



LÍDIA ALVES ANTUNES

**RIQUEZA DE COGUMELOS EM DIFERENTES ALTITUDES
NA SERRA DA MANTIQUEIRA, NO SUL DE MINAS GERAIS**

LAVRAS – MG

2020

LÍDIA ALVES ANTUNES

**RIQUEZA DE COGUMELOS EM DIFERENTES ALTITUDES NA SERRA DA
MANTIQUEIRA, NO SUL DE MINAS GERAIS**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do programa de Pós-graduação em Microbiologia Agrícola para a obtenção do título de Doutor.

Orientador:

Prof. Dr. Eustáquio Souza Dias

Co-orientador:

Warley Augusto Caldas Carvalho

LAVRAS-MG

2020

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

Antunes, Lídia Alves.

Riqueza de cogumelos em diferentes altitudes na Serra da
Mantiqueira no sul de Minas Gerais / Lídia Alves Antunes. - 2020.

76 p. : il.

Orientador(a): Eustáquio Souza Dias.

Coorientador(a): Warley Augusto Caldas Carvalho.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Lavras, 2020.

Bibliografia.

1. Riqueza de cogumelos. 2. Ecologia de cogumelos. 3. Efeitos
ambientais na riqueza de cogumelos. I. Dias, Eustáquio Souza. II.
Carvalho, Warley Augusto Caldas. III. Título.

LÍDIA ALVES ANTUNES

**RIQUEZA DE COGUMELOSEM DIFERENTES ALTITUDES NA SERRA DA
MANTIQUEIRA, MINAS GERAIS**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do programa de Pós-graduação em Microbiologia Agrícola para a obtenção do título de Doutor.

APROVADA em 17 de Julho de 2020

Dr. Nelson Menolli Jr. - IFSP

Dr. Eduardo van den Berg - UFLA

Dr. Jair Putzke - UNIPAMPA



Dr. Eustáquio Souza Dias

(Orientador)

Dr. Warley Augusto Caldas Carvalho

(Co-orientador)

AGRADECIMENTOS

Agradeço infinitamente a Deus por ter iluminado o meu caminho, não ter me deixado desistir nos momentos difíceis e me mostrar que quando há fé, perseverança e trabalho, a vitória é certa.

Aos meus pais, Luíz Carlos e Enilde que, por muitas vezes, deixaram de realizar seus sonhos para que eu pudesse concretizar os meus, pelo amor incondicional, pelos ensinamentos e conselhos valiosos e por acreditarem sempre em mim. Agradeço, também, aos meus irmãos Guilherme e Luca pelo apoio e incentivo. E, a toda minha família pelas vibrações positivas, especialmente à minha vizinha e chará Lídia, *in memoriam*, pelo carinho e amor. Tenho certeza que onde quer que ela esteja está muito orgulhosa pela minha conquista.

Ao meu noivo Diego, pelo amor, apoio e companheirismo dedicados à mim e por participar dos momentos mais importantes da minha vida. Agradeço, também, aos meus sogros e cunhados pela torcida e amizade de sempre.

A todos os meus amigos, que sempre levarei no coração. Em especial à Amanda e Bárbara. Também, agradeço à todos os meus amigos do BIOFUNGI– Tati, Cibelli, Matheus, Danilo e Lundoí – por toda ajuda, risadas e momentos que nunca serão esquecidos. Ao meu grupo favorito do WhatsApp (“Publica que passa”) composto pela Aline, Jéssica e Tati pelo apoio, risadas e desabafos. Esta caminhada foi mais leve e divertida com vocês!

Ao professor Eustáquio Souza Dias, pela orientação durante todo o tempo do doutorado e pelos valiosos ensinamentos. Ao professor Warley pela imensa ajuda com as coletas, ao professor Jair pela disponibilidade em identificar os cogumelos coletados nesta pesquisa. Ao Professor Marco Aurélio por ter nos ajudado com dados e por nos ter apresentado ao Instituto Alto Montana.

Ao Instituto Alto Montana da Serra Fina por nos permitir a realização das coletas em suas áreas, nos oferecerem uma ótima infraestrutura e acreditar na nossa pesquisa.

À UFLA, instituição a qual tenho muito orgulho de ter feito parte, pela minha formação acadêmica e toda a estrutura necessária para que eu pudesse realizar a pesquisa. Ao Programa de Pós-Graduação em Microbiologia Agrícola e a todos os funcionários e professores que fizeram parte da minha formação na UFLA, especialmente o técnico Paulinho que sempre esteve em prontidão para nos auxiliar.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

RESUMO GERAL

Ainda há uma enorme lacuna de conhecimento sobre a diversidade de cogumelos na Mata Atlântica e de como ela varia com as diferentes condições ambientais. Assim, este trabalho teve como objetivos: realizar um levantamento da riqueza e composição de espécies de cogumelos na Serra da Mantiqueira na região sul de Minas Gerais; testar a hipótese de que as diferentes altitudes influenciam a riqueza e/ou composição da comunidade de cogumelos; testar a hipótese de que o efeito temporal influencia a riqueza e/ou composição da comunidade de cogumelos e; avaliar o efeito da umidade do solo, umidade do ar, temperatura do ambiente, pH, matéria orgânica, precipitação pluviométrica total mensal e temperatura média mensal sobre a riqueza e composição dos cogumelos. Os cogumelos foram coletados ao longo de 4 diferentes cotas de altitudes em 4 momentos distintos ao longo do ano. Os cogumelos foram identificados com base em características morfológicas macroscópicas. Foram amostrados, no total, 1861 cogumelos, distribuídos em 381 morfoespécies, 64 gêneros e 25 famílias. A altitude teve pouco ou nenhum efeito sobre a riqueza de cogumelos, embora tenha influenciado na composição da comunidade de cogumelos. A área estudada se mostrou rica e diversa e heterogênea em relação à comunidade de cogumelos. A umidade do solo e do ar, no momento da coleta, e as temperaturas médias mensais mais altas foram os fatores mais importantes para a riqueza de cogumelos nas diferentes épocas de coletas.

Palavras chave: macrofungos, basidomicetos, ecologia de fungos e diversidade.

GENERAL ABSTRACT

There is still a huge knowledge gap about the diversity of mushrooms in the Atlantic Forest and how it varies with different environmental conditions. Thus, this work had as objectives: to carry out a survey of the richness and composition of species of mushrooms in the Serra da Mantiqueira in the southern region of Minas Gerais; test the hypothesis of how different altitudes influence the wealth and composition of the mushroom community; test the hypothesis that the temporal effect influences the wealth and/or composition of the mushrooms community and; evaluate the effect of soil moisture, air humidity, room temperature, pH, organic matter, total monthly rainfall and average monthly temperature on the richness and/or composition of the mushrooms. The mushrooms were collected over 4 different elevation levels at 4 different times throughout the year. The mushrooms were identified based on macroscopic morphological characteristics. In total, 1861 mushrooms were sampled, distributed in 381 morphospecies, 64 genera and 25 families. The altitude had little or no effect on the mushroom richness, although it did influence the composition of the mushroom community. The studied area is rich and diverse and heterogeneous in relation to the mushroom community. Soil and air humidity, at the time of collection, and the highest average monthly averages were the most important factors for mushroom richness at different periods of collection.

Key words: macrofungi, basidiomycetes, fungi ecology and diversity.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	10
CAPÍTULO 1: 1 REFERENCIAL TEÓRICO	12
1.1 Estudo dos cogumelos do filo Basidiomycota nas fitofisionomias dos biomas brasileiros	12
1.2 Interação dos fatores ambientais e cogumelos silvestres.....	16
1.3 Importância ecológica dos cogumelos silvestres	19
1.4 Cogumelos silvestres de altitude	20
1.5 Referências	22
CAPÍTULO 2 – Artigo.....	32
ARTIGO: Riqueza de cogumelos em diferentes altitudes na Serra da Mantiqueira no sul de Minas Gerais.....	33
1 RESUMO.....	33
2 INTRODUÇÃO	34
3 MATERIAL E MÉTODOS	36
3.1 Local de coleta dos cogumelos	36
3.2 Procedimentos de coleta dos cogumelos	37
3.3 Dados ambientais e do solo.....	38
3.4 Secagem e armazenamento dos cogumelos	38
3.5 Análises macroscópicas dos cogumelos	38
3.6 Análises ecológicas dos cogumelos.....	39
3.7 Análise estatística dos dados	39
4 RESULTADOS	40
4.1 Riqueza e estrutura da comunidade de cogumelos	40
4.2 Comportamento das variáveis ambientais entre as diferentes épocas de coletas e cotas de altitudes	51
4.3 Comunidade macrofúngica e os fatores ambientais	55

5 DISCUSSÃO	57
5.1 Composição e estrutura da comunidade de cogumelos	57
5.2 Variação espacial da comunidade macrofúngica.....	59
5.3 Variação temporal da comunidade macrofúngica e os fatores ambientais condicionantes	61
5.4 Cogumelos micorrízicos e cogumelos comestíveis	64
5.5 Cogumelos como bio-indicadores do potencial de conservação	65
6 CONCLUSÕES.....	66
7 REFERÊNCIAS	66
ANEXOS.....	73
Anexo 1. Análise de variância da riqueza de cogumelos em diferentes cotas altitudinais	73
Anexo 2. Análise de variância da riqueza de cogumelos em diferentes épocas de coletas	73
Anexo 3. Análise de variância da equabilidade dos cogumelos em diferentes épocas de coleta.....	73
Anexo 4. Análise de variância da riqueza de cogumelos em diferentes variáveis ambientais	73
Anexo 5. Tabela de correlação entre as variáveis ambientais.....	75
Anexo 6. Teste de agrupamento das parcelas	76

INTRODUÇÃO GERAL

Os fungos são divididos em três grupos principais com base no seu modo de vida e obtenção de nutrientes: saprofitos, simbioses e parasitas. Um quarto grupo, menos comum, pode ser também considerado, que é o grupo dos fungos predadores. Esses organismos, que são tão versáteis nas suas interações com outros seres vivos, têm grande potencial biotecnológico, além da importância ecológica ímpar. Muitos deles podem produzir várias substâncias de interesse como, por exemplo, enzimas, antibióticos, vitaminas, aminoácidos e esteroides. Esse fato os torna microrganismos importantes para a biotecnologia industrial e, por esse motivo, os fungos são de grande interesse econômico. Os fungos que formam estruturas reprodutivas chamadas de corpos de frutificação, também chamados de cogumelos, desempenham um importante papel na ciclagem de nutrientes na natureza, principalmente no ciclo do carbono, pois, são capazes de degradar a lignina, o segundo biopolímero mais abundante da Terra. Esses organismos contribuem para a manutenção do ciclo de outros elementos como nitrogênio, fósforo e potássio, incorporados aos componentes insolúveis das paredes celulares. Além disso, os cogumelos são utilizados em várias partes do mundo, como alimento de grande valor nutricional e gastronômico.

A descrição de espécies de cogumelos silvestres ainda é incipiente no Brasil. Apesar disso, vários estudos vêm sendo publicados nos últimos anos em todas as regiões do país, com destaque para as regiões Nordeste, Sudeste e Sul. Na região Sudeste, o maior número de espécies descritas está concentrado no estado de São Paulo. Portanto, o número de espécies descritas para o estado de Minas Gerais provavelmente é muito baixo diante da sua riqueza de ambientes.

A região Sul de Minas Gerais possui uma grande diversidade de habitats, o que resulta em grandes variações climáticas, com municípios cujas temperaturas podem chegar abaixo de zero durante o inverno, principalmente nas regiões serranas e cobertas por florestas. Devido a essa diversidade de ambientes, especula-se que exista grande diversidade de espécies e frequência de ocorrência de cogumelos silvestres, em função da posição geográfica e da estação do ano. A Serra da Mantiqueira é considerada como área de alta importância por causa da sua alta diversidade biológica, com uma gama de gradientes altitudinais e diferentes habitats com diferentes tipos de vegetação. Os gradientes de elevação em determinadas áreas podem funcionar como “laboratórios naturais” para estudar a variabilidade da abundância e como as espécies se comportam em relação às mudanças

climáticas. Isso pode ser possível, pois, nesses gradientes o microclima pode mudar drasticamente de uma altitude para outra em um curto espaço geográfico. Isso faz com que esta região desperte interesse em pesquisa científica para melhorar o entendimento da biodiversidade nas montanhas tropicais assim como sua conservação.

A maior parte das pesquisas com macrofungos em gradientes de elevação estão concentrados em países temperados. Até o momento, existem pouquíssimos estudos completos publicados a respeito da comunidade de cogumelos em regiões montanas tropicais e ainda não há trabalhos publicados na região montana mineira que compreende a Serra da Mantiqueira. Os levantamentos de cogumelos mais recentes em Minas Gerais foram feitos na Reserva Biológica Municipal de Santa Rita Mítzi Brandão e no Parque Estadual do Rio Doce. Portanto, o estado de Minas Gerais é um dos estados menos estudados com relação à comunidade de cogumelos. Assim, os levantamentos micológicos tornam-se fundamentais na compreensão dessa riqueza de espécies da Serra da Mantiqueira e para o estado de Minas Gerais. Esse tipo de estudo pode trazer novos dados para a ciência e podem auxiliar na compreensão sobre os fatores que determinam a composição e riqueza das espécies de cogumelos nos ecossistemas florestais tropicais montanos. O interesse desse tipo de estudo abrange, não só o conhecimento das espécies de cogumelos que se concentram na área estudada, mas, também, da sua importância ecológica e de um possível potencial biotecnológico, podendo abrir um leque de possibilidades de utilização desses cogumelos como recursos naturais.

Desta forma, este trabalho teve como objetivos: realizar um levantamento da riqueza e composição de espécies de cogumelos na Serra da Mantiqueira na região sul de Minas Gerais; testar a hipótese de que as diferentes altitudes e o efeito temporal das diferentes épocas de coletas afetem a riqueza e/ou composição de cogumelos e avaliar o efeito da umidade do solo, umidade do ar, temperatura do ambiente, pH, matéria orgânica, precipitação pluviométrica total mensal e temperatura média mensal sobre a riqueza e composição dos cogumelos.

CAPÍTULO 1: REFERENCIAL TEÓRICO

1 Referencial teórico

1.1 Estudo dos cogumelos do filo Basidiomycota nas fitofisionomias dos biomas brasileiros.

Estima-se que existam, atualmente, entre 2,2 a 3,8 milhões de espécies fúngicas no mundo (HAWKSWORTH; LÜCKING, 2017). Destas, aproximadamente, 135.110 espécies foram descritas e estão divididas por 18 filos, sendo que os filos que mais se destacam são Ascomycota (83.837 spp) e Basidiomycota (48.405 spp) (ROSKOV et al., 2019; TEDERSOO et al., 2018). Ainda assim, mais de 93% das espécies de fungos ainda permanecem desconhecidas (CANNON et al. 2018).

No Brasil foram registradas 5.719 espécies de fungos e, destas, 2.741 espécies pertencem ao filo Basidiomycota (MAIA et al., 2015). Embora estes organismos desempenhem importantes funções ecológicas, pouco se sabe sobre a composição ou sobre a diversidade de cogumelos nos diferentes ecossistemas do Brasil. Apesar disso, esse tipo de estudo vem crescendo no país nos últimos anos. A região Nordeste lidera com 2.617 espécies fúngicas descritas, seguida pela região Sudeste com 2.252, Sul com 1.995, Norte com 1.301 e Centro-Oeste com 488 espécies (MAIA et al., 2015). Considerando o maior número de espécies, destacam-se os estados de São Paulo, com 1.846 espécies, Pernambuco com 1.611, Rio Grande do Sul com 1.377, Bahia com 876, Amazonas com 802, Paraná com 761, Santa Catarina com 700, Rio de Janeiro com 678, Minas Gerais com 601 e Paraná com 442 espécies (MAIA et al., 2015).

Em relação aos biomas, a Mata Atlântica lidera os registros de fungos, com 3.017 espécies, seguida pela Amazônia com 1.050, Caatinga com 999, Cerrado com 347, o Pampa com 84 espécies e o Pantanal com 35 espécies (MAIA et al., 2015). Isso nos mostra que, apesar da grande importância desses organismos, nosso conhecimento sobre a sua ecologia e distribuição ainda é pobre para muitos ecossistemas (FERRER; GILBERT, 2003; SCHMIT; MUELLER, 2007; BRAGA-NETO et al., 2008).

A Mata Atlântica é um dos biomas mais degradados, o qual sofreu grande redução de suas áreas, principalmente, devido ao crescimento da agricultura. Este é um dos Biomas mais devastados, restando apenas 12,4 % de sua vegetação, sendo que, desses, 30% está em áreas protegidas (FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA, 2020). Apesar de séculos de

destruição, a Mata Atlântica possui a maior biodiversidade por hectare entre as Florestas Tropicais (CONTI; FURLAN, 2003). Por isso, é considerada um dos *hotspots* mais importantes no mundo (MYERS et al., 2000; LAURANCE, 2008) e está entre aquelas áreas mais ricas e com maior diversidade florística (PRATA et al., 2011). Por muito tempo, a Mata Atlântica foi pouco estudada e conhecida do ponto de vista micológico (SOARES; BARRETO, 2005). Entretanto, aos poucos este panorama vem mudando nos últimos anos, quando mais pesquisadores tem se dedicado ao estudo dos cogumelos da Mata Atlântica do nordeste ao sul do Brasil, principalmente os cogumelos da ordem Agaricales (BALTAZAR; GIBERTONI, 2009; BORBA-SILVA et al., 2015; GIBERTONI et al., 2014; 2015; MAGNAGO et al., 2015; MAIA et al., 2015; MENOLLI et al., 2009; MENOLLI; CAPELARI, 2010; ROSA; CAPELARI, 2009).

A Amazônia é um território de florestas tropicais único no mundo e abrange nove países da América do Sul (Brasil, Guiana, Suriname, Guiana Francesa, Venezuela, Peru, Bolívia, Equador e Colômbia), cobrindo uma área de, aproximadamente, 6 milhões de km², sendo que quase 50% dessa área está no Brasil (GIBERTONI et al., 2016). A região amazônica é cortada pelo maior sistema fluvial do mundo e é coberta pela maior floresta tropical pluvial mais bem preservada do mundo, o que representa 53% do que resta da floresta tropical no planeta (JUNK, 1997; FONSECA; SILVA, 2005). Este Bioma possui a maior biodiversidade do planeta, entretanto, apenas uma pequena porção é conhecida, principalmente em relação aos fungos (GIBERTONI et al., 2016). Na Amazônia central, cerca de 70% das espécies de cogumelos pode ser classificado em morfoespécies baseadas apenas em características macroscópicas, e essas espécies representam a maioria dos cogumelos encontrados (cerca de 90%) (BRAGA-NETO et al. 2008). Atualmente, esses materiais são identificados apenas pelos números de acesso ao herbário, mas um guia fotográfico para morfoespécies (BRAGA-NETO et al., 2008) permite a comparação com outros locais.

A Caatinga é o único bioma exclusivamente brasileiro e corresponde à delimitação da região semiárida do Brasil (IBGE, 2005). Este bioma ocupa mais da metade da área do Nordeste abrangendo parte dos estados de Alagoas, Bahia, Ceará, Minas Gerais, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte e Sergipe (DRECHSLER-SANTOS et al., 2009; MOURA; RAMOS, 2004). A região da Caatinga é classificada como quente e seca. A distribuição da precipitação é irregular e a região é cortada por rios, geralmente, temporários

e que formam, especialmente, as bacias hidrográficas do São Francisco e do Parnaíba (GIULIETTI et al., 2006). A Caatinga é composta, geralmente, pela vegetação xerófila de médio a baixo porte, tipicamente tropófila e com espinhos (ANDRADE-LIMA, 1981; QUEIROZ, 2006). Nas últimas décadas, equivocadamente, a Caatinga era considerada uma região pobre em espécies e caracterizada pelo endemismo (PRANCE, 1987; MAURY, 2002). Mas nos últimos anos isso tem mudado, pois, percebeu-se que esta região é de grande importância biológica e é importante para conservação da biodiversidade brasileira (LEAL et al., 2003; MAURY, 2002). Em relação ao conhecimento sobre os cogumelos da Caatinga, houve um grande avanço nos últimos anos, com o aumento de pesquisas e com a descoberta de novas espécies (BALTAZAR et al., 2012; DRECHSLER-SANTOS et al., 2010; 2013; GIBERTONI et al., 2011; LIMA et al., 2018; MAIA; 2015). Alguns herbários como, por exemplo, o da Universidade Federal da Bahia, da Universidade Estadual Vale do Acaraú e Instituto Agrônomo de Pernambuco, possuem coleções de cogumelos que são consideradas importantes para documentar a diversidade de fungos na Caatinga e para melhorar nossa compreensão da distribuição de espécies de cogumelos (DRECHSLER-SANTOS et al. 2009; 2013).

O cerrado brasileiro é o segundo maior bioma em extensão do país, perdendo apenas para a Amazônia. O Cerrado caracteriza o conjunto de ecossistemas que ocorrem no Brasil Central, tais como matas de galeria, campos, matas e savanas (KLINK; MACHADO, 2005; RODRIGUES, 2005; FRANCO, 2005). O Cerrado abrange cerca de 2.000.000 km² em oito dos 26 estados brasileiros, mais o Distrito Federal. Este bioma é considerado, também, um dos 25 *hotspots* de biodiversidade do mundo. Entretanto, aproximadamente 80% do bioma foi perdido com o desmatamento, principalmente para fins agrícolas. Da porção que restou do Cerrado, apenas uma fração de 9,15% corresponde a áreas com a vegetação original e em bom estado (WWF-BRASIL, 2020). Estudos sobre cogumelos foram realizados na última década neste bioma, trazendo grande avanço sobre o conhecimento micológico deste bioma, principalmente para os cogumelos poroides (COSTA-REZENDE et al., 2015; LIMA et al., 2018; GIBERTONI; DRECHSLER-SANTOS, 2010; MAIA et al., 2015; SILVA et al., 2020).

O bioma Pampa, no Brasil, é restrito à metade sul do estado do Rio Grande do Sul, abrangendo mais de 60% da área total do estado e tem grande potencial agrícola e econômico (BOLDRINI et al., 2010; IBGE, 2019). Abrange, também, o Uruguai e várias

províncias do norte e nordeste da Argentina (SULZBACHER et al., 2018). Este bioma ocupa uma área de 176.496 km² e representa, apenas, cerca de 2% do território nacional (ROESCH et al. 2009). A região dos Pampas possui um tipo único de vegetação, caracterizado por plantas de metabolismo C3 e C4, adaptadas à transição de climas subtropicais para climas temperados (FONSECA et al. 2012). A maioria das áreas florestais foi plantada com espécies exóticas, principalmente, plantações comerciais de eucalipto e pinus (SULZBACHER et al., 2018). Os cogumelos ainda são poucos estudados nos Pampas (ALVES et al., 2016; PUTZKE; PUTZKE, 2018). Neste bioma, os estudos mais recentes são, principalmente, sobre os cogumelos ectomicorrízicos, gasteróides e cogumelos da ordem Agaricales (ALVES et al., 2012; 2016; MAIA et al., 2015; SULZBACHER et al., 2018).

O Pantanal localiza-se na Bacia do Alto Paraguai e é uma região importante e estratégica para a administração dos recursos hídricos do Brasil, Bolívia e Paraguai (BONONI et al., 2008). Além disso, representa uma das maiores extensões de áreas alagadas do planeta e é um importante elo entre o Cerrado brasileiro e o Chaco da Bolívia e do Paraguai, (BONONI et al., 2008). A região pantaneira tem uma das maiores planícies de inundação da América Latina, ocupando, aproximadamente, 150.000 km² (BONONI et al., 2008). O Pantanal é periodicamente alagado durante os meses de outubro a março, devido às chuvas intensas que ocorrem nos planaltos que cercam esta região, gerando um caráter pluri-anual de ciclos de enchentes e secas (períodos onde ainda ocorre um pequeno alagamento) (ADAMOLI, 1982). O Pantanal, por causa da sua grande biodiversidade de espécies e ambientes, foi declarado Patrimônio Nacional pela Constituição Brasileira em 2000 e foi reconhecido como Reserva da Biosfera Mundial (MITTERMEIER et al. 1998). Também é considerado um dos *hotspots* de biodiversidade e de recursos hídricos do planeta em razão da grande importância deste ecossistema e do grau de ameaças ambientais que vem sofrendo (MITTERMEIER et al. 1998). Apesar de ser um ambiente muito rico em relação à fauna e flora, não se sabe quase nada acerca dos cogumelos pantaneiros e pouquíssimas espécies tem sido registradas para esta região ou para o Estado do Mato Grosso do Sul (BONONI et al., 2008; MAIA et al., 2015).

1.2 Interação dos fatores ambientais e cogumelos silvestres

Para que ocorra a frutificação dos cogumelos é necessário que haja quantidade de nutrientes suficientes no ambiente em que eles estão inseridos, sendo que a aquisição de nutrientes pode ser afetada pelo clima (BODDY et al., 2014). Assim, os padrões de frutificação podem estar mudando com a mudança no clima e com as mudanças nos regimes de precipitação pluviométrica e temperatura (BODDY et al., 2014). No campo, a formação dos cogumelos varia drasticamente de ano para ano e a quantidade, duração e frequência de frutificação são influenciadas por inúmeros fatores ambientais, bióticos e abióticos, além das interações complexas que podem ocorrer entre estes fatores (BODDY et al., 2014). Somente pesquisas de campo podem elucidar melhor a gama de fatores envolvidos nas condições de frutificação dos cogumelos em seus ambientes naturais (BODDY et al., 2014). Várias pesquisas de campo de curto e longo prazo tem associado a frutificação dos cogumelos à fatores ambientais, incluindo as variações climáticas (KREBS et al., 2008; MARTÍNEZ DE ARAGON et al., 2007; YANG et al., 2012).

Dessa forma, a riqueza e composição de espécies de cogumelos, em sua grande maioria, dependem de fatores tais como água (precipitação, umidade) temperatura, disponibilidade de nutrientes, pH, carbono no solo e luz (CURLEVSKI et al. 2010; DEACON, 2005; PUTZKE; PUTZKE, 2002; WEBSTER; WEBER, 2007).

Os fungos requerem água para captação de nutrientes através da sua parede celular e da membrana celular e, regularmente, para liberação de enzimas extracelulares (DEACON, 2005). Os fungos, também, precisam de água no interior de suas células para que as reações metabólicas ocorram (DEACON, 2005). Assim, a umidade do solo é um dos principais fatores que determinam a frutificação dos cogumelos (BODDY et al., 2014). Os cogumelos podem responder diretamente às mudanças na umidade do solo, pois quando a água é um fator limitante pode ocorrer restrições na difusão do substrato (SKOPP et al., 1990) que poderá forçar a expansão do micélio no solo (HAWKES et al., 2010). Os fungos micorrízicos, em contraposição aos saprotróficos, podem receber água através da árvore hospedeira por meio de elevação hidráulica (QUEREJETA et al., 2003) e, assim, transferi-la para o corpo de frutificação (LILLESKOV et al. 2009). A alta umidade é, geralmente, propícia ao início da formação do cogumelo (STAMETS, 1993). Entretanto, se o teor de água for muito alto, a aeração é reduzida e pode inibir a frutificação dos cogumelos (BODDY et al., 2014; MOORE et al., 2008). Um fator importante para manutenção da

umidade tanto do solo quanto do ar é a chuva, mas esta, quando tem seu padrão alterado, pode afetar a umidade do ar e do solo e, conseqüentemente, pode ocasionar mudanças na comunidade vegetal, o que, por sua vez, poderá impactar principalmente os fungos micorrízicos e saprófitos (KNAPP et al., 2002; SUTTLE et al., 2007).

Outro fator importante para os cogumelos é a temperatura. Geralmente, a maioria dos fungos são mesofílicos e crescem em uma faixa de temperatura 10 a 40 °C, mas, podem tolerar diferentes temperaturas dentro dessa faixa (DEACON, 2005). As baixas temperaturas podem ser prejudiciais ao micélio fúngico e, por isso, é um dos gatilhos com grande relevância para a reprodução sexual dos mesmos (SAKAMOTO, 2018). A redução da temperatura pode ser usada para indução de frutificação em muitas espécies de cogumelos cultiváveis (FORD et al., 2015; FU et al., 2016; NAKAZAWA et al., 2008; SAKAMOTO et al., 2002; STAMETS, 2000). Entretanto, ainda existe um entendimento restrito sobre a base molecular para a indução da frutificação dos cogumelos afetada pela temperatura. Análises transcriptômicas sobre a indução da frutificação foram realizadas em várias espécies de cogumelos cultivados (MORIN et al., 2012; PARK et al., 2014). Mas, nesses estudos, vários fatores ambientais como, por exemplo, luz e aeração estavam ativos, conjuntamente com a temperatura, o que complicou a distinção do efeito da temperatura como fator individual (SAKAMOTO, 2018). Em contrapartida, já foram realizados alguns estudos sobre sistemas de detecção de temperatura para a indução de frutificação em basidiomicetos. Para *Schizophyllum commune* e *Coprinopsis cinerea*, por exemplo, a formação do cogumelo pode ser induzida, facultativamente, pela redução da temperatura (SEN et al., 2016; TSUSUÉ, 1969). Dessa forma, essas espécies podem servir como modelo para estudos do mecanismo de indução da frutificação dos cogumelos pela redução da temperatura (SAKAMOTO, 2018).

O fator nutricional, também, é um fator limitante para a reprodução sexual em fungos formadores de cogumelos (ASCHAN-ÄBERG, 1954; 1958; PLUNKETT, 1953). O nitrogênio, por exemplo, é um dos fatores mais importantes que induzem a frutificação nestes fungos (PLUNKETT, 1953). Isto ocorre, pois, em várias espécies, ocorre o aumento da atividade de proteinase correlacionada à frutificação (BURTON et al., 1997; TERASHITA et al., 1998, 1997). O carbono, também é importante e a concentração deste elemento, especialmente a concentração de glicose, afeta a indução do corpo de frutificação em várias espécies (KITAMOTO; GRUEN, 1976; MADELIN, 1956; MOORE; JIRJIS,

1976). Além disso, a atividade da respiração aumenta durante a formação dos primórdios no desenvolvimento dos cogumelos, e uma alta concentração de CO₂ pode afetar a morfologia do mesmo. No estágio inicial do desenvolvimento do cogumelo, a sensibilidade ao CO₂ é maior (KINUGAWA et al., 1994). Isso porque o CO₂ pode afetar a síntese do componente da parede celular (SIETSMA et al., 1977) e, conseqüentemente, a morfologia celular dos corpos de frutificação (RAUDASKOSKI; SALONEN 1984). Os fungos ectomicorrízicos e saprotróficos, por exemplo, diferem nos modos de obtenção de carbono e outros nutrientes que afetam a frutificação (SATO et al, 2012). Os fungos ectomicorrízicos dependem do fluxo de carbono fotossintético das plantas hospedeiras (SMITH; READ, 2008) e, desta forma, variações sazonais anuais nas taxas fotossintéticas das plantas hospedeiras podem determinar os carboidratos disponíveis que estarão acessíveis para a frutificação dos fungos ectomicorrízicos (SOLOMON, 2007). Em contrapartida, fungos saprotróficos são decompositores que obtêm carbono diretamente da matéria orgânica (LINDAHL et al., 2007) dependendo, então, claramente de processos locais envolvidos na produção de detritos de madeira e serapilheira (ALDAY, et al, 2017). A grande maioria dos fungos pode se desenvolver dentro da faixa pH de 4,0 a 8,5 ou até entre 3,0 e 9,0. Apesar de uma faixa de tolerância bastante, normalmente os fungos apresentam uma preferência por faixas mais estreitas, com valores ótimos de pH, normalmente, entre 5,0 e 7,0 (DEACON, 2005). Todavia, os efeitos do pH sobre o crescimento e reprodução dos fungos são muito mais fáceis de investigar em condições laboratoriais do que na natureza, isso, pelo fato de que o pH não é um fator isolado na natureza (DEACON, 2005). Mudanças no pH podem afetar muitos fatores e processos diferentes como, por exemplo, a carga líquida nas proteínas da membrana, que pode ocasionar possíveis conseqüências na absorção de nutrientes (DEACON, 2005). Também pode afetar o grau de dissociação de sais minerais e o equilíbrio entre CO₂ dissolvido e íons bicarbonato (DEACON, 2005). Solos com pH baixo podem ter níveis potencialmente tóxicos de alguns elementos como os íons Al³⁺, Mn²⁺, Cu²⁺ ou Mo³⁺ (DEACON, 2005). Em contrapartida, solos com alto pH podem ter níveis de nutrientes essenciais pouco disponíveis como Fe³⁺, Ca²⁺ e Mg²⁺ (DEACON, 2005). Além disso, os fungos, como organismos tão versáteis que são, podem alterar o pH ao seu redor e criar seu próprio ambiente. A forma em que o nitrogênio está disponível no ambiente pode ser um fator-chave a esse respeito. Isso porque se o nitrogênio for fornecido na forma de íons (NH⁴⁺) em que a maioria dos fungos pode usar os íons H⁺ são, então, liberados em troca do

NH^{4+} (DEACON, 2005). Assim, o pH externo pode diminuir para valores de 4 ou menos levando, então, à inibição do crescimento daqueles fungos que são mais sensíveis a alterações do pH. Em contrapartida a absorção de NO^{3-} pode fazer com que o pH externo aumente cerca de 1 unidade (DEACON, 2005).

Outro fator importante para o desenvolvimento dos cogumelos é a luz. Ela tem um efeito mais profundo na diferenciação de estruturas fúngicas e atua como um gatilho para a produção de estruturas de esporo assexuadas ou de estruturas reprodutivas sexuais em vários fungos (DEACON, 2005). Por exemplo, muitos cogumelos basidiomicetos são formados em resposta à luz, mas, geralmente, em conjunto com um baixo nível de CO_2 (DEACON, 2005). A luz tem uma ampla gama de efeitos na frutificação de basidiomicetos e pode determinar se os cogumelos são produzidos ou não, além de poder influenciar também o desenvolvimento e número produzido de cogumelos (MOORE et al., 2008). A luz é, então, fundamental para a morfogênese nos fungos (SAKAMOTO, 2018). Os fungos formadores de cogumelos possuem mecanismos que permitem detectar a presença da luz, entretanto essa relação entre a luz e a indução da frutificação nos basidiomicetos não é bem elucidada (SAKAMOTO, 2018). Todavia, apesar de ser importante, a luz nem sempre é essencial para que ocorra a frutificação dos cogumelos, pois, a frutificação pode ser induzida sob escuridão total em alguns basidiomicetos (KAMADA et al., 2010; KINUGAWA, 1977; SAKAMOTO et al., 2002; 2004, TSUSUÉ, 1969). O comprimento de onda que atua na indução da frutificação inclui o espectro UV e a luz azul (DURAND; FURUYA, 1985; KITAMOTO et al., 1972). A luz, também, pode afetar a formação de pelos e o alongamento do estipe (TERASHIMA et al., 2005). Os cogumelos que se desenvolvem no escuro podem apresentar uma morfologia anormal, (TERASHIMA et al., 2005), com estipe estiolado (KÜES, 2000), ou cogumelo de cabeça de alfinete (SAKAMOTO et al., 2007). A luz, também, pode afetar a direção do alongamento do estipe, resultando em fototropismo positivo dos cogumelos (SAKAMOTO, 2018).

1.3 Importância ecológica dos cogumelos silvestres

Embora pouco estudados, os fungos desempenham papel de extrema importância para a manutenção dos ambientes, especialmente os ecossistemas florestais (CORTEZ, 2010; TEDERSOO et al. 2014). Além disso, os fungos desempenham um papel ecológico significativo no estabelecimento e sucessão dinâmica de comunidades vegetais e são

provavelmente cruciais para o desenvolvimento sustentável e a construção da estabilidade ecológica (ZHANG et al., 2010).

Os fungos pertencentes ao filo Basidiomycota representam um grupo muito diversificado e habitam os mais diversos substratos (HÖFLING; GONÇALVES, 2016). Estes fungos são, em sua maioria, saprófitas, vivendo em troncos ou galhos de árvores, folhas, fezes de herbívoros ou sobre outros fungos e solo, auxiliando na reciclagem dos diferentes materiais na natureza (HOFLING; GONÇALVES 2016). Estes organismos são altamente tolerantes a ambiente hostis, sendo alguns mais resistentes a ambientes hipertônicos que as bactérias. Resistem, também, a grandes amplitudes térmicas, dependendo da espécie (HOFLING, GONÇALVES 2016). Muitos basidiomicetos atuam, também, como mutualistas em associação com raízes de plantas superiores, formando as micorrizas (HAWKSWORTH, 2002). Além disso, podem associar-se a insetos e a outros organismos e são, também, fundamentais em teias alimentares complexas (HAWKSWORTH, 2002). Outros fungos podem causar doenças em plantas, atuando como fitopatógenos importantes (ALEXOPOULOS et al., 1996).

Os fungos desempenham papel fundamental na ciclagem de nutrientes na natureza, principalmente no ciclo do carbono, na medida em que são excelentes degradadores de lignina, o segundo biopolímero mais abundante sobre a terra. Os fungos causadores de podridão branca parecem ser os microrganismos com melhor capacidade de degradar lignina, celulose e hemicelulose (MATHEUS; OKINO, 1998).

1.4 Cogumelos silvestres de altitude

A topografia é um dos fatores mais importantes que afetam diferentes comunidades de espécies nos ecossistemas florestais (SHETIE et al., 2017; WRIGHT et al., 2017). Além disso, os gradientes de altitude podem fornecer informações importantes sobre o papel das mudanças climáticas na biomassa terrestre e na biodiversidade, fornecendo dados essenciais que podem ajudar na antecipação de possíveis mudanças na estrutura e funcionamento dos ecossistemas provocados pelo aquecimento global (ALDAY et al., 2017). Os gradientes de elevação em áreas localizadas, também, podem fornecer configurações experimentais "naturais" para testar a variabilidade da abundância e diversidade de espécies produzida pelo aquecimento global (ALDAY et al., 2017). As mudanças climáticas se tornaram, então, um dos grandes responsáveis pelas alterações biológicas e estas alterações podem causar danos

relevantes sobre a biodiversidade no futuro (KERR et al., 2015; NEMÉSIO et al., 2016). Ao enfrentar mudanças climáticas, em geral, as espécies podem sofrer mudanças de fenologia, de distribuição geográfica e de suas interações ecológicas (PARMESAN, 2006; PECL et al., 2017). Por conseguinte, torna-se urgente e fundamental descrever e compreender melhor as interações climáticas que podem interferir direta ou indiretamente nos organismos terrestres (SOLOMON, 2007). Logo, a obtenção de informações sobre os padrões de diversidade ao longo de gradientes climáticos, como os de altitude, pode permitir prever as respostas de diferentes espécies e comunidades inteiras a essas mudanças no clima (GRYTNES; MCCAIN, 2007).

Os fungos silvestres, além de serem importantes simbiontes e agentes decompositores (DIGHTON et al., 2005), tem papel fundamental nos ecossistemas, pois tem a capacidade de migrarem rapidamente e colonizar novas áreas mais rápido do que algumas espécies de árvores ou arbustos (BEBBER et al., 2013; 2014). Consequentemente, o movimento de fungos e seus corpos de frutificação (cogumelos), podem ser usados para auxiliar no monitoramento dos impactos iniciais das mudanças climáticas nas comunidades florestais, especialmente em áreas sensíveis às perturbações (ALDAY et al., 2017). Assim, a melhor compreensão da variabilidade temporal dos cogumelos ao longo de gradientes de elevação e dos fatores que podem determinar esta variabilidade podem fornecer informações para que se possa planejar, no futuro, o manejo sustentável da produção de cogumelos silvestres (ÁGREDA et al., 2015).

As mudanças nos ecossistemas são mais bruscas ao longo de gradientes altitudinais que permitem a migração de espécies dentro de algumas gerações (HEWITT, 1996). Estes gradientes de elevação são caracterizados por mudanças drásticas no clima e na rotatividade biótica em curtas distâncias geográficas (BRYANT et al., 2008). Há, então, uma previsão de que mudanças climáticas rápidas produzam os efeitos mais significativos nas margens das espécies (MATÍAS; JUMP, 2015). Como consequência disto, a produtividade dos cogumelos pode ser alterada rapidamente em áreas sub ideais antes que ocorram mudanças de faixa (ÁGREDA et al., 2015; SCHEFFER et al., 2012). Como por exemplo, em altitudes mais baixas onde a temperatura é maior e a precipitação pluviométrica é menor, provavelmente, a aridificação é mais rápida e, portanto, a frutificação dos cogumelos será menor (BÜNTGEN et al., 2015).

Estudos recentes têm demonstrado que fatores como temperatura e precipitação e suas interações podem influenciar na dinâmica da diversidade e na frutificação de cogumelos silvestres, principalmente os micorrízicos e saprotrofícos (RINCÓN et al., 2015). Entretanto, ainda não está evidente se estes dois grupos de cogumelos possuem mudanças similares no padrão de frutificação em resposta à elevação e aos fatores climáticos simultaneamente (ALDAY et al., 2017). Entretanto as pesquisas têm documentado resultados diferentes em relação às respostas à diversidade de cogumelos ao longo de gradientes de elevação. Por exemplo, foi relatado que a riqueza e biomassa de cogumelos estavam correlacionadas negativamente com a elevação na Argentina (NOUHRA et al., 2012). No entanto, os padrões de riqueza de fungos ectomicorrízicos mostraram um pico de elevação média no Japão (MIYAMOTO et al., 2014). Já em outro estudo, feito na bacia do Mediterrâneo, o efeito de elevação foi menos importante (ALDAY et al., 2017). Por isso, a possibilidade de que tanto produtividade quanto a diversidade de fungos podem mudar com a elevação, que oferece um conjunto ideal de condições climáticas, ainda precisa ser melhor estudada (ALDAY et al., 2017). Esses estudos serão importantes, principalmente, para que se consiga obter respostas mais coesas de como essas interações entre elevação e fatores climáticos interferem nos padrões de frutificação, riqueza e diversidade dos cogumelos, bem como quais são os fatores mais determinantes para que a frutificação ocorra.

1.5 REFERÊNCIAS

ADAMOLI, J. O pantanal e suas relações fitogeográficas com os cerrados. Discussão sobre o conceito de “Complexo do Pantanal”. In: **Anais do XXXII Congresso Nacional de Botânica. Universidade Federal do Piauí, Teresina**, p. 109-119, 1982.

ÁGREDA, T. et al. Increased evapotranspiration demand in a Mediterranean climate might cause a decline in fungal yields under global warming. **Global Change Biology**, v. 21, n. 9, p. 3499-3510, 2015.

ALDAY J. G. et al. Mushroom biomass and diversity are driven by different spatio-temporal scales along Mediterranean elevation. **Scientific Report**, v. 7, p. 45824, 2017.

ALEXOPOULOS, C.J. et al. **Introductory Mycology**. John Wiley e Sons, New York, 4ª ed, 1996.

ALVES, R. P. et al. *Chlorophyllum Masee* e *Macrolepiota Singer* (Agaricaceae) in an area of Pampa biome, southern Brazil. **Neotropical Biology and Conservation**, v. 11, n. 3, p. 141-152, 2016.

ALVES, G. C. et al. Primeiro relato de fungos Agaricales no município de São Gabriel, RS, Brasil. **Caderno de Pesquisa**, v. 24, n. 2, p. 7-20, 2012.

ANDRADE-LIMA, D. de. The caatingas dominium. **Revista brasileira de Botânica**, v. 4, n. 2, p. 149-153, 1981.

ASCHAN-ÄBERG, K. The production of fruit bodies in *Collybia velutipes* II. Further studies on the influence of different culture conditions. **Physiologia Plantarum**, v. 11, n. 2, p. 312-328, 1958.

ASCHAN-ÄBERG, K. The Production of Fruit Bodies in *Collybia velutipes*: I. Influence of Different Culture Conditions. **Physiologia Plantarum**, v. 7, n. 3, p. 571-591, 1954.

BEBBER, D. P. et al. J. The global spread of crop pests and pathogens. **Global Ecology and Biogeography**, v. 23, n. 12, p. 1398-1407, 2014.

BEBBER, D. P. et al. Crop pests and pathogens move polewards in a warming world. **Nature Climate Change**, v. 3, n. 11, p. 985-988, 2013.

BODDY, L. et al. Climate variation effects on fungal fruiting. **Fungal Ecology**, v. 10, p. 20-33, 2014.

BALTAZAR, J. M.; GIBERTONI, T. B. Contribution to the knowledge of polypores (Agaricomycetes) from the Atlantic forest and Caatinga, with new records from Brazil. **Mycosphere**, v. 3, n. 3, p. 267-280, 2012.

BOLDRINI, I. L. B. Bioma Pampa: diversidade florística e fisionômica. **Editores Pallotti**, 2010.

BONONI, V. L. R. et al. Fungos macroscópicos do Pantanal do Rio Negro, Mato Grosso do Sul, Brasil. **Hoehnea**, v. 35, n. 4, p. 489-511, 2008.

BORBA-SILVA, M. A. et al. Community structure and functional diversity of polypores (Basidiomycota) in the Atlantic Forest of Santa Catarina State, Brazil. **Revista Biotemas**, v. 28, n. 1, 2015.

BRAGA-NETO, R. et al. Leaf litter fungi in a Central Amazonian forest: the influence of rainfall, soil and topography on the distribution of fruiting bodies. **Biodiversity and Conservation**, v. 17, n. 11, p. 2701-2712, 2008.

BRYANT, J. A. et al. Microbes on mountainsides: contrasting elevational patterns of bacterial and plant diversity. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 105, n. Supplement 1, p. 11505-11511, 2008.

BÜNTGEN, U. et al. Drought-induced changes in the phenology, productivity and diversity of Spanish fungi. **Fungal ecology**, v. 16, p. 6-18, 2015.

BURTON, K. S. et al. Extracellular proteinases from the mycelium of the cultivated mushroom *Agaricus bisporus*. **Mycological Research**, v. 101, n. 11, p. 1341-1347, 1997.

- CANNON, P. F. et al. State of the World's Fungi. **Royal Botanic Gardens, Kew**, 2018.
- CONTI, J. B.; FURLAN, S. A. Geoeologia: o clima, os solos e a biota. Pp. 67-237. In: **J. L. S. Ross (org.). Geografia do Brasil**. São Paulo, EDUSP, 2003.
- CORTEZ, V. G. **Diversidade de fungos macroscópicos no parque estadual de São Camilo, Palotina, PR**. Palotina: UFPR, 2010. 7p. (Projeto de pesquisa - Universidade Federal do Paraná).
- COSTA-REZENDE, D. H. et al. New records of *Perenniporia* sensu lato and *Pyrofomes* for the Brazilian Cerrado, 2015.
- CURLEVSKI, N. J. A et al. Converting Australian tropical rainforest to native Araucariaceae plantations alters soil fungal communities. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 42, n. 1, p. 14-20, 2010.
- DEACON, J. Environmental conditions for growth, and tolerance of extremes. **Fungal Biology**, p. 142-157, 2005.
- DIGHTON, J. et al. **The fungal community: its organization and role in the ecosystem**. Ed, **CRC Press**, 2005.
- DRECHSLER-SANTOS, E. R. et al. New records of Auriculariales, Hymenochaetales and Polyporales (Fungi: Agaricomycetes) for the Caatinga Biome. **Check List**, v. 9, n. 4, p. 800-805, 2013.
- DRECHSLER-SANTOS, E. R. et al. Ecological aspects of Hymenochaetaceae in an area of Caatinga (semi-arid) in Northeast Brazil. **Fungal Diversity**, v. 42, n. 1, p. 71-78, 2010.
- DRECHSLER-SANTOS, E. R. et al. A re-evaluation of the lignocellulolytic Agaricomycetes from the Brazilian semi-arid region. **Mycotaxon**, v. 108, p. 242, 2009.
- DURAND, R.; FURUYA, M.. Action spectra for stimulatory and inhibitory effects of UV and blue light on fruit-body formation in *Coprinus congregatus*. **Plant and cell physiology**, v. 26, n. 6, p. 1175-1183, 1985.
- FERRER, A.; GILBERT, G. S. Effect of tree host species on fungal community composition in a tropical rain forest in Panama. **Diversity and Distributions**, v. 9, n. 6, p. 455-468, 2003.
- FONSECA et al. Aboveground biomass quantification for natural grasslands in the Pampa Biome. In: **MAATHUIS, B.H.P.; MANNAERTS, C.M.M. (eds.): GEONETCast – DevCoCast. Application Manual**, p. 21 32, University of Twente, Enschede, 2012.
- FONSECA, G. A. B., Silva, J. M. C. Megadiversidade Amazônica e Desafios para a sua conservação. **Ciências Ambientais**, v. 31, p. 13-23, 2005.
- FORD, K. L. et al. A reliable in vitro fruiting system for *Armillaria mellea* for evaluation of *Agrobacterium tumefaciens* transformation vectors. **Fungal Biology**, v. 119, n. 10, p. 859-869, 2015.

FRANCO, A. C. Biodiversidade de forma e função: implicações ecofisiológicas das estratégias de utilização de água e luz em plantas lenhosas do Cerrado. **Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação**. (Eds A Scariot, JC Souza-Silva, JM Felfili) pp, p. 179-196, 2005.

FU, Y. P. et al. De novo sequencing and transcriptome analysis of *Pleurotus eryngii* subsp. *tuoliensis* (Bailinggu) mycelia in response to cold stimulation. **Molecules**, v. 21, n. 5, p. 560, 2016.

FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA. Novos Dados sobre a Situação da Mata Atlântica. <<https://www.sosma.org.br/causas/mata-atlantica/>>. (Acessado em 31 de julho de 2020).

GIBERTONI, T. B. et al. The distribution of polypore fungi in endemism centres in Brazilian Amazonia. **Fungal ecology**, v. 20, p. 1-6, 2016.

GIBERTONI, T.B. et al. Agaricomycetes in the Atlantic Rain Forest in Northeast Brazil. **Boletim do Museu Biológico Mello Leitão**, n. sér. 36, p. 53-63, 2014.

GIBERTONI, T. B. et al. The genus *Trichaptum* (Agaricomycetes, Basidiomycota) in Brazil. **Nova Hedwigia**, v. 93, n. 1-2, p. 85-96, 2011.

GIBERTONI, T. B.; DRECHSLER-SANTOS, E. R. Lignocellulolytic Agaricomycetes from the Brazilian Cerrado biome. **Mycotaxon**, v. 111, p. 87, 2010.

GIULIETTI, A. M.; et al. **Diversidade e caracterização das fanerógamas do semi-árido brasileiro**. Instituto do Milênio do Semi Árido, 2006.

GRYTNES, J. A.; MCCAIN, C. M. Elevational trends in biodiversity. **Encyclopedia of Biodiversity**, v. 2, p. 1-8, 2007.

HAWKSWORTH, D. L.; LÜCKING, R. Fungal diversity revisited: 2.2 to 3.8 million species. **Microbiology Spectrum**, v. 5, n. 4, 2017.

HAWKSWORTH D, L. Why study tropical fungi? 1-11. In: **Watling R., Frankland J. C., Ainsworth A. M., Isaac S., Robinson C. H. 2002. Micromycetes. CAB International 2**, p. 320, 2002.

HAWKES, C. V. et al. Fungal community responses to precipitation. **Global Change Biology**, v. 17, n. 4, p. 1637-1645, 2011.

HEWITT, G. M. Some genetic consequences of ice ages, and their role in divergence and speciation. **Biological journal of the Linnean Society**, v. 58, n. 3, p. 247-276, 1996.

HÖFLING, J. F.; GONÇALVES, R. B.. Isolamento e caracterização de fungos patogênicos de importância médica. Jundiaí, **Paco Editorial**: 2016.

IBGE. Instituto brasileiro de geografia e estatística. Mapa dos biomas brasileiros, 2016. <http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/21052004biomas.shtm> (Acessado em 28 Julho de 2020).

- JUNK, W. J. General Aspects of Floodplain Ecology with Special Reference to Amazonian Floodplains. In: **Junk W.J. (eds) The Central Amazon Floodplain. Ecological Studies (Analysis and Synthesis)**. Springer, v. 126, Berlin, Heidelberg, 1997.
- KAMADA, T. et al. Regulation of fruiting body photomorphogenesis in *Coprinopsis cinerea*. **Fungal Genetics and Biology**, v. 47, n. 11, p. 917-921, 2010.
- KERR, J. T. et al. Climate change impacts on bumblebees converge across continents. **Science**, v. 349, n. 6244, p. 177-180, 2015.
- KITAMOTO, Y.; GRUEN, Hans E. Distribution of cellular carbohydrates during development of the mycelium and fruitbodies of *Flammulina velutipes*. **Plant Physiology**, v. 58, n. 4, p. 485-491, 1976.
- KITAMOTO, Y. et al. An action spectrum for light-induced primordium formation in a basidiomycete, *Favolus arcularius* (Fr) Ames. **Plant Physiology**, v. 49, n. 3, p. 338-340, 1972.
- KINUGAWA, K. et al. Effects of concentrated carbon dioxide on the fruiting of several cultivated basidiomycetes (II). **Mycoscience**, v. 35, n. 4, p. 345-352, 1994.
- KINUGAWA, K. *Collybia velutipes* can fruit under total darkness. **Transactions of the Mycological Society of Japan**, 1977.
- KLINK, C. A.; MACHADO, R. B. A conservação do Cerrado brasileiro. **Megadiversidade**, v. 1, n. 1, p. 147-155, 2005.
- KNAPP, A. K. et al. Rainfall variability, carbon cycling, and plant species diversity in a mesic grassland. **Science**, v. 298, n. 5601, p. 2202-2205, 2002.
- KREBS, C. J. et al. Mushroom crops in relation to weather in the southwestern Yukon. **Botany**, v. 86, n. 12, p. 1497-1502, 2008.
- KÜES, U. Life history and developmental processes in the basidiomycete *Coprinus cinereus*. **Microbiology and Molecular biology reviews**, v. 64, n. 2, p. 316-353, 2000.
- LAURANCE, W. F. Conserving the hottest of the hotspots. **Biological Conservation**, Amsterdam, v. 142, p. 1137, 2008.
- LEAL, I. R. et al. **Ecologia e conservação da Caatinga**. Editora Universitária UFPE, 2003.
- LILLESKOV, E. A. et al. Water sources and controls on water-loss rates of epigeous ectomycorrhizal fungal sporocarps during summer drought. **New Phytologist**, v. 182, n. 2, p. 483-494, 2009.
- LIMA, V. X. de. et al. Fungal perspective on neotropical biogeography: poroid fungi (Agaricomycetes: Hymenochaetales and Polyporales) and the Brazilian moist forests. **Fungal Ecology**, v. 36, p. 1-7, 2018.

LINDAHL, B. D. et al. Spatial separation of litter decomposition and mycorrhizal nitrogen uptake in a boreal forest. **New Phytologist**, v. 173, n. 3, p. 611-620, 2007.

MADÉLIN, M. F. Studies on the nutrition of *Coprinus lagopus* Fr., especially as affecting fruiting. **Annals of Botany**, v. 20, n. 2, p. 307-330, 1956.

MAIA, L. C. et al. Diversity of Brazilian fungi. **Rodriguésia**, v. 66, n. 4, p. 1033-1045, 2015.

MAGNAGO, A. C. e et al. New records of agaricoid fungi (Basidiomycota) from Paraíba, Brazil. **Revista Biotemas**, v. 28, p. 4, 2015.

MATÍAS, L.; JUMP, A. S. Asymmetric changes of growth and reproductive investment herald altitudinal and latitudinal range shifts of two woody species. **Global Change Biology**, v. 21, n. 2, p. 882-896, 2015.

MARTÍNEZ DE ARAGÓN, J. et al. Productivity of ectomycorrhizal and selected edible saprotrophic fungi in pine forests of the pre-Pyrenees mountains, Spain: predictive equations for forest management of mycological resources. **Forest Ecology and Management**, v. 252, n. 1-3, p. 239-256, 2007.

MATHEUS, D. R.; OKINO, L. K. Utilização de basidiomicetos em processos biotecnológicos. **Zigomicetos, Basidiomicetos e Deuteromicetos-noções básicas de taxonomia e aplicações biotecnológicas. São Paulo: Instituto de Botânica-Secretaria do Estado do Meio Ambiente**, p. 107-131, 1998.

MAURY, C. M. Biodiversidade brasileira: avaliação e identificação de áreas e ações prioritárias para conservação, utilização sustentável e repartição de benefícios da biodiversidade nos biomas brasileiros. **Ministério do Meio Ambiente**, 2002.

MENOLLI JR, N. et al. *Amanita viscidolutea*, a new species from Brazil with a key to Central and South American species of *Amanita* section Amanita. **Mycologia**, v. 101, n. 3, p. 395-400, 2009.

MIYAMOTO, Y. et al. The mid-domain effect in ectomycorrhizal fungi: range overlap along an elevation gradient on Mount Fuji, Japan. **The ISME journal**, v. 8, n. 8, p. 1739-1746, 2014.

MENOLLI JR, N.; CAPELARI, M. Notes on *Pluteus* (Pluteaceae, Agaricales) from Brazil including two new species and a new record. **Mycologia**, v. 102, n. 3, p. 697-707, 2010.

MITTERMEIER, R.A. et al. Hotspots and major tropical wilderness areas: approaches to setting conservation priorities. **Conservation Biology**, v. 12, p. 516-520, 1998.

MOORE, D.; JIRJIS, R. I. Regulation of sclerotium production by primary metabolites in *Coprinus cinereus* (= *C. lagopus* sensu Lewis). **Transactions of the British Mycological Society**, v. 66, n. 3, p. 377-382, 1976.

- MOORE, D. et al. Fruit bodies: their production and development in relation to environment. In: **British Mycological Society Symposia Series**. Academic Press, p. 79-103, 2008.
- MORIN, E. et al. Genome sequence of the button mushroom *Agaricus bisporus* reveals mechanisms governing adaptation to a humic-rich ecological niche. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 109, n. 43, p. 17501-17506, 2012.
- MOURA, A. S.; RAMOS, G. C. C. Cenários para o Bioma Caatinga. **Conselho Nacional da Reserva da Biosfera da Caatinga, Secretaria de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente de Pernambuco**, Recife, 2004.
- MYERS, N. et al. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, v. 403, n. 6772, p. 853-858, 2000.
- NAKAZAWA, T. et al. Stimulative effects of light and a temperature downshift on transcriptional expressions of developmentally regulated genes in the initial stages of fruiting-body formation of the basidiomycetous mushroom *Lentinula edodes*. **FEMS microbiology letters**, v. 289, n. 1, p. 67-71, 2008.
- NEMÉSIO, A. et al. Effects of climate change and habitat loss on a forest-dependent bee species in a tropical fragmented landscape. **Insect Conservation and Diversity**, v. 9, n. 2, p. 149-160, 2016.
- NOUHRA, E. R. et al. Differential hypogeous sporocarp production from *Nothofagus dombeyi* and *N. pumilio* forests in southern Argentina. **Mycologia**, v. 104, n. 1, p. 45-52, 2012.
- PARK, Y. J. et al. Whole genome and global gene expression analyses of the model mushroom *Flammulina velutipes* reveal a high capacity for lignocellulose degradation. **Plos One**, v. 9, n. 4, p. e93560, 2014.
- PARMESAN, C. Ecological and evolutionary responses to recent climate change. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, v. 37, p. 637-669, 2006.
- PECL, G. T. et al. Biodiversity redistribution under climate change: Impacts on ecosystems and human well-being. **Science**, v. 355, n. 6332, 2017.
- PLUNKETT, B. E. Nutritional and other aspects of fruit-body production in pure cultures of *Collybia velutipes* (Curt.) Fr. **Annals of Botany**, v. 17, n. 2, p. 193-218, 1953.
- PRANCE, G.T. Vegetation. In: **Whitmore, T.C.; Prance, G.T. (eds.). Biogeography and Quaternary history in tropical America**. Oxford Science Publications, Oxford, Reino Unido, pp: 28-45. 1987.
- PRATA, E.M.B. et al.. Composição florística e estrutura da comunidade arbórea na transição da Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas - Floresta Ombrófila Densa Submontana do Núcleo Picinguaba/PESM, Ubatuba, sudeste do Brasil. **Biota Neotropica**, Campinas, v. 11, n. 2, p. 285-299, 2011.

PUTZKE, J.; PUTZKE, M. T. L. **Cogumelos (Fungos Agaricales l. s.) no Brasil**. LupaGraf, Santa Cruz do Sul, p. 558, 2018.

PUTZKE, J.; PUTZKE, M.T. L. **Os reinos dos fungos**. 2002.

QUEIROZ, L. P. The Brazilian Caatinga: phytogeographical patterns inferred from distribution data of the Leguminosae. In: **Neotropical Savannas and Seasonally Dry Forests**. CRC Press, p. 121-157, 2006.

QUEREJETA, J. et al. Direct nocturnal water transfer from oaks to their mycorrhizal symbionts during severe soil drying. **Oecologia**, v. 134, n. 1, p. 55-64, 2003.

RAUDASKOSKI, M., SALONEN, M. Interrelationships between vegetative development and basidiocarp initiation. In: **Jennings, D.H., Rayner, A.D.M. (Eds), The Ecology and Physiology of the Fungal Mycelium**. Cambridge University Press, Cambridge, p. 291-322, 1984.

RINCÓN, A. et al. Compartmentalized and contrasted response of ectomycorrhizal and soil fungal communities of Scots pine forests along elevation gradients in France and Spain. **Environmental Microbiology**, v. 17, n. 8, p. 3009-3024, 2015.

RODRIGUES, M. T. A biodiversidade dos Cerrados: conhecimento atual e perspectivas, com uma hipótese sobre o papel das matas galerias na troca faunística durante ciclos climáticos. **Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação**, p. 235-246, 2005.

ROESCH, L. F. W. et al. The Brazilian Pampa: a fragile biome. **Diversity**, v. 1, n. 2, p. 182-198, 2009.

ROSA, L. H.; CAPELARI, M. Agaricales fungi from Atlantic rain forest fragments in Minas Gerais, Brazil. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 40, n. 4, p. 846-851, 2009.

ROSKOV, Y. et al. 2019, Species 2000 and ITIS Catalogue of Life. **2019 Annual Checklist. Digital resource at www.catalogueoflife.org/annual-checklist/2019**. Species, 2000.

SAKAMOTO, Y. et al. Protein expressions during fruit body induction of *Flammulina velutipes* under reduced temperature. **Mycological Research**, v. 106, n. 2, p. 222-227, 2002.

SAKAMOTO, Y. et al. Influence of light on the morphological changes that take place during the development of the *Flammulina velutipes* fruit body. **Mycoscience**, v. 45, n. 5, p. 333-339, 2004.

SAKAMOTO, Y. et al. Pileus differentiation and pileus-specific protein expression in *Flammulina velutipes*. **Fungal Genetics and Biology**, v. 44, n. 1, p. 14-24, 2007.

SAKAMOTO, Y. Influences of environmental factors on fruiting body induction, development and maturation in mushroom-forming fungi. **Fungal Biology Reviews**, v. 32, n. 4, p. 236-248, 2018.

SATO, H. et al. A thirty-year survey reveals that ecosystem function of fungi predicts phenology of mushroom fruiting. **Plos One**, v. 7, n. 11, p. e49777, 2012.

SCHEFFER, M. et al. Anticipating critical transitions. **Science**, v. 338, n. 6105, p. 344-348, 2012.

SCHMIT, J. P.; MUELLER, G. M. An estimate of the lower limit of global fungal diversity. **Biodiversity and Conservation**, v. 16, n. 1, p. 99-111, 2007.

SKOPP, J. et al. Steady-state aerobic microbial activity as a function of soil water content. **Soil Science Society of America Journal**, v. 54, n. 6, p. 1619-1625, 1990.

SEN, K. et al. Analysis of the sexual development-promoting region of *Schizophyllum commune* TRP1 gene. **Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry**, v. 80, n. 10, p. 2033-2044, 2016.

SHETIE, G. M. et al. Elucidating woody vegetation patterns in relation to soil and topography in tropical Africa: the case of Nech Sar National Park (Ethiopia). **Plant Ecology and Evolution**, v. 150, n. 1, p. 45-58, 2017.

SIETSMA, J. H. et al. The effect of carbon dioxide on fruiting and on the degradation of a cell-wall glucan in *Schizophyllum commune*. **Microbiology**, v. 102, n. 2, p. 385-389, 1977.

SILVA, L. L. et al. Poroid fungi (Agaricomycetes, Basidiomycota) from Floresta Nacional de Silvânia – a conservation unit of Brazilian Savanna. **Microbial Biosystems** v. 5, n. 1, 2020.

SMITH, S. E.; READ, D. J. **Mycorrhizal Symbiosis**. Academic Press, 2008.

SOARES, D. J.; BARRETO, R. W. *Pseudocercospora siparunae* - a new cercosporoid fungus from the Brazilian tropical forest. **Mycotaxon**, v. 92, p. 273-277, 2005.

SOLOMON, S. et al. **Climate change 2007-the physical science basis: Working group I contribution to the fourth assessment report of the IPCC**. Cambridge university press, 2007.

STAMETS, P. **Growing Gourmet and Medicinal Mushrooms**. Ten Speed Press, Berkeley, U.S.A. Ten Speed Press, Berkeley, U.S.A., 1993.

STAMETS, P. **Growing Gourmet and Medicinal Mushrooms**. Third ed. Ten Speed Press, California, 2000.

SULZBACHER, M. A. et al. Co-invasion of ectomycorrhizal fungi in the Brazilian Pampa biome. **Applied Soil Ecology**, v. 130, p. 194-201, 2018.

SUTTLE, K. B. et al. Species interactions reverse grassland responses to changing climate. **Science**, v. 315, n. 5812, p. 640-642, 2007.

TEDERSOO, L. et al. High-level classification of the Fungi and a tool for evolutionary ecological analyses. **Fungal Diversity**, v. 90, n. 1, p. 135-159, 2018.

TEDERSOO, L. et al. Global diversity and geography of soil fungi. **Science** **346**, 2014.

TERASHITA, T. et al. Isolation and characterization of extra-and intra-cellular metal proteinases produced in the spawn-running process of *Hypsizygus marmoreus*. **Mycoscience**, v. 38, n. 2, p. 243-245, 1997.

TERASHITA, T. et al. Role of metal proteinases in the fruit-body formation of *Hypsizygus marmoreus*. **Journal of Wood Science**, v. 44, n. 5, p. 379-384, 1998.

TSUSUÉ, Y. M. Experimental control of fruit-body formation in *Coprinus macrorhizus*. **Development, Growth & Differentiation**, v. 11, n. 2, p. 164-178, 1969.

TERASHIMA, K. et al. The *dst1* gene involved in mushroom photomorphogenesis of *Coprinus cinereus* encodes a putative photoreceptor for blue light. **Genetics**, v. 171, n. 1, p. 101-108, 2005.

WEBSTER, J.; WEBER, R. **Introduction to Fungi**. Cambridge University Press, 3^a ed., New York, 841p. 2007.

YANG, X. et al. Climate change effects fruiting of the prize matsutake mushroom in China. **Fungal Diversity**, v. 56, n. 1, p. 189-198, 2012.

WRIGHT, A. et al. Plants are less negatively affected by flooding when growing in species-rich plant communities. **New Phytologist**, v. 213, p. 645–656, 2017.

WWF BRASIL.

<https://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/questoes_ambientais/biomas/bioma_cerrado/bioma_cerrado_ameacas/>. Acessado em 31 de julho de 2020.

ZHANG, Y. et al. Diversity and ecological distribution of macrofungi in the Laojun Mountain region, southwestern China. **Biodiversity and Conservation**, v. 19, n. 12, p. 3545–3563, 2010.

Capítulo 2–artigo

Riqueza de cogumelos em diferentes altitudes na Serra da Mantiqueira no sul de Minas Gerais

ARTIGO

Riqueza de cogumelos em diferentes altitudes na Serra da Mantiqueira no sul de Minas Gerais

Mushroom richness at different altitudes in the Serra da Mantiqueira in southern Minas Gerais

Lídia Alves Antunes, Leony Aparecido Silva Ferreira, Júlia Mara Silva, Danilo de Athayde Saul, Marcela Pyles, Warley Augusto Caldas Carvalho, Jair Putzke, Eduardo van den Berg, Marco Aurélio Leite Fontes, Eustáquio Souza Dias

Artigo a ser submetido na revista Fungal Ecology

1 RESUMO

Ainda há uma enorme lacuna de conhecimento sobre a diversidade de cogumelos na Mata Atlântica e de como ela varia com as diferentes condições ambientais. Assim, este trabalho teve como objetivos: realizar um levantamento da riqueza e composição de espécies de cogumelos na Serra da Mantiqueira na região sul de Minas Gerais; testar a hipótese de que as diferentes altitudes influenciam a riqueza e/ou a composição da comunidade de cogumelos; testar a hipótese de que o efeito temporal influencia a riqueza e/ou a composição da comunidade de cogumelos e; avaliar o efeito da umidade do solo, umidade do ar, temperatura do ambiente, pH, matéria orgânica, precipitação pluviométrica total mensal e temperatura média mensal sobre a riqueza e composição dos cogumelos. Os cogumelos foram coletados ao longo de 4 diferentes cotas de altitudes em 4 momentos distintos ao longo do ano. Os cogumelos foram identificados com base em características morfológicas macroscópicas. Foram amostrados, no total, 1861 cogumelos, distribuídos em 381 morfoespécies, 64 gêneros e 25 famílias. A altitude teve pouco ou nenhum efeito sobre a riqueza de cogumelos, embora tenha influenciado na composição da sua comunidade. A área estudada se mostrou rica, diversa e heterogênea em relação à comunidade de cogumelos. A umidade do solo e do ar, no momento da coleta, e as temperaturas médias mensais mais altas foram os fatores mais importantes para a riqueza de cogumelos nas diferentes épocas de coletas.

Key words: macrofungi, basidiomycetes, fungi ecology and diversity.

2 INTRODUÇÃO

Embora se conheça muito sobre a diversidade de plantas e vertebrados na Mata Atlântica e como ela varia com as diferentes condições ambientais (Myers et al., 2000; Mittermeier et al., 2004; Silva e Casteleti, 2005; Tabarelli et al., 2005), ainda há uma

enorme lacuna de conhecimento sobre esse assunto para cogumelos. Nos últimos anos, no entanto, houve uma mudança deste panorama com despertar do interesse pelos cogumelos brasileiros (Gibertoni et al., 2016; Putzke; Putzke, 2018; Silva et al., 2020). Conseqüentemente, Houve, também, um aumento do número de pesquisas dedicadas ao estudo dos cogumelos silvestres do Brasil (Bononi et al., 2017; Cavalcante et al., 2020; Menolli; Sánchez-García, 2019; Silva-Filho et al., 2020) e da Mata Atlântica (Alfredo et al., 2016; Alves et al., 2018; Magnago et al., 2019; Pires et al., 2017; Trierveiler-Pereira; Baseia et al., 2013). Entretanto, o comportamento das comunidades de cogumelos em relação às diferentes variáveis ambientais que compõe a Mata Atlântica ainda é pouco explorado.

A Mata Atlântica é um dos *hotspots* de biodiversidade mais ameaçados do mundo, sendo que restam, apenas, 12,4 % de sua vegetação original (Fundação SOS Mata Atlântica, 2020). Além disso, também, é o bioma mais susceptível às mudanças climáticas (Rezende et al. 2015). A Mata Atlântica é responsável por uma grande variedade e paisagens, incluindo a porção encontrada no estado de Minas Gerais (Mendonça e Lins 2000; Drummond et al., 2005). Destas, uma grande extensão remanescente é encontrada na Serra da Mantiqueira, que é a maior e mais importante cadeia montanhosa do sudeste mineiro (Costa; Herrmann 2006). Esta região é considerada como área de alta importância biológica por causa da sua alta diversidade e, em especial, pela grande riqueza biológica ainda a ser descoberta e preservada (Drummond et al., 2005; Stehmann e Sobral, 2009).

A Mata atlântica possuía apenas 1.664 espécies de basidiomicetos registrados em estudos anteriores (Forzza et al., 2010; Maia et al., 2015). Isso ainda é muito pouco, considerando a grande extensão da Mata Atlântica ao longo da costa brasileira, suas diferentes fitofisionomias e sua alta diversidade biológica. Os levantamentos mais recentes de cogumelos em Minas Gerais foram feitos em fragmentos de Mata Atlântica no Parque Estadual do Rio Doce e na Reserva Biológica Municipal de Santa Rita Mítzi Brandão (Alfredo et al., 2016; Rosa e Capelari, 2009). Percebe-se, portanto, que, para o estado de Minas Gerais, a escassez de estudos sobre cogumelos silvestres é ainda mais acentuada quando comparada com outros estados brasileiros (Maia et al., 2015), possuindo apenas, cerca de 601 espécies de basidiomicetos. Minas Gerais fica atrás dos estados de São Paulo (1.846 spp), Pernambuco (1.611), Rio Grande do Sul (377 spp) Bahia (876 spp), Amazonas (802 spp), Paraná (761 spp), Santa Catarina (700 spp), Rio de Janeiro (678 spp) e Paraná

(442 spp) (Maia et al., 2015). Neste contexto, pode-se dizer que qualquer região ou bioma do estado carece de investigações mais profundas nessa área.

A Serra da Mantiqueira é um ambiente montano (Veloso et al., 1991) que possui um mosaico de vegetação, além de uma destacada variação de altitude (Webster, 1995). Esta variação resulta em florestas de altitude, classificadas como nebulares, pelo fato de estar, em grande parte do ano, parcialmente cobertas por nuvens, o que contribui para a manutenção da umidade nesses ecossistemas (Webster, 1995). Esta região pode ser de grande importância para estudos em relação aos cogumelos silvestres. Isto porque, além de representar parte do bioma Mata Atlântica, abrange importantes áreas de preservação ambiental, com diferentes projetos e comunidades envolvidas (Mittermeier et al., 1999; Myers et al., 2000; Klink e Machado 2005). O conhecimento da riqueza, diversidade, composição e importância ecológica dos cogumelos silvestres traria um grande enriquecimento científico, com novas perspectivas de exploração biotecnológica e de projetos de ecoturismo, visando novas alternativas de renda para as comunidades engajadas na preservação dessas áreas.

Os gradientes de elevação, por sua vez, são caracterizados por mudanças acentuadas no clima e na rotatividade biótica em curtas distâncias geográficas (Körner, 2007). Por isso, estes gradientes em áreas localizadas, podem funcionar como “laboratórios naturais” (Körner, 2007), pois, possibilitam estudar a variabilidade da abundância e diversidade de espécies sob o efeito do aquecimento global (Alday et al., 2017). Fatores ambientais como umidade do solo, temperatura, precipitação, pH do solo, dentre outros, podem mudar com a variação da altitude e, conseqüentemente, a riqueza e composição de espécies também pode variar, incluindo os cogumelos silvestres (Alday et al., 2017). O efeito dos fatores ambientais e suas interações sobre a riqueza, diversidade e dinâmica de espécies de cogumelos tem sido documentado em todo o mundo, principalmente em países de clima temperado (Alday et al., 2017; Luo et al., 2016; Rincón et al., 2015). Entretanto, resultados diferentes têm sido obtidos em relação às respostas sobre a diversidade de cogumelos ao longo de gradientes de elevação em volta do mundo (Alday et al., 2017; Miyamoto et al., 2014; Nouhra et al., 2012). Estes resultados mostram que não há um padrão claro de como a altitude afeta os cogumelos.

Portanto, é fundamental entender os fatores que determinam a composição e riqueza das espécies de cogumelos nos ecossistemas florestais, principalmente nos ambientes

montanos com gradientes altitudinais. Desta forma, este trabalho teve como objetivos: realizar um levantamento da riqueza e composição de espécies de cogumelos na Serra da Mantiqueira na região sul de Minas Gerais; testar a hipótese de que as diferentes altitudes influenciam a riqueza e/ou a composição da comunidade de cogumelos; testar a hipótese de que o efeito temporal influencia a riqueza e/ou a composição da comunidade de cogumelos e; avaliar o efeito da umidade do solo, umidade do ar, temperatura do ambiente, pH, matéria orgânica, precipitação pluviométrica total mensal e temperatura média mensal sobre a riqueza e composição dos cogumelos.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local de coleta dos cogumelos

As quatro coletas dos cogumelos foram realizadas em meses distintos, conforme descrito na tabela 1. As coletas dos cogumelos foram realizadas na Serra da Mantiqueira dentro da Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) do Instituto Alto Montana da Serra Fina no município de Itamonte em Minas Gerais (Fig. 1). O Instituto conta com 1026 ha e as coordenadas geográficas aproximadas da área de estudo são de 22°21'55"S e 44°48'32"W (Pompeu et al., 2014).

Tabela 1. Dados de temperatura média mensal (TMM) e de precipitação pluviométrica total mensal (PTM) do município de Itamonte em Minas Gerais referentes aos meses das coletas dos cogumelos.

Coletas	Data da coleta	TMM, °C*	PTM, mm*
C1	30 e 31 de Março de 2018	17,7	27,5
C2	19 a 22 de Outubro de 2018	20,9	54,7
C3	13 e 14 de Dezembro de 2018	22,0	100,3
C4	30 e 31 de Março de 2019	21,7	185,5

*Os dados de temperatura média mensal e precipitação pluviométrica total mensal foram obtidos pela estação meteorológica TRMM.1105 do site Agritempo (Agritempo, 2020).

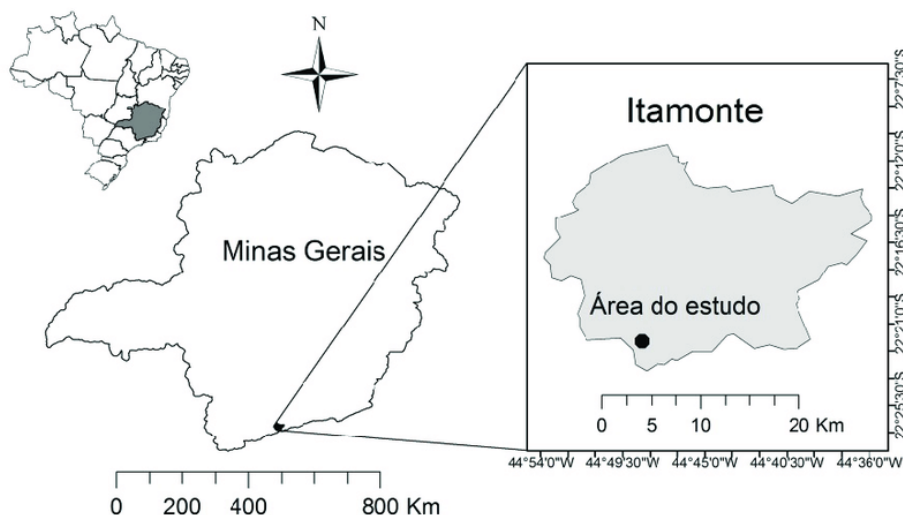


Figura 1: Localização da área de estudo na Serra da Mantiqueira, Minas gerais, Brasil (Mariano et al., 2019). O instituto Alto Montana da Serra Fina faz divisa com a Serra Fina, estando a apenas 15 km da entrada do Parque Nacional do Itatiaia e o acesso ocorre pela BR 354 a 15 km da cidade (Pompeu et al., 2014).

As áreas de coletas estão inseridas no domínio da Mata Atlântica, na formação Floresta Latifoliada Nebular Perenifólia Tropical Superomontana (Oliveira-Filho, 2009). Em função, também, da sua localização a altitude acima dos 1500 m, pode ser classificado como Floresta Ombrófila Densa Altomontana (Veloso et al., 1991).

O clima do município de Itamonte é do tipo Cwb de Köppen, mesotérmico, com invernos secos e verões brandos e chuvosos (Köppen 1936). A temperatura anual varia de 17,4°C a 19,8°C e a precipitação pluviométrica anual média é de 1.749 mm, com estação seca de maio a setembro e estação chuvosa de dezembro a janeiro (Pane, 2001).

3.2 Procedimentos de coleta dos cogumelos

Para este trabalho foram coletados os cogumelos do filo Basidiomycota, com exceção dos cogumelos “orelhas de pau”.

As coletas foram feitas pelo método de parcelas permanentes em parcelas já estabelecidas em estudos anteriores de vegetação cujos tamanhos foram de 10m × 40 m (Pompéu et al., 2014). As parcelas localizam-se na encosta oceânica paralela a curvas de nível e formam quatro transecções nas seguintes altitudes: 1500 m, 1700 m, 1900 m e 2100 m, totalizando 12 parcelas, sendo três parcelas em cada cota altitudinal.

Os cogumelos foram coletados, cuidadosamente, com o auxílio de um objeto cortante. Os materiais coletados foram fotografados ainda em campo, com câmera digital e

com uma escala métrica. Todas as 12 parcelas de coletas foram georeferenciadas por GPS e tiveram a temperatura e umidade, do momento de coleta, mensurada através de um termo-higrômetro digital. Depois de coletados, os cogumelos foram acondicionados individualmente em sacos de papel e levados para desidratação.

Informações sobre o local, condições dos ambientes, pontos geográficos obtidos pelo GPS e características dos corpos de frutificações, foram registradas no momento das coletas.

3.3 Dados ambientais e do solo

Para obter a umidade do solo, amostras foram coletadas em 4 pontos dentro de cada parcela na profundidade de 0-10 cm. As amostras foram homogeneizadas e acondicionadas em sacos plásticos. De cada amostra composta, uma quantidade de 5 gramas foi submetida à secagem à 100 °C para determinação da umidade de acordo com protocolo da Agência Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa, 1997). A determinação da matéria orgânica e do pH do solo foram obtidas por Pompeu et al. (2014) e, também foram feitas de acordo com o protocolo da Agência Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa, 1997). A umidade relativa do ar e temperatura do momento de coleta foram aferidas por meio de um termo-higrômetro digital. As temperaturas médias dos meses das coletas e da precipitação pluviométrica do município de Itamonte-MG foram obtidos pelo site Agritempo (Agritempo, 2020). A estação de coleta dos dados meteorológicos do Agritempo, no município de Itamonte-MG, é a TRMM 1105 e fica localizada a -22,25° de latitude e -44,75° de longitude e a 1.599 metros de altitude (Agritempo, 2020).

3.4 Secagem e armazenamento dos cogumelos

Após a coleta, os corpos de frutificação foram desidratados em uma estufa com a temperatura variando entre 40 e 50°C. Em seguida, foram acondicionados em envelopes de papel, com os respectivos números de coleta e armazenados em sacos plásticos para posterior incorporação em um herbário.

3.5 Análises macroscópicas dos cogumelos

A análise macroscópica dos espécimes foi iniciada em campo no momento da coleta, com a observação e registro em ficha técnica dos dados relativos ao hábitat e consistência dos corpos de frutificação. Observou-se também o modo de fixação do cogumelo no

substrato, forma do píleo, consistência, dimensão, aspecto e cor da superfície superior, tipo e cor do himenóforo, tipo de estipe, cor e forma. As medidas foram obtidas com o auxílio de uma régua milimetrada. As análises macroscópicas foram feitas para a identificação morfológica dos cogumelos em nível de gênero e, quando possível, em nível de espécie (Largent, 1986).

3.6 Análises ecológicas dos cogumelos

Para o cálculo da abundância total dos cogumelos foi contabilizado o total de cogumelos encontrados nas diferentes áreas de coletas.

A diversidade de morfoespécies de cogumelos foi calculada através do Índice de Diversidade de Shannon e a equabilidade pelo Índice de Equabilidade de Pielou (Brower; Zar, 1984). Para não superestimar nem subestimar o valor de diversidade devido à incerteza da identificação das espécies, foram, então, calculados os Índices de Diversidade de Shannon máximo e mínimo. Foi considerado índice de diversidade máximo quando o cálculo foi feito com as diferentes espécies e foi considerado índice diversidade mínima quando o cálculo foi feito com os diferentes gêneros identificados. O mesmo foi feito para a equabilidade. O índice de equabilidade de Pielou máximo foi calculado considerando as diferentes espécies, enquanto que o Índice de equabilidade de Pielou mínimo considerou-se os diferentes gêneros.

Para a descrição da estrutura horizontal da comunidade de cogumelos, foram obtidos os seguintes parâmetros por espécie: densidade absoluta (DA) e densidade relativa (DR); frequência absoluta (FA) e frequência relativa (FR) (Mueller-Dombois e Ellenberg, 1974), onde as frequências são consideradas: $0,5 < F \leq 1,5\%$ = rara; $1,5 < F \leq 5\%$ = ocasional; $5 < F \leq 10\%$ = frequente; $F > 10\%$ = muito frequente (Lindblad, 2000; Schnittler e Stephenson, 2000).

3.7 Análise estatística dos dados

Para verificar se umidade do solo, umidade do ar, temperatura do ambiente, pH, matéria orgânica, precipitação pluviométrica total mensal e temperatura média mensal variaram entre as cotas e altitude e/ou diferentes épocas de coletas foi feita a análise de variância e, quando os resultados foram significativos, foi realizado o teste de Tukey a 5% de significância.

Para identificar a influência de variáveis ambientais sobre os padrões de composição das espécies amostradas, foi feita a Análise de Correspondência Canônica (CCA). Modelos Lineares Generalizados (GLM) também foram utilizados para explorar o efeito das variáveis ambientais sobre a riqueza, além do Índice de Equabilidade de Pielou de espécies entre as diferentes cotas de altitude e entre as diferentes épocas de coletas. A dependência espacial entre as parcelas foi testada e encontrada como não significativa. Assim, as parcelas não foram consideradas nas GLM como efeito aleatório. Já a similaridade da composição de cogumelos entre as cotas de altitude foi avaliada através de Escalonamento Multidimensional Não-Métrico (NMDS) com dados de presença e ausência e distância de Bray-Curtis das 12 parcelas distribuídas em quatro cotas de altitude diferentes.

As análises estatísticas e os gráficos foram feitos usando a plataforma R (R core team, 2017) e os seguintes pacotes: Vegan (Oksanen, 2019), Ime4 (Bates et al., 2014), ImerTest (Kuznetsova et al., 2016), pacote DHARMA (Hartig, 2017), MuMIn (Barton, 2016) e ggplot2 (Wickham; Chang, 2016), Sisvar 5.3 (Ferreira, 2011) e SigmaPlot 10.0 (63,3,3, 2008).

4 RESULTADOS

4.1 Riqueza e estrutura da comunidade de cogumelos

Foram amostrados, no total, 1861 cogumelos, nas doze parcelas ao longo de diferentes cotas altitudinais, distribuídos em 381 morfoespécies, 64 gêneros e 25 famílias. O índice de diversidade de Shannon máximo encontrado foi de 5,2 nats.indivíduo⁻¹ e o índice de diversidade de Shannon mínimo foi de 3,2 nats.indivíduo⁻¹. O índice de equabilidade de Pielou máximo foi de 0,9 e o mínimo foi de 0,8.

Para cada cota de altitude, observou-se a ocorrência de morfotipos pertencentes a 64 gêneros (Tabela 3). Dentre estes, 37,5 % tiveram ocorrência em apenas uma das cotas de altitude enquanto 57,8 % foram encontrados em duas ou mais cotas de altitude (Tabela 3). Foram observados gêneros conhecidos por abrigar espécies comestíveis, tais como *Auricularia* (cota de 1500 m) e *Favolus* (cota de 1700 m) e micorrízicas, tais como *Laccaria* (1700 m), *Hebeloma* e *Scleroderma* (1900 m).

Os gêneros com maior riqueza de espécies foram *Mycena* com 50 espécies, *Gymnopus* com 44, *Entoloma* com 21, *Marasmius* com 17 e *Pluteus* com 20 (Tabela 4).

Estes gêneros, correspondem à 40,6 % das espécies amostradas. As famílias com maior riqueza de espécies foram Marasmiaceae com 104 espécies, Agaricaceae e Mycenaceae com 54, Strophariaceae com 32 e Entolomataceae com 22 espécies (Fig. 2). Essas cinco famílias representaram 71,1% das espécies amostradas.

Tabela 3. Distribuição e riqueza dos gêneros de cogumelos amostrados nas parcelas inseridas em uma área de Floresta Ombrófila Densa Altomontana, na Serra da Mantiqueira, em Itamonte, Minas Gerais.

Distribuição e riqueza por cota de altitude, metros									
Gêneros	1500	1700	1900	2100	Gêneros	1500	1700	1900	2100
<i>Agaricus</i>	2	6	3	2	<i>Gymnopus</i>	9	15	16	16
<i>Agrocybe</i>	1	9	1	1	<i>Hebeloma</i>	0	1	0	0
<i>Armillariella</i>	0	2	1	0	<i>Hemimycena</i>	0	1	0	1
<i>Auricullaria</i>	2	0	0	0	<i>Hohenbuehelia</i>	0	0	1	0
<i>Calocybe</i>	2	1	0	0	<i>Hydnum</i>	0	0	0	1
<i>Camarophyllus</i>	0	1	0	1	<i>Hydropus</i>	3	3	5	2
<i>Campanella</i>	0	0	0	1	<i>Hygrocybe</i>	0	6	3	9
<i>Clitocybe</i>	1	0	0	0	<i>Hypholoma</i>	0	0	0	1
<i>Conocybe</i>	0	0	0	1	<i>Laccaria</i>	0	1	0	0
<i>Copelandia</i>	0	1	0	0	<i>Lactocollybia</i>	0	1	0	0
<i>Coprinus</i>	2	0	0	1	<i>Lentinellus</i>	0	0	1	0
<i>Crepidotus</i>	0	1	3	1	<i>Lepiota</i>	11	3	5	3
<i>Crinipellis</i>	1	0	0	0	<i>Leucoagaricus</i>	3	1	0	5
<i>Cyptotrama</i>	1	0	1	0	<i>Leucocoprinus</i>	0	1	3	0
<i>Cystolepiota</i>	1	0	1	0	<i>Leucopaxillus</i>	0	0	1	3
<i>Panellus</i>	1	0	1	0	<i>Lycoperdon</i>	6	1	2	4
<i>Entoloma</i>	8	9	1	6	<i>Marasmius</i>	9	4	1	7
<i>Favolaschia</i>	0	1	0	0	<i>Marasmiellus</i>	4	2	6	5
<i>Favolus</i>	0	1	0	0	<i>Melanoleuca</i>	0	1	0	0
<i>Galerina</i>	1	3	4	2	<i>Melanotus</i>	0	1	0	0
<i>Geastrum</i>	1	0	0	0	<i>Micromphale</i>	0	0	1	0
<i>Gerronema</i>	3	3	0	1	<i>Mycena</i>	22	16	11	18
<i>Gymnopilus</i>	1	7	1	4	<i>Neoclitocybe</i>	2	1	0	1
<i>Nolanea</i>	1	0	0	0	<i>Pleurotus</i>	0	0	1	0
<i>Omphalina</i>	0	2	0	1	<i>Pluteus</i>	6	5	3	8
<i>Oudemansiella</i>	0	1	1	0	<i>Polyporus</i>	6	8	3	1
<i>Pholiota</i>	0	1	0	0	<i>Psathirella</i>	0	0	1	1
<i>Pholiotina</i>	1	1	1	5	<i>Resupinatus</i>	0	1	0	0
<i>Ripartitella</i>	1	0	0	0	<i>Stropharia</i>	1	2	3	2
<i>Russula</i>	1	0	0	1	<i>Tetrapyrgus</i>	0	0	1	0
<i>Schizophyllum</i>	0	0	0	1	<i>Tulostoma</i>	1	0	0	0
<i>Scleroderma</i>	0	0	1	0	<i>Xerocomus</i>	0	0	0	1

Tabela 4. Distribuição e riqueza de espécies dos gêneros dentro de cada família de cogumelos amostrados nas parcelas inseridas em uma área de Floresta Ombrófila Densa Altomontana, na Serra da Mantiqueira, em Itamonte, Minas Gerais.

Gênero	Riqueza	Gênero	Riqueza	Gênero	Riqueza
Agaricaceae		Hygrophoraceae		Pluteaceae	
<i>Lepiota</i>	19	<i>Hygrocybe</i>	17	<i>Pluteus</i>	20
<i>Agaricus</i>	12	<i>Camarophyllus</i>	2	Polyporaceae	
<i>Lycoperdon</i>	8	Hymenogastraceae		<i>Polyporus</i>	16
<i>Leucoagaricus</i>	7	<i>Galerina</i>	6	<i>Favolus</i>	1
<i>Leucocoprinus</i>	4	<i>Hebeloma</i>	1	Russulaceae	
<i>Cystolepiota</i>	2	Lyophyllaceae		<i>Russula</i>	2
<i>Tulostoma</i>	1	<i>Calocybe</i>	2	Sclerodermataceae	
<i>Ripartitella</i>	1	Marasmiaceae		<i>Scleroderma</i>	1
Auriculariaceae		<i>Gymnopus</i>	44	Schizophyllaceae	
<i>Auricullaria</i>	2	<i>Marasmiellus</i>	16	<i>Schizophyllum</i>	1
Auriscalpiaceae		<i>Armillariella</i>	3	Strophariaceae	
<i>Lentinellus</i>	1	<i>Crinipellis</i>	1	<i>Gymnopilus</i>	12
Bolbitiaceae		<i>Tetrapyrgus</i>	1	<i>Agrocybe</i>	10
<i>Pholiotina</i>	6	<i>Lactocollybia</i>	1	<i>Stropharia</i>	7
<i>Copelandia</i>	1	<i>Micromphale</i>	1	<i>Hypholoma</i>	1
<i>Conocybe</i>	1	<i>Marasmius</i>	17	Tricholomataceae	
Boletaceae		<i>Campanella</i>	1	<i>Neoclitocybe</i>	4
<i>Xerocomus</i>	1	Mycenaceae		<i>Omphalina</i>	3
Coprinaceae		<i>Mycena</i>	50	<i>Clitocybe</i>	1
<i>Coprinus</i>	2	<i>Panellus</i>	1	<i>Melanoleuca</i>	1
Crepidotaceae		<i>Hemimycena</i>	2	<i>Resupinatus</i>	1
<i>Crepidotus</i>	4	<i>Favolaschia</i>	1	Physalacriaceae	
Entolomataceae		Physalacriaceae		<i>Oudemansiella</i>	2
<i>Entoloma</i>	21	<i>Psathyrella</i>	1	<i>Cyptotrama</i>	1
<i>Nolanea</i>	1	Pleurotaceae		<i>Pleurotus</i>	1
Geastraceae		<i>Hohenbuehelia</i>	1	<i>Hydnangium</i>	1
<i>Geastrum</i>	1	<i>Laccaria</i>	1		

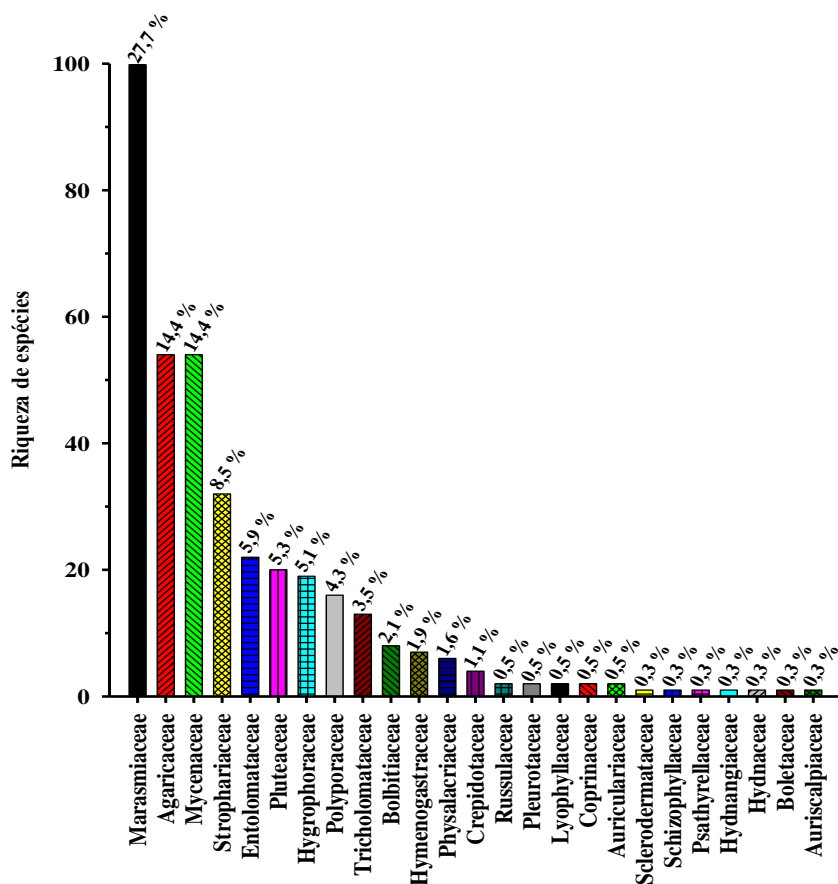


Figura 2. Riqueza das famílias de cogumelos amostrados nas parcelas inseridas em uma área de Floresta Ombrófila Densa Altomontana, na Serra da Mantiqueira, em Itamonte, Minas Gerais.

A comunidade de cogumelos teve densidade absoluta de 20,3 indivíduos.ha⁻¹. As espécies com maiores frequências absolutas foram (Tabela 5): *Mycena* sp25 com 66,7%, *Mycena pura f. violacea* com 50,0%, *Mycena* sp11, *Leucopaxillus* sp1 e *Agrocybe* sp4 com 41,7% cada uma. As espécies com maiores frequências relativas foram (Tabela 5): *Mycena* sp25 com 1,6%, *Mycena pura f. violacea* com 1,2%, *Mycena* sp11, *Leucopaxillus* sp1, *Agrocybe* sp4 e *Polyporus leprieuri* com 1,0% cada uma. As espécies com maiores densidades absolutas foram (Tabela 5): *Mycena* sp25 com 0,32 indivíduos.ha⁻¹, *Mycena pura f. violacea* com 0,24 indivíduos.ha⁻¹, *Mycena* sp11, *Leucopaxillus* sp1, *Agrocybe* sp4 e *Polyporus leprieuri* com 0,2 indivíduos.ha⁻¹ cada uma. As espécies com maiores densidades relativas foram (Tabela 5): *Schizophyllum commune* com 5,4%, *Gymnopus* sp3 com 4,1%, *Mycena* sp25 com 2,0%, *Mycena* sp11 com 1,8% e *Mycena* sp11 com 1,4%.

Tabela 5. Relação das espécies de cogumelos encontrados nas parcelas inseridas em uma área de Floresta Ombrófila Densa Altomontana, na Serra da Mantiqueira, em Itamonte, Minas Gerais. Onde NA= número de indivíduos; FA (%)= Frequência absoluta; FR (%)= Frequência relativa, DA= Densidade absoluta (indivíduos.ha⁻¹) e DR (%)= Densidade relativa.

Morfoespécies	NA	FA	FR	DA	DR	Morfoespécies	NA	FA	FR	DA	DR
<i>Schizophyllum commune</i>	100	8,33	0,20	0,04	5,37	<i>Gymnopus</i> sp.25	14	16,67	0,39	0,08	0,75
<i>Gymnopus</i> sp.3	77	33,33	0,79	0,16	4,14	<i>Hydropus</i> sp.4	14	25,00	0,59	0,12	0,75
<i>Mycena</i> sp.25	38	66,67	1,57	0,32	2,04	<i>Mycena</i> sp.34	14	8,33	0,20	0,04	0,75
<i>Mycena</i> sp.11	33	41,67	0,98	0,20	1,77	<i>Auricullaria</i> sp.2	13	16,67	0,39	0,08	0,70
<i>Mycena</i> sp.10	26	8,33	0,20	0,04	1,40	<i>Gymnopus</i> sp.6	13	25,00	0,59	0,12	0,70
<i>Hypholoma subviride</i>	25	8,33	0,20	0,04	1,34	<i>Coprinus</i> sp.5	13	16,67	0,39	0,08	0,70
<i>Clitocybe</i> sp.1	24	16,67	0,39	0,08	1,29	<i>Hydropus</i> sp.6	13	16,67	0,39	0,08	0,70
<i>Pholiotina</i> sp.1	24	25,00	0,59	0,12	1,29	<i>Leucopaxillus</i> sp.1	13	41,67	0,98	0,20	0,70
<i>Mycena</i> sp.3	22	16,67	0,39	0,08	1,18	<i>Laccaria amethystina</i>	12	33,33	0,79	0,16	0,64
<i>Lepiota</i> sp.3	21	8,33	0,20	0,04	1,13	<i>Armillariella</i> sp.2	11	8,33	0,20	0,04	0,59
<i>Pholiotina</i> sp.1	21	16,67	0,39	0,08	1,13	<i>Favolaschia flava</i>	11	8,33	0,20	0,04	0,59
<i>Gymnopus</i> sp.5	20	8,33	0,20	0,04	1,07	<i>Pluteus chrysophlebius</i>	11	16,67	0,39	0,08	0,59
<i>Marasmiellus</i> sp.5	20	8,33	0,20	0,04	1,07	<i>Gymnopilus</i> sp.6	10	8,33	0,20	0,04	0,54
<i>Marasmius</i> sp.7	20	8,33	0,20	0,04	1,07	<i>Marasmius</i> sp.13	10	8,33	0,20	0,04	0,54
<i>Mycena</i> sp.17	20	8,33	0,20	0,04	1,07	<i>Stropharia</i> sp.2	9	8,33	0,20	0,04	0,48
<i>Polyporus</i> sp.3	20	8,33	0,20	0,04	1,07	<i>Gerronema</i> sp.1	9	16,67	0,39	0,08	0,48
<i>Crepidotus</i> sp.4	20	8,33	0,20	0,04	1,07	<i>Pluteus</i> sp.3	9	16,67	0,39	0,08	0,48
<i>Entoloma</i> sp.1	20	8,33	0,20	0,04	1,07	<i>Agrocybe</i> sp.4	9	41,67	0,98	0,20	0,48
<i>Gymnopus</i> sp.20	20	8,33	0,20	0,04	1,07	<i>Gerronema</i> sp.3	9	16,67	0,39	0,08	0,48
<i>Hohenbuehelia</i> sp.1	20	8,33	0,20	0,04	1,07	<i>Gymnopus</i> sp.37	9	8,33	0,20	0,04	0,48
<i>Marasmiellus</i> sp.2	20	8,33	0,20	0,04	1,07	<i>Polyporus leprieuri</i>	9	41,67	0,98	0,20	0,48
<i>Marasmiellus</i> sp.4	20	8,33	0,20	0,04	1,07	<i>Gymnopus</i> sp.2	8	16,67	0,39	0,08	0,43
<i>Marasmius</i> sp.11	20	8,33	0,20	0,04	1,07	<i>Mycena</i> sp.2	8	8,33	0,20	0,04	0,43
<i>Mycena</i> sp.13	20	8,33	0,20	0,04	1,07	<i>Mycena</i> sp.6	8	16,67	0,39	0,08	0,43
<i>Mycena</i> sp.15	20	8,33	0,20	0,04	1,07	<i>Marasmius</i> sp.8	8	8,33	0,20	0,04	0,43
<i>Pleurotus</i> sp.1	20	8,33	0,20	0,04	1,07	<i>Mycena pura</i> f. <i>violacea</i>	8	50,00	1,18	0,24	0,43
<i>Mycena</i> sp.8	19	33,33	0,79	0,16	1,02	<i>Hemimycena</i> sp.2	7	8,33	0,20	0,04	0,38
<i>Marasmius</i> sp.19	18	8,33	0,20	0,04	0,97	<i>Crepidotus</i> sp.3	7	16,67	0,39	0,08	0,38
<i>Mycena</i> sp.8	18	25,00	0,59	0,12	0,97	<i>Galerina</i> sp.5	7	8,33	0,20	0,04	0,38
<i>Marasmiellus</i> sp.15	17	8,33	0,20	0,04	0,91	<i>Hebeloma</i> sp.1	7	8,33	0,20	0,04	0,38
<i>Panellus pusillus</i>	16	16,67	0,39	0,08	0,86	<i>Hydropus</i> sp.5	7	25,00	0,59	0,12	0,38
<i>Hydropus</i> sp.6	16	16,67	0,39	0,08	0,86	<i>Marasmiellus</i> sp.17	7	8,33	0,20	0,04	0,38

Continua...

<i>Calocybe</i> sp.1	15	25,00	0,59	0,12	0,81	<i>Marasmiellus</i> sp.18	7	8,33	0,20	0,04	0,38
<i>Melanoleuca</i> sp.1	7	8,33	0,20	0,04	0,38	<i>Leucoagaricus</i> sp.4	5	8,33	0,20	0,04	0,27
<i>Mycena</i> sp.27	7	8,33	0,20	0,04	0,38	<i>Pholiotina</i> sp.2	5	16,67	0,39	0,08	0,27
<i>Mycena</i> sp.47	7	8,33	0,20	0,04	0,38	<i>Pluteus</i> sp.6	5	16,67	0,39	0,08	0,27
<i>Mycena</i> sp.49	7	16,67	0,39	0,08	0,38	<i>Hydropus</i> sp.2	4	16,67	0,39	0,08	0,21
<i>Gymnopus</i> sp.1	6	8,33	0,20	0,04	0,32	<i>Entoloma</i> sp.4	4	16,67	0,39	0,08	0,21
<i>Gymnopilus</i> sp.3	6	8,33	0,20	0,04	0,32	<i>Lepiota</i> sp.9	4	16,67	0,39	0,08	0,21
<i>Gymnopus</i> sp.8	6	8,33	0,20	0,04	0,32	<i>Polyporus</i> sp.2	4	8,33	0,20	0,04	0,21
<i>Agrocybe</i> sp.3	6	8,33	0,20	0,04	0,32	<i>Psathyrella</i> sp.1	4	8,33	0,20	0,04	0,21
<i>Gymnopilus</i> sp.12	6	8,33	0,20	0,04	0,32	<i>Agaricus</i> sp.4	4	8,33	0,20	0,04	0,21
<i>Gymnopus</i> sp.17	6	8,33	0,20	0,04	0,32	<i>Agrocybe</i> sp.2	4	16,67	0,39	0,08	0,21
<i>Gymnopus</i> sp.19	6	25,00	0,59	0,12	0,32	<i>Agrocybe</i> sp.9	4	8,33	0,20	0,04	0,21
<i>Gymnopus</i> sp.30	6	8,33	0,20	0,04	0,32	<i>Campanella alba</i>	4	8,33	0,20	0,04	0,21
<i>Leucoagaricus rugosoanullatus</i>	6	8,33	0,20	0,04	0,32	<i>Entoloma</i> sp.21	4	8,33	0,20	0,04	0,21
<i>Lycoperdon</i> sp.6	6	8,33	0,20	0,04	0,32	<i>Entoloma</i> sp.9	4	8,33	0,20	0,04	0,21
<i>Mycena</i> sp.29	6	8,33	0,20	0,04	0,32	<i>Gymnopilus</i> sp.13	4	8,33	0,20	0,04	0,21
<i>Phliota</i> sp.1	6	8,33	0,20	0,04	0,32	<i>Gymnopus</i> sp.13	4	16,67	0,39	0,08	0,21
<i>Pluteus</i> sp.23	6	8,33	0,20	0,04	0,32	<i>Hygrocybe</i> sp.12	4	16,67	0,39	0,08	0,21
<i>Gymnopilus</i> sp.2	5	8,33	0,20	0,04	0,27	<i>Leucocoprinus fragilicimus</i>	4	8,33	0,20	0,04	0,21
<i>Galerina</i> sp.1	5	16,67	0,39	0,08	0,27	<i>Lycoperdon</i> sp.7	4	8,33	0,20	0,04	0,21
<i>Gymnopus</i> sp.4	5	25,00	0,59	0,12	0,27	<i>Marasmiellus</i> sp.22	4	8,33	0,20	0,04	0,21
<i>Lycoperdon</i> sp.2	5	25,00	0,59	0,12	0,27	<i>Marasmius</i> sp.16	4	8,33	0,20	0,04	0,21
<i>Lycoperdon</i> sp.6	5	16,67	0,39	0,08	0,27	<i>Marasmius</i> sp.4	4	8,33	0,20	0,04	0,21
<i>Agaricus</i> sp.9	5	8,33	0,20	0,04	0,27	<i>Mycena</i> sp.38	4	16,67	0,39	0,08	0,21
<i>Armillariella</i> sp.1	5	8,33	0,20	0,04	0,27	<i>Resupinatus</i> sp.1	4	8,33	0,20	0,04	0,21
<i>Calocybe</i> sp.2	5	16,67	0,39	0,08	0,27	<i>Stropharia rugosoanullata</i>	3	8,33	0,20	0,04	0,16
<i>Conocybe</i> sp.2	5	8,33	0,20	0,04	0,27	<i>Armillariella puigarii</i>	3	16,67	0,39	0,08	0,16
<i>Entoloma</i> sp.17	5	16,67	0,39	0,08	0,27	<i>Polyporus tenuiculus</i>	3	16,67	0,39	0,08	0,16
<i>Gymnopus fugipes</i>	5	8,33	0,20	0,04	0,27	<i>Gymnopilus</i> sp.1	3	16,67	0,39	0,08	0,16
<i>Gymnopus</i> sp.11	5	16,67	0,39	0,08	0,27	<i>Agaricus</i> sp.1	3	16,67	0,39	0,08	0,16
<i>Gymnopus</i> sp.21	5	33,33	0,79	0,16	0,27	<i>Agaricus</i> sp.2	3	8,33	0,20	0,04	0,16
<i>Gymnopus</i> sp.26	5	16,67	0,39	0,08	0,27	<i>Cyptotrama asprata</i>	3	16,67	0,39	0,08	0,16
<i>Gymnopus</i> sp.31	5	8,33	0,20	0,04	0,27	<i>Gymnopus</i> sp.12	3	16,67	0,39	0,08	0,16
<i>Hydropus</i> sp.10	5	8,33	0,20	0,04	0,27	<i>Leucoagaricus</i> sp.2	3	16,67	0,39	0,08	0,16
<i>Hydropus</i> sp.5	5	16,67	0,39	0,08	0,27	<i>Mycena</i> sp.23	3	8,33	0,20	0,04	0,16
<i>Lepiota</i> sp.21	5	16,67	0,39	0,08	0,27	<i>Mycena</i> sp.24	3	8,33	0,20	0,04	0,16
<i>Pluteus gloycephallus</i>	3	16,67	0,39	0,08	0,16	<i>Hydropus</i> sp.1	2	8,33	0,20	0,04	0,11
<i>Agaricus</i> sp.10	3	8,33	0,20	0,04	0,16	<i>Marasmiellus</i> sp.1	2	8,33	0,20	0,04	0,11

Continua...

<i>Agaricus</i> sp.3	3	8,33	0,20	0,04	0,16	<i>Mycena</i> sp.4	2	8,33	0,20	0,04	0,11
<i>Agaricus</i> sp.6	3	8,33	0,20	0,04	0,16	<i>Auricullaria</i> sp.1	2	8,33	0,20	0,04	0,11
<i>Agrocybe</i> sp.1	3	8,33	0,20	0,04	0,16	<i>Coprinus</i> sp.1	2	8,33	0,20	0,04	0,11
<i>Agrocybe</i> sp.12	3	8,33	0,20	0,04	0,16	<i>Entoloma</i> sp.3	2	16,67	0,39	0,08	0,11
<i>Agrocybe</i> sp.7	3	8,33	0,20	0,04	0,16	<i>Gymnopus</i> sp.7	2	8,33	0,20	0,04	0,11
<i>Crepidotus</i> sp.1	3	8,33	0,20	0,04	0,16	<i>Lepiota</i> sp.7	2	8,33	0,20	0,04	0,11
<i>Crepidotus</i> sp.2	3	8,33	0,20	0,04	0,16	<i>Lepiota</i> sp.8	2	8,33	0,20	0,04	0,11
<i>Entoloma</i> sp.14	3	8,33	0,20	0,04	0,16	<i>Lycoperdon</i> sp.3	2	8,33	0,20	0,04	0,11
<i>Entoloma</i> sp.16	3	16,67	0,39	0,08	0,16	<i>Mycena</i> sp.19	2	8,33	0,20	0,04	0,11
<i>Gerronema</i> sp.4	3	8,33	0,20	0,04	0,16	<i>Mycena</i> sp.20	2	16,67	0,39	0,08	0,11
<i>Gymnopilus</i> sp.9	3	8,33	0,20	0,04	0,16	<i>Mycena</i> sp.21	2	8,33	0,20	0,04	0,11
<i>Gymnopus</i> sp.12	3	16,67	0,39	0,08	0,16	<i>Agaricus</i> sp.5	2	16,67	0,39	0,08	0,11
<i>Gymnopus</i> sp.27	3	25,00	0,59	0,12	0,16	<i>Agaricus</i> sp.7	2	16,67	0,39	0,08	0,11
<i>Gymnopus</i> sp.4	3	16,67	0,39	0,08	0,16	<i>Agrocybe</i> sp.10	2	16,67	0,39	0,08	0,11
<i>Hygrocybe</i> sp.9	3	8,33	0,20	0,04	0,16	<i>Agrocybe</i> sp.11	2	8,33	0,20	0,04	0,11
<i>Lepiota</i> sp.16	3	16,67	0,39	0,08	0,16	<i>Entoloma</i> sp.25	2	8,33	0,20	0,04	0,11
<i>Lepiota</i> sp.17	3	16,67	0,39	0,08	0,16	<i>Entoloma</i> sp.27	2	8,33	0,20	0,04	0,11
<i>Leucoagaricus rubrutintus</i>	3	16,67	0,39	0,08	0,16	<i>Entoloma</i> sp.6	2	8,33	0,20	0,04	0,11
<i>Leucopaxillus</i> sp.4	3	8,33	0,20	0,04	0,16	<i>Entoloma</i> sp.8	2	8,33	0,20	0,04	0,11
<i>Marasmiellus</i> sp.20	3	8,33	0,20	0,04	0,16	<i>Favolus brasiliensis</i>	2	8,33	0,20	0,04	0,11
<i>Marasmiellus</i> sp.3	3	8,33	0,20	0,04	0,16	<i>Galerina</i> sp.11	2	8,33	0,20	0,04	0,11
<i>Marasmius</i> sp.21	3	8,33	0,20	0,04	0,16	<i>Gymnopilus</i> sp.10	2	8,33	0,20	0,04	0,11
<i>Mycena Polygrama</i>	3	8,33	0,20	0,04	0,16	<i>Gymnopus</i> sp.15	2	16,67	0,39	0,08	0,11
<i>Mycena</i> sp.12	3	8,33	0,20	0,04	0,16	<i>Gymnopus</i> sp.33	2	8,33	0,20	0,04	0,11
<i>Mycena</i> sp.40	3	16,67	0,39	0,08	0,16	<i>Gymnopus</i> sp.41	2	8,33	0,20	0,04	0,11
<i>Mycena</i> sp.42	3	16,67	0,39	0,08	0,16	<i>Hydropus</i> sp.3	2	8,33	0,20	0,04	0,11
<i>Mycena</i> sp.46	3	25,00	0,59	0,12	0,16	<i>Hydropus</i> sp.7	2	8,33	0,20	0,04	0,11
<i>Mycena</i> sp.49	3	8,33	0,20	0,04	0,16	<i>Hygrocybe</i> sp.16	2	8,33	0,20	0,04	0,11
<i>Pholiotina</i> sp.2	3	8,33	0,20	0,04	0,16	<i>Hygrocybe</i> sp.17	2	8,33	0,20	0,04	0,11
<i>Pholiotina</i> sp.4	3	25,00	0,59	0,12	0,16	<i>Hygrocybe</i> sp.2	2	8,33	0,20	0,04	0,11
<i>Pholiotina</i> sp.6	3	25,00	0,59	0,12	0,16	<i>Lepiota</i> sp.19	2	8,33	0,20	0,04	0,11
<i>Pluteus</i> sp.20	3	8,33	0,20	0,04	0,16	<i>Lepiota</i> sp.22	2	8,33	0,20	0,04	0,11
<i>Tetrapyrgus nigripes</i>	3	8,33	0,20	0,04	0,16	<i>Leucopaxillus brasiliensis</i>	2	8,33	0,20	0,04	0,11
<i>Marasmiellus</i> sp.6	2	8,33	0,20	0,04	0,11	<i>Lycoperdon</i> sp.4	1	8,33	0,20	0,04	0,05
<i>Marasmiellus</i> sp.7	2	8,33	0,20	0,04	0,11	<i>Lycoperdon</i> sp.5	1	8,33	0,20	0,04	0,05
<i>Marasmiellus</i> sp.8	2	16,67	0,39	0,08	0,11	<i>Marasmius cladophylus</i>	1	8,33	0,20	0,04	0,05
<i>Marasmius ferrugineus</i>	2	8,33	0,20	0,04	0,11	<i>Marasmius</i> sp.2	1	8,33	0,20	0,04	0,05
<i>Marasmius</i> sp.14	2	8,33	0,20	0,04	0,11	<i>Marasmius</i> sp.6	1	8,33	0,20	0,04	0,05

Continua...

<i>Marasmius</i> sp.15	2	8,33	0,20	0,04	0,11	<i>Mycena</i> sp.18	1	8,33	0,20	0,04	0,05
<i>Marasmius</i> sp.5	2	8,33	0,20	0,04	0,11	<i>Mycena</i> sp.22	1	8,33	0,20	0,04	0,05
<i>Marasmius</i> sp.9	2	8,33	0,20	0,04	0,11	<i>Mycena</i> sp.7	1	8,33	0,20	0,04	0,05
<i>Mycena</i> sp.28	2	8,33	0,20	0,04	0,11	<i>Mycena</i> sp.9	1	8,33	0,20	0,04	0,05
<i>Mycena</i> sp.33	2	16,67	0,39	0,08	0,11	<i>Pluteus</i> sp.4	1	8,33	0,20	0,04	0,05
<i>Mycena</i> sp.41	2	8,33	0,20	0,04	0,11	<i>Polyporus</i> sp.4	1	8,33	0,20	0,04	0,05
<i>Mycena spinosissima</i>	2	16,67	0,39	0,08	0,11	<i>Tulostoma</i> sp.1	1	8,33	0,20	0,04	0,05
<i>Neoclitocybe</i> sp.4	2	8,33	0,20	0,04	0,11	<i>Agaricus</i> sp.23	1	8,33	0,20	0,04	0,05
<i>Pholiotina</i> sp.3	2	8,33	0,20	0,04	0,11	<i>Agaricus</i> sp.5	1	8,33	0,20	0,04	0,05
<i>Pluteus</i> sp.5	2	8,33	0,20	0,04	0,11	<i>Agaricus</i> sp.8	1	8,33	0,20	0,04	0,05
<i>Pluteus</i> sp.8	2	16,67	0,39	0,08	0,11	<i>Agrocybe</i> sp.8	1	8,33	0,20	0,04	0,05
<i>Polyporus</i> sp.11	2	8,33	0,20	0,04	0,11	<i>Camarophyllus niveus</i>	1	8,33	0,20	0,04	0,05
<i>Polyporus</i> sp.14	2	8,33	0,20	0,04	0,11	<i>Camarophyllus</i> sp.1	1	8,33	0,20	0,04	0,05
<i>Polyporus</i> sp.15	2	8,33	0,20	0,04	0,11	<i>Copelandia</i> sp.1	1	8,33	0,20	0,04	0,05
<i>Polyporus</i> sp.5	2	16,67	0,39	0,08	0,11	<i>Crinipellis</i> sp.1	1	8,33	0,20	0,04	0,05
<i>Polyporus</i> sp.7	2	8,33	0,20	0,04	0,11	<i>Cystolepiota</i> sp.1	1	8,33	0,20	0,04	0,05
<i>Russula</i> sp.2	2	8,33	0,20	0,04	0,11	<i>Cystolepiota</i> sp.2	1	8,33	0,20	0,04	0,05
<i>Scleroderma</i> sp.1	2	8,33	0,20	0,04	0,11	<i>Entoloma</i> sp.20	1	8,33	0,20	0,04	0,05
<i>Leucoagaricus</i> sp.1	1	8,33	0,20	0,04	0,05	<i>Entoloma pinnum</i>	1	8,33	0,20	0,04	0,05
<i>Nolanea pinna</i>	1	8,33	0,20	0,04	0,05	<i>Entoloma</i> sp.10	1	8,33	0,20	0,04	0,05
<i>Pluteus</i> sp.1	1	8,33	0,20	0,04	0,05	<i>Entoloma</i> sp.11	1	8,33	0,20	0,04	0,05
<i>Mycena</i> sp.5	1	8,33	0,20	0,04	0,05	<i>Entoloma</i> sp.12	1	8,33	0,20	0,04	0,05
<i>Oudemansiella platensis</i>	1	8,33	0,20	0,04	0,05	<i>Entoloma</i> sp.18	1	8,33	0,20	0,04	0,05
<i>Hemimycena</i> sp.1	1	8,33	0,20	0,04	0,05	<i>Entoloma</i> sp.19	1	8,33	0,20	0,04	0,05
<i>Mycena</i> sp.1	1	8,33	0,20	0,04	0,05	<i>Entoloma</i> sp.2	1	8,33	0,20	0,04	0,05
<i>Stropharia</i> sp.1	1	8,33	0,20	0,04	0,05	<i>Entoloma</i> sp.26	1	8,33	0,20	0,04	0,05
<i>Gymnopus</i> sp.10	1	8,33	0,20	0,04	0,05	<i>Entoloma</i> sp.5	1	8,33	0,20	0,04	0,05
<i>Lepiota</i> sp.6	1	8,33	0,20	0,04	0,05	<i>Galerina</i> sp.2	1	8,33	0,20	0,04	0,05
<i>Leucoagaricus</i> sp.3	1	8,33	0,20	0,04	0,05	<i>Galerina</i> sp.3	1	8,33	0,20	0,04	0,05
<i>Lycoperdon</i> sp.1	1	8,33	0,20	0,04	0,05	<i>Galerina</i> sp.4	1	8,33	0,20	0,04	0,05
<i>Geastrum</i> sp.1	1	8,33	0,20	0,04	0,05	<i>Hygrocybe</i> sp.5	1	8,33	0,20	0,04	0,05
<i>Gerronema</i> sp.2	1	8,33	0,20	0,04	0,05	<i>Hygrocybe</i> sp.6	1	8,33	0,20	0,04	0,05
<i>Gerronema</i> sp.5	1	8,33	0,20	0,04	0,05	<i>Hygrocybe</i> sp.7	1	8,33	0,20	0,04	0,05
<i>Gerronema</i> sp.6	1	8,33	0,20	0,04	0,05	<i>Lactocollybia</i> sp.1	1	8,33	0,20	0,04	0,05
<i>Gymnopilus</i> sp.14	1	8,33	0,20	0,04	0,05	<i>Lentinellus angustifolius</i>	1	8,33	0,20	0,04	0,05
<i>Gymnopilus</i> sp.4	1	8,33	0,20	0,04	0,05	<i>Lepiota</i> sp.1	1	8,33	0,20	0,04	0,05
<i>Gymnopilus</i> sp.5	1	8,33	0,20	0,04	0,05	<i>Lepiota</i> sp.14	1	8,33	0,20	0,04	0,05
<i>Gymnopilus</i> sp.7	1	8,33	0,20	0,04	0,05	<i>Lepiota</i> sp.15	1	8,33	0,20	0,04	0,05

Continua...

<i>Gymnopus</i> sp.40	1	8,33	0,20	0,04	0,05	<i>Lepiota</i> sp.18	1	8,33	0,20	0,04	0,05
<i>Gymnopus</i> sp.36	1	8,33	0,20	0,04	0,05	<i>Lepiota</i> sp.2	1	8,33	0,20	0,04	0,05
<i>Gymnopus</i> sp.13	1	8,33	0,20	0,04	0,05	<i>Lepiota</i> sp.20	1	8,33	0,20	0,04	0,05
<i>Gymnopus</i> sp.14	1	8,33	0,20	0,04	0,05	<i>Lepiota</i> sp.25	1	8,33	0,20	0,04	0,05
<i>Gymnopus</i> sp.15	1	8,33	0,20	0,04	0,05	<i>Lepiota</i> sp.4	1	8,33	0,20	0,04	0,05
<i>Gymnopus</i> sp.16	1	8,33	0,20	0,04	0,05	<i>Lepiota</i> sp.5	1	8,33	0,20	0,04	0,05
<i>Gymnopus</i> sp.18	1	8,33	0,20	0,04	0,05	<i>Leucoagaricus rubrosquamosus</i>	1	8,33	0,20	0,04	0,05
<i>Gymnopus</i> sp.20	1	8,33	0,20	0,04	0,05	<i>Leucocoprinus</i> sp.1	1	8,33	0,20	0,04	0,05
<i>Gymnopus</i> sp.22	1	8,33	0,20	0,04	0,05	<i>Leucocoprinus</i> sp.2	1	8,33	0,20	0,04	0,05
<i>Gymnopus</i> sp.29	1	8,33	0,20	0,04	0,05	<i>Leucocoprinus</i> sp.6	1	8,33	0,20	0,04	0,05
<i>Gymnopus</i> sp.32	1	8,33	0,20	0,04	0,05	<i>Marasmiellus</i> sp.19	1	8,33	0,20	0,04	0,05
<i>Gymnopus</i> sp.35	1	8,33	0,20	0,04	0,05	<i>Marasmiellus</i> sp.21	1	8,33	0,20	0,04	0,05
<i>Gymnopus</i> sp.39	1	8,33	0,20	0,04	0,05	<i>Marasmiellus</i> sp.23	1	8,33	0,20	0,04	0,05
<i>Gymnopus</i> sp.41	1	8,33	0,20	0,04	0,05	<i>Marasmiellus</i> sp.9	1	8,33	0,20	0,04	0,05
<i>Gymnopus</i> sp.42	1	8,33	0,20	0,04	0,05	<i>Marasmius</i> sp.10	1	8,33	0,20	0,04	0,05
<i>Gymnopus</i> sp.43	1	8,33	0,20	0,04	0,05	<i>Marasmius</i> sp.17	1	8,33	0,20	0,04	0,05
<i>Hydnum</i> sp.1	1	8,33	0,20	0,04	0,05	<i>Marasmius</i> sp.3	1	8,33	0,20	0,04	0,05
<i>Hydropus</i> sp.9	1	8,33	0,20	0,04	0,05	<i>Marasmius</i> sp.7	1	8,33	0,20	0,04	0,05
<i>Hygrocybe nigrescens</i>	1	8,33	0,20	0,04	0,05	<i>Melanotus</i> sp.1	1	8,33	0,20	0,04	0,05
<i>Hygrocybe</i> sp.10	1	8,33	0,20	0,04	0,05	<i>Micromphale</i> sp.1	1	8,33	0,20	0,04	0,05
<i>Hygrocybe</i> sp.11	1	8,33	0,20	0,04	0,05	<i>Mycena</i> sp.16	1	8,33	0,20	0,04	0,05
<i>Hygrocybe</i> sp.13	1	8,33	0,20	0,04	0,05	<i>Mycena</i> sp.26	1	8,33	0,20	0,04	0,05
<i>Hygrocybe</i> sp.14	1	8,33	0,20	0,04	0,05	<i>Mycena</i> sp.30	1	8,33	0,20	0,04	0,05
<i>Hygrocybe</i> sp.15	1	8,33	0,20	0,04	0,05	<i>Mycena</i> sp.32	1	8,33	0,20	0,04	0,05
<i>Hygrocybe</i> sp.18	1	8,33	0,20	0,04	0,05	<i>Mycena</i> sp.35	1	8,33	0,20	0,04	0,05
<i>Hygrocybe</i> sp.3	1	8,33	0,20	0,04	0,05	<i>Mycena</i> sp.36	1	8,33	0,20	0,04	0,05
<i>Hygrocybe</i> sp.4	1	8,33	0,20	0,04	0,05	<i>Mycena</i> sp.37	1	8,33	0,20	0,04	0,05
<i>Mycena</i> sp.39	1	8,33	0,20	0,04	0,05	<i>Pluteus</i> sp.17	1	8,33	0,20	0,04	0,05
<i>Mycena</i> sp.43	1	8,33	0,20	0,04	0,05	<i>Pluteus</i> sp.18	1	8,33	0,20	0,04	0,05
<i>Mycena</i> sp.50	1	8,33	0,20	0,04	0,05	<i>Pluteus</i> sp.21	1	8,33	0,20	0,04	0,05
<i>Neoclitocybe</i> sp.3	1	8,33	0,20	0,04	0,05	<i>Pluteus</i> sp.22	1	8,33	0,20	0,04	0,05
<i>Neoclitocybe</i> sp.5	1	8,33	0,20	0,04	0,05	<i>Polyporus</i> sp.12	1	8,33	0,20	0,04	0,05
<i>Neoclitocybe</i> sp.6	1	8,33	0,20	0,04	0,05	<i>Polyporus</i> sp.13	1	8,33	0,20	0,04	0,05
<i>Omphalina</i> sp.1	1	8,33	0,20	0,04	0,05	<i>Polyporus</i> sp.16	1	8,33	0,20	0,04	0,05
<i>Omphalina</i> sp.2	1	8,33	0,20	0,04	0,05	<i>Polyporus</i> sp.17	1	8,33	0,20	0,04	0,05
<i>Omphalina</i> sp.3	1	8,33	0,20	0,04	0,05	<i>Polyporus</i> sp.8	1	8,33	0,20	0,04	0,05
<i>Oudemansiella steffenii</i>	1	8,33	0,20	0,04	0,05	<i>Polyporus</i> sp.9	1	8,33	0,20	0,04	0,05
<i>Pholiotina</i> sp.5	1	8,33	0,20	0,04	0,05	<i>Ripartitella alba</i>	1	8,33	0,20	0,04	0,05

Continua...

<i>Pluteus</i> sp.11	1	8,33	0,20	0,04	0,05	<i>Russula</i> sp.1	1	8,33	0,20	0,04	0,05
<i>Pluteus</i> sp.12	1	8,33	0,20	0,04	0,05	<i>Stropharia</i> sp.10	1	8,33	0,20	0,04	0,05
<i>Pluteus</i> sp.13	1	8,33	0,20	0,04	0,05	<i>Stropharia</i> sp.5	1	8,33	0,20	0,04	0,05
<i>Pluteus</i> sp.14	1	8,33	0,20	0,04	0,05	<i>Stropharia</i> sp.7	1	8,33	0,20	0,04	0,05
<i>Pluteus</i> sp.15	1	8,33	0,20	0,04	0,05	<i>Stropharia</i> sp.9	1	8,33	0,20	0,04	0,05
<i>Pluteus</i> sp.16	1	8,33	0,20	0,04	0,05	<i>Xerocomus</i> sp.1	1	8,33	0,20	0,04	0,05

Em todas as cotas de altitude as parcelas tiveram baixa similaridade, inclusive as parcelas inseridas nas mesmas altitudes (Fig. 3). As parcelas foram muito diferentes em composição de espécies, o que significa que a altitude interferiu fortemente na composição da comunidade de cogumelos. A cota de altitude de 1500 m teve menor similaridade entre as parcelas, seguida da cota 2100 m (Fig. 3).

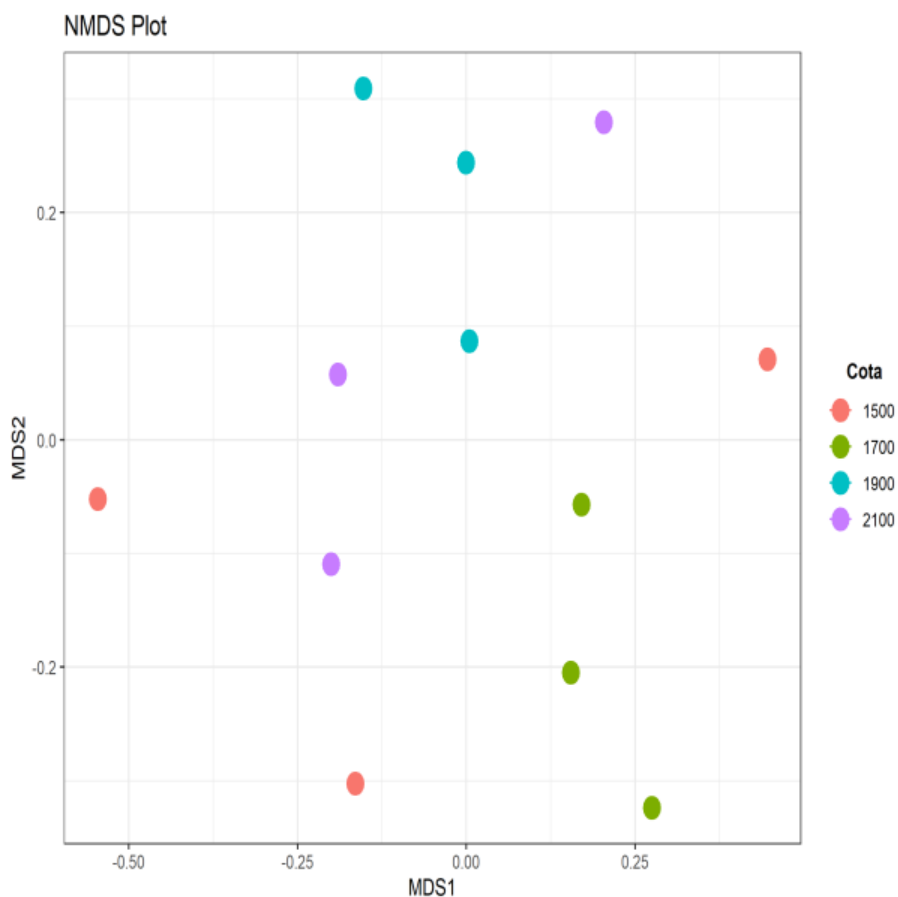


Figura 3. Escalonamento multidimensional não-métrico (NMDS) com dados de presença e ausência e distância de Bray-Curtis das 12 parcelas distribuídas em 4 cotas de altitudes em uma área de Floresta Ombrófila Densa Altomontana, na Serra da Mantiqueira, em Itamonte, Minas Gerais.

Não houve diferença significativa ($P > 0,05$) em relação à riqueza de espécies de cogumelos entre as cotas de altitude de 1500, 1700, 1900 e 2100 m (Fig. 4). Em relação às diferentes épocas de coletas, todas diferiram entre si em relação à riqueza (Fig. 4). A coleta realizada em outubro de 2018 (C2) proporcionou maior riqueza com 204 espécies, seguida da coleta realizada em março de 2019 (C4) com 163 espécies, da coleta realizada em dezembro de 2018 (C3) com 52 espécies e, por fim, a coleta realizada em junho de 2018 (C1) com, apenas 25 espécies de cogumelos.

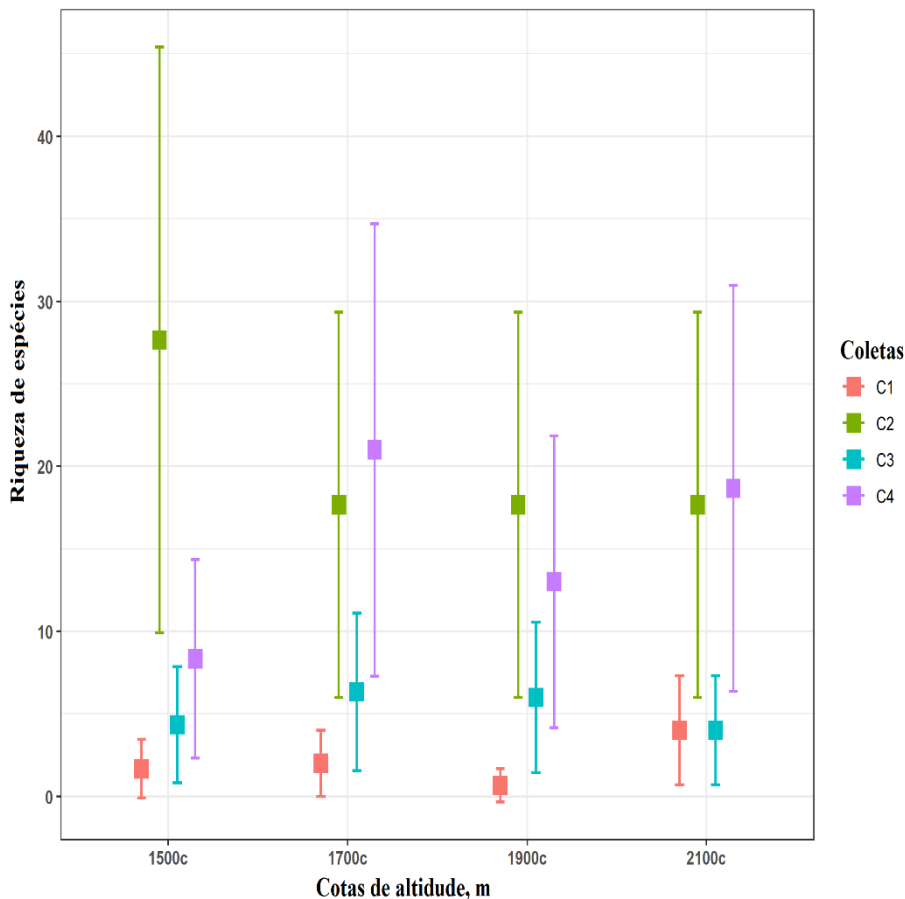


Figura 4. Riqueza de espécies entre as diferentes cotas de altitude em parcelas inseridas em uma área de Floresta Ombrófila Densa Altomontana, na Serra da Mantiqueira, em Itamonte, Minas Gerais. C1- coleta realizada em junho de 2018; C2- coleta realizada em outubro de 2018; C3- coleta realizada em dezembro de 2018 e C4- coleta realizada em março de 2019.

4.2 Comportamento das variáveis ambientais entre as diferentes épocas de coletas e cotas de altitudes

A matéria orgânica do solo variou ao longo das diferentes cotas de altitude ($P > 0,05$) (Fig. 5 A). Os maiores valores de matéria orgânica foram encontrados nas cotas de 1900 e 2100 m de altitude com $11,1 \text{ dag.kg}^{-1}$ e $10,8 \text{ dag.kg}^{-1}$, respectivamente, sendo, em média, 48,6 % maior que o teor de matéria orgânica das cotas de 1500 e 1700 m de altitude, que tiveram teor de matéria orgânica de $6,8 \text{ dag.kg}^{-1}$ e $4,4 \text{ dag.kg}^{-1}$, respectivamente. Já em relação ao pH do solo não houve variação significativa ao longo das diferentes cotas de altitude, ficando entre 4,5 e 5 (Fig. 5 B).

A precipitação pluviométrica total mensal variou ao longo de todas as diferentes épocas de coletas ($P > 0,05$) (Fig. 5 C). A precipitação pluviométrica total mensal do mês de março de 2019 ($185,5 \text{ mm}$ – C4) foi 85,2 % maior que a do mês de junho de 2018 ($27,5 \text{ mm}$

– C1), 70,5 % maior que o mês de outubro de 2018 (54,7 mm – C2) e 45,9 % maior que o mês de dezembro de 2018 (100,3 mm – C3). Os maiores valores de precipitação, praticamente coincidiram com os maiores valores de riqueza de morfoespécies de cogumelos. A maior riqueza de morfoespécies de cogumelos foi encontrada na C2, seguida da C3, enquanto que a menor riqueza foi encontrada na C1, durante a qual ocorreu a menor precipitação pluviométrica total.

A temperatura no momento da coleta variou tanto nas diferentes cotas de altitude quanto nas diferentes épocas de coletas ($P > 0,05$) (Fig. 5 D). Em relação às coletas a maior temperatura média foi registrada durante a coleta C3 (22,2 °C), seguida pela C4 e C1 (19,6 e 18,8 °C, respectivamente), enquanto que a menor temperatura média foi registrada durante a C2 (17,7 °C). Em relação às cotas de altitude a cota de 1500 m apresentou maior média de temperatura no momento de coleta (20,8 °C), seguida pelas cotas de 1700 e 1900 m (20,3 e 19,7 °C, respectivamente), enquanto que a menor temperatura média foi registrada para a cota de 2100 m (17,3 °C). Para a cota de 1500 m de altitude a C3 e C4 tiveram as maiores temperaturas do ambiente no momento de coleta dos com 22,9 °C e 21,5 °C, respectivamente. Já as menores temperaturas foram registradas na C2 e C1 sendo de 20,3 °C e 18,7 °C, respectivamente. Para a cota de altitude 1700 m somente a C3 diferiu significativamente das demais coletas, tendo a maior temperatura registrada do momento de coleta. Para a cota de altitude de 1900 m as maiores temperaturas do momento de coleta foram registradas na C1 e C3 sendo de 22,6 °C e 21,2 °C, respectivamente. E as menores temperaturas foram registradas na C4 e C2 sendo de 19,3 °C e 15,7 °C. Para a cota de altitude de 2100 m a maior temperatura foi registrada para a C3 com 20,9 °C seguida da C4 e C1 com 17,8 °C e 15,3 °C, respectivamente e a C2 com 15,3 °C.

A temperatura média mensal variou entre as diferentes épocas de coleta ($P > 0,05$) (Fig. 5, E). O maior valor de temperatura média mensal foi registrado na C3 (dezembro de 2018) com 22,1 °C, seguida da C4 (março de 2019) com 21,7 °C, da C2 (outubro de 2018) com 20,9 °C e da C1 (junho de 2018) com 17,7 °C, sendo a C1 a coleta com a menor temperatura média mensal. A temperatura média mensal registrada no mês da C3 foi 19,8 % maior que a temperatura registrada no mês da C1.

A umidade do ar no momento da coleta variou tanto entre as diferentes épocas de coletas quanto em relação às diferentes cotas de altitudes ($P > 0,05$) (Fig. 5 F). Em relação às diferentes épocas de coletas, os maiores valores de umidade relativa do ar foram

registrados durante as coletas C2 e C4, com 72,8 % e 71,8 % respectivamente, enquanto que os menores valores foram observados durante as coletas C3 e C1, com 67,4 e 58,8 % respectivamente. Em relação às diferentes cotas de altitude, a maior umidade do ar foi registrada na cota de 1500 com 70,1 % de umidade, seguida da cota de 2100 m com 68,5 % de umidade, seguida da cota de 1900 m com 66,6 % de umidade e da cota de 1700 m com 65,6 % de umidade. Com relação às épocas de coleta, para a cota de altitude de 1500 m, os maiores valores de umidade do ar foram registrados durante as coletas C2, C3 e C4 (72,3 %) e o menor valor foi observado durante a C1 (62,5 %). Para a cota de altitude de 1700 m, a maior umidade do ar foi registrada durante a C4 (72,5 %) e o menor valor foi registrado durante as coletas C1, C2 e C3 (63,3%). Para a cota de altitude de 1900m, a maior umidade do ar foi observada durante a C2 (78,5 %), seguida C4 e C3 (70,7 e 66,8 %, respectivamente), enquanto que o menor valor foi observado durante a C1 (50,5 %). Para a cota de altitude de 2100 m, os maiores valores de umidade do ar foram observados durante as coletas C4 e C2 (73,0 e 71,3 %, respectivamente), seguidas da C3 (67,4 %) e C1 (62,4 %).

A umidade do solo não variou ao longo das diferentes épocas de coletas, sendo alta em todas as coletas, com média de 97,5 % de umidade. Entretanto, a umidade do solo variou ao longo das diferentes cotas de altitude ($P > 0,05$) (Fig. 5 G). A umidade do solo foi maior na cota de altitude de 2100 m (120,7 %), seguida da cota de 1900 m (96,1 %) e das cotas de 1700 m e 1500 m (93,7 e 72,2 %, respectivamente). O maior valor de umidade do solo foi obtido durante a coleta C3 na cota de 2100 m (152,3 %).

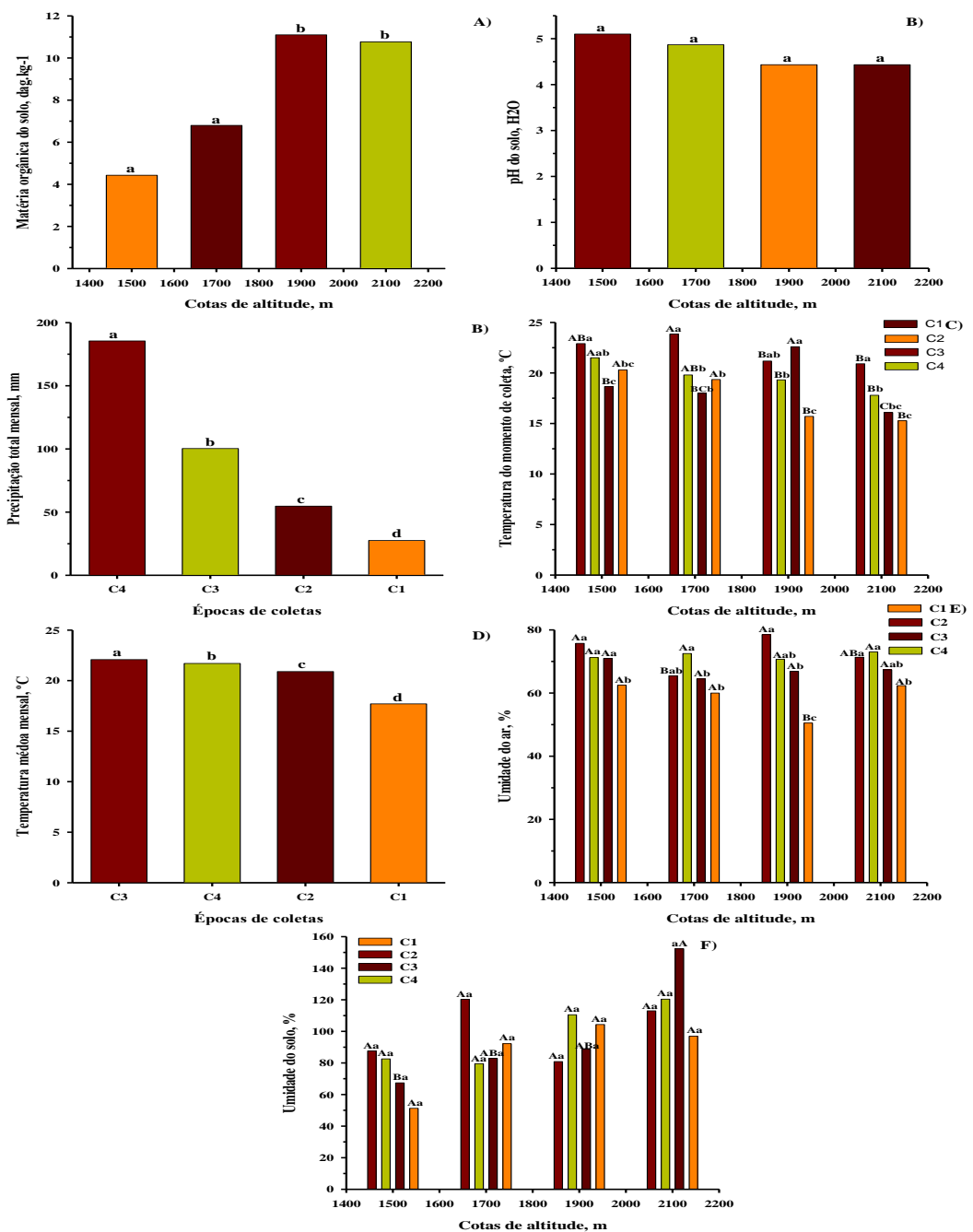


Figura 5. Variação da matéria orgânica do solo (A); pH do solo (B); precipitação total mensal (C); temperatura do momento de coleta (D); temperatura média mensal (E); Umidade do ar no momento de coleta (F) e umidade do solo no momento de coleta (G) nas diferentes épocas de coletas e ou diferentes cotas de altitudes. C1 (coleta feita em Junho de 2018), C2 (coleta feita em outubro de 2018), C3 (coleta feita em Dezembro de 2018) e C4 (coleta feita em Março de 2019). Os dados foram amostrados em uma área de Floresta Ombrófila Densa Altomontana, na Serra da Mantiqueira, em Itamonte, Minas Gerais. Barras minúsculas seguidas da mesma letra indicam que não houve diferença ao nível de significância de 5% pelo teste de Tukey entre as diferentes épocas de coletas. Barras maiúsculas seguidas da mesma letra indicam que não houve diferença ao nível de significância de 5% pelo teste de Tukey entre as diferentes cotas de altitudes.

4.3 Comunidade macrofúngica e os fatores ambientais

A umidade do solo não influenciou significativamente na riqueza dos cogumelos (Fig. 6 A). A riqueza dos cogumelos aumentou com o aumento da umidade do ar e com o aumento da temperatura média mensal (Fig. 6 B e D). Houve uma diminuição da riqueza dos cogumelos com o aumento da temperatura do ambiente no momento de coleta (Fig. 6 C). O pH do solo, a matéria orgânica do solo e a precipitação pluviométrica média mensal não influenciaram na riqueza dos cogumelos (Fig. 6 E, F e G).

As variáveis ambientais que mais influenciaram na presença e ausência dos cogumelos e distância de Bray-curtis foram: a umidade do ar, temperatura média mensal e a precipitação pluviométrica mensal total (Fig. 7, A). A umidade do solo e pH tiveram alta e positiva correlação em relação a presença e ausência dos cogumelos e distância de Bray-curtis (Fig. 7 A). A temperatura média mensal, a temperatura do ambiente e a precipitação pluviométrica total mensal também tiveram alta e positiva correlação entre si em relação a presença e ausência dos cogumelos e distância de Bray-curtis (Fig. 7 A). As duas parcelas do gradiente de 2100 m e uma do gradiente 1500 m estão forte e positivamente correlacionadas e são influenciadas pelo pH e pela umidade do solo (Fig. 7 A).

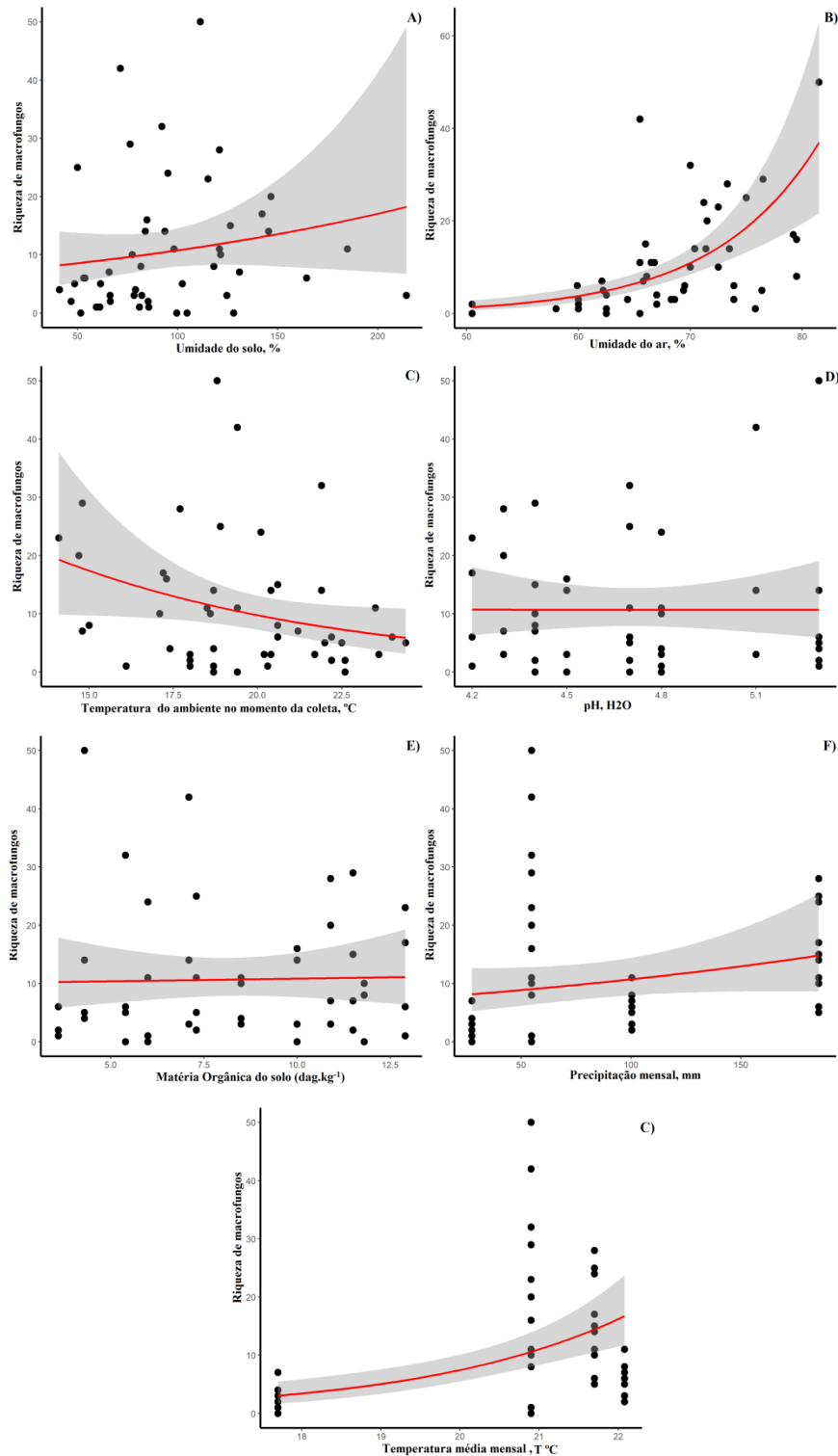


Figura 6. Modelos Lineares Generalizados (GLM) mostrando influência da Umidade do solo (A), da Umidade do ar (B), Temperatura (C), do pH (D), matéria orgânica do solo (E), da precipitação média mensal (F) e da temperatura média mensal (G) na riqueza dos cogumelos amostrados nas parcelas inseridas em uma área de Floresta Ombrófila Densa Altomontana, na Serra da Mantiqueira, em Itamonte, Minas Gerais.

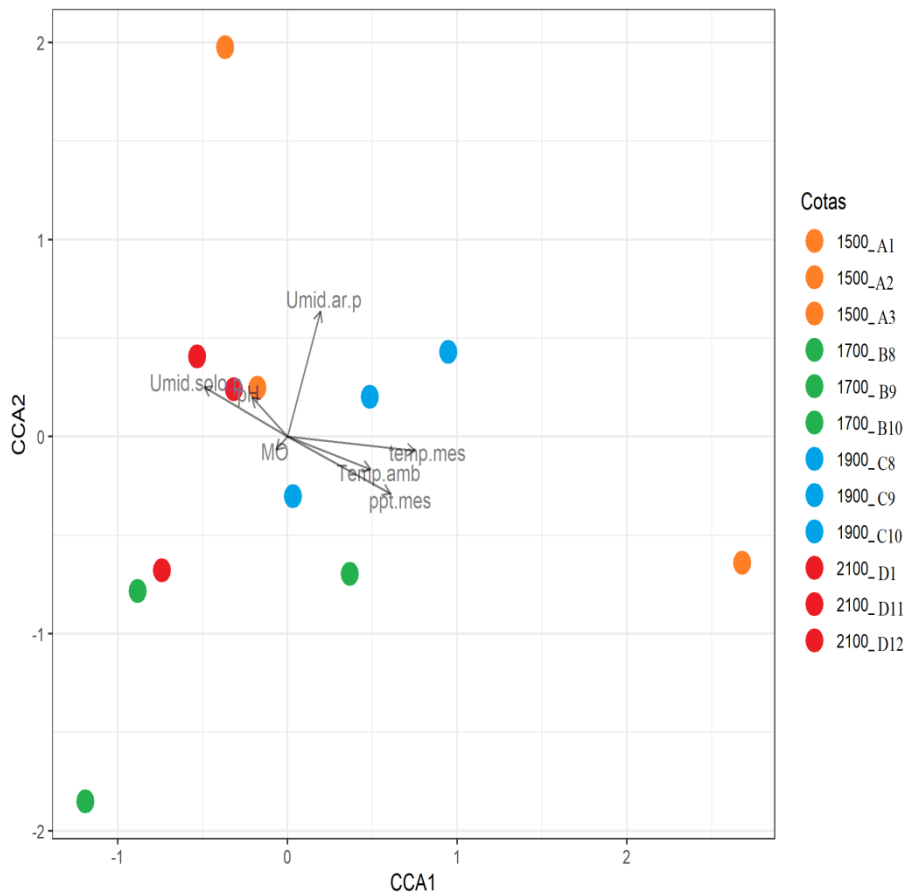


Figura 7. Análise de Correspondência Canônica (CCA) mostrando a influência de variáveis ambientais sobre os padrões de composição das espécies de cogumelos amostrados nas parcelas inseridas em uma área de Floresta Ombrófila Densa Altomontana, na Serra da Mantiqueira, em Itamonte, Minas Gerais.

5 Discussão

O presente estudo deu um relevante passo em direção a uma melhor percepção referente à riqueza e composição de espécies de cogumelos ao longo de um gradiente altitudinal em floresta tropical do domínio Mata Atlântica na formação Floresta Ombrófila Densa Altomontana.

5.1 Composição e estrutura da comunidade de cogumelos

A riqueza, abundância, diversidade máxima e mínima de cogumelos do presente estudo foram altas quando comparadas a estudos conduzidos em outras regiões (Andrew et al., 2013; Gómez-Hernández e Williams-Linera, 2011; Luo et al., 2016; Rojas-Jimenez et al., 2016; Ruiz-Almenara et al., 2019). O índice de equabilidade de Pielou demonstrou alta uniformidade da distribuição dos indivíduos entre as espécies existentes, quando comparado a outros trabalhos (Andrew et al., 2013; Tian et al., 2017; Zhang et al., 2010) e indicou que

90% da diversidade máxima teórica foram obtidas por meio da amostragem realizada neste trabalho. Estes resultados indicam que a área é bastante rica e diversa em relação aos cogumelos silvestres. Além disso, possui grande heterogeneidade de morfoespécies indicando que não há dominância de determinadas morfoespécies de cogumelos e que estes tiveram padrões complexos de distribuição na área estudada.

Dentre os gêneros com maior riqueza de morfoespécies e maior ocorrência nas parcelas amostradas, estão os gêneros *Mycena*, *Gymnopus*, *Entoloma*, *Marasmius* e *Pluteus*. Os gêneros *Marasmius* e *Pluteus* estão entre os gêneros mais bem estudados, do ponto de vista taxonômico e molecular no Brasil (Maia et al., 2015; Menolli; Sánchez-García, 2019). Entretanto, curiosamente, para a maioria desses gêneros há poucos registros de ocorrência para Minas Gerais (Specieslink, 2019). Para o gênero *Gymnopus*, por exemplo, até o momento, ainda não há registro de ocorrência de nenhuma espécie para o estado (Specieslink, 2019). E, para o gênero *Entoloma*, foi registrada apenas uma ocorrência em Minas Gerais (Specieslink, 2019). Esses resultados podem trazer, num futuro próximo, enorme contribuição para a micologia. Isto porque poderá elevar o número de registros de ocorrência dos gêneros e/ou espécies de cogumelos silvestres, assim como trazer novos registros para Minas Gerais e Brasil. Provavelmente, estudos mais específicos e detalhados, no futuro, revelarão novas espécies tanto para Minas Gerais quanto para o Brasil.

Os parâmetros frequência e densidade podem auxiliar a expressar o grau de importância ecológica de uma espécie em um ecossistema florestal (Guedes; Krupek, 2016; Sawczuk et al., 2014). Assim, ao observar a estrutura da comunidade de cogumelos, a morfoespécie *Mycena* sp.25 foi a que teve maior importância ecológica dentro das áreas de coletas. *Mycena* sp.25 ocorreu em 66,7% das parcelas, apresentando uma densidade de 0,32 indivíduos.ha⁻¹ e teve representatividade de 5,6% em relação ao número total de indivíduos. De forma semelhante, as morfoespécies *Mycena violacea*, *Mycena* sp.11, *Leucopaxillus* sp.1, *Agrocybe* sp.4 e *Polyporus leprieuri* tiveram, também, um papel importante dentro da comunidade de cogumelos nas áreas de coleta da Serra da Mantiqueira. A comunidade de cogumelos teve, de modo geral, consideráveis valores de frequência absoluta e baixos valores tanto de densidade absoluta quanto relativa. Esses resultados podem indicar uma condição caracterizada por cogumelos dominantes isolados e em número reduzido, porém dispersos com certa regularidade por áreas relativamente grandes (Lamprecht, 1990). Essa baixa densidade das morfoespécies dos cogumelos estudados pode trazer uma importante

consequência ecológica, já que a baixa densidade de uma espécie pode afetar o sucesso reprodutivo da mesma e, conseqüentemente, a manutenção dessa população neste ambiente (Borges; Shepherd, 2005). Este fato pode ser um indicativo de que estas morfoespécies possam ser sensíveis às possíveis perturbações ambientais que possam ocorrer na área estudada. A grande maioria das morfoespécies encontradas neste trabalho pode ser considerada de ocorrência rara na área de estudo, já que tiveram baixa frequência relativa com 0,20%. Isso porque altos valores de frequência relativa (>10%) indicam uma composição florística homogênea, enquanto que valores baixos (< 10%) significam alta heterogeneidade (Lindblad, 2000; Schnittler; Stephenson, 2000). Neste sentido, pode-se dizer que as espécies amostradas no presente trabalho possuem uma grande heterogeneidade, baixa dominância ou grande substituição de espécies ao longo do gradiente altitudinal, o que, também, foi evidenciado pelo alto valor de equabilidade.

5.2 Variação espacial da comunidade macrofúngica

A altitude é um dos fatores que mais determinam diferenças nas comunidades de diferentes espécies nos ecossistemas florestais, (Shetie et al., 2017; Wright et al., 2017). Entretanto, a variação altitudinal da Serra da Mantiqueira, representada nas áreas amostradas, não pareceu ser um fator determinante na riqueza de espécies, apesar de que variações pontuais possam ter interferido de forma efetiva na composição de espécies em determinadas áreas. Isso pode ter ocorrido devido à pequena variação das condições ambientais. O pH e a umidade do solo não variaram significativamente ao longo das cotas de altitude. Isto significa que em todas as parcelas, nas diferentes altitudes, esses importantes fatores foram bastante uniformes, dando a todas as áreas amostradas condições muito semelhantes para a frutificação dos cogumelos. Essa falta de relação entre a riqueza e a altitude foi relatada também em estudos conduzidos em diferentes regiões do mundo, tais como Argentina (400-3000 m), Andes peruanos (200-3450m) e sudoeste da China (3000-3950 m) (Fierer et al., 2011; Geml et al., 2014; Liu et al., 2018). Entretanto, há evidências de que não existe um único padrão de diversidade e riqueza fúngica que pode ser esperado ao longo de um gradiente de elevação (Chang et al., 2016; Gai, et al., 2012; Liu et al., 2018).

Embora a altitude não tenha tido efeito evidente na riqueza, influenciou, fortemente, na composição dos cogumelos das parcelas amostradas. A composição de espécies ou gêneros dos cogumelos mudou entre as diferentes altitudes. E, provavelmente, essas

diferenças na ocorrência de determinados gêneros ou morfoespécies ocorreram em função de outros fatores, que não foram estudados, distintos entre as cotas de altitude. Além disso, para alguns cogumelos, a ocorrência se restringiu a uma ou duas cotas de altitude como, por exemplo, *Armillariella*, *Favolus* e *Laccaria*. Apenas o cogumelo *Mycena pura f. violacea* foi amostrado em todas as cotas altitudinais do presente trabalho. Isso pode ter ocorrido pelo fato do ambiente altitudinal ser um importante fator na seleção dos microrganismos e conseqüentemente na sua distribuição (Martiny et al., 2006; Bryant et al., 2008; Djukic et al., 2010; Gai et al., 2012). Estes resultados concordam com os resultados obtidos por Geml et al., (2014) no qual foi evidenciada uma ligação entre a composição da comunidade de fungos e a altitude.

Além disso, foi observada baixa similaridade das morfoespécies entre as parcelas amostradas nas diferentes altitudes e entre parcelas na mesma cota altitudinal. Essa falta de similaridade entre as parcelas foi reafirmada pela falta de autocorrelação espacial entre elas. Além disso, essa baixa similaridade reforça a mudança da composição dos cogumelos tanto nas parcelas em diferentes altitudes quanto nas parcelas inseridas na mesma altitude. Existem duas possibilidades que talvez possa explicar esse resultado. Uma delas é a Teoria Tradicional de Assembleias de nichos que diz que o padrão de composição das espécies deve ser determinado por características ambientais que relacionam as espécies capazes de se estabelecer em determinado local (Matos et al. 2013). Além dos aspectos ambientais estudados no presente estudo, há a ideia de que outros aspectos que não foram investigados possam estar afetando a composição da comunidade de cogumelos nas diferentes parcelas. Conseqüentemente, isso pode contribuir para a baixa similaridade de morfoespécies entre essas parcelas. A outra possível explicação está relacionada à Teoria Neutra. Esta teoria diz que a similaridade florística diminui com o aumento da distância geográfica entre locais, independentemente das diferenças ambientais entre eles, por causa da limitação de dispersão no espaço (Hubbell, 2006). E que, dentro das comunidades, as espécies de plantas ou microrganismos têm igual competitividade, e a distribuição das espécies é afetada apenas pela limitação de dispersão e pela estocástica demográfica (Hubbell, 2006; Jia et al., 2015). Portanto, os mecanismos que geram diferenças nos padrões de composição das espécies podem estar ligados à capacidade de dispersão dos indivíduos (Hubbell 2001; 2006). Neste contexto, ainda é difícil afirmar a qual dessas teorias os presentes resultados se enquadram. Isso faz com que sejam necessários estudos futuros incluindo mais variáveis ambientais

como, por exemplo, disponibilidade de carbono, composição da comunidade vegetal e distribuição de madeira na floresta, as quais devem ser testadas na expectativa de definir qual nicho é o responsável pela baixa similaridade. Por outro lado, para avaliar a expectativa de que a Teoria Neutra é responsável pela baixa similaridade das parcelas e para compreender melhor a distribuição dos cogumelos na área de estudo, deveria ser avaliado se há uma limitação de dispersão dos mesmos, assim como a sua capacidade de dispersão na área estudada.

5.3 Variação temporal da comunidade macrofúngica e os fatores ambientais condicionantes

As diferentes épocas de coleta influenciaram na riqueza dos cogumelos, mostrando que houve, claramente, um efeito temporal sobre a riqueza. Claramente, a maior diferença observada entre os diferentes momentos de coleta foi na precipitação pluviométrica total mensal e a temperatura média mensal. Havia uma expectativa de que a característica de floresta altitudinal garantiria uma umidade do ar suficiente para a frutificação dos cogumelos mesmo durante o período de inverno com menor precipitação. Com isso, esperava-se que as temperaturas mais baixas nesse período poderiam favorecer a frutificação de diferentes espécies de cogumelos. Entretanto, o que se observou foi que a falta de precipitação durante esse período comprometeu a umidade relativa do ar, de modo que as condições não foram favoráveis. Essa influência do efeito temporal pode ter ocorrido pelo fato de que variáveis ambientais, como temperatura média mensal, temperatura do momento de coleta, precipitação pluviométrica total mensal e umidade do ar variaram em relação às diferentes épocas de coleta. Portanto, a umidade relativa do ar e as temperaturas médias mensais mais altas nos períodos mais quentes foram os fatores mais importantes na determinação da riqueza de cogumelos nas diferentes épocas de coletas. Além disso, quanto maiores foram os valores de temperatura média mensal e de umidade de solo, no momento da coleta, maiores foram os valores de riqueza de morfoespécies de cogumelos. Havia uma expectativa também de que a precipitação pluviométrica total mensal e a temperatura no momento da coleta fossem influenciar na riqueza de morfoespécies de cogumelos. Mas, surpreendentemente, essas variáveis tiveram pouco ou nenhum efeito sobre a riqueza. Isso tudo indica que, para a umidade, que é diretamente favorecida pela precipitação pluviométrica, o valor no momento de coleta foi mais importante do que como ela se distribui ao longo do mês. Evidentemente, a medição da umidade do ar no momento da coleta refletiu um período durante o qual a

umidade foi adequada para a frutificação do cogumelo. Isto ocorre porque, ao longo de um período com precipitação média elevada, podem ocorrer períodos curtos de estiagem e, durante esses períodos, as condições ambientais poderão não ser favoráveis à frutificação, dependendo da cobertura vegetal e do microclima local. Tedersoo et al. (2014) relataram que, em escala global, a precipitação pluvial foi o mais forte preditor da diversidade de cogumelos total. Portanto, de modo geral, pode-se dizer que estações chuvosas são mais favoráveis à frutificação dos cogumelos, entretanto, sujeitas às variações temporais e de microclima. Por conseguinte, apesar da precipitação pluvial mensal não ter influenciado na riqueza de morfoespécies de cogumelos, ela variou em relação às diferentes épocas de coletas. E isso, provavelmente, influenciou na rotatividade da composição da comunidade fúngica, refletindo diretamente sobre as diferentes espécies de fungos com capacidade de crescimento em condições de estresse hídrico e daquelas que se manifestam sobre em condições hídricas ótimas (Hawkes, 2011).

Para a temperatura, o padrão foi o oposto, ou seja, o valor da temperatura ao longo do mês foi mais importante que o valor no momento da coleta. Mostrando que o padrão de alteração da temperatura para a frutificação dos cogumelos é mais consistente ao longo de uma estação do que ao longo de um curto período de um ou poucos dias. As estações mais quentes e, coincidentemente, com maior precipitação na região estudada, provavelmente favorecem o crescimento dos fungos no solo e na serapilheira, garantindo os nutrientes e água necessários para a sua frutificação. Apesar disso ainda não ter sido estudado, é bem possível que uma eventual queda de temperatura quando ocorre durante uma chuva, seja um fator que estimule a frutificação. Ou seja, durante uma estação quente, a chuva geralmente provoca uma queda de temperatura de alguns graus, que pode ser suficiente para a indução da frutificação para algumas espécies de cogumelos, em especial, para regiões de clima mais ameno. Evidentemente, isso pode variar em função da espécie, uma vez que espécies tropicais normalmente não respondem à queda de temperatura para a sua frutificação (Dias et al., 2004; 2010; Figueirêdo; Dias, 2014). Nas regiões temperadas, a ocorrência de cogumelos silvestres está associada às estações do outono ou da primavera, porque o verão costuma ser muito seco e o inverno muito frio. Com o início do outono, que é quando as temperaturas começam a cair, a função de choque frio induz o processo metabólico e ocorre a liberação de sinais quimiossensoriais de frutificação (Yang et al., 2012). Isso é importante porque, quando o inverno chegar, a frutificação não será mais possível, já que as

temperaturas são muito baixas. Posteriormente, com a chegada da primavera e aumento da temperatura, outras espécies receberão os sinais quimiossensoriais de que é tempo de frutificar, porque é quando haverá abundância de água, com o derretimento da neve. Entretanto, no Brasil, os cogumelos frutificam ao longo do ano, dependendo da combinação umidade/temperatura. Na região sul, o período de inverno assemelha-se ao outono ou à primavera dos países temperados e, por isso, costuma-se ter, nesta estação, abundante coleta de cogumelos silvestres. Isso pode ter ocorrido durante a coleta C2, já que a temperatura no momento da coleta foi de 17,7 °C, sendo a menor entre as coletas e, no entanto, junto com a C4, foi a coleta mais rica em espécies.

A umidade do solo não influenciou significativamente na riqueza de espécies entre as cotas de altitude, uma vez que este fator não variou entre as mesmas. Entretanto, a umidade do solo foi alta em todas as cotas de altitude mantendo-se acima de 60%. Este fato poderia explicar a baixa influência sobre a riqueza, uma vez que não foi um fator limitante. É evidente que a umidade do solo ou de qualquer substrato sobre o qual o cogumelo irá se desenvolver, é um fator essencial para a frutificação (Boddy et al., 2014; Komura et al., 2017; Lodge, 1993; Lodge e Cantrell, 1995). Por isso, espera-se que uma frutificação abundante irá ocorrer apenas durante épocas de precipitações suficientes para que ocorra aumento tanto da umidade do ar quanto do solo ou substrato. Assim, pouquíssimos cogumelos crescem em ambientes de baixa umidade (Vildoso, 2009). Este fato provavelmente explica a baixa riqueza encontrada durante a coleta C1, a qual foi feita durante o período com a menor umidade do ar e a menor umidade do solo, dentre todas as coletas. Portanto, a expectativa de que o ambiente da floresta poderia garantir uma umidade relativa do ar suficiente para garantir a frutificação dos cogumelos ao longo do ano não se concretizou.

O teor de matéria orgânica variou entre as cotas de altitudes tendo maiores valores nas cotas mais altas. Contudo, este parâmetro não influenciou na riqueza dos cogumelos. Essa falta de influência na riqueza de espécies pode ser porque, embora, o teor de matéria orgânica tenha variado entre as cotas altitudinais, o teor da mesma foi suficiente em todas as cotas para atender as necessidades nutricionais dos fungos. O aumento do teor da matéria orgânica nas cotas mais altas pode ser explicado pelas temperaturas mais baixas nas cotas de 1900 e 2100 m, o que, conseqüentemente, diminui a taxa de decomposição da matéria orgânica (Vieira et al., 2011). Além disso, nas maiores altitudes há maior efeito nebuloso, que

pode saturar de água e, assim, reduzir a taxa de decomposição da matéria orgânica, principalmente quando essa saturação está aliada a baixa temperatura (Ruthner e Sevegnani, 2012).

5.4 Cogumelos micorrízicos e cogumelos comestíveis

Gêneros conhecidos por abrigar espécies de fungos ectomicorrízicos foram observados em todas as cotas de altitude estudadas. Vários gêneros foram observados na cota de 1500 m, tais como *Russula* e *Laccaria*, enquanto que outros gêneros foram encontrados em outras cotas de altitude. *Hebeloma* e *Scleroderma*, por exemplo, foram observados apenas na cota de 1900 m. Encontrar essas espécies fora de plantios comerciais de *Pinus* e *Eucaliptus* é um achado interessante, uma vez que as ectomicorrizas são bem caracterizadas em regiões temperadas (Ruotsalainen et al., 2018; VLK et al., 2020; Van Nuland et al., 2020) e, quando presentes no Brasil, estão associadas a espécies exóticas (Sulzbacher et al., 2013; 2018; Vanegas-León et al., 2019; Weber et al., 2020). Entretanto, estudos recentes têm mostrado associação de cogumelos micorrízicos com plantas nativas (Freire et al., 2018; Vanegas-León et al., 2019).

Para verificar se a ocorrência desses gêneros está restrita a apenas uma das altitudes, será necessário fazer coletas por mais alguns anos, antes de se poder afirmar que existe uma ocorrência exclusiva. Claramente, nem todas as espécies provavelmente presentes em cada altitude tiveram espécimes coletados. Às vezes observava-se algum cogumelo já em estado avançado de decomposição, o qual, em função disso, não foi coletado. Um dos exemplos foi a observação de um boleto, provavelmente do gênero *Suillus*, o qual estava bastante deteriorado e, portanto, não foi coletado. Nas expedições subsequentes, foi feita a tentativa de encontrar esse cogumelo no mesmo local, mas a sua ocorrência não foi mais observada.

Outros gêneros de interesse pela comestibilidade ou por serem micorrízicos foram observados em duas cotas de altitude, como o gênero *Russula*. Esse gênero é conhecido por abrigar espécies micorrízicas, sendo algumas dessas comestíveis. Esse gênero foi observado nas cotas de 1500 e 2100 m. Presume-se que, ao ser encontrado nas cotas extremas, é bem provável que ocorra também nas intermediárias. Entretanto, não foi possível identificar as espécies de *Russula*, o que seria importante para avaliar a importância das espécies florestais em cada cota de altitude, as quais poderiam estimular o seu estabelecimento. Se essas

espécies forem apenas saprofíticas, em vez de micorrízicas, a sua ocorrência seria mais casual do que estimulada por alguma espécie arbórea.

Além dos fungos micorrízicos, duas espécies de *Oudemansiella* foram encontradas nas cotas de 1700 e 1900 m. Uma das espécies foi identificada como *O. platensis* (1700 m) e a outra como *O. steffenii* (1900 m). *Oudemansiella platensis* (sinônimo: *O. canarii*) é uma espécie comestível, cujo cultivo já foi estudado no Brasil (Ruegger et al., 2001) e outros países (Petersen et al., 2008; Wang et al., 2015; Xu et al., 2016). Trata-se de um gênero de interesse muito recente na história dos cogumelos comestíveis no mundo (Magingo et al., 2004).

Além dos gêneros potencialmente micorrízicos, foram encontrados também gêneros conhecidos por abrigar algumas das espécies de cogumelos comestíveis já conhecidas. Espécimes de *Agaricus* foram encontrados em todas as cotas de altitude, enquanto que os *Auricularia* e *Favolus brasiliensis* foram encontrados apenas a 1500 e 1700 m, respectivamente. *Favolus brasiliensis* é uma das espécies de cogumelos comestíveis consumidos pelos povos Yanomami da região amazônica (Sanuma et al., 2016).

5.5 Cogumelos como bio-indicadores do potencial de conservação

Alguns gêneros de cogumelos foram observados em apenas duas cotas de altitude. Dentre estes gêneros, um chamou a atenção: *Cystolepiota*. Este gênero abriga a espécie *C. bucknallii*, uma espécie rara de cogumelo, encontrada em países da Europa central ou do norte (Zecchin, 2000). Normalmente, a sua ocorrência tem sido registrada em comunidades contendo uma diversidade de outras espécies raras (Gierczyk et al., 2011; Vellinga, 2004). Por isso, esses cogumelos podem servir como um indicador do potencial de conservação de um ambiente. Estudos futuros poderiam ser direcionados para este propósito, não apenas dentro deste gênero, mas de outros, nos quais poderiam ser identificadas espécies com potencial de utilização como bioindicadores. Encontrar um grande número de espécimes de um cogumelo desse tipo pode servir para indicar se um ambiente está sofrendo impactos antrópicos ou até naturais, capazes de trazer um desequilíbrio dos fatores físico-químicos ambientais necessários para manter a complexa rede de interações entre as diferentes espécies animais, plantas e microrganismos. Portanto, investir na identificação das espécies deste gênero na região da Serra da Mantiqueira poderá ser de grande valor científico no futuro. Evidentemente, outros gêneros podem abrigar igualmente espécies com este

potencial. Por isso, a identificação e catálogo de espécies vegetais que sirvam como referência para ambientes conservados, será, também, importante para o avanço do estudo dos cogumelos silvestres como uma ferramenta com um propósito conservacionista.

6 Conclusões

A área estudada na Serra da Mantiqueira se mostrou rica e diversa em relação às espécies de cogumelos.

A riqueza de espécies dos cogumelos pareceu não ter sido influenciada de maneira evidente pelas diferentes cotas de altitude do presente trabalho. Mas foi fortemente influenciada pelo efeito temporal entre as diferentes coletas.

A altitude influenciou fortemente a composição da comunidade de cogumelos. Houve, assim, uma substituição das morfoespécies com variação altitudinal. Alguns gêneros, tais como *Gymnopus* e *Mycena* apresentaram-se bem distribuídos entre as cotas de altitude, enquanto outros foram observados em apenas uma ou duas cotas. A maioria das morfoespécies amostradas foi considerada de ocorrência rara para este local de estudo, indicando que há uma grande heterogeneidade florística demonstrada pela baixa similaridade das parcelas.

As variáveis ambientais como umidade do solo, umidade relativa do ar no momento da coleta, e as temperaturas médias mensais mais altas exerceram influência sobre a riqueza dos cogumelos. E, quanto maiores foram esses valores maiores foram os valores de riqueza.

Gêneros que abrigam fungos micorrízicos de espécies florestais exóticas foram observados em todas as cotas de altitude, bem como gêneros conhecidos por abrigar espécies de cogumelos comestíveis relatados em países temperados.

Para alguns gêneros ou morfoespécies, tais como *Gymnopus*, *Pholiotina*, *Agrocybe* e *Polyporus leprieuri*, este foi o primeiro registro para o estado de Minas Gerais. Para gêneros *Entoloma* e *Leucopaxilus*, este foi o segundo registro.

Inúmeros espécimes não puderam ser identificados ao nível de espécie, indicando que futuras análises microscópicas e moleculares revelarão também novas espécies de cogumelos silvestres.

7 Referências

Agritempo, 2020. Disponível em:
<https://www.agritempo.gov.br/agritempo/jsp/PesquisaClima/index.jsp?siglaUF=MG>.
Acesso em: 30 de Fevereiro de 2020.

- Alday, J. G., De Aragón, J. M., de-Miguel, S., Bonet, J. A., 2017. Mushroom biomass and diversity are driven by different spatio-temporal scales along Mediterranean elevation gradients. *Scientific reports*, 7(1), 1-11.
- Alfredo, D. S., Sousa, J. O., Souza, E. J., Conrado, L.M.N. Baseia, I.G., 2016. Novelty of gasteroid fungi, earthstars and puffballs, from the Brazilian Atlantic rainforest. *Anales Jard. Bot. Madrid* 73(2): e045.
- Alves, C. R., Urcelay, C., da Silveira, R. M. B., 2018. Indicator species and community structure of gasteroid fungi (Agaricomycetes, Basidiomycota) in ecosystems of the Atlantic Forest in southern Brazil. *Brazilian Journal of Botany*, 41(3), 641-651.
- Andrew, E. E., Kinge, T. R., Tabi, E. M., Thiobal, N., & Mih, A. M., 2013. Diversity and distribution of macrofungi (mushrooms) in the Mount Cameroon Region. *Journal of Ecology and The Natural Environment*, 5(10), 318-334.
- Barton, K., 2016. MuMIn: multi-model inference. R package ver. 1.15. 6.
- Bates, D., Mächler, M., Bolker, B., Walker, S., 2014. Fitting linear mixed-effects models using lme4. arXiv preprint arXiv:1406.5823.
- Boddy, L. et al., 2014. Climate variation effects on fungal fruiting. *Fungal Ecology*, 10, 20-33.
- Bononi, V. L. R., Oliveira, A. K. M. D., Gugliotta, A. D. M., Quevedo, J. R. D., 2017. Diversidade de Agaricomycetes (Basidiomycota, Fungi) em uma área protegida nas Montanhas de Maracaju, na região central do Brasil. *Hoehnea*, 44(3), 361-377.
- Borges, H. B. N.; Shepherd, G. J., 2005. Flora e estrutura do estrato lenhoso numa comunidade de Cerrado em Santo Antônio do Leverger, MT, Brasil. *Brazilian Journal of Botany*, 28(1), 61-74.
- Brower, J. E., Zar, J. H., Von Ende, C. N., 1984. *Field and laboratory methods for general ecology*, Iowa.
- Bryant, J. A., Lamanna, C., Morlon, H., Kerkhoff, A. J., Enquist, B. J., Green, J. L., 2008. Microbes on mountainsides/: contrasting elevational patterns of bacterial and plant diversity. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105 (Supplement1), 11505-11511.
- Cavalcante, F. S. A., Campos, M. C. C., de Lima, J. P. S., 2020. Studies of fungi in the state of Amazonas, Brazil in the last 10 years. *Ciência e Natura*, 42, 38.
- Chang, E. H., Chen, T. H., Tian, G., Chiu, C. Y., 2016. The effect of altitudinal gradient on soil microbial community activity and structure in moso bamboo plantations. *Applied soil ecology*, 98, 213-220.
- Costa, C., Herrmann, G., 2006. Plano de ação do corredor ecológico da Mantiqueira. *Valor Natural*, Belo Horizonte, 64p.
- Dias, E. S., 2010. Mushroom cultivation in Brazil: challenges and potential for growth. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, 34(4), p.795-803.
- Dias, E. S., Abe, C., Schwan, R. F., 2004. Truths and myths about the mushroom *Agaricus blazei*. *Scientia Agricola*, 61(5), 545-549.
- Djukic, I., Zehetner, F., Mentler, A., Gerzabek, M. H., 2010. Microbial community composition and activity in different Alpine vegetation zones. *Soil Biology and Biochemistry*, 42(2), 155-161.
- Drummond, G. M., Martins, C. S., Machado, A. M., Sebaio, F. A., Antonini, Y. O., 2005. *Biodiversidade em Minas Gerais: um atlas para sua conservação*. Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas, 2.
- Embrapa, 1997. *Manual de métodos de análise de solo*. Rio de Janeiro, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro Nacional de Pesquisa de Solos.

- Ferreira, D. F., 2011. Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência e agrotecnologia*, 35(6), 1039-1042.
- Fierer, N., McCain, C. M., Meir, P., Zimmermann, M., Rapp, J. M., Silman, M. R., Knight, R., 2011. Microbes do not follow the elevational diversity patterns of plants and animals. *Ecology*, 92(4), 797-804.
- Figueirêdo, V. R. D., Dias, E. S., 2014. Cultivo do champignon em função da temperatura. *Ciência Rural*, 44(2), 241-246.
- Forzza, R. C., Leitman, P. M., Costa, A., Carvalho Jr, A. A. D., Peixoto, A. L., Walter, B. M. T.; Martinelli, G., 2010. Catálogo de plantas e fungos do Brasil. 1, JBJR.
- Freire, C. G., Giachini, A. J., Gardin, J. P. P., Rodrigues, A. C., Vieira, R. L., Baratto, C. M., ... e Abreu, B. H., 2018. First record of in vitro formation of ectomycorrhizae in *Psidium cattleianum* Sabine, a native Myrtaceae of the Brazilian Atlantic Forest. *Plos One*, 13(5), e0196984.
- Fundação SOS Mata Atlântica, 2020. Novos Dados sobre a Situação da Mata Atlântica. Acesso em: <<https://www.sosma.org.br/sobre/relatorios-e-balancos/>>. Acessado em 06 de Junho de 2020.
- Gai, J. P., Tian, H., Yang, F. Y., Christie, P., Li, X. L., Klironomos, J. N., 2012. Arbuscular mycorrhizal fungal diversity along a Tibetan elevation gradient. *Pedobiologia*, 55(3), 145-151.
- Geml, J., Pastor, N., Fernandez, L., Pacheco, S., Semenova, T. A., Becerra, A. G., Wicaksono, C.Y., Nouhra, E.R., Nouhra, E. R., 2014. Large-scale fungal diversity assessment in the Andean Yungas forests reveals strong community turnover among forest types along an altitudinal gradient. *Molecular Ecology*, 23(10), 2452-2472.
- Gibertoni, T. B., Medeiros, P. S., Soares, A. M., Gomes-Silva, A. C., Santos, P. J., Sotão, H. M., Ferreira, L.V., Savino, E., 2016. The distribution of polypore fungi in endemism centres in Brazilian Amazonia. *Fungal ecology*, 20, 1-6.
- Gierczyk, B., Kujawa, A., Szczepkowski, A., Chachula, P. 2011. Rare species of *Lepiota* and related genera. *Acta Mycologica*, 46(2).
- Gómez-Hernández, M., Williams-Linera, G., 2011. Diversity of macromycetes determined by tree species, vegetation structure, and microenvironment in tropical cloud forests in Veracruz, Mexico. *Botany*, 89(3), 203-216.
- Guedes, J., Krupek, R. A., 2016. Florística e fitossociologia do componente arbóreo de um fragmento de floresta ombrófila densa do estado de São Paulo. *Acta Biológica Catarinense*, 3(1), 12-24.
- Hartig, F., 2017. DHARMA: residual diagnostics for hierarchical (multi-level/mixed) regression models. R package version 0.1, 5.
- Hawkes, C. V., Kivlin, S. N., Rocca, J. D., Huguet, V., Thomsen, M. A., Suttle, K. B., 2011. Fungal community responses to precipitation. *Global Change Biology*, 17(4), 1637-1645.
- Hubbell, S.P., 2006. Neutral theory and the evolution of ecological equivalence. *Ecology* 87, 1397-1398.
- Hubbell, S.P., 2001. The united neutral theory of biodiversity and biogeography. University Press, Princeton. 396.
- Jia, H. R., Chen, Y., Yuan, Z. L., Ye, Y. Z., and Huang, Q. C., 2015. Effects of environmental and spatial heterogeneity on tree community assembly in Baotianman National Nature Reserve, Henan, China. *Pol. J. Ecol.* 63, 175–183.
- Klink, C. A., Machado, R. B., 2005. A conservação do Cerrado brasileiro. *Megadiversidade*, 1(1), p. 147-155.

- Komura, D. L., Moncalvo, J. M., Dambros, C. S., Bento, L. S., Neves, M. A., Zartman, C. E., 2017. How do seasonality, substrate, and management history influence macrofungal fruiting assemblages in a central Amazonian Forest?. *Biotropica*, 49(5), 643-652.
- Köppen, W. das., 1936. Das geographische system der klimat. *Handbuch der klimatologie*, p. 46.
- Körner, C. 2007. The use of 'altitude' in ecological research. *Trends in ecology and evolution*, 22(11), 569-574.
- Kuznetsova, A., Brockhoff, P. B., Christensen, R. H. B., 2016. lmerTest: Tests in linear mixed effects models (R package version 2.0-33)[Computer software].
- Lamprecht, H., 1990. *Silvicultura nos trópicos: ecossistemas florestais e respectivas espécies arbóreas*. Eschborn: GTZ.
- Largent, D. L., 1986. How to identify mushrooms to genus I: macroscopic features. *Mad River. Eureka*, 166.
- Lindblad, I., 2000. Host specificity of some wood-inhabiting fungi in a tropical forest. *Mycologia*, 92 (3), 399-405.
- Liu, D., Liu, G., Chen, L., Wang, J., Zhang, L., 2018. Soil pH determines fungal diversity along an elevation gradient in Southwestern China. *Science China Life Sciences*, 61(6), 718-726.
- Lodge, D. J., 1993, January. Nutrient cycling by fungi in wet tropical forests. In *British Mycological Society Symposium Series*, 19, 37-37. Cambridge University Press.
- Lodge, D. J., Cantrell, S., 1995. Fungal communities in wet tropical forests: variation in time and space. *Canadian Journal of Botany*, 73(S1), 1391-1398.
- Luo, X., Karunarathna, S. C., Luo, Y. H., Xu, K., Xu, J. C., Chamyuang, S., Mortimer, P. E., 2016. Drivers of macrofungal composition and distribution in Yulong Snow Mountain, southwest China.
- Magingo, N. M. Oriyo, A.K. Kivaisi, E. Danell., 2004. Cultivation of *Oudemansiella tanzanica* nom. prov. on agricultural solid wastes in Tanzania *Mycologia*, 96 (2004), pp. 197-204.
- Magnago, A. C., Neves, M. A., Silveira, R. M. B., 2019. *Boletellus nordestinus* (Boletaceae, Boletales), a new species from Northeastern Atlantic Forest, Brazil. *Studies in Fungi*, 4, 47-53.
- Maia, L. C., Carvalho Júnior, A. A. D., Cavalcanti, L. D. H., Gugliotta, A. D. M., Drechsler-Santos, E. R., Santiago, A. L. D. A., ... e Soares, A. M. D. S., 2015. Diversity of Brazilian fungi. *Rodriguésia*, 66(4), 1033-1045.
- Mariano, R. F. et al., 2019. Myrtaceae em uma floresta tropical montana nebulosa na serra da Mantiqueira, sudeste do Brasil. In: *Meio Ambiente, Sustentabilidade e Agroecologia*, Atena editora, Ponta Grossa, Rio Grande do Sul, 5.
- Martiny, J. B. H., Bohannan, B. J., Brown, J. H., Colwell, R. K., Fuhrman, J. A., Green, J. L., Horner-Devine, M. C., Kane, M., Krumins, J. A., Kuske, C. R., Morin, P. J., Naeem, S., Øvreås, L., Reysenbach, A. L., Smith, V. H., Staley, J. T., 2006. Microbial biogeography: putting microorganisms on the map. *Nature Reviews Microbiology*, 4(2), 102-112.
- Matos, D. C. L., Ferreira, L. V.; Salomão, R. D. P., 2013. Influência da distância geográfica na riqueza e composição de espécies arbóreas em uma Floresta Ombrófila Densa na Amazônia Oriental. *Rodriguésia*, 64(2), 357-367.
- Mendonça, M. P., Lins, L. V., 2000. Lista vermelha das espécies ameaçadas de extinção da flora de Minas Gerais. Fundação Biodiversitas.

- Menolli, N., Sánchez-García, M., 2019. Brazilian fungal diversity represented by DNA markers generated over 20 years. *Brazilian Journal of Microbiology*, 1-21.
- Mittermeier, R. A., Gil, P. R., Hoffman, M., Pilgrim, J., Brooks, T., Mittermeier, C. G., Saligmann, P. A., 2004. Hotspots Revisited: Earth's Biologically Richest and Most Endangered Terrestrial Ecoregions Cemex. Mexico City.
- Mittermeier, R. A., Gil, P., Hoffman, M., Pilgrim, J., Brooks, T., Mittermeier, C. G., 1999. Earth's biologically richest and most endangered terrestrial ecoregions. México: CEMEX.
- Miyamoto, Y., Nakano, T., Hattori, M., Nara, K., 2014. The mid-domain effect in ectomycorrhizal fungi: range overlap along an elevation gradient on Mount Fuji, Japan. *The ISME journal*, 8(8), 1739-1746.
- Mueller-Dombois, D.; Ellenberg, H., 1974. Aims and methods of vegetation ecology.
- Myers, N., Mittermeier, R. A., Mittermeier, C. G., Da Fonseca, G. A., Kent, J., 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403(6772), 853.
- Nouhra, E. R., Urcelay, C., Longo, M. S., Fontenla, S., 2012. Differential hypogeous sporocarp production from *Nothofagus dombeyi* and *N. pumilio* forests in southern Argentina. *Mycologia*, 104(1), 45-52.
- Oksanen, J., Blanchet, F. G., Friendly, M., Kindt, R., Legendre, P., McGlenn, D., ...e Solymos, P., 2019. *vegan: Community Ecology Package*. R package version 2.5. 4.
- Oliveira-Filho, A. T., 2009. Classificação das fitofisionomias da América do Sul cisandina tropical e subtropical: proposta de um novo sistema – prático e flexível – ou uma injeção a mais de caos? *Rodriguésia*, Rio de Janeiro, 60 (2), 237-258.
- Pane, E., 2001. Estudo hidrológico, hidrogeológico e geofísico no Município de Itamonte-MG. 2001, 84 p. Dissertação (Mestrado em Geociências) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- Petersen, R. H., Desjardin, D. E., Krüger, D., 2008. Three type specimens designated in *Oudemansiella*. *Fungal Diversity*, 32, 81-96.
- Pires, R. M., Motato-Vásquez, V., Westphalen, M. C., Gugliotta, A. D. M., 2017. Polyporales and similar poroid genera (Basidiomycota) from Parque Estadual da Serra do Mar, São Paulo State, Brazil. *Hoehnea*, 44(1), 145-157.
- Pompeu, P. V., Fontes, M. A. L., Santos, R. M. D., Garcia, P. O., Batista, T. A., Carvalho, W. A. C., Oliveira Filho, A. T. D., 2014. Floristic composition and structure of an upper montane cloud forest in the Serra da Mantiqueira Mountain Range of Brazil. *Acta Botanica Brasilica*, 28(3), 456-464.
- Putzke, Putzke, M. T. L., 2018. Cogumelos (fungos Agaricales) no Brasil. Volume II.
- Rezende, C. L. de, U., A., Scarano, F. R., Araujo, D. S. D., 2015. Atlantic Forest spontaneous regeneration at landscape scale. *Biodiversity and conservation*, 24(9), 2255-2272.
- Rincón, A., Santamaría-Pérez, B., Rabasa, S. G., Coince, A., Marçais, B., Buée, M., 2015. Compartmentalized and contrasted response of ectomycorrhizal and soil fungal communities of Scots pine forests along elevation gradients in France and Spain. *Environmental microbiology*, 17(8), 3009-3024.
- Rosa, L. H., Capelari, M., 2009. Agaricales fungi from Atlantic rain forest fragments in Minas Gerais, Brazil. *Brazilian Journal of Microbiology*, 40 (4), 846-851.
- Rojas-Jimenez, K., Hernandez, M., Blanco, J., Vargas, L. D., Acosta-Vargas, L. G., Tamayo, G., 2016. Richness of cultivable endophytic fungi along an altitudinal gradient in wet forests of Costa Rica. *Fungal Ecology*, 20, 124-131.

- Ruotsalainen, A. L., Väre, H., Oksanen, J., Tuomi, J. 2004. Root fungus colonization along an altitudinal gradient in North Norway. *Arctic, Antarctic, and Alpine Research*, 36(2), 239-243.
- Ruegger, M. J. S., Tornisielo, S. M. T., Bononi, V. L. R., Capelari, M., 2001. Cultivation of the edible mushroom *Oudemansiella canarii* (Jungh.) Höhn. in lignocellulosic substrates. *Brazilian Journal of Microbiology*, 32(3), 211-214.
- Ruiz-Almenara, C., Gándara, E., Gómez-Hernández, M., 2019. Comparison of diversity and composition of macrofungal species between intensive mushroom harvesting and non-harvesting areas in Oaxaca, Mexico. *PeerJ*, 7, e8325.
- Ruthner, R. R., Sevegnani, L., 2012. Teores de carbono armazenado no solo e na serapilheira sob floresta ombrófila densa de terras baixas e submontana do Vale do Itajaí, SC. *Revista Científica Semana Acadêmica*, 8(1).
- Sanuma, O. I., Tokimoto, K., Sanuma, C., Autuori, J., Sanuma, L. R., Sanuma, M., ... e Apiammö, R. S., 2016. Ana amopö-Cogumelos. *Enciclopédia dos alimentos Yanomami (Sanöma)*. Instituto Socioambiental. São Paulo, Brasil.
- Sawczuk, A. R., Figueiredo Filho, A., Dias, A. N., Watzlawick, L. F., Stepka, T. F., 2014. Alterações na estrutura horizontal, no período de 2002-2008, em Floresta Ombrófila Mista no centro-sul do estado do Paraná. *Ciência florestal*, 24(1), 149-160.
- Schnittler, M., Stephenson, S. L., 2000. Myxomycete biodiversity in four different forest types in Costa Rica. *Mycologia*, 92 (4), 626- 637.
- Shetie, G. M., Dondeyne, S., Nyssen, J., Vancampenhout, K., Deckers, J., 2017. Elucidating woody vegetation patterns in relation to soil and topography in tropical Africa: the case of Nech Sar National Park (Ethiopia). *Plant Ecology and Evolution*, 150(1), 45-58.
- Silva, J. D., Casteleti, C. H. M., 2005. Estado da biodiversidade da Mata Atlântica brasileira. *Mata Atlântica: biodiversidade, ameaças e perspectivas*, 43-59.
- Silva, L. L., Silva, L. B., Xavier-Santos, S., 2020. Poroid fungi (Agaricomycetes, Basidiomycota) from Floresta Nacional de Silvânia – a conservation unit of Brazilian Savanna. *Microbial Biosystems*, 5(1).
- Silva-Filho, A. G., Baroni, T. J., Komura, D. L., Moncalvo, J. M., Baseia, I. G., Wartchow, F., 2020. *Rhodocybe fusipes* (Entolomataceae), a new species from Amazonian ‘terra-firme’ forest of Brazil. *Sydowia*, 72, 163.
- Specieslink, 2019. Disponível em: <<http://www.splink.org.br>>. (Acessado em 12 de Novembro de 2019)
- Stehmann, J.R., Sobral, M., 2009. Fanerógamas. In: Drummond, G. M., Martins, C. S., Greco, M. B., Vieira, F. (eds.). *Biota Minas – Diagnóstico do conhecimento sobre a biodiversidade no estado de Minas Gerais, subsídio ao programa Biota Minas*. Fundação Biodiversitas, Belo Horizonte. Pp. 355-374.
- Sulzbacher, M. A., Grebenc, T., Bevilacqua, C. B., Steffen, R. B., Coelho, G., Silveira, A. O., ... e Antonioli, Z. I., 2018. Co-invasion of ectomycorrhizal fungi in the Brazilian Pampa biome. *Applied soil ecology*, 130, 194-201.
- Sulzbacher, M. A., Giachini, A. J., Grebenc, T., Silva, B. D. B., Gurgel, F. E., Loiola, M. I. B., ... e Baseia, I. G., 2013. A survey of an ectotrophic sand dune forest in the northeast Brazil. *Mycosphere*, 4(6), 1106-1115.
- Systat, Sigma Plot., 2008. Version 10.0. Systat Software Inc., San Jose, CA.
- Tabarelli, M. A. R. C. E. L. O., Pinto, L. P., Silva, J. M. C., Hirota, M. M., Bedê, L. C., 2005. Desafios e oportunidades para a conservação da biodiversidade na Mata Atlântica brasileira. *Megadiversidade*, 1(1), 132-138.

- Team, R. Core., 2017. R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. R Found. Stat. Comput. Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>, page R Foundation for Statistical Computing, 2017.
- Tedersoo, L., Bahram, M., Põlme, S., Kõljalg, U., Yorou, N. S., Wijesundera, R., Ruiz L. V., Vasco-Palacios, A. M., Thu, P. Q., Suija, A., 2014. Global diversity and geography of soil fungi. *science*, 346(6213), 1256688.
- Tian, J., Wu, B., Chen, H., Jiang, N., Kang, X., Liu, X., 2017. Patterns and drivers of fungal diversity along an altitudinal gradient on Mount Gongga, China. *Journal of Soils and Sediments*, 17(12), 2856-2865.
- Trierveiler-Pereira, L., Santos, P. J., Baseia, I. G., 2013. Ecological aspects of epigeous gasteromycetes (Agaricomycetes, Basidiomycota) in four remnants of the Brazilian Atlantic Forest. *fungus ecology*, 6(6), 471-478.
- Vellinga, E. C., 2004. Ecology and distribution of Lepiotaceous fungi (Agaricaceae) -A Review. *Nova Hedwigia*, 78(3-4), 273-299.
- Van Nuland, M. E., Peay, K. G., 2020. Symbiotic niche mapping reveals functional specialization by two ectomycorrhizal fungi that expands the host plant niche.
- Vanegas-León, M. L., Sulzbacher, M. A., Rinaldi, A. C., Roy, M., Selosse, M. A., Neves, M. A., 2019. Are Trechisporales ectomycorrhizal or non-mycorrhizal root endophytes?. *Mycological Progress*, 18(9), 1231-1240.
- Veloso, H. P., Rangel-Filho, A. L. R., Lima, J. C. A., 1991. Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal. Ibge.
- Vieira, S. A., Alves, L. F., Duarte-Neto, P. J., Martins, S. C., Veiga, L. G., Scaranello, M. A., Picollo, M. C., Camargo, P. B., Do Carmo, J. B., Neto, E. S., Santos, F. A. M., Joly, C. A., Martinelli, F. A., 2011. Stocks of carbon and nitrogen and partitioning between above-and belowground pools in the Brazilian coastal Atlantic Forest elevation range. *Ecology and Evolution*, 1(3), 421-434.
- Vildoso, C. I. A., 2009. Cogumelos em mudas cítricas. Tese de doutorado (Doutorado em Ciências). 183 p., Escola superior de agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.
- Vlk, L., Tedersoo, L., Antl, T., Větrovský, T., Abarenkov, K., Pergl, J., Albrechtová, J., Vosátka, M., Baldrian, P., Pyšek, P., Kohout, P., 2020. Early successional ectomycorrhizal fungi are more likely to naturalize outside their native range than other ectomycorrhizal fungi. *New Phytologist*.
- Xu, F., Li, Z., Liu, Y., Rong, C., Wang, S., 2016. Evaluation of edible mushroom *Oudemansiella canarii* cultivation on different lignocellulosic substrates. *Saudi journal of biological sciences*, 23(5), 607-613.
- Yang, X., Luedeling, E., Chen, G., Hyde, K. D., Yang, Y., Zhou, D., Xu, J.; Yang, Y., 2012. Climate change effects fruiting of the prize matsutake mushroom in China. *Fungal Diversity*, 56(1), 189-198.
- Wang, J. T., Zheng, Y. M., Hu, H. W., Zhang, L. M., Li, J., He, J. Z., 2015. Soil pH determines the alpha diversity but not beta diversity of soil fungal community along altitude in a typical Tibetan forest ecosystem. *Journal of Soils and Sediments*, 15(5), 1224-1232.
- Weber, O. B., da Silva, M. C. B., da Silva, C. F., Correia, D., dos Santos Garruti, D., Pagano, M. C., 2020. Diversity of mycorrhizal fungi and soil indicative species in coastal plantations of northeast Brazil. *Journal of Forestry Research*, 1-9.
- Webster, G. L., 1995. The panorama of Neotropical cloud forests. *Biodiversity and conservation of Neotropical montane forests*.

- Wickham, H., Chang, W., 2016. RStudio, 2016. Ggplot2: an implementation of the grammar of graphics. R Package version, 2 (0).
- Wright, A. J., De Kroon, H., Visser, E. J., Buchmann, T., Ebeling, A., Eisenhauer, N., Weigelt, A., Weisser, W., A. C. J. L., Mommer, L., 2017. Plants are less negatively affected by flooding when growing in species-rich plant communities. *New Phytologist*, 213(2), 645-656.
- Zecchin, G., 2000. The genus *Cystolepiota* in Friuli. *Rivista di Micologia*, 43(2), 147-165.
- Zhang, Y., Zhou, D. Q., Zhao, Q., Zhou, T. X., Hyde, K. D., 2010. Diversity and ecological distribution of macrofungi in the Laojun Mountain region, southwestern China. *Biodiversity and conservation*, 19(12), 3545-356.

Anexos

Anexo 1. Análise de variância da riqueza de cogumelos em diferentes cotas altitudinais.

Cotas de altitude (m)	Estimativa	Pr(> z)
1500	2,35	1,621 ⁻⁴ ***
1700	0,11	0,795
1900	-0,11	0,786
2100	0,05	0,901

***significativo à 0,001%, **significativo à 0,01 % e *significativo à 0,05 %.

Anexo 2. Análise de variância da Riqueza de cogumelos em diferentes épocas de coletas.

Épocas de coletas	Estimativa	Pr(> z)
Junho – 2018	0,73	0,00605**
Outubro – 2018	2,27	4,05 ⁻¹² ***
Dezembro – 2018	0,90	0,0085**
Março – 2019	1,99	1,50 ⁻⁰⁹ ***

***significativo à 0,001%, **significativo à 0,01 % e *significativo à 0,05 %.

Anexo 3. Análise de variância da equabilidade dos cogumelos em diferentes épocas de coleta.

Épocas de coletas	Estimativa	Pr(> z)
Junho – 2018	0,40	1,94 ⁻⁰⁵ ***
Outubro – 2018	0,26	0,030*
Dezembro – 2018	0,44	0,001***
Março – 2019	0,46	0,0003***

***significativo à 0,001%, **significativo à 0,01 % e *significativo à 0,05 %.

Anexo 4. Análise de variância da riqueza de cogumelos em diferentes variáveis ambientais.

Umidade do solo (%)		
Coefficientes	Estimativa	Pr(> z)
“Intercept”	1,92	5,71 ⁻⁰⁶ ***

Umidade do solo	0,005	0,26
Umidade do ar (%)		
Coefficientes	Estimativa	Pr(> z)
“Intercept”	-5,03	0,0001***
Umidade do ar	0,11	1,67 ⁻⁰⁸ ***
Temperatura do ambiente no momento de coleta		
Coefficientes	Estimativa	Pr(> z)
“Intercept”	4,59	4,26 ⁻⁰⁵ ***
Temperatura do ambiente	-0,12	0,04*
pH (H₂O)		
Coefficientes	Estimativa	Pr(> z)
“Intercept”	2,39	0,24
pH	-0,004	0,99
Matéria orgânica do solo (dag.kg⁻¹)		
Coefficientes	Estimativa	Pr(> z)
“Intercept”	2,30	3,67 ⁻⁰⁷ ***
Matéria orgânica	0,01	0,87
Precipitação pluviométrica total mensal (mm)		
Coefficientes	Estimativa	Pr(> z)
“Intercept”	1,99	6,27 ⁻¹³ ***
Precipitação	0,004	0,13
Temperatura média mensal (°C)		
Coefficientes	Estimativa	Pr(> z)
“Intercept”	-5,78	0,001**
Temperatura	0,39	6,53 ⁻⁰⁶ ***

***significativo à 0,001%, **significativo à 0,01 % e *significativo à 0,05 %.

Anexo 5. Tabela de correlação entre as variáveis ambientais

	Umidade do solo	Umidade do ar	Temperatura do ambiente	pH	Matéria orgânica	Precipitação pluviométrica total mensal	Temperatura média mensal
Umidade do solo	1	0,03	-0,1	-0,4	0,43	0,08	0,14
Umidade do ar		1	-0,31	0,11	-0,1	0,44	0,63
Temperatura do ambiente			1	0,31	-0,36	0,23	0,3
pH				1	-0,9	0	0
Matéria orgânica					1	0	0
Precipitação pluviométrica total mensal						1	0,7
Temperatura média mensal							1

Anexo 6. Teste de agrupamento das parcelas. As parcelas não agruparam.

