbórea Densa e Hiperxerófito Arbórea Densa Associada a Riachos. (SEMAH <http://www.semarh.se.gov.br/uploads/planos/PlanodeManejoMONA.pdf>. Acesso 20/03/2014, às 14:03h).

Fazenda São Pedro

A Fazenda São Pedro localiza-se no município de Porto da Folha, com uma área de 115 ha entre os limites 10°02'14"S e 37°21'31"W. Caracteriza-se pela presença de uma Caatinga arbórea em bom estado de conservação (Figura 3), o clima da região é categorizado como Tropical Semiárido Quente – BSh segundo a classificação de Köppen com temperatura média anual de 26,2°C (Bonfim 2002).



Figura 3. Vista da vegetação na Fazenda São Pedro (A) e Placa indicativa do bioma em estudo (B). Fotos: Mendonça (2013).

O período chuvoso está distribuído entre os meses de março a julho, entretanto, as precipitações são irregulares e mal distribuídas anualmente, variando entre 300 e 700 mm. O período seco da região é superior a oito meses, sendo dezembro o mês mais quente e agosto o mais frio. Quanto à classificação dos solos destacam-se dois: Neossolo Litólico e Planossolo (SUDENE/CONDESE 1976; Santos & Andrade 1992).

Coleta e Processamento de material biológico

Coleta do material biológico

As coletas das espécies de líquens nas áreas de estudo foram feitas através da demarcação de cinco transectos de 100 m cada (Figura 4), seguindo a metodologia adaptada de Cáceres *et al.* (2007). Estes transectos foram demarcados paralelamente, equidistantes 25 m. O ponto inicial de cada transecto foi delimitado a 10 m distante da borda para minimização de possíveis interferências de áreas abertas ou trilhas. Em seguida, a cada 20 m foi delimitado um ponto no qual foi escolhida a árvore mais próxima que possuía talos liquênicos, totalizando 30 árvores por área. Cada árvore selecionada representa uma unidade amostral, onde foram coletados os líquens ocorrentes na altura de 0,5 m até 1,50 m.

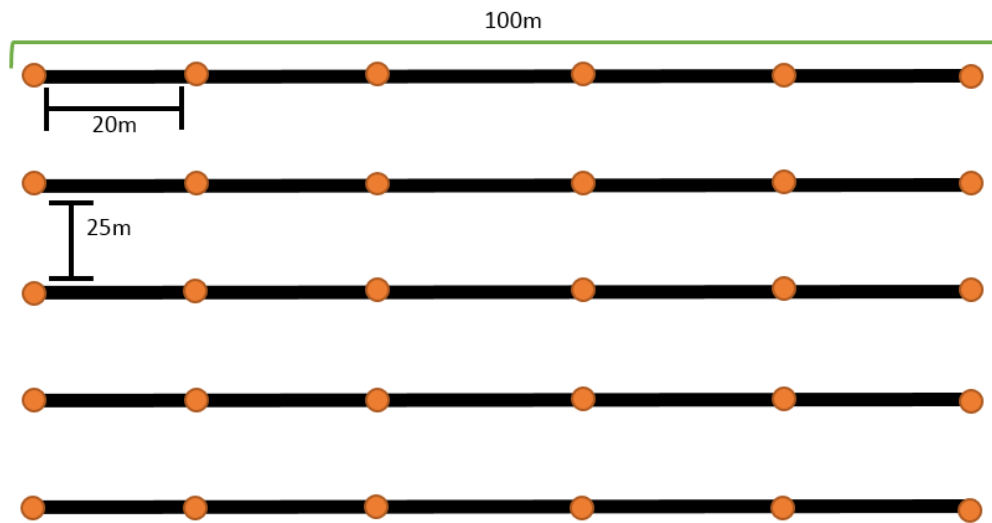


Figura 4. Desenho amostral dos transectos para a coleta de líquens crostosos em cada estágio sucessional da floresta.

A remoção dos talos liquênicos do córtex das árvores foi feita com o auxílio de faca e martelo (Figura 5). As amostras foram acondicionadas em envelopes de papel, nos quais foram registrados o local de coleta equivalente a cada determinado estágio sucessional, data, local, transecto e número da árvore.



Figura 5. Remoção de líquen crostoso do córtex do forófito. Foto: Mendonça (2013).

Processamento e identificação das amostras

O material coletado foi secado com auxílio de prensas botânicas utilizando jornais e papelão, em temperatura ambiente por sete dias (Figura 6A). Em seguida, as amostras foram levadas ao Laboratório de Liqueologia do Departamento de Biociências da Universidade

Federal de Sergipe, Campus Professor Alberto Carvalho em Itabaiana - SE, onde foram confeccionadas excisatas em papel cartão de 15 x 7 cm com as informações do estágio sucessional, local, transecto, coletor, número da árvore e data da coleta (Figura 6B).



Figura 6. Secagem das amostras na prensa botânica (A); e excisatas confeccionadas prontas para identificação (B). Fotos: Mendonça (2013).

As amostras foram submetidas a congelamento em freezer a -22°C por sete dias, para evitar a contaminação por artrópodes e outros fungos. Coleções de referência do material coletado estão depositadas no Herbário ISE, da Universidade Federal de Sergipe, Campus Professor Alberto Carvalho no município de Itabaiana-SE.

Para identificação das espécies de líquens crostosos, foram feitas secções transversais no talo e ascoma com auxílio de lâmina de aço (gilette) no microscópio estereoscópico binocular Leica, modelo EZ4. Posteriormente, foi feita a análise dos cortes ao microscópio óptico Leica, modelo DM500, em preparação com água destilada, onde foram observadas características morfológicas como tamanho, coloração e septação dos ascósporos, inspersão do himênio, carbonização do excípulo, entre outros caracteres de importância taxonômica, a depender do grupo.

Testes histoquímicos foram realizados utilizando solução aquosa de hidróxido de potássio (KOH 10%) para a observação de reações com compostos secundários (Figura 7A) como a formação de cristais (Figura 7B), e solução Lugol (I 2%), para reações amilóide e dextrinóide, comumente empregados em taxonomia de fungos liquenizados (Figura 7C). Da mesma forma, também foram feitos testes com hipoclorito de sódio (C) (água sanitária comercial, NaClO), parafenilendiamina (P) e luz Ultravioleta (UV) (Figura 7D). A classificação a nível de classe

e ordem foi baseada em Lumbsch & Huhndorf (2007). Para a identificação das espécies foi utilizada bibliografia especializada, como por exemplo: Cáceres (2007), Lücking *et al.* (2009), Aptroot *et al.* (2008), Aptroot *et al.* (2013), Harris (1995), Sipman *et al.* (2012), Aptroot (2012), Lücking *et al.* (2011), Rivas Plata *et al.* (2010), Sipman (2003), Aptroot, A. & Cáceres, MES (2013).

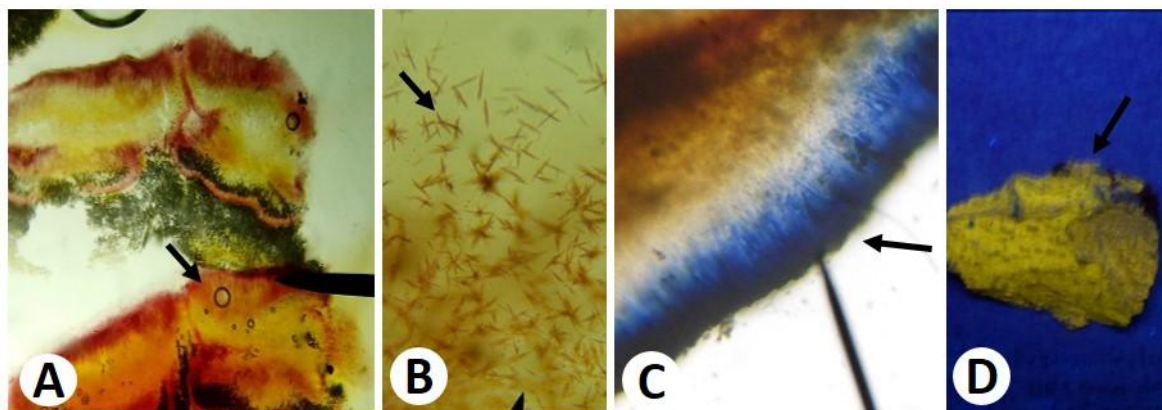


Figura 7. Corte transversal do ascoma demonstrando teste histoquímico com hidróxido de potássio KOH (A), formação de cristais com teste KOH (B) Teste com Lugol I (C), Teste Ultravioleta UV (D). Fotos: Mendonça (2013).

Amostragem dos fatores ambientais bióticos e abióticos

A Caatinga é um bioma que sofre grandes pressões ambientais no sentido da variação pluviométrica entre as estações secas (agosto a fevereiro) e chuvosas (março a julho). Por esta razão a amostragem dos fatores luminosidade e pH que possivelmente influenciam o padrão de distribuição dos líquens para este tipo de floresta seca foi analisado durante os dois períodos.

A medida do diâmetro à altura do peito (DAP) foi feita através da circunferência à altura do peito (CAP) de cada forófito, aferida com uma fita métrica colocada ao redor do tronco, numa altura de 1,5 m distante do solo, que é a altura padrão para esta variável. Em seguida, utilizou-se a seguinte equação $DAP = CAP/\pi$ para converter o CAP em DAP.

A intensidade luminosa incidente em cada árvore amostrada foi aferida com o auxílio de uma câmera fotográfica modelo Canon Power Shot SX20 IS, acoplada a uma lente do tipo “olho-de-peixe”, que fornece fotos hemisféricas, com a abertura do dossel em 180° (Figura 8A). Foram tiradas três fotos para cada forófito que após serem analisadas através do software Gap Light Analyzer (GLA) Version 2.0, foi feita a média dos valores obtidos.

A fotografia registrada foi convertida em preto e branco e recortada no formato quadrado requisitado pelo GLA (Figura 8B). Em seguida, esta mesma fotografia foi dividida radialmente e em círculos concêntricos equidistantes de acordo com a geometria óptica da lente de maneira que cada setor represente uma proporção igual do hemisfério. Esse cuidado tem como objetivo eliminar o efeito de visão oblíqua crescente à medida que se afasta do centro da fotografia. Finalmente, a fotografia foi segmentada em bitmap binário usando um limiar estimado visualmente (Silva *et al.* 2009).

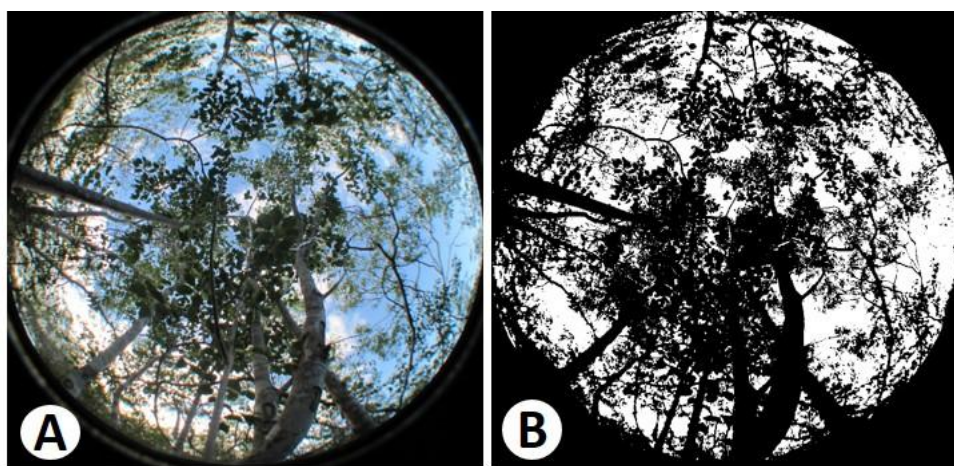


Figura 8. Foto hemisférica tirada em campo com o auxílio da lente olho-de-peixe (A) e tratada com o programa GLA (B). Fotos: Mendonça (2013).

As fotos foram feitas com a câmera fotográfica posicionada ao lado do tronco do hospedeiro selecionado. Os horários do registro das fotos foram das 6:00h às 7:30h da manhã e entre as 16:00h e 17h30min da tarde. O tripé de sustentação da câmera foi posicionado a uma altura de 1 m do solo (Koch 2012). É importante que a câmera esteja nivelada devido ao programa utilizado para análise das fotos. A máquina foi posicionada para o Norte magnético utilizando-se de bússola sob a lente e cada ponto registrado foi marcado pelo GPS onde fez-se o registro da localização e a elevação como parte da análise do GLA. A declinação magnética foi corrigida com a inserção dos dados necessários no site <<http://geomag.nrcan.gc.ca/calc/mdcal-eng.php>>, acesso em 21 de Janeiro de 2014, (Frazer *et al.* 1999).

A medida do pH foi aferida através do aparelho Skin Meter – HI 9918. Após a retirada de uma amostra do forófito selecionado posicionou-se o eletrodo de cabeça plana até a

estabilização do valores apresentados pelo aparelho. Adotando-se a variação numérica de (0 a 6,9) como ácido, (7) como neutro e (7,1 a 14) como básico.

Análises estatísticas dos dados

Para a análise estatística dos dados amostrados foram criadas duas matrizes. A primeira matriz está relacionada com os dados de presença e ausência das espécies pelas unidades amostrais das três áreas de sucessão. A segunda matriz lista todos os fatores ambientais em relação as suas respectivas unidades amostrais.

A respeito da análise da riqueza, foram utilizados testes não paramétricos comparando múltiplas amostras independentes com a análise de variância (ANOVA) de Kruskal-Wallis para a diferença da riqueza entre os estágios de sucessão e o teste de correlação de Spearman entre a riqueza e as possíveis influências que afetam o padrão de organização da comunidade líquênica (pH da casca, abertura do dossel, transmitância total e DAP), no programa ESTATISTICA versão 6.0. Ainda no mesmo programa, com o auxílio da ANOVA de Kruskal-Wallis, foi feita a análise da diversidade beta com as distâncias de similaridade dos líquens entre os forófitos dos estágios sucessionais.

Com relação à composição de espécies e às influências que afetam o padrão de distribuição das mesmas entre os diferentes estágios de sucessão foi utilizado o teste estatístico escalonamento multidimensional não métrico (NMS) através do programa *PC-ORD Version 5.10* (McCune & Mefford 2006). No mesmo programa, foi feita a análise de similaridade correlacionando a presença ou ausência de espécies através da técnica de agrupamento de Cluster entre os estágios sucessionais. A partir desta análise pode-se identificar espécies com características semelhantes e organizá-las em grupos de acordo com o grau similaridade ou dissimilaridade. Para os dois testes foi utilizando a distância de Sørensen. Para a análise de espécies indicadoras foi utilizado o teste de aleatorização de Monte Carlo através do software *PC-ORD Version 5.10* (McCune & Mefford 2006).

Atributos funcionais

Foram analisados 24 atributos funcionais dos líquens da caatinga entre os três estágios de sucessão florestal. A escolha dos atributos foram baseadas em trabalhos previamente feitos para outros biomas e que possuíssem relação com a análise a ser feita (Cáceres *et al.* 2008,

Ellis & Coppins 2006, Giordani *et al.* 2012, Koch *et al.* 2013, Llop *et al.* 2012, Whittet & Ellis 2013). Logo, com o auxílio de literatura específica e as análises taxonômicas das espécies amostradas, foram obtidos os dados referentes ao tipo de estrutura reprodutiva (sorédios, apotécio, peritécio e lirela), ao tipo de reprodução (indireta e direta), a forma de crescimento (crostoso, folioso, microfolioso, e fruticoso), ao tipo de alga (trentepolioide e clorocococoides), a quantidade de células por ascósporo (uma célula; duas células, de três a quatro, de cinco a oito, de nove a dezesseis, mais de dezesseis, muriformes pequenos – 14X4 células, muriformes grandes – mais de 14X4 células e piquinídeo) e em complementação a estudos já feitos, sugeriu-se a análise da cor do ascósporo (hialino ou marrom) e do tamanho do ascósporo (pequeno – 0 a 30 μm , médio – 31 a 60 μm e grande – maior q 61 μm).

Análises estatísticas dos dados

Para a análise dos dados, foram criadas três matrizes, uma principal com os dados de presença e ausência das espécies amostradas, e duas matrizes secundárias, uma matriz A com os dados dos atributos funcionais obtidos das espécies em número binário (1,0) e quantitativo para características que possuíssem mais de duas informações relevantes e outra matriz B com os dados de abundância dos atributos entre os forófitos.

O padrão de distribuição dos atributos funcionais entre os estágios sucessionais foi analisado através da ANOVA de Kruskal-Wallis com os dados de abundância de cada atributo e os estágios inicial, intermediário e avançado no programa ESTATISTICA versão 6.0.

Com relação a análise dos atributos, as espécies e as possíveis correlações entre as unidades amostrais, foi feita uma ordenação de escalonamento multidimensional não métrico (NMS) no programa PC-ORD *Version 5.10* (McCune & Mefford 2006), com os dados das matrizes principal e secundária A. Para estimar se há relação de significância entre os atributos e os estágios sucessionais a ponto de afirmar que a presença ou ausência destes em cada estágio pode indicar o grau de sucessão ao qual a floresta se encontra, foi feita a análise de espécies indicadoras através do teste de aleatorização de Monte Carlo com os dados das matrizes principal e secundária B no programa PC-ORD *Version 5.10* (McCune & Mefford 2006).

RESULTADOS

Foram coletadas 1460 amostras distribuídas entre as áreas inicial, intermediária e avançada. Desse total, 119 espécies foram identificadas. Com relação à forma de crescimento,

92% dos líquens foram crostosos, 3% foliosos, 6% microfoliosos e 1% fruticosos. Todas as espécies estão em simbiose com algas clorofíceas e nenhuma espécie está associada a cianobactérias. Dentre as clorofíceas, 25% são clorococoides e 75% são trentepolioides. Quanto à reprodução, 93% é de forma indireta e 7% de forma direta. Já para as estruturas reprodutivas 33% são apotécios, 22% peritécios e 40% lirelas. Quanto à coloração dos ascósporo 75% são hialinos e 17% são marrons.

No que diz respeito às diferenças no padrão de distribuição da abundância dos atributos entre os estágios de sucessão, 14 atributos possuem correlação significativa ($P < 0,05$) (Tabela 1). Os maiores valores de abundância para o estágio inicial estão relacionados com os atributos algas clorococoides, líquens crostosos, líquens com apotécio, ascósporos com uma célula, ascósporos com duas células, ascósporos hialinos, ascósporos pequenos, ascósporos médios e a reprodução indireta (Figura 9). Já para o estágio avançado as maiores abundâncias estão para os atributos algas trentepolioides, líquens com lirelas, ascósporos com três a quatro células, ascósporos com nove a dezesseis células e ascósporos marrons (Figura 10).

Tabela 1. Atributos funcionais significativos com relação a diferença de abundância entre os estágios.

Atributos	P*
Algas trentepolioides	$P < 0,0014$
Algas clorococoides	$P < 0,0021$
Ascósporos com uma célula	$P < 0,0072$
Ascósporos com duas células	$P < 0,0001$
Ascósporos com três a quatro células	$P < 0,0000$
Ascósporos com nove a dezesseis células	$P < 0,0000$
Ascósporos hialinos	$P < 0,0045$
Ascósporos marrom	$P < 0,0002$
Ascósporos médios	$P < 0,0002$
Ascósporos pequenos	$P < 0,0039$
Líquens com apotécio	$P < 0,0001$
Líquens crostosos	$P < 0,0118$
Líquens com lirela	$P < 0,0088$
Reprodução indireta	$P < 0,0022$

Com relação a ordenação NMS feita entre os atributos funcionais, as espécies e os estágios de sucessão, não foi perceptível nenhuma relação de correspondência.

De acordo com o teste de aleatorização de Monte Carlo 12 atributos possuem valores significativos com os estágios de sucessão na Caatinga (Tabela 2). Os maiores valores de

indicação estão correlacionados com os atributos apotécio, ascósporo médio e duas células, respectivamente, para o estágio inicial e três a quatro células, ascósporo marrom e lirela correlatados para o estágio avançado. Nenhum dos atributos possuíram relação significativa com o estágio intermediário.

Tabela 2. Atributos funcionais indicadores dos estágios de sucessão.

Atributo	Estágio	Valor de Indicação	P < 0,05
Apotécio	Inicial	45,5	0,0002
Ascósporo Hialino	Inicial	39,8	0,0036
Ascósporo Médio	Inicial	41,6	0,0030
Ascósporo Pequeno	Inicial	38,5	0,0450
Crostoso	Inicial	38,8	0,0088
Duas Células	Inicial	41,8	0,0010
Muriforme Pequeno	Inicial	40,1	0,0130
Reprodução Indireta	Inicial	40,0	0,0016
Ascósporo Marrom	Avançado	40,8	0,0052
Lirela	Avançado	40,5	0,0072
Nove a Dezesesseis Células	Avançado	40,1	0,0054
Três a Quatro Células	Avançado	51,6	0,0002

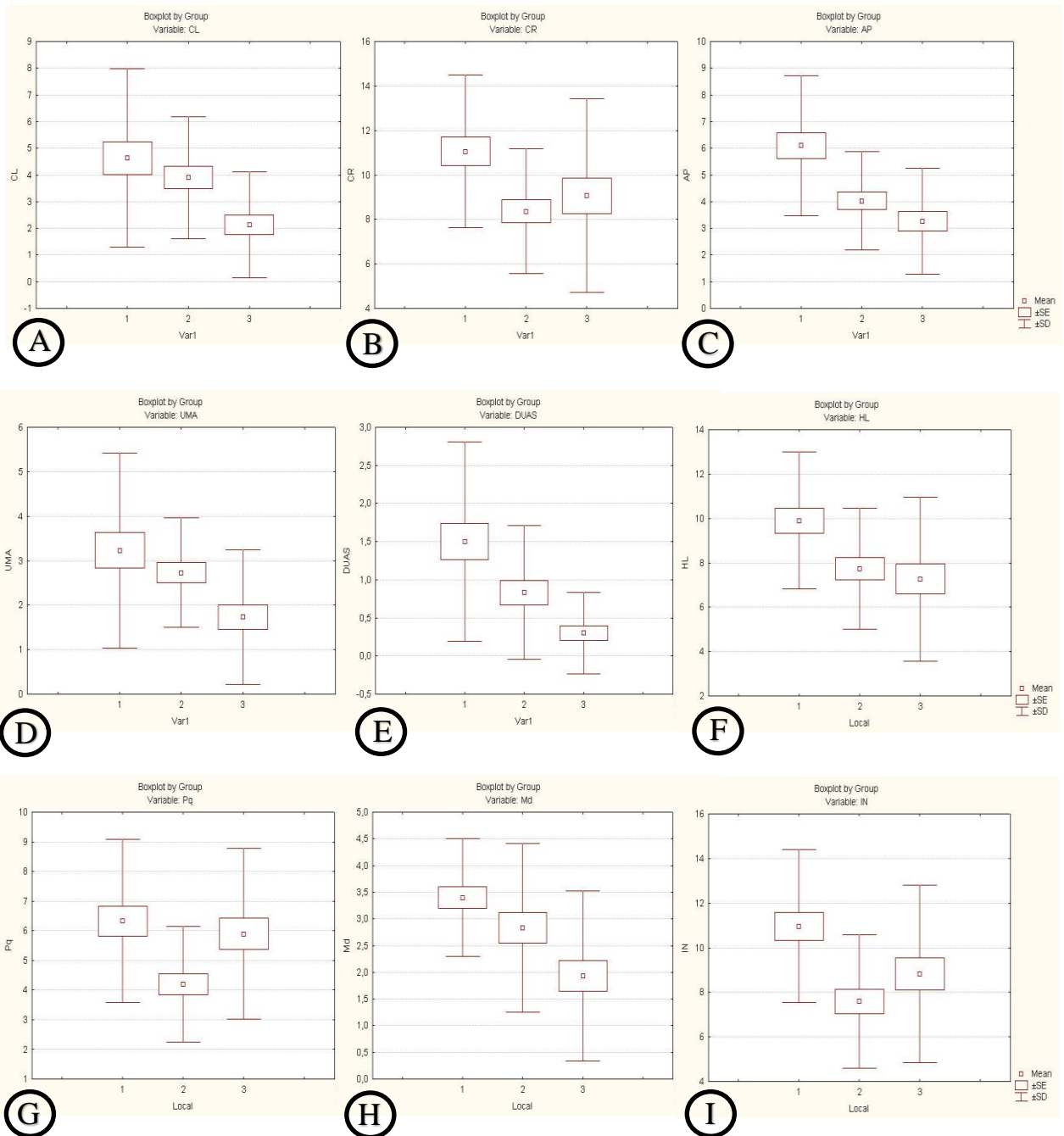


Figura 9. Boxplots da ANOVA com os resultados significativos entre a abundância dos atributos e o estágio inicial. (A) Algas clorococoides, (B) Líquens crostosos, (C) Líquens com apotécio, (D) Ascósporos com uma célula, (E) Ascósporos com duas células, (F) Ascósporos hialinos, (G) Ascósporos pequenos, (H) Ascósporos médios, (I) Reprodução indireta. Local (1) estágio inicial, (2) estágio intermediário, (3) estágio avançado.

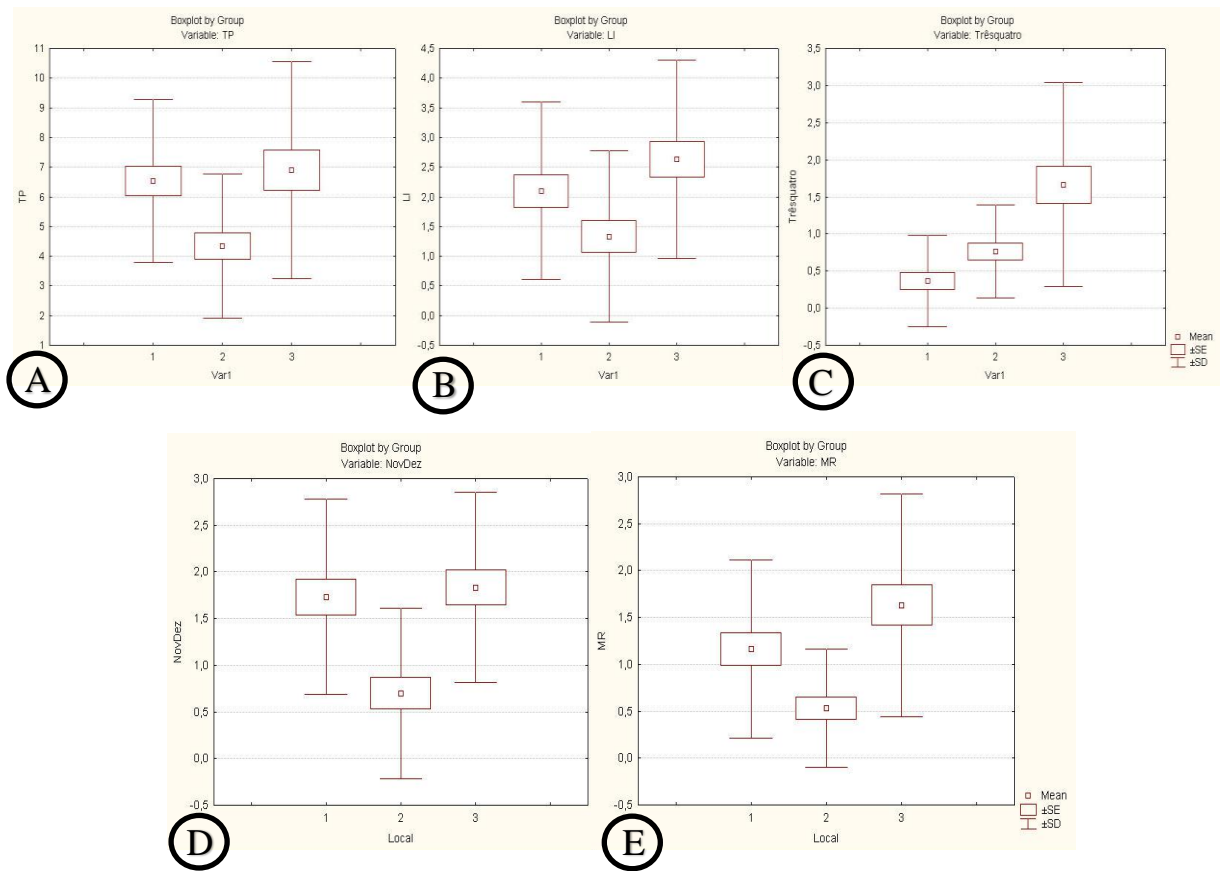


Figura 10. Boxplots da ANOVA com os resultados significativos entre a abundância dos atributos e o estágio avançado. (A) Algas trentepolioides, (B) Líquens com lirelas, (C) Ascósporos com três a quatro células, (D) Ascósporos com nove a dezesseis células, (E) Ascósporos marrons. Local (1) estágio inicial, (2) estágio intermediário, (3) estágio avançado.

DISCUSSÃO

Atributos × Estágios sucessionais

O padrão de distribuição dos atributos funcionais entre os estágios de sucessão florestal da Caatinga representa a relação destes com as modificações e adaptações da vegetação e da comunidade de líquens em estudo ao longo do tempo de regeneração. Com o resultado deste trabalho, a hipótese H1 Atributos funcionais variam de acordo com o estágio de sucessão ao qual a floresta se encontra foi corroborada.

Dentre os atributos estudados, algas clorococoides, líquens crostosos, líquens com apotécio, ascósporos com uma célula, ascósporos com duas células, ascósporos hialinos, ascósporos pequenos, ascósporos médios e a reprodução indireta possuem os maiores valores de abundância para a área que se encontra em um processo de regeneração recente com poucos anos de sucessão (inicial).

Líquens que possuem algas clorococoides (*Trebuxia*) como fotobionte tendem a dominar as regiões tropicais que possuem relação de alternância entre o período seco e chuvoso (Wolseley & Hawksworth 2009). As espécies pioneiras tendem a ter como fotobionte algas verdes, adaptadas a habitats caracterizados por altas intensidades de luz (Hedenås & Ericson 2000). Da mesma forma, com o aumento do uso da terra o número de algas verdes como fotobionte liquênico aumentam, o que não ocorre para líquens com algas trentepolias (Stofer *et al.* 2006).

Líquens crostosos são mais frequentes em árvores mais jovens, pois são menos efetivos na competição com líquens foliosos e briófitas que os sobrepõe em áreas avançadas (Ellis & Coppins 2006). Entretanto, Koch *et al.* (2013) em seu estudo sobre a diversidade funcional e os padrões de organização funcional de líquens como indicadores dos estágios sucessionais de uma floresta tropical úmida, encontraram dados diferentes para a Mata Atlântica. Segundo os autores, a presença de líquens crostosos está relacionada com a área avançada, pois estão adaptados as condições limitantes de baixa luminosidade.

Por outro lado, quando se analisa a vegetação preservada com muitos anos de conservação (avançada) é perceptível a variação na abundância e a diferença de atributos, como por exemplo, a correlação com as algas trentepolioides, líquens com lirelas, ascósporos com três a quatro células, ascósporos com nove a dezesseis células e ascósporos marrons. Líquens com fotobionte trentepolioide são característicos de regiões tropicais onde há o aumento da umidade e do sombreamento (Wolseley & Hawksworth 2009). Entretanto, Aptroot & van Herk (2007) encontraram na Holanda um aumento na presença de líquens que possuíam

como fotobionte algas do gênero *Trentepohlia* ligado ao aumento da temperatura em relação ao aquecimento global. Segundo Peksa & Skaloud (2011), o fotobionte pode expor preferências claras por fatores ambientais, conseqüentemente, estas preferências pode limitar os nichos ecológicos disponíveis para os líquens e levar à existência de guildas líquênicas específicas. Apesar da Caatinga não ser uma floresta úmida e sombreada como a Mata Atlântica, líquens com algas trentepolioides conseguiram se adaptar às variações ambientais e possuem um maior domínio em relação a líquens com algas clorococoides.

Líquens com ascósporos multiseptados e longos são encontrados com mais frequência em paisagens florestais, ou seja, em áreas avançadas independentemente da forma dos mesmos (Stofer *et al.* 2006). Essa relação pode influenciar na dispersão e no estabelecimento das espécies, onde os maiores tamanhos, formas e volumes tendem a ter curta dispersão.

A relação dos atributos com as características sucessionais da floresta parece seguir o tempo natural de regeneração da vegetação. A afinidade da reprodução indireta, onde há a formação de estruturas reprodutivas sexuadas, com as áreas iniciais é provavelmente explicada pela facilidade de propagação dos ascósporos e assim uma maior eficácia no povoamento de um novo nicho. Da mesma forma, atributos como ascósporos pequenos e médios, com uma célula e duas células, possuem uma maior habilidade de dispersão, estão atrelados as fases de colonização inicial das áreas. Por outro lado, com o passar do tempo, aos poucos, os ascósporos maiores chegam e vão substituindo as espécies de ascósporos menores, especialmente as que possuem ascósporos muriformes, que tem mais células para germinar. A relação significativa com os ascósporos marrons e a área tardia, possivelmente esteja associada a uma maior resistência destes a luminosidade, assim como as lirelas que em sua maioria são carbonizadas e com os lábios fechados, conferindo uma maior proteção contra a dessecação (Koch *et al.* 2013), desse modo, substituem as espécies com apotécio e com ascósporos hialinos tornando-se mais eficientes na competição ao longo do tempo.

Atributos funcionais como bioindicadores

Para a Caatinga, 12 atributos funcionais estão relacionados aos estágios de sucessão. Logo, é possível identificar, a partir destes atributos, qual estágio de regeneração a floresta se encontra, corroborando assim a hipótese H2 que afirma que os atributos funcionais são bioindicadores de estágios sucessionais.

A presença maior de atributos como apotécio, ascósporo hialino, ascósporo médio, ascósporo pequeno, ascósporo com duas células, ascósporo muriforme pequeno, a reprodução

indireta ou líquens crostosos, indica que a área em questão se encontra no estágio inicial de sucessão da Caatinga.

Da mesma forma, a forte presença dos atributos ascósporos marroons, ascósporos com nove a dezesseis células, ascósporos com três a quatro células ou ascomas do tipo lirelas estão relacionados com a área avançada de sucessão. Todavia, nenhum atributo analisado está significativamente ligado ao estágio intermediário, desta forma, não se espera nenhuma adaptação funcional das espécies para esta área.

Koch *et al.* (2013) encontrou 7 atributos distribuídos entre os três estágios na Mata Atlântica. Dentre estes, os atributos crostosos e lirelas foram os únicos que estão ligados aos dois biomas e apenas isídios possui relação com a área intermediária. Neste estudo, para a Caatinga, não foram encontrados isídios, líquens crostosos fazem parte do estágio inicial e os líquens com lirelas do estágio avançado. Já para a Mata Atlântica essa relação é o oposto, onde os crostosos estão para as áreas avançadas e as lirelas estão para as áreas iniciais. Essa oposição pode ser explicada, provavelmente, pelas condições ambientais divergentes entre os dois biomas, como luminosidade, umidade, temperatura e o período de chuva que, possivelmente, podem afetar a estrutura funcional da comunidade de líquens.

CONCLUSÃO

Em vista dos aspectos observados, os atributos funcionais da comunidade de líquens respondem ao tempo de sucessão ecológica na Caatinga. É perceptível a variação da abundância e dos atributos entre os estágios, da mesma forma que é possível afirmar em qual estágio a vegetação se encontra a partir da presença ou ausência de alguns atributos. Neste estudo, nenhum dos atributos estão relacionados significativamente com o estágio intermediário, assim, não se espera nenhuma adaptação funcional dos líquens para este estágio na Caatinga.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ab'Saber, AN. O domínio morfoclimático semi-árido das caatingas brasileiras. São Paulo: Instituto de Geografia USP. 1974. 1-39p. Série Geomorfologia, 43.
- Aptroot, A; Lücking, R; Sipman, HJM; Umaña, L & Chaves, JL 2008. Pyrenocarpous lichens with bitunicate asci a first assessment of the lichen biodiversity inventory in Costa Rica.

Bibliotheca Lichenologica. In der Gebrüder Borntraeger Verlagsbuchhandlung, Berlin, Stuttgart. ISSN1436-169.

- Aptroot, A & van Herk, CM. 2007. Further evidence of the effects of global warming on lichens, particularly those with Trentepohlia phycobionts. *Environmental Pollution* 146, 293-298.
- Aptroot, A. 2012. A world key to the species of Antrhacothecium and Pyrenula. *The Lichenologist* 44(1) 5-53.
- Aptroot, A; Sipman, HJM & Cáceres, MES. 2013. Twenty-one new species of Pyrenula from South America, with a note on over-mature ascospores. *The Lichenologist* Volume 45 / Issue 02, pp 169-198.
- Aptroot, A & Cáceres, MES 2013. A refined species concept in the tropical lichen genus Polymeridium (Trypetheliaceae) doubles the number of known species, with a worldwide key to the species. *Nova Hedwigia*. 98(1-2): 1-29.
- Bonfim, LFC. 2002. Projeto Cadastro da Infra-Estrutura Hídrica do Nordeste: *Estado de Sergipe*. Diagnóstico do Município de Porto da Folha.
- Cáceres, MES. 2007. Corticolous crustose and microfoliose lichens of northeastern Brasil. *IHW-Verlag*. München.
- Cáceres, MES; Lücking, R; Rambold, G. 2007. Phorphyte specificity and environmental parameters versus stochasticity as determinants for species composition of corticolous crustose lichen communities in the Atlantic rain forest of northeastern Brazil. *Mycol Progress* DOI 10.1007/s11557-007-0532-2.
- Cáceres, MES; Lücking, R; Rambold, G. 2008. Corticolous microlichens in northeastern Brazil: habitat differentiation between coastal Mata Atlântica, Caatinga and Brejos de Altitude. *The Bryologist* 111(1), pp. 98-117.
- Chapin, FS; Zavaleta, ES; Eviner, VT; Naylor, R; Vitousek, PM; Reynolds, HL; Hoopr, DU; Lavorel, S; Sala, OE; Hobbie, SE; Mack, MC; & Diaz, S. 2000. Consequences of changing biodiversity. *Nature* 405: 234-242.
- Chazdon, RL. 2003. Tropical Forest recovery: legacies of human impact and natural disturbances. *Perspectives in Plant Ecology*. 6:50-71.

- Chazdon, RL. 2008. Chance and determinism in Tropical Forest Succession, In: Carson, W.P. & Schnitzer, S.A. (ed.). 2008. *Tropical Forest Community Ecology*. Wiley-Blackwell, West Sussex. XII+491p.
- Díaz S, Cabido M. 2001. Vive la différence: plant functional diversity matters to ecosystem processes. *Trends in Ecology & Evolution* Vol.16 No.11.
- Ellis, CJ & Coppins BJ. 2006. Contrasting functional traits maintain lichen epiphyte diversity in response to climate and autogenic succession. *Journal of Biogeography* 33: 1643:1656.
- Frazer GW; Canham CD; & Lertzman KP. 1999. Gap Light Analyzer (GLA), Version 2.0: Imaging software to extract canopy structure and gap light transmission indices from true-colour fisheye photographs, users manual and program documentation. Copyright © 1999: Simon Fraser University, Burnaby, *British Columbia and the Institute of Ecosystem Studies*, Millbrook, New York. 36p.
- Giordani P, Brunialti G, Bacaro G, Nascimbene J. 2012. Functional traits of epiphytic lichens as potential indicators of environmental conditions in forest ecosystems. *Ecological Indicators* 18, 413–420.
- Guariguata, M. & Ostertag, R. 2001. Neotropical Secondary Forest Succession: change in structural and functional characteristics. *Forest Ecology and Management*, 148 (1/3):185-206.
- Harris, RC. 1995. More Florida Lichens: Including the 10c Tour of the Pyrenolichens. Bronx, New York: *Privately Published*.
- Käffer, MI; Alves, C; Cáceres, MES; Martins, SMA & Vargas, VMF. 2011. Caracterização da comunidade líquênica corticícola de Porto Alegre e áreas adjacentes, RS, Brasil. *Acta Bot. Bras.* [online]. ISSN 0102-3306. 25(4): 832-844.
- Koch, NM. 2012. Dinâmica da sucessão líquênica: padrões estruturais e funcionais como indicadores de regeneração florestal. Dissertação de Mestrado, *Universidade Federal do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre.
- Koch NM, Martins SMA, Lucheta F, Müller SC. 2013. Functional diversity and traits assembly patterns of lichens as indicators of successional stages in a tropical rainforest. *Ecological Indicators*. 34, 22– 30.

- Lebrija-Trejos E, Pérez-García EA, Meave JA, Bongers F, Poorter L. 2010. Functional traits and environmental filtering drive community assembly in a species-rich tropical system. *Ecology*. 91(2):368-398.
- Li, S; Liu, WY; Li, DW. 2013. Bole epiphytic lichens as potential indicators of environmental change in subtropical forest ecosystems in southwest China. *Ecological Indicators* 29, 93-104.
- Llop E, Pinho P, Matos P, Pereira MJ, Branquinho C. 2012. The use of lichen functional groups as indicators of air quality in a Mediterranean urban environment. *Ecological Indicators* 13, 215–221.
- Lücking, R; Archer, AW & Aptroot, A. 2009. A world-wide key to the genus *Graphis* (Ostropales: Graphidaceae). *The Lichenologist* 41(4/5): 1-90.
- Lücking, R; Seavey, F; Common, RS; Beeching, SQ; Breuss, O; Buck, WR.; Crane, L; Hodges, M; Hodgkinson, BP; Lay, E; Lendemer, JC; McMullin, RT; Mercado-Díaz, JA; Nelsen, MP; Rivas Plata, E; Safranek, W; Sanders, WB; Schaefer Jr, HP; Seavey, J. 2011. The lichens of Fakahatchee Strand Preserve State Park, Florida: Proceedings from the 18th Tuckerman Workshop. *Bulletin of the Florida Museum of Natural History*. 49(4): 127-186.
- Lumbsch, HT & Huhndorf, SM. 2007. Outline of Ascomycota – 2007. *Myconet* v13, ISSN 1403-1418.
- Marini, L; Nascimbene, J; Nimis, PL. 2011. Large-scale patterns of epiphytic lichen species richness: Photobiont-dependent response to climate and forest structure. *Science of the Total Environment* 409(20): 4381–4386.
- McCune, B. & Mefford MJ. 2006. PC-ORD. Multivariate Analysis of Ecological Data. Version 5.10; *MjM Software*, Gleneden Beach, Oregon, U.S.A.
- Peksa, O & Skaloud, P. 2011. Do photobionts influence the ecology of lichens? A case study of environmental preferences in symbiotic green alga *Asterochloris* (Trebouxiophyceae). *Molecular Ecology* 20, 3936–3948.
- Ravel, V; Violle, C; Munoz F. Mechanisms of ecological succession: insights from plant functional strategies. *Oikos* 121: 1761–1770.

- Rivas Plata, E; Lücking, R; Sipman, HJM; Mangold, A; Kalb, K & Lumbsch, HT. 2010. A world-wide key to the thelotremoid Graphidaceae, excluding the Ocellularia-Myriotrema-Stegobolus clade. *The Lichenologist* 42(2): 139-185.
- Sala, OE; Chaapin, FS; Armesto, JJ; Berlow, E; Bloomfield, J; Dirzo, R; Huber-Sanwald, E; Huenneke, LF; Jackson, RB; Kinzig, A; Leemans, R; Lodge, DM; Mooney, HA; Oosterheld, M; Poof, NL; Sykes, MT; Walker, BH; Walker, M; Wall, DH. 2000. Global biodiversity scenarios for the year 2100. *Science*. V287.
- Santos, AF; Andrade, JA. 1992. Caracterização e delimitação do semi-árido sergipano, Aracaju: CNPq/UFS. 232p.
- SEMARH. 2010. *Unidades de Conservação*. Disponível em: <<http://www.semarh.se.gov.br/biodiversidade/modules/tinyd0/index.php?id=11>>. Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos de Sergipe. Acessado em 04 de fevereiro de 2013.
- SEMAH. 2014. <http://www.semarh.se.gov.br/uploads/planos/PlanodeManejoMONA.pdf>. Acesso 20/03/2014, às 14:03h.
- Silva, JR; Mailard, P; Costa-Pereira, PS & Andrade, CF. 2009. Comparação de métodos indiretos para medição de abertura do dossel no cerrado, utilizando observações obtidas nos trabalhos de campo e fotos hemisféricas digitais. Natal: *Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*. INPE 3059-3064.
- Sipman, H. 2003. *Artificial Key to Marbach's tropical Buellia s.l. with short diagnosis*. Disponível em: <http://www.bgbm.org/sipman/keys/Trobuellia.htm>. (Acesso em 19/08/2013).
- Sipman, HJM; Lücking, R; Aptroot, A; Chaves, JL; Kalb, K; & Tenorio, LU. 2012. A first assesment of the Ticolichen biodiversity inventory in Costa Rica and adjacente áreas: the thelotremoid Grapidaceae (Ascomycota: Ostropales). *Phytotaxa* 55:1-214.
- SUDENE/CONDESE. 1976. Zoneamento ecológico florestal do estado de Sergipe. Gráfica Sercore. Aracaju, Brasil. 107p.
- Stofer, S; Bergamini, A; Aragón, G; Carvalho, P; Coppins, BJ; Davey, S; Dietrich, M; Farkas, E; Kärkkäinen, K; Keller, C; Lökös, L; Lommi, S; Máguas, C; Mitchell, R; Pinho, P; Rico, VJ; Truscott, AM; Wolseley, PA; Watt, A; Scheidegger, C. 2006. Species

richness of lichen functional groups in relation to land use intensity. *The Lichenologist* 38(4): 331–353.

Tilman, D; Knops, J; Wedin, D; Reich, P; Ritchie, M; Siemann, E. 1997. The Influence of Functional Diversity and Composition on Ecosystem Processes. *Science*, VOL. 277.

Tilman, D. 2001. Functional diversity. In: Encyclopedia of Biodiversity, Volume 3 (ed. Levin, S.A.). *Academic Press*, San Diego, CA, pp. 109–120.

Whittet, R & Ellis, CJ. 2013. Critical tests for lichen indicators of woodland ecological continuity. *Biological Conservation* 168, 19–23.

Wolseley, PA & Hawksworth, DL. 2009. Adaptations of lichens to conditions in tropical forests of South-East Asia and their taxonomic implications. *Blumea* 54, 29–32.

Capítulo 3

**THE LICHENIZED MYCOBIOTA IN THE SEMI-ARID REGION OF SERGIPE
STATE, BRAZIL: CONTRIBUTING TOWARDS A BIODIVERSITY INVENTORY OF
THE CAATINGA BIOME**

1 **The lichenized mycobiota in the semi-arid region of Sergipe state, Brazil: Contributing towards a**
2 **biodiversity inventory of the Caatinga biome**
3

4 Cléverton de Oliveira Mendonça¹, Amanda Barreto Xavier Leite², André Aptroot³, Driele Tavares de
5 Goes⁵, Maria Machado de Oliveira⁵, Narla Mota Junior⁵, Robert Lücking⁴, Marcela Eugenia da Silva
6 Cáceres⁵
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30

31 ¹ Programa de Pós Graduação em Ecologia e Conservação – UFS, São Cristóvão, SE, Brazil.

32 ² Programa de Pós Graduação em Sistemática e Evolução - UFRN, Natal, RN, Brazil.

33 ³ABL Herbarium, G.v.d.Veenstraat 107, NL-3762 X K Soest, The Netherlands

34 ⁴ Science & Education, The Field Museum of Natural History, 1400 South Lake Shore Drive, Chicago,
35 Illinois 60605, USA.

36 ⁵ Universidade Federal de Sergipe, Departamento de Biociências, Itabaiana, SE, Brazil

37 Author for correspondense: cleverton_ol@hotmail.com
38

39 **ABSTRACT – (The lichenized mycobiota in the semi-arid region of Sergipe state, Brazil:**
40 **Contributing towards a biodiversity inventory of the Caatinga biome)** A total of 163 species of
41 lichenized fungi are reported here for the semiarid region of Sergipe state, Brazil. Of these, 15 species are
42 new records for Brazil, 12 are new records for the northeast, and 54 are new to Sergipe. The families with
43 the highest species richness were Graphidaceae, Trypetheliaceae, Pyrenulaceae, Physciaceae and
44 Lecanoraceae.

45

46 **Key words:** tropical dry forest, new records, lichens

47

48 **Introduction**

49 The Brazilian semiarid region comprises an area of approximately 1.037.000 km², which is
50 dominated by the Caatinga biome, with 800.000 km² (Castelleti *et al.* 2004, Prado 2003). The Caatinga
51 biome is characterized by plants adapted to the water deficit, including many endemic species, with a
52 large proportion of succulent plants and thorny and/or microphyllous trees and shrubs (Giongo 2011,
53 Cardozo & Queiroz 2007). In the rainy season, the Caatinga appears green and many plants are in flower,
54 but during the period of drought many plants are inactive and the landscape appears brown (Malvezzi
55 2007).

56 Sergipe is the smallest Brazilian state and has the smallest Caatinga area in the northeast. Of its 75
57 cities, 32 are included in the semiarid region, representing 43% of the state territory (Paiva & Campos
58 1995, Santos *et al.* 2009). Annual precipitation is below 850 mm (Santos *et al.* 2009).

59 Studies about the Caatinga biome are concentrated around the major cities in the region (Leal *et*
60 *al.* 2005). The northeastern region of Brazil is rich in corticolous lichens, including many endemic species
61 (Cáceres 2007). Although there are few studies about lichens in the Caatinga, existing research showed a
62 high diversity with potential new species (Cáceres 2007, Cáceres *et al.* 2013, Lima *et al.* 2013a, b,
63 Menezes *et al.* 2011, Menezes *et al.* 2013a, b, c).

64 Lichens are symbiotic organisms, composed of a fungal partner, the mycobiont, and one or more
65 photosynthetic partners, the photobiont, which is usually either a green alga or cyanobacterium (Nash
66 2008). Lichens are widely distributed in terrestrial environments and have been used to indicate various
67 types of environmental change in the atmosphere and within different habitats, including pollution,
68 climate change and deforestation (Mistry & Berardi 2005, Mazzitelli *et al.* 2006).

69 The conservation of the Caatinga is important to maintain regional patterns of climate and water
70 availability, especially with regard to croplands, and because the Caatinga contributes uniquely to our
71 planet's biodiversity (Tabarelli & Silva 2008). Understanding the biodiversity of the Caatinga and the
72 biotic and abiotic processes which characterize this biome are important steps to preserve and create
73 conservations strategies, in order to reduce environmental degradation. Thus, the aim of this study was to
74 provide information about the richness and composition of corticolous lichens on in the semiarid region
75 of Sergipe state.

76 77 **Material and methods**

78 As part of the master thesis of the first author, the field work was carried out in July and October
79 2013 at the Monumento Natural Grota do Angico, near Poço Redondo city (9°41'S, 38°31'W) and at
80 Fazenda São Pedro, near Porto da Folha town. Complementary data were obtained through consultation
81 of collections at the ISE herbarium. Lichens were collected in three successional areas (initial,
82 intermediate and advanced), using quantitative transect sampling adapted from Cáceres *et al.* (2007),

83 where to each area, five transects were made, each 100 m long and 25 m apart. The initial point was
84 delimited 10 m away from the forest border to minimize edge effects. Each 20 m, a point was delimited
85 and the tree closest to the point containing lichens was sampled, for a total of 90 trees. Each tree
86 represented a sample, where lichens were collected between 0.5 m and 1.50 m.

87 The collected material was dried using a botanical press at room temperature. After that, the
88 samples were transferred to the lichenological laboratory at Itabaiana Campus of Federal University of
89 Sergipe, where each sample was glued on cardboard (15 x 7 cm) with the main information (locality,
90 transect number, tree number, field work date). The samples were then frozen at -22° for seven days to
91 prevent arthropod and fungal contaminations. All specimens from this study are preserved in the ISE
92 Herbarium, Itabaiana-SE.

93 Identifications were made through transversal sections of thalli and ascomata using a Leica EZ4
94 stereomicroscope and a Leica DM500 compound microscope in Itabaiana-SE, and also in Soest in the
95 Netherlands, using an Olympus SZX7 stereomicroscope and an Olympus BX50 compound microscope
96 with interference contrast, connected to a Nikon Coolpix digital camera. Sections were mounted in tap
97 water, in which all measurements were taken. Spot tests were made using solutions potassium hydroxide
98 10% (KOH), lugol's iodine (2%), sodium hypochlorite (CaClO₂), para-phenylenediamine (P) and
99 fluorescence under UV-light to determinate the presence or absence of acids in the cortex and medulla.
100 The classification level of class and order was based on Lumbsch & Huhndorf (2007). Specialized
101 literature was used for each taxonomic group (Aptroot *et al.* 2008, 2013, Aptroot 2012, Aptroot &
102 Cáceres 2013, Cáceres 2007, Harris 1995, Lücking *et al.* 2009, 2011, Rivas Plata *et al.* 2010, Sipman
103 2003, Sipman, *et al.* 2012). New records were based on a Brazilian checklist (Aptroot & Cáceres, in
104 prep.) and GBIF (2014).

105

106 **Results and discussion**

107 A total of 163 species (Table 1) were found in seven municipalities from the semiarid region of
108 Sergipe: Gararu, Itabi, Monte Alegre de Sergipe, Niterói, Nossa Senhora da Glória, Porto da Folha, and
109 Poço Redondo. The reported taxa are distributed in 25 families and 62 genera; 15 species are new records
110 for Brazil (Fig. 1), 12 are new records for the northeast (Fig. 2), and 54 are new to Sergipe.

111 In this study, the families with the highest species richness were Graphidaceae with 57 species,
112 Physciaceae (17), Trypetheliaceae and Pyrenulaceae (13 each), and Lecanoraceae (12). Studies about
113 lichens in the Caatinga biome showed that the dominant lichen families are Graphidaceae,
114 Trypetheliaceae, Pyrenulaceae, Caliciaceae and Lecanoraceae (Cáceres 2007, Cavalcante 2012, Lima
115 2013, Menezes 2013, Rodrigues 2012, Leite 2013), which coincides well with the present results. The
116 genera with most species were *Graphis* (32), followed by *Pyrenula* (10), *Lecanora* (8), and *Pertusaria*
117 (7).

118 Regarding growth form, the 158 species represent 143 crustose taxa, 13 foliose, and two fruticose
119 species. The crustose type is characterized by an absent lower cortex, being completely affixed to the
120 substrate (Carlile *et al.* 2001).

121 The proportion of symbiotic algae resulted in 98% chlorophycean and 2% cyanobacterial
122 photobionts. Among chlorophycean lineages, 30% are chlorococcoid and 70% are trentepohlioid, whereas
123 among cyanobacterial lineages, 75% belong to *Nostoc* and 25% to scytonemoid forms. The photobionts
124 of most extant lichens are coccoid green algae and some 40% of all lichen-forming fungi associate with
125 *Trebouxia* or related green algae (Trebouxiophyceae) (Rikkinen & Poinar Jr, 2008), which means that in
126 the lichens studied here, trebouxoid photobionts are slightly underrepresented in favor of trentepohlioid
127 photobionts.

128 Among the species cited as new records for Brazil, *Amandinea diorista* var. *hypopelidna* (Stirt.)
129 Marbach was previously recorded for New Zealand, *Anthracothecium australiense* (Müll. Arg.) Aptroot
130 for Australia, El Salvador, Guyana, and Papua New Guinea, *Diorygma circumfusum* (Stirt.) Kalb, Staiger
131 & Elix for Australia, and *Encephalographa anthracothecii* Diederich for Papua New Guinea. Also,
132 *Hafellia subnexa* Marbach was registered for the United States prior to this work, and *Lithothelium*
133 *obtectum* (Müll. Arg.) Aptroot had been found only in Costa Rica, Iran, Kenya and Korea (GBIF 2014).

134 A total of nine species of the genus *Graphis* are reported for the first time for the country. *Graphis*
135 *alboglaucescens* Adaw. & Makhija had been previously reported for India and El Salvador, *G.*
136 *crassilabra* Müll. Arg. for Australia and the Philippines, *G. descissa* Müll. Arg. for Australia and Papua
137 New Guinea, *G. elegans* (Borrer ex Sm.) Ach. for Australia, Austria, Bhutan, Canadá, Chile, Costa Rica,
138 Denmark, El Salvador, Germany, France, Ireland, Japan, Nepal, Norway, Papua New Guinea, Portugal,
139 Spain, Switzerland, The Netherlands, United Kingdom and United States, *G. flavovirens* Makhija &
140 Adaw. for Papua New Guinea, *G. pyrrhocheiloides* Zahlbr. for Guyana, *G. rustica* Kremp. for Australia,
141 Colombia, Costa Rica, Malaysia, Mexico, Papua New Guinea, and Singapore, *G. sundarbanensis*
142 Jagadeesh & G.P. Sinha for India, Fiji, Papua New Guinea, Seychelles and Vanuatu, *G. supracola* A.W.
143 Archer for Australia, China, Guyana, and Togo (GBIF 2014).

144 With regard to new records for the Northeast Region of Brazil, *Acanthothecis farinosa* Staiger &
145 Kalb was recorded already for the state of Amazonas, *A. subabaphoides* Staiger & Kalb for Mato Grosso,
146 *Caloplaca bassiae* (Ach.) Zahlbr for Minas gerais, *Chapsa chionostoma* (Nyl.) Rivas Plata & Mangold.
147 for Mato Grosso, *Enterographa kalbii* Sparrius for Goiás, *Graphis caesiocarpa* Redinger for Mato
148 Grosso do Sul and Rio Grande do Sul, *Lecanactis elaeocarpa* (Nyl.) Tehler for Mato Grosso do Sul,
149 *Leptogium coralloideum* (Meyen & Flot.) Vain. for Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Rio
150 de Janeiro, Paraná and Rio Grande do Sul, *Porina melanops* Malme for Mato grosso and Mato Grosso do
151 Sul, *Pyrenula cuyabensis* (Malme) R.C. Harris for Mato Grosso and Rio Grande do Sul, *Pyxine cognata*
152 Stirt. for Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Rio Grande do Sul and São Paulo and *Pyxine eschweileri*

(Tuck.) Vain for Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Paraná and São Paulo (Aptroot & Cáceres in prep.)

The semiarid area of Sergipe revealed high diversity and species richness of lichens as part of the Caatinga biome. These data open new possibilities of lichenological studies in this biome.

Acknowledgments

To Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) for a Master's scholarship to COM. CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico for a research grant to MESC (Processo 311706/2012-6).

References

Aptroot, A. 2012. A world key to the species of *Antrhacothecium* and *Pyrenula*. **The Lichenologist** 44(1) 5-53.

Aptroot, A. Cáceres, MES. 2013. A refined species concept in the tropical lichen genus *Polymeridium* (Trypetheliaceae) doubles the number of known species, with a worldwide key to the species. **Nova Hedwigia**, 98(1-2):1-29.

Aptroot, A. Lücking, R. Sipman, HJM. Umaña, L. & Chaves, JL. 2008. Pyrenocarpous lichens with bitunicate asci a first assessment of the lichen biodiversity inventory in Costa Rica. **Bibliotheca Lichenologica**, 97: 1-162.

Aptroot, A. Sipman, HJM. & Cáceres, MES. 2013. Twenty-one new species of *Pyrenula* from South America, with a note on over-mature ascospores. **The Lichenologist** 45(2): 169-198.

Cáceres, MES. 2007. Corticolous crustose and microfoliose lichens of northeastern Brazil. **Libri Botanici** 22: 1-168.

Cáceres, MES. Lima, EL. Aptroot, A. 2013. A new *Opegrapha* with submuriform ascospores from Brazil. **The Lichenologist**, 45(3) 375-378.

Cáceres, MES. Lücking, R. Rambold, G. 2007. Phorphyte specificity and environmental parameters versus stochasticity as determinants for species composition of corticolous crustose lichen communities in the Atlantic rain forest of northeastern Brazil. **Mycol Progress** DOI 10.1007/s11557-007-0532-2.

Cardoso, DBOS. Queiroz, LP. 2007. Diversidade de Fabaceae nas Caatingas de Tucano, Bahia: Implicações para a fitogeografia do semi-árido do nordeste do Brasil. **Rodriguésia**, 58(2), 379-391.

Carlile, MJ. Watkinson, SC. & Gooday, GW. 2001. The Fungi. San. Diego, **Academic Press**, 2ed. 588p.

Castelletti, CHM. Santos, AMM. Tabarelli, M. & Silva, JMC. 2004. Quanto ainda resta da Caatinga? Uma estimativa preliminar. In: Leal IR, Tabarelli M & Silva (Eds.) *Ecologia e Conservação da Caatinga*. 3ª Ed. Recife: **Universitária da UFPE**, p. 719-734.

- 188 Cavalcante, JG. 2012. Fatores associados à estrutura da comunidade de líquens corticícolas crostosos em
189 duas áreas de Caatinga no estado de Alagoas. Dissertação de mestrado. **Universidade Federal de**
190 **Sergipe**, São Cristóvão.
- 191 GBIF – **Global Biodiversity Information Facility**. 2014. <http://www.gbif.org/>, (Acesso em 28/06/2014).
- 192 Giongo, V. 2011. Balanço de carbono no semiárido brasileiro: Perspectivas e desafios. In:Lima, RCC;
193 Cavalcante, AMB; Marin, AMP. 2011. Desertificação e Mudanças Climáticas no Semiárido
194 Brasileiro. **Instituto Nacional do Semiárido**. Campina Grande. 209 p.
- 195 Harris, RC. 1995. More Florida Lichens: Including the 10c Tour of the Pyrenolichens. Bronx, New York:
196 **Privately Published**.
- 197 Leal, IR. Tabarelli, M. & Silva, JMC. 2005. **Ecologia e Conservação da Caatinga**. 2º ed, Recife: Ed.
198 Universitária da UFPE. 822p.
- 199 Leite, ABX. 2013. Influência de fatores ambientais na riqueza e composição de espécies de líquens
200 corticícolas em área de Brejo de Altitude e Caatinga. Dissertação de mestrado. **Universidade**
201 **Federal de Sergipe**, São Cristóvão, 89p.
- 202 Lima, EL. 2013. Riqueza e composição de líquens corticícolas crostosos em área de Caatinga no Estado
203 de Pernambuco. Dissertação de mestrado. **Universidade Federal de Pernambuco**, Recife, 109p.
- 204 Lima, EL. Maia, LC. Aptroot, A. Cáceres, MES. 2013. New lichen species from Vale do Catimbau,
205 Pernambuco, Brazil. **The Bryologist**, 116(4):327-329.
- 206 Lima, EL. Mendonça, CO. Aptroot, A. Cáceres, MES. 2013. Two new species of *Cryptothecia* from NE
207 Brazil. **The Lichenologist** 45(3): 361-365.
- 208 Lücking, R. Archer, AW. & Aptroot, A. 2009. A world-wide key to the genus *Graphis* (Ostropales:
209 Graphidaceae). **The Lichenologist**, 41(4/5): 1-90.
- 210 Lücking, R. Seavey, F. Common, RS. Beeching, SQ. Breuss, O. Buck, WR. Crane, L. Hodges, M.
211 Hodgkinson, BP. Lay, E. Lendemer, JC. McMullin, RT. Mercado-Díaz, JA. Nelsen, MP. Rivas Plata,
212 E. Safranek, W. Sanders, WB. Schaefer Jr, HP. Seavey, J. 2011. The lichens of Fakahatchee Strand
213 Preserve State Park, Florida: Proceedings from the 18th Tuckerman Workshop. **Bulletin of the**
214 **Florida Museum of Natural History**, 49(4): 127-186.
- 215 Lumbsch, HT. & Huhndorf, SM. 2007. Outline of Ascomycota – 2007. **Myconet** v13, ISSN 1403-1418.
- 216 Malvezzi, R. 2007. Semi-árido uma visão holística. Brasília, **Confea**, 140p.
- 217 Mazzitelli, SMAM, Filho, FOM, Pereira, EC. Figueira R. 2006. Utilização de líquens no
218 biomonitoramento da qualidade do ar. In: Filho LX, Legaz ME, Cordoba CV, Pereira EC. 2006.
219 Biologia de líquens. Rio de Janeiro: **Âmbito cultural**, 624p.
- 220 Menezes, AA. 2013. Resposta da comunidade de microlíquens corticícolas a fatores ambientais em duas
221 fitofisionomias. Dissertação de mestrado. **Universidade Federal de Sergipe**, São Cristóvão.

- 222 Menezes, AA. Lima, EL. Xavier-Leite, AB. Maia, LC. Aptroot, A. Cáceres, MES. 2013. New species of
223 Arthoniales from Brazil. **The Lichenologist**, 45(5): 611-617.
- 224 Menezes, AA. Xavier-Leite, AB. Aptroot, A. da Silva Cáceres, ME. 2013. New lichen species from the
225 Caatinga in Chapada do Araripe, northeastern Brazil. **The Bryologist**, 116(3):302-305.
- 226 Menezes, AA. Xavier-Leite, AB. Jesus, KA. Aptroot, A. and Cáceres, MES. 2013. Two new *Crypthonia*
227 species and a new *Syncesia* from Chapada do Araripe, Ceará, NE Brazil (Ascomycota: Arthoniales),
228 with a key to *Crypthonia*. **The Lichenologist** 45(5): 657–664.
- 229 Menezes, AA. Xavier-Leite, AB. Otsuka, AY. Jesus, LS. Cáceres, MES. 2011. Novas ocorrências de
230 líquens corticícolas crostosos e microfoliosos em vegetação de Caatinga no semi-árido de Alagoas.
231 **Acta Botanica Brasilica** 25(4): 886-890.
- 232 Mistry, J. and Berardi, A. 2005. Effects of phorophyte determinants on lichen abundance in the cerrado of
233 central Brazil. **Plant Ecology** 178: 61–76.
- 234 Nash, TH. 2008. Lichen Biology. Cambridge: **Cambridge University Press**. 2^o ed. 496p.
- 235 Paiva, MP. & Campos, E. 1995. Fauna do nordeste do Brasil: conhecimento científico e popular. **Banco**
236 **do Nordeste**, Fortaleza, 274p.
- 237 Prado, DE. 2003. As Caatingas da América do Sul. In: Leal IR, Tabarelli M & Silva JMC (eds). Ecologia
238 e Conservação da Caatinga. ed, Recife: **Ed. Universitária da UFPE**. 822p.
- 239 Rikkinen1, J. & Poinar Jr, JO. 2008. A new species of *Phyllopsora* (Lecanorales, lichen-forming
240 Ascomycota) from Dominican amber, with remarks on the fossil history of lichens. **Journal of**
241 **Experimental Botany**. 59(5): 1007–1011.
- 242 Rivas Plata, E. Lücking, R. Sipman, HJM. Mangold, A. kalb, K. & Lumbsch, HT. 2010. A world-wide
243 key to the thelotremoid Graphidaceae, excluding the *Ocellularia-Myriotrema-Stegobolus* clade.
244 **The Lichenologist** 42(2): 139-185.
- 245 Rodrigues, LC. 2012. A comunidade de microlíquens crostosos sofre alteração ao longo de gradientes
246 ambientais na Caatinga? Dissertação de mestrado. **Universidade Federal de Sergipe**, São
247 Cristóvão, 81p.
- 248 Santos, MJ. Araujo, LE. Oliveira, EM. Silva, BB. 2009. Seca, precipitação e captação de água de chuva
249 no semi-árido de Sergipe. **Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, 6(1): 055-073.
- 250 Sipman, H. 2003. **Artificial Key to Marbach's tropical *Buellia* s.l . with short diagnosis**. Disponível
251 em: <http://www.bgbm.org/sipman/keys/Trobuellia.htm>. (Acesso em 19/08/2013).
- 252 Sipman, HJM. Lücking, R. Aptroot, A. Chaves, JL. Kalb, K. & Tenorio, LU. 2012. A first assesment of
253 the Ticolichen biodiversity inventory in Costa Rica and adjacente áreas: the thelotremoid
254 Grapidaceae (Ascomycota: Ostropales). **Phytotaxa** 55:1-214.

255 Tabarelli, M. & Silva, JMC. 2008. Áreas e ações prioritárias para a conservação da biodiversidade da
256 Caatinga. In: Leal RI, Tabarelli M & Silva JMC. Ecologia e conservação da Caatinga. 3ª ED.
257 Recife: **Universitária da UFPE**, p. 777-796.

258

259 Artigo a ser submetido a revista Acta Botanica Brasilica, ver normas em: <http://acta.botanica.org.br/index>.

260 [php/acta/about/submissions#authorGuidelines](http://acta.botanica.org.br/index.php/acta/about/submissions#authorGuidelines).

261 Table 1. List of species found in Sergipe semiarid. GA – Gararu, IT – Itabi, NI – Niterói, NSG – Nossa Senhora da Glória, PF – Porto da Folha, MAS –
 262 Monte Alegre de Sergipe, PR – Poço Redondo. * New records for Sergipe State.

Orders		GA	IT	NI	NSG	PF	MAS	PR
Arthoniales Henssen ex D. Hawksw. & O.E. Erikss.								
Arthoniaceae Reichenb. ex eichenb.	<i>Arthonia andamanica</i> (Makhija & Patw.)		X					
	<i>Arthonia complanata</i> Fée*							X
	<i>Arthothelium</i> aff. <i>spectabile</i> A. Massal.						X	
	<i>Arthothelium distentum</i> (Vain.) Zahlbr.						X	
	<i>Chrysothrix xanthina</i> (Vain.) Kalb*	X				X	X	X
	<i>Coniocarpon cinnabarinum</i> DC.		X		X	X	X	
	<i>Cryptothecia macrocephala</i> E.L. Lima, M. Cáceres & Aptroot*					X		
	<i>Stirtonia nivea</i> Xavier-Leite, M. Cáceres & Aptroot*					X		
	<i>Stirtonia obvallata</i> A.L. Sm.						X	
Melaspileaceae W. Watson	<i>Encephalographa anthracothecii</i> Diederich						X	
Roccellaceae Chevall.	<i>Enterographa kalbii</i> Sparrius					X		
	<i>Enterographa subserialis</i> (Nyl.) Redinger*							X
	<i>Lecanactis elaeocarpa</i> (Nyl.) Tehler				X	X		
	<i>Lecanactis epileuca</i> (Nyl.) Tehler					X		
	<i>Opegrapha anguinella</i> (Nyl.) Ertz & Diederich*					X		
	<i>Opegrapha atratula</i> Müll. Arg.							X
	<i>Opegrapha</i> cf. <i>aperiens</i> Vain.					X		
	<i>Syncesia rhizomorpha</i> Tehler		X					
Dothideomycetes Families incertae Sedis								
Arthopyreniaceae W. Watson	<i>Arthopyrenia cinchonae</i> (Ach.) Müll. Arg.	X				X	X	X
Mycoporaceae Zahlbr.	<i>Mycoporum compositum</i> (A. Massal.) R.C. Harris*					X		

Trypetheliaceae Zenker	<i>Bathelium madreporiforme</i> (Eschw.) Trevis.*							X	
	<i>Mycomicrothelia hemisphaerica</i> (Müll. Arg.) D. Hawksw.		X						
	<i>Polymeridium albocinereum</i> (Kremp.) R.C. Harris*								X
	<i>Polymeridium amylosporum</i> (Vain.) Aptroot*						X	X	X
	<i>Polymeridium catapastum</i> (Nyl.) R.C. Harris*						X		X
	<i>Polymeridium jordanii</i> (C. W. Dodge) Aptroot*						X		X
	<i>Polymeridium proponens</i> (Nyl.) R.C. Harris								X
	<i>Trypethelium aeneum</i> (Eschw.) Zahlbr.								X
	<i>Trypethelium eluteriae</i> Spreng.						X	X	X
	<i>Trypethelium ochroleucum</i> (Eschw.) Nyl.			X		X	X	X	
	<i>Trypethelium subeluteriae</i> Makhija & Patw.	X	X				X	X	
	<i>Trypethelium tropicum</i> (Ach.) Müll. Arg.	X	X		X		X	X	X
	<i>Tylophorum moderatum</i> Nyl.*						X		
Lecanorales Nannf.									
Biatorrellaceae M. Choisy ex Hafellner & Casares-Porcel	<i>Piccolia conspersa</i> (Fée) Hafellner*						X		X
Haematommataceae Hafellner	<i>Haematomma leprarioides</i> (Vain.) Vain.*					X			
	<i>Haematomma persoonii</i> (Fée) A. Massal.	X					X		X
Lecanoraceae Körb.	<i>Hafellia subnexa</i> Marbach					X			X
	<i>Lecanora achroa</i> Nyl.	X					X	X	X
	<i>Lecanora caesiorubella</i> Ach.	X						X	X
	<i>Lecanora concilians</i> (Nyl.) Cromb.				X				
	<i>Lecanora coronulans</i> Nyl.							X	
	<i>Lecanora helva</i> Stizenb.						X	X	X
	<i>Lecanora hypocrocina</i> Nyl.						X	X	X
	<i>Lecanora leprosa</i> Fée*								X
	<i>Lecanora tropica</i> Zahlbr.						X	X	X
	<i>Pyrrhospora palmicola</i> Aptroot & Seaward								X
	<i>Ramboldia haematites</i> (Fée) Kalb, Lumbsch & Elix	X							X
	<i>Ramboldia russula</i> (Ach.) Kalb, Lumbsch & Elix							X	
Malmideaceae	<i>Malmidea vinosa</i> (Eschw.) Kalb, Rivas Plata & Lumbsch				X				

Orders		GA	IT	NI	NSG	PF	MAS	PR	
Parmeliaceae Zenker	<i>Parmelinella cinerascens</i> (Lynge) Benatti & Marcelli*					X			
	<i>Parmotrema gardneri</i> (C.W. Dodge) Sérus*							X	
	<i>Parmotrema praesorediosum</i> (Nyl.) Hale					X			
	<i>Protoparmelia multifera</i> (Nyl.) Kantvilas, Papong & Lumbsch	X							
Pilocarpaceae Zahlbr.	<i>Fellhanera</i> sp.					X			
Ramalinaceae C. Agardh	<i>Bacidia russeola</i> (Kremp.) Zahlbr.		X						
	<i>Phyllopsora kalbii</i> Brako		X						
	<i>Ramalina cochlearis</i> Zahlbr.*				X				
	<i>Ramalina denticulata</i> (Eschw.) Nyl.*							X	
Ostropales Nannf.									
Coenogoniaceae (Fr.) Stizenb.	<i>Coenogonium moniliforme</i> Tuck.		X						
	<i>Coenogonium subdilutum</i> (Malme) Lücking, Aptroot & Sipman*				X				
Graphidaceae Dumort.	<i>Acanthothecis abaphoides</i> (Nyl.) Staiger & Kalb*						X		
	<i>Acanthothecis farinosa</i> ad int.					X			
	<i>Acanthothecis subabaphoides</i> ad int.							X	
	<i>Chapsa chionostoma</i> (Nyl.) Rivas Plata & Mangold							X	
	<i>Chapsa discoides</i> (Stirt.) Lücking*					X	X		
	<i>Chapsa leprocarpa</i> (Nyl.) A. Frisch						X		
	<i>Chapsa leprocarpoides</i> (Hale) M. Cáceres & Lücking	X					X		
	<i>Diorygma circumfusum</i> (Stirt.) Kalb, Staiger & Elix					X			
	<i>Diorygma hieroglyphicum</i> (Pers.) Staiger & Kalb		X						
	<i>Diorygma poitae</i> (Fée) Kalb, Staiger & Elix					X		X	
	<i>Dyplolabia afzelii</i> (Ach.) A. Massal.					X	X		
	<i>Fissurina instabilis</i> (Nyl.) Nyl.*						X		
	<i>Fissurina mexicana</i> (Zahlbr.) Lücking & Rivas Plata							X	
	<i>Fissurina pseudostromatica</i> Lücking & Rivas Plata*							X	
	<i>Glyphis cicatricosa</i> Ach.		X				X	X	X
	<i>Glyphis scyphulifera</i> (Ach.) Staiger	X					X	X	X
	<i>Glyphis substriatula</i> (Nyl.) Staiger	X							X
<i>Graphis aurita</i> Eschw								X	
<i>Graphis alboglaucescens</i> Adaw. & Makhija						X			
<i>Graphis brahmanensis</i> Aptroot*								X	
<i>Graphis caesiella</i> Vain.*						X		X	
<i>Graphis caesiocarpa</i> Redinger						X			

Orders	GA	IT	NI	NSG	PF	MAS	PR
<i>Graphis cf. marginata</i> Raddi		X					
<i>Graphis cincta</i> (Pers.) Aptroot*					X		X
<i>Graphis crassilabra</i> Müll. Arg.							X
<i>Graphis dendrogramma</i> Nyl.					X	X	X
<i>Graphis descissa</i> Müll. Arg.							X
<i>Graphis dracaenae</i> Vain.*							X
<i>Graphis dupaxana</i> Vain.*						X	
<i>Graphis elegans</i> (Borrer ex Sm.) Ach.					X		
<i>Graphis flavovirens</i> Makhija & Adaw.							X
<i>Graphis furcata</i> Fée					X		
<i>Graphis glaucescens</i> Fée							X
<i>Graphis handelii</i> Zahlbr.*					X	X	X
<i>Graphis immersella</i> Müll. Arg.*							X
<i>Graphis leptocarpa</i> Fée*							X
<i>Graphis librata</i> C. Knight							X
<i>Graphis lineola</i> Ach.					X	X	X
<i>Graphis norstictica</i> A. W. Archer & Lücking							X
<i>Graphis oxyclada</i> Müll. Arg.*							X
<i>Graphis paralleloides</i> M. Cáceres & Lücking*					X		X
<i>Graphis pinicola</i> Zahlbr.							X
<i>Graphis pyrrhocheiloides</i> Zahlbr.						X	
<i>Graphis rustica</i> Kremp.							X
<i>Graphis sitiana</i> Vain.*					X		
<i>Graphis sundarbanensis</i> Jagadeesh & G.P. Sinha							X
<i>Graphis supracola</i> A.W. Archer							X
<i>Graphis urandrae</i> Vain*.						X	
<i>Graphis virescens</i> Müll. Arg.						X	
<i>Helminthocarpon leprevostii</i> Fée		X			X	X	
<i>Leucodecton occultum</i> (Eschw.) Frisch				X	X	X	X
<i>Phaeographis aff. fusca</i> Staiger			X				
<i>Phaeographis brasiliensis</i> (A. Massal.) Kalb & Matthes-Leicht		X					
<i>Phaeographis crispata</i> Kalb & Matthes-Leicht					X		X
<i>Phaeographis leiogrammodes</i> (Kremp.) Müll.*						X	
<i>Phaeographis neotricosa</i> Redinger*					X	X	

			X	X		X			
			GA	IT	NI	NSG	PF	MAS	PR
	<i>Phaeographis tortuosa</i> (Ach.) Müll. Arg.								
Orders									
Porinaceae Reichenb.	<i>Porina melanops</i> Malme						X		
Pyrenulales Fink ex D. Hawksw. & O.E. Erikss.									
Monoblastiaceae W. Watson	<i>Anisomeridium subprostans</i> (Nyl.) R.C. Harris*							X	
Pyrenulaceae Rabenh.	<i>Anthracothecium australiense</i> (Müll. Arg.) Aptroot				X				
	<i>Lithothelium obtectum</i> (Müll. Arg.) Aptroot						X		
	<i>Pyrenula anomala</i> (Ach.) Vain.				X		X	X	X
	<i>Pyrenula arthoniotheca</i> Upreti*							X	
	<i>Pyrenula aspistea</i> (Afzel. Ex Ach.) Ach.						X		
	<i>Pyrenula cruenta</i> (Mont.) Vain.							X	
	<i>Pyrenula cuyabensis</i> (Malme) R.C. Harris							X	
	<i>Pyrenula duplicans</i> (Nyl.) Aptroot*						X		
	<i>Pyrenula infraleucotrypa</i> Aptroot & M. Cáceres*						X	X	
	<i>Pyrenula macrocarpa</i> A. Massal.							X	
	<i>Pyrenula ochraceoflava</i> (Nyl.) R.C. Harris*				X		X	X	X
	<i>Pyrenula quassiicola</i> Fée*						X	X	X
	<i>Pyrgillus javanicus</i> Nyl.						X		
Peltigerales W. Watson									
Coccocarpiaceae (Mont. ex Müll. Stuttg.) Henssen	<i>Coccocarpia palmicola</i> (Spreng.) Arv. & D.J. Galloway*				X				
Collemataceae Zenker	<i>Leptogium austroamericanum</i> (Malme) C.W. Dodge*				X				
	<i>Leptogium coralloideum</i> (Meyen & Flot.) Vain.				X				
	<i>Leptogium marginellum</i> (Sw.) Gray*				X				
Pertusariales M. Choisy ex D. Hawksw. & O.E. Erikss.									
Ochrolechiaceae R.C. Harris ex Lumbsch & I. Schmitt	<i>Ochrolechia africana</i> Vain.	X							
Pertusariaceae Körb. ex Körb.	<i>Pertusaria carneola</i> (Eschw.) Müll. Arg.*								X
	<i>Pertusaria dehiscens</i> Müll. Arg.			X					
	<i>Pertusaria flavens</i> Nyl.	X					X	X	X
	<i>Pertusaria quassiae</i> (Fée) Nyl.		X					X	
	<i>Pertusaria tetrathalamia</i> (Fée) Nyl.	X					X		X
	<i>Pertusaria ventosa</i> Malme*						X		X
	<i>Pertusaria wulfenioides</i> B. de Lesd.	X		X					

Orders		GA	IT	NI	NSG	PF	MAS	PR
Teloschistales D. Hawksw. & O.E. Erikss.								
Physciaceae Zahlbr.	<i>Amandinea diorista</i> var. <i>hypopelidna</i> (Stirt.) Marbach					X		
	<i>Amandinea extenuata</i> (Müll. Arg.) Marbach*							X
	<i>Baculifera pseudomicromera</i> Marbach	X	X					X
	<i>Cratiria obscurior</i> (Stirt.) Marbach & Kalb					X		X
	<i>Dirinaria confluens</i> (Fr.) D.D. Awasthi*			X		X		X
	<i>Dirinaria leopoldii</i> (Stein) D.D. Awasthi	X				X		X
	<i>Dirinaria purpurascens</i> (Vain.) B.J. Moore	X		X				X
	<i>Hyperphyscia adglutinata</i> (Flörke) H. Mayrhofer & Poelt*				X			
	<i>Physcia krogiae</i> Moberg					X		
	<i>Physcia rolfii</i> Moberg		X					
	<i>Physcia solediosa</i> (Vain.) Lynge		X					
	<i>Pyxine berteriana</i> (Fée) Imshaug	X		X				
	<i>Pyxine cocoes</i> (Sw.) Nyl.*				X	X		
	<i>Pyxine cognata</i> Stirt.							X
	<i>Pyxine eschweileri</i> (Tuck.) Vain.				X			
	<i>Rinodina maculans</i> (Kremp.) Müll. Arg.				X			
	<i>Stigmatochroma gerontoides</i> (Stirt.) Marbach	X		X		X		X
Teloschistaceae Zahlbr.	<i>Caloplaca bassiae</i> (Ach.) Zahlbr.				X			

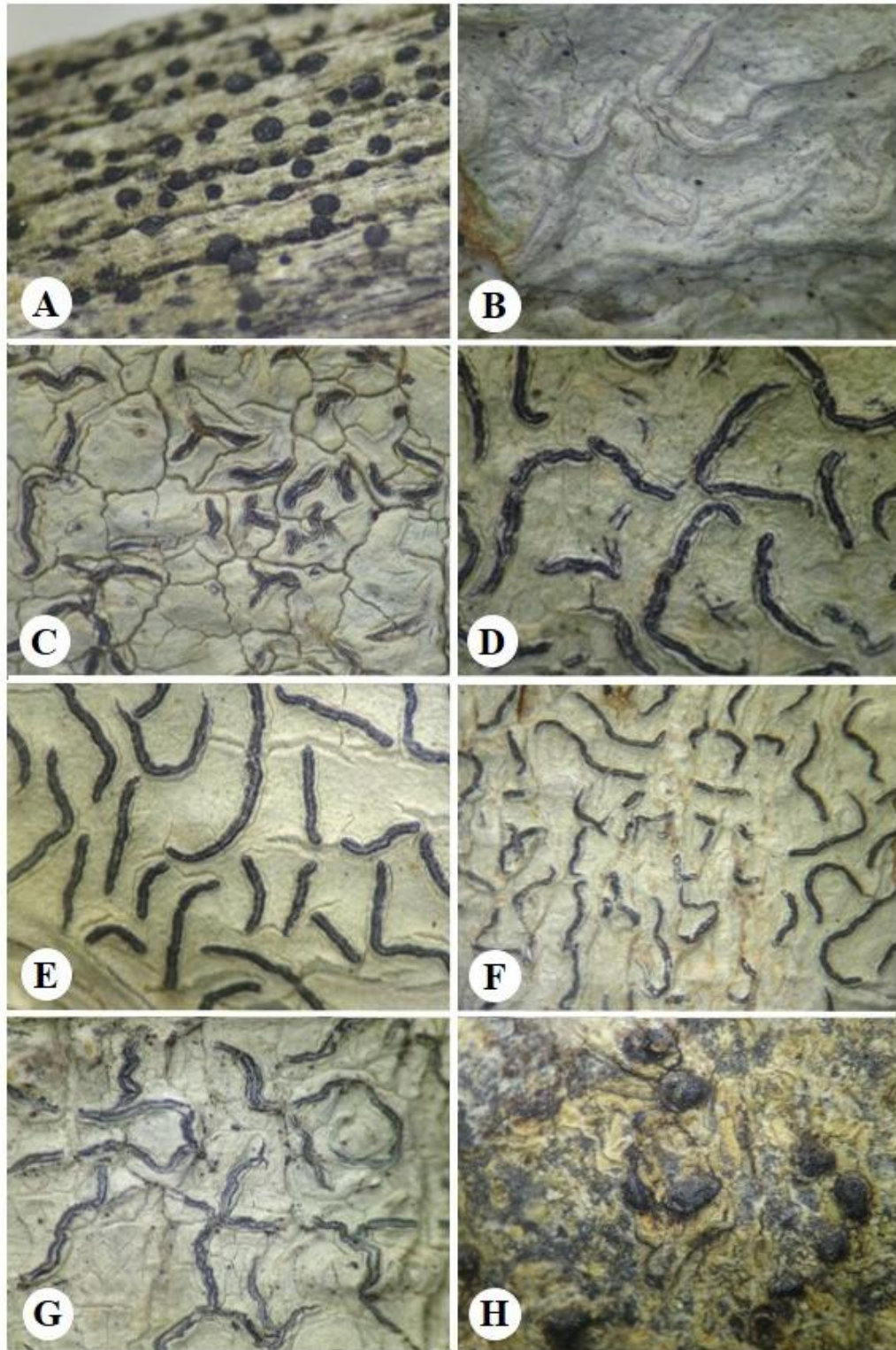


Fig. 1. New records for Brazil. (A) *Amandinea diorista* var. *hypopelidna* (Stirt.) Marbach, (B) *Diorygma circumfusum* (Stirt.) Kalb, Staiger & Elix, (C) *Graphis alboglaucescens* Adaw. & Makhija, (D) *G. crassilabra* Müll. Arg., (E) *G. flavovirens* Makhija & Adaw, (F) *G. rustica* Kremp., (G) *G. sundarbanensis* Jagadeesh & G.P. Sinha, (H) *Lithothelium obtectum* (Müll. Arg.) Aptroot.

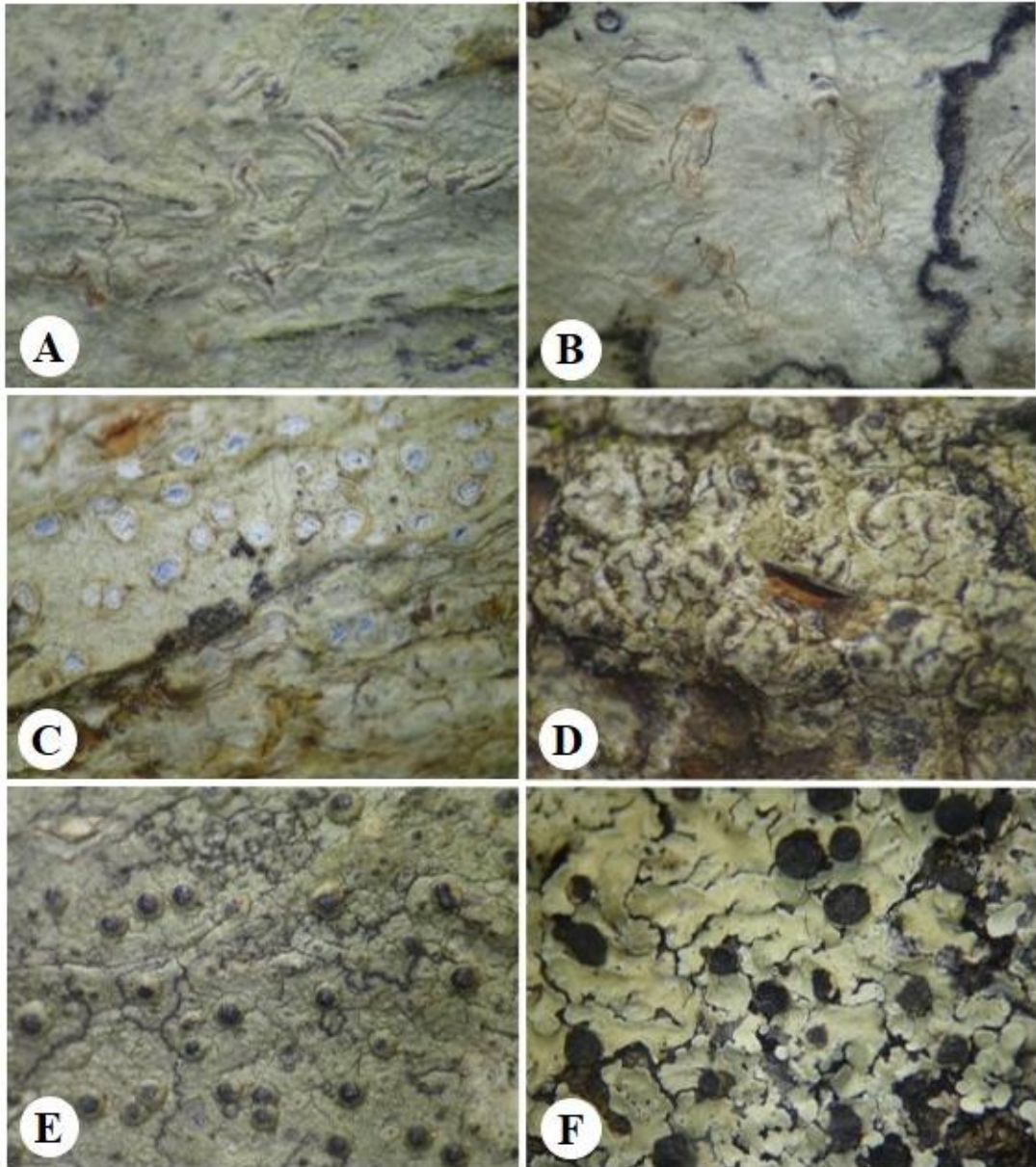


Fig. 2. New records for Northeast of Brazil. (A) *Acanthohectic farinosa* Staiger & Kalb, (B) *A. subabaphoides* Staiger & Kalb, (C) *Chapsa chionostoma* (Nyl.) Rivas Plata & Mangold, (D) *Enterographa kalbii* Sparrius, (E) *Porina melanops* Malme (F) *Pyxine cognata* Stirt.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os processos sucessionais nas comunidades de líquens do bioma Caatinga demonstraram, com este estudo, que possuem uma complexa relação com a estrutura vegetacional e os fatores bióticos e abióticos amostrados. Neste sentido, a liquenobiota de ambientes semiáridos possui características únicas que lhes permitem sobrevivência a áreas de altas temperaturas, baixos índices de pluviosidade e impactos antrópicos relacionados a agricultura e pecuária. Quanto mais velha e preservada a vegetação mais diferente é a sua composição, da mesma forma que também há modificações na estrutura funcional, visto que, cada espécie possui características morfológicas e fisiológicas específicas.

Quando se compara com um estudo feito para a Mata Atlântica é perceptível algumas diferenças no padrão, entretanto, há uma resposta das comunidades a dinâmica da sucessão da floresta. A composição e a riqueza é diferente entre os biomas, do mesmo modo que diferem entre os estágios. A essa variação atribui-se as particularidades entre os biomas, as competições interespecíficas e as espécies endêmicas com adaptações funcionais próprias ao ambiente em que se encontram. O potencial de bioindicação é característico dos líquens e demonstrou, neste estudo, ser possível identificar em qual estágio de sucessão a floresta se encontra.

Existem poucos trabalhos em relação a ecologia de líquens na Caatinga, assim, espera-se que este trabalho venha contribuir para ampliar esse conhecimento e incentivar novas pesquisas complementares e inovadoras aumentando a gama de informações para a liquenologia.