



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA



Dissertação de Mestrado

INTERAÇÃO TRÓFICA ENTRE COLEOPTERA E BASIDIOMAS DE  
POLYPORALES E HYMENOGAETALES (FUNGI: BASIDIOMYCOTA)

LETÍCIA VANESSA GRAF

Porto Alegre, abril de 2008.

# INTERAÇÃO TRÓFICA ENTRE COLEOPTERA E BASIDIOMAS DE POLYPORALES E HYMENOGASTRALES (FUNGI: BASIDIOMYCOTA)

Letícia Vanessa Graf

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia, do Instituto de Biociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ecologia.

Orientadora: Profa. Dra. Flávia Nogueira de Sá

Co-orientadora: Profa. Dra. Rosa Mara B. da Silva

Comissão Examinadora:

Prof. Dr. Adriano Sanches Melo

Prof. Dr. Carlos Roberto Sorensen Dutra da Fonseca

Prof. Dr. Milton de Souza Mendonça Júnior

Porto Alegre, abril de 2008.

“The way your heart sounds  
makes all the difference  
It’s what decide if you’ll endure  
the pain that we all feel  
The way your heart beats  
makes all the difference  
In learning to live”  
Dream Theater

Dedicatória:

Aos meus pais, por sempre apoiarem minhas decisões pessoais e profissionais, mesmo que  
elas parecessem não fazer muito sentido...

Ao Luisi Peters, meu amor e companheiro de muitas aventuras.

Às minhas irmãs Christie e Juliana, pela ótima amizade que temos e por quem sempre terei  
respeito e carinho.

## AGRADECIMENTOS:

À CAPES pela bolsa de estudo durante todo o curso e ao DEPARTAMENTO DE ECOLOGIA DA UFRGS, que também me financiou em algumas ocasiões.

À minha orientadora FLÁVIA NOGUEIRA DE SÁ, que me auxiliou a definir o projeto e que se interessou por este novo assunto que abordei.

Às minhas grandes colegas de laboratório, EDILENA SPERB, FABRÍCIA BARBIERI e DANIELA SOARES RIVALDO, pois sem elas não conseguiria cuidar de todo o material no laboratório. Admiro muito a responsabilidade que tiveram durante este projeto, mesmo durante o período de férias, muito obrigada por tornarem as tardes de triagem mais alegres.

À minha co-orientadora ROSA MARA B. DA SILVEIRA e aos colegas do laboratório de micologia, MATEUS RECK e PAULA S. DA SILVA, que identificaram o material e que acreditaram que é possível desenvolver um trabalho de Ecologia com fungos.

Ao LUCIANO DE A. MOURA, que identificou as famílias de besouros e que me incentivou desde o primeiro momento a continuar trabalhando com estes pequenos e interessantes insetos.

Ao CRISTIANO LOPES-ANDRADE, que aceitou identificar as espécies de besouros da Família Ciidae para este projeto.

Ao LEANDRO DUARTE e ao ADRIANO S. MELO que me auxiliaram nas análises estatísticas do trabalho.

Aos colegas de mestrado, com quem partilhei muitas conversas filosóficas sobre Ecologia. Desejo um agradecimento especial à CLÁUDIA BRANDT e à GRAZIELA IOB, companheiras de momentos bons e difíceis ao longo desses dois anos, por me ajudarem a contornar as dificuldades do trabalho, adoro vocês gurias. À VERA TROIAN, ANDRÉ BARBOSA, FLÁVIO RODRIGUES, HAIGH THEY E FERNANDO JONER, com quem também tive ótimos momentos ao longo do curso e alguns trabalhos em equipe, onde muitas vezes nos reunimos para aprender estatística...

Aos grandes professores do curso de Ecologia de Campo da Amazônia, que marcaram a minha vida acadêmica. Muito obrigado GLAUCO MACHADO, JOSÉ LUIS CAMARGO, ADRIANO S. MELO, PAULO DE MARCO E MARCO A. MELLO, pessoas que eu admiro pelo profissionalismo e pela vontade em educar e ensinar.

Aos incríveis COLEGAS E MONITORES DO CURSO DE ECOLOGIA DE CAMPO, com quem compartilhei momentos árdios (mas gostosos) de escrever e re-escrever relatórios e também com quem vivenciei inesquecíveis episódios na Amazônia Central! Como assistir a um lindo pôr do Sol no Rio Solimões, dormir em redes lado a lado, procurar opiliões a noite, “esvaziar o copinho” e tomar uns drinks no igarafest.

## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS .....	vii
LISTA DE TABELAS .....	viii
RESUMO .....	1
ABSTRACT .....	2
INTRODUÇÃO GERAL .....	3
<b>1º CAPÍTULO</b> .....	<b>9</b>
RESUMO .....	10
ABSTRACT .....	11
1 INTRODUÇÃO .....	12
2 MATERIAL E MÉTODO .....	
2.1 ÁREA DE ESTUDO .....	16
2.2 METODOLOGIA DE CAMPO .....	17
2.3 METODOLOGIA DE LABORATÓRIO .....	17
3 ANÁLISE DOS DADOS .....	19
4 RESULTADOS .....	21
5 DISCUSSÃO .....	28
6 CONCLUSÃO .....	32
<b>2º CAPÍTULO</b> .....	<b>33</b>
RESUMO .....	34
ABSTRACT .....	35
7 INTRODUÇÃO .....	36
8 MATERIAL E MÉTODO .....	
8.1 ÁREA DE ESTUDO .....	39
8.2 METODOLOGIA DE CAMPO .....	39
8.3 METODOLOGIA DE LABORATÓRIO .....	40
9 ANÁLISE DOS DADOS .....	41
10 RESULTADOS .....	45
11 DISCUSSÃO .....	49
12 CONCLUSÃO .....	53
REFERÊNCIAS .....	54
ANEXOS .....	64

# LISTA DE FIGURAS

## 1º CAPÍTULO

FIGURA 1 - CURVAS DE RAREFAÇÃO DA RIQUEZA DE BESOUROS PARA ALGUMAS ESPÉCIES DE FUNGOS .....	24
---	----

## 2º CAPÍTULO

FIGURA 1 - ANÁLISE DE AGRUPAMENTO: ESPÉCIES DA FAMÍLIA CIIDAE AGRUPADAS QUANTO ÀS RESPECTIVAS CLASSES DE CONSISTÊNCIA DOS FUNGOS HOSPEDEIROS .....	46
FIGURA 2 - ANÁLISE DE AGRUPAMENTO: ESPÉCIES DE TODAS AS FAMÍLIAS DE BESOUROS FUNGÍVOROS AGRUPADAS QUANTO ÀS RESPECTIVAS CLASSES DE CONSISTÊNCIA DOS FUNGOS HOSPEDEIROS .....	46
FIGURA 3 - ANÁLISE DE ORDENAÇÃO: ESPÉCIES DA FAMÍLIA CIIDAE ORDENADOS QUANTO ÀS RESPECTIVAS CLASSES DE CONSISTÊNCIA DOS FUNGOS HOSPEDEIROS .....	47
FIGURA 4 - ANÁLISE DE ORDENAÇÃO: ESPÉCIES DE TODAS AS FAMÍLIAS DE BESOUROS FUNGÍVOROS ORDENADOS QUANTO ÀS RESPECTIVAS CLASSES DE CONSISTÊNCIA DOS FUNGOS HOSPEDEIROS .....	47

## LISTA DE TABELAS

### 1º CAPÍTULO

TABELA 1 - LISTA DE ESPÉCIES DA FAMÍLIA CIIDAE .....	22
TABELA 2 - FREQUÊNCIA DE OCORRÊNCIA DAS ESPÉCIES DE FUNGOS QUE APRESENTARAM BESOUROS AO LONGO DAS OITO COLETAS .....	23
TABELA 3 – RIQUEZA ESTIMADA DE BESOUROS NAS ESPÉCIES DE FUNGOS E FATORES QUE PODEM INFLUENCIAR ESTES VALORES .....	25
TABELA 4 - ESPÉCIES DE BESOURO RELACIONADAS COM SEUS HÁBITOS ALIMENTARES, ESPÉCIE/FAMÍLIA DE HOSPEDEIRO E CLASSE DE CONSISTÊNCIA PREFERENCIAL.....	27

### 2º CAPÍTULO

TABELA 1 - CLASSIFICAÇÃO DAS ESPÉCIES DE FUNGO QUANTO À TAXONOMIA, SISTEMA HIFAL E CONSISTÊNCIA DOS BASIDIOMAS .....	44
--	----

### ANEXO

TABELA 1 – FREQUÊNCIA DE OCORRÊNCIA DE BESOUROS NAS RESPECTIVAS ESPÉCIES DE FUNGOS HOSPEDEIROS.....	64
---	----



# INTERAÇÃO TRÓFICA ENTRE COLEOPTERA E BASIDIOMAS DE POLYPORALES E HYMENOGHAETALES (FUNGI: BASIDIOMYCOTA)

## RESUMO

O consumo de qualquer parte do organismo de um fungo denomina-se fungivoria e são raros os estudos que abordam a temática da interação trófica entre suas estruturas reprodutivas (basidiomas) e os insetos. Mesmo que seja um hábito alimentar freqüente entre os coleópteros, com muitas famílias obrigatoriamente fungívoras, pouco se conhece sobre a estruturação dessa assembléia. Entretanto, sabe-se que existem preferências por determinadas espécies de fungos, tanto para a postura dos ovos quanto para o próprio consumo. Algumas questões que este estudo aborda referem-se à riqueza e à especificidade dos besouros fungívoros. Adicionalmente investigarei a influência da taxonomia dos fungos, bem como da consistência e do sistema hifal dos basidiomas para o processo de seleção que as espécies de besouros realizam. Também foi verificado se a posição taxonômica dos besouros está relacionada com o grupo de fungos que estes utilizam ou com a consistência dos seus basidiomas. Foram realizadas oito coletas em um ambiente de Floresta Ombrófila Mista no Estado do Rio Grande do Sul, obtendo-se 376 indivíduos das Ordens Polyporales e Hymenochaetales. Estes espécimes foram mantidos individualizados em laboratório por três meses para a constante retirada dos besouros adultos e então dissecados. Todos os fungos que apresentaram besouros fungívoros associados (N = 207) foram identificados e totalizaram 40 espécies. Os coleópteros totalizaram 447 ocorrências e foram classificados em 90 morfoespécies e 20 famílias, sendo Ciidae e Staphylinidae as mais representadas. Os basidiomas foram classificados quanto às suas classes de consistência seguindo um gradiente de durabilidade e rigidez. A riqueza de besouros variou conforme a espécie do hospedeiro e não foram encontrados fatores que influenciam a variação de riqueza de besouros em fungos. A especificidade dos besouros não apresentou relação com a longevidade dos basidiomas. Também se verificou que a posição taxonômica dos fungos, bem como a consistência dos basidiomas, interferem na escolha do hospedeiro pelos besouros. Além disso, se observou que besouros mais relacionados filogeneticamente não utilizam uma assembléia de fungos mais semelhante nem basidiomas com consistências semelhantes. Isso demonstra que a habilidade em consumir as mesmas espécies não está tão relacionada com a filogenia dos besouros como ocorre com os herbívoros.

**Palavras-chave:** fungivoria, orelha-de-pau, besouro, rigidez, riqueza.

# TROPHIC INTERACTION BETWEEN COLEOPTERA AND BASIDIOMES OF POLYPORALES AND HYMENOGASTRALES (FUNGI: BASIDIOMYCOTA)

## ABSTRACT

Fungivory is the consumption of any part of the fungi organism and just a few studies were done about the trophic interactions of its reproductive structures, so called basidiomes, and insects. Even though this is a disseminated habit among Coleoptera, which has many obligated fungivores families, little is known about its community organization. However, there have been works about feeding preferences and ovipositing sites of some fungi species. Some of the questions of this study refer to richness and specificity of fungivores beetles on their host. It was also investigated the influence of fungi taxonomy, basidiomes consistency and hyphal system for the selection process of the beetle species, as well as the importance of the taxonomic position of the beetles regarding the host group they use and the basidiome's consistency. The basidiomes of Polyporales and Hymenogastreales Orders were collected in an *Araucaria angustifolia* forest of Rio Grande do Sul State. It was obtained 376 fungal individuals, which were kept in the laboratory, individually separated in containers for three months, while the newly emerged beetles were captured, and the fungi were dissected afterwards. All individuals of fungi that had associations (207) were identified (40 species). It was found 447 occurrences of Coleoptera, which were classified in 90 morphospecies belonging to 20 families, with Ciidae and Staphylinidae being the most abundant. The basidiomes were classified by its consistency, following a longevity and hardness gradient. Beetle richness varied among fungal species and no factors that might influence the richness variation in fungi was found. Its specificity did not seem to be related to the longevity of the basidiomes. It was also verified that the fungus taxonomy as well as the consistency of its basidiomes demonstrated some importance for the process of host selection. Regarding the Coleoptera taxonomy, it was not verified that the more phylogenetic related ones use a more similar group of hosts or basidiomes that have similar consistency. This demonstrates that the ability to feed on the same species is not so related to the phylogeny of fungivore beetles as it occurs with herbivores.

**Key words:** fungivory, bracket fungi, beetle, hardness, co-occurrence, richness.

## INTRODUÇÃO GERAL

O Reino Fungi é responsável por degradar e reciclar praticamente toda a biomassa do planeta, papel este fundamental para a continuidade da vida (Watkinson *et al.*, 2006). Os fungos são organismos modulares e possuem assim crescimento ilimitado quando as condições ambientais são propícias (Harper *et al.*, 1986). Seu tecido vegetativo, denominado micélio, desenvolve-se radial e tridimensionalmente, transportando nutrientes a longas distâncias e os tornando disponíveis para todo o organismo (Watkinson *et al.*, 2006). Ele é formado por hifas, que são um conjunto de células com crescimento apical. À medida que os nutrientes ficam escassos em um local o fungo direciona crescimento em busca de uma região mais rica. Quando o substrato finalmente se exaure, as estruturas reprodutivas são formadas com a finalidade de dispersar o indivíduo através dos esporos ou entrar em dormência (Carlile, 1995). No caso das espécies pertencentes à Classe Basidiomycetes, estas estruturas são denominadas de basidiomas, sendo suas características estruturais e microscópicas utilizadas na classificação das espécies. São compostos em grande parte por hifas diferenciadas com funções de sustentação, condução e conectividade (Largent *et al.*, 1986). Apenas na região apical de algumas, em células denominadas basídios, ocorre a produção dos esporos (Staben, 1995).

A Subclasse Agaricomycetidae engloba algumas ordens com basidiocarpos distintos como Agaricales, Polyporales e Hymenochaetales (Kirk *et al.*, 2001). Pela classificação antiga estas duas últimas eram reunidas em uma única ordem, Aphyllophorales, que englobava entre outras famílias, Ganodermataceae, Polyporaceae e Hymenochaetaceae (Guerrero & Homrich, 1999). As duas primeiras estão atualmente incluídas na Ordem Polyporales e a última na Ordem Hymenochaetales (Kirk *et al.*, 2001). Ambas as ordens possuem espécies com basidiomas ressupinados (totalmente aderido ao substrato), efuso-reflexos (parcialmente aderido), ou com o formato de prateleiras semicirculares. O himenóforo (porção onde se encontra o himênio, a camada formadora de esporos) pode ser liso, dentado, plicado ou, mais freqüentemente, tubular (Putzke & Putzke, 2004). O himênio fica exposto

desde o início do desenvolvimento do basidioma, sendo a dispersão dos esporos ativa durante muito tempo. Os mais rígidos são conhecidos popularmente como orelhas-de-pau. Os cogumelos são classificados separadamente, pois são produzidos por fungos da Ordem Agaricales, que possuem geralmente consistência carnosa. O himênio destes se encontra nas lamelas, que se dispõem radialmente na superfície inferior do píleo (chapéu) e que ficam expostas, em muitas espécies, apenas após o rompimento do véu parcial (Guerrero & Homrich, 1999).

Os basidiomas podem ser separados quanto à consistência e ao sistema hifal que apresentam. As consistências mais comuns, seguindo um gradiente de rigidez são: carnosa, gelatinosa, membranosa, coriácea, cerosa, corticosa, sublenhosa e lenhosa (Largent, 1986; Silveira & Guerrero, 1991; Coelho, 1994; Ryvardeen & Iturriaga, 2003; Ryvardeen, 2004). O sistema hifal pode ser classificado como monomítico, dimítico ou trimítico, cada um destes tem combinações diferentes de hifas, que podem ser generativas, esqueletais e ligadoras (Putzke & Putzke, 2004). Se apenas as hifas generativas estiverem presentes ele é definido como monomítico, se tiver alguma outra em conjunto com esta, então é dimítico e, caso houver as três, é trimítico (Largent *et al.*, 1986). As generativas possuem parede fina e são as que formam os outros tipos de hifas e as demais estruturas do fungo, enquanto as esqueletais e as ligadoras possuem parede grossa e aumentam a resistência dos basidiomas (Pegler, 1996). As espécies que pertencem à Ordem Agaricales possuem sistema hifal monomítico (Largent, 1986), enquanto em Polyporales e Hymenochaetales ele varia (Putzke & Putzke, 2004).

O consumo de qualquer parte do organismo dos fungos denomina-se micofagia ou fungivoria. Porém, apesar de serem denominados da mesma forma, os insetos que se alimentam do tecido vegetativo possuem adaptações e caminhos evolutivos diferentes dos que utilizam as estruturas reprodutivas (Lawrence, 1989). Em muitos estudos não há distinção entre estes dois recursos, o que debilitou o conhecimento sobre a biologia deste grupo específico de insetos. Praticamente em todos os casos registrados, a associação com as estruturas reprodutivas se refere aos basidiomas, que são consumidos por uma alta diversidade de insetos, sendo muitas dessas espécies raras (Jonsell *et al.*,

2001; Komonen, 2003). As principais ordens encontradas são Diptera e Coleoptera (Hanski, 1989; Komonen, 2003; Amat-García *et al.*, 2004). Segundo Hanski (1989), enquanto aqueles consomem mais os Agaricales, os coleópteros se alimentam mais de Polyporales e Hymenochaetales. Também há registros de Lepidoptera, Hymenoptera (Jonsell *et al.*, 2001) e ácaros (Yamashita & Hijii, 2003), além de colêmbolos, que consomem e quebram os esporos para a obtenção de energia (Nakamori & Suzuki, 2005).

A distribuição dos hábitos alimentares entre as subordens de Coleoptera demonstra que a saprofagia e a micofagia são os mais primitivos nesta ordem (Gillott, 1982). Metade das famílias de besouros são primariamente fungívoras ou consomem material vegetal modificado por enzimas fúngicas, entretanto apenas 25% destas realmente se alimentam de fungos (Lawrence, 1989). São separados em quatro subordens: Archostemata, Adephaga, Myxophaga e Polyphaga. Mais de 80% das espécies fazem parte da Subordem Polyphaga, com cerca de 315.000 espécies descritas, a qual é a mais derivada (Grimaldi & Engel, 2005). Integra cinco grandes séries (linhagens evolutivas): Staphyliniformia, Scarabaeiformia, Elateriformia, Bostrychiformia e Cucujiformia (Lawrence & Newton Jr., 1995).

A primeira inclui a Superfamília Staphylinoidea, onde a saprofagia e a fungivoria são amplamente distribuídas (Lawrence, 1989). Da Série Elateriformia se destacam as superfamílias Scirtoidea e Elateroidea por consumirem fungos. A Série Bostrychiformia também possui um grande número de espécies fungívoras, a maioria pertencente à Família Anobiidae (Grimaldi & Engel, 2005). A associação com fungos tem sido particularmente importante para a evolução da Série Cucujiformia, com famílias estritamente fungívoras como Ciidae, Erotylidae, Cryptophagidae, Endomychidae e Latridiidae (Lawrence, 1989; Grimaldi & Engel, 2005). Os exemplares desta última, por exemplo, possuem depressões no tórax denominadas micângias, onde são carregados os esporos (Costa *et al.*, 1988). É possível que essa estrutura seja apenas uma exaptação (Zandt *et al.*, 2003). Dentre estas, Ciidae é a mais estudada, com 40 gêneros e cerca de 550 espécies (Costa *et al.*, 1988). Possui

indivíduos normalmente gregários que formam grandes populações dentro de apenas um basidioma, que chegam a centenas em alguns casos (Lawrence & Britton, 1991). Em muitas destas espécies, os indivíduos passam a vida inteira dentro e ao redor de um basidioma, com larvas e adultos fungívoros (Lawrence, 1974). Ambos escavam galerias no interior dos basidiomas e a pupação ocorre nestes locais (Costa *et al.*, 1988). Como o período de oviposição é longo, pode haver sobreposição de gerações (Lawrence, 1974).

Os nutrientes se concentram aproximadamente dez vezes mais nos basidiomas do que no substrato (Hsu *et al.*, 2002) que, no caso das Ordens Polyporales e Hymenochaetales, são normalmente troncos em decomposição (Putzke & Putzke, 2004). A boa qualidade nutricional torna este recurso muito interessante para os besouros, além de possuírem os micronutrientes necessários para uma dieta balanceada por parte destes animais (Martin, 1979). Elementos biologicamente importantes como fósforo e nitrogênio (Watkinson *et al.*, 2006) aceleram o crescimento das larvas de coleópteros no seu interior (Martin, 1979), além de serem ricos em proteínas e em carboidratos (Gooday, 1995; Hsu *et al.*, 2002). Estes, porém, encontram-se na forma de polissacarídeos, o que dificulta a quebra de algumas de suas moléculas e leva muitos besouros fungívoros a possuírem capacidades metabólicas próprias para auxiliar na digestão destes compostos (Martin, 1979).

Para que os besouros consigam de fato se alimentar dos fungos, eles necessitam de mecanismos de desintoxicação contra as substâncias de defesa que estes apresentam, os quais podem ser fenóis, pironas e complexos nitrogenados heterocíclicos (Martin, 1979). Diferentemente das folhas, os fungos não possuem taninos (Martin, 1979), os quais reduzem a digestibilidade dos tecidos vegetais (Salminen & Lempa, 2002), mas possuem outros compostos secundários, como verificado em basidiomas de *Cantharellus cibarius* (Rangel-Castro, 2001). Os fungos apresentam quitina e glucanos, mas não possuem celulose, lignina ou pectina em sua composição (Gooday, 1995). Portanto, mesmo os basidiomas que são considerados lenhosos, apenas o são em textura e não em composição química.

Como a fungivoria é uma relação muito menos estudada que a herbivoria, pouco se conhece sobre os mecanismos que organizam e estruturam esta assembléia de insetos, principalmente quando se considera os besouros e não os dípteros (Guevara & Dirzo, 1999). Porém, fungos e plantas possuem características biológicas em comum, o que provavelmente promove estratégias de defesa semelhantes nestes dois grupos frente ao ataque de insetos. Estes últimos organismos, por sua vez, podem estruturar suas assembléias de maneiras semelhantes nos dois recursos. A característica comum mais relevante é que as plantas e os fungos possuem crescimento modular (Harper, 1986) e, portanto, não conseguem escapar espacialmente dos insetos que os consomem (Hanski, 1989). No entanto, diferente de uma árvore, a estrutura vegetativa dos fungos se encontra espalhada dentro do substrato na forma de hifas microscópicas e o limite de um indivíduo é praticamente impossível de ser definido (Carlile, 1995). Enquanto é possível verificar os efeitos da herbivoria no desempenho de uma planta, em um indivíduo fúngico isto é, em geral, muito difícil. Por outro lado, o consumo de suas estruturas reprodutivas é facilmente visualizado. Os basidiomas se equivalem aos frutos de uma planta, tanto em função biológica (reprodução) quanto pelo valor nutricional, que é superior às demais partes do indivíduo. Essa última característica leva a uma alta procura destas estruturas por insetos (Martin, 1979; Sallabanks & Courtney, 1992).

Dentre as características das plantas que interferem na utilização das estruturas vegetativas e reprodutivas por insetos, encontra-se sua arquitetura (Wright & Vincent, 1996; Sallabanks & Courtney, 1992). Analogamente, a estrutura dos basidiomas, relacionada à consistência e ao sistema hifal que apresentam, também já foi indicada com um fator que influencia o consumo de fungos por estes animais (Leschen, 1994, Jonsell & Nordlander, 2004). Outro fator importante é a composição química que as plantas apresentam (Coley & Barone, 1996; Salminen & Lempa, 2002; Lewinsohn *et al.*, 2005). Assim como observado em plantas, as espécies de fungos mais relacionadas provavelmente possuem uma fauna de besouros fungívoros filogeneticamente semelhantes (Lawrence, 1973; Jonsell & Nordlander, 2004; Orledge & Reynolds, 2005). Também há uma tendência de que exista associação

filogenética entre as espécies de cídeos que utilizam o mesmo grupo de fungos e que estes hospedeiros sejam mais relacionados (Orledge & Reynolds, 2005).

Outros estudos procuram compreender melhor a especificidade desta assembléia de besouros fungívoros. O trabalho realizado por Hanski (1989) serviu de base para muitos trabalhos posteriores, no qual se verificou que a maioria dos insetos fungívoros que consomem cogumelos possuem hábito generalista. Para explicar este padrão, o autor propôs duas hipóteses. A primeira estaria relacionada com a durabilidade do recurso. Como cogumelos são efêmeros, os insetos não poderiam confiar em apenas algumas espécies para sobreviver. Assim, quanto mais longevos os basidiomas, mais especialistas seriam os insetos que os consomem. A segunda hipótese explicaria a alta quantidade de espécies generalistas devido à falta de defesas químicas por parte dos fungos.

A partir deste panorama, este trabalho pretende contribuir para o conhecimento da composição, riqueza e distribuição de coleópteros fungívoros nos basidiomas das espécies de fungos pertencentes às Ordens Polyporales e Hymenochaetales. Para isso, tomar-se-á de base alguns padrões conhecidos para a interação de insetos com plantas. No primeiro capítulo, além de explorar questões relacionadas à especificidade destes insetos, também foi investigada a riqueza encontrada nos fungos coletados. No segundo capítulo será analisado se a taxonomia dos fungos e se a rigidez dos basidiomas interfere no consumo por este grupo de insetos, assim como ocorre com plantas. Também se procurou verificar se besouros mais próximos taxonomicamente utilizam o mesmo grupo de fungos ou ainda, se consomem os que apresentam consistência mais parecida.



**RIQUEZA E ESPECIFICIDADE DE BESOUROS FUNGÍVOROS EM BASIDIOMAS DE  
POLYPORALES E HYMENOGYSALES (FUNGI: BASIDIOMYCOTA)**

# RIQUEZA E ESPECIFICIDADE DE BESOUROS FUNGÍVOROS EM BASIDIOMAS DE POLYPORALES E HYMENOGHAETALES (FUNGI: BASIDIOMYCOTA)

## RESUMO

Os besouros possuem diversos hábitos alimentares e entre eles encontra-se o consumo de fungos, mais especificamente de suas estruturas reprodutivas. Quando estas são representantes da Classe Basidiomycetes são denominadas de basidiomas, que podem ser classificadas conforme a consistência que apresentam. Entre elas estão: carnosa, coriácea, cerosa, corticosa, sublenhosa e lenhosa. Estas categorias seguem uma ordem de rigidez e duração, sendo os lenhosos perenes em praticamente todas as espécies e as demais classes anuais. Este trabalho pretende verificar (1) fatores que possam interferir na variação de riqueza de besouros dos basidiomas das espécies de fungos coletadas; (2) os principais hospedeiros das espécies de besouros encontradas, além de investigar se os fungos ocupados por representantes da Família Ciidae encontram-se nos “grupos de utilização de hospedeiros” propostos por Orledge & Reynolds (2005); Estes grupos referem-se a espécies de fungos comuns utilizados por diversos besouros. (3) se o grau de especificidade que os besouros apresentam está relacionada com a duração dos basidiomas. Foram realizadas oito coletas em um ambiente de Floresta Ombrófila Mista, nas quais se obteve 376 indivíduos das Ordens Polyporales e Hymenochaetales. Estes espécimes foram mantidos individualizados em laboratório por três meses para a constante retirada dos besouros adultos e então dissecados. Todos os fungos que apresentaram besouros fungívoros associados (207) foram identificados e incluídos em 40 espécies. Os coleópteros totalizaram 447 ocorrências e foram separados em 90 morfoespécies e 20 famílias. Não foram encontrados fatores que influenciam a variação de riqueza de besouros em fungos. Foram observados hospedeiros principais para algumas espécies de besouros e também se observou que os hábitos de determinados ciídeos se encaixam nos “grupos de utilização de hospedeiros” definidos por Orledge & Reynolds (2005). Além disso, se observou que a especificidade não demonstra estar relacionada com a duração dos basidiomas.

**Palavras-chave:** Coleoptera, Ciidae, fungivoria, consistência, hábito alimentar.

# **RICHNESS AND SPECIFICITY OF FUNGIVORES BEETLES IN POLYPORALES E HYMENOCHAETALES (FUNGI: BASIDIOMYCOTA) BASIDIOMES**

## **ABSTRACT**

Beetles have diverse feeding habits, involving the consumption of fungi, more precisely of its reproductive structures. These are called basidiomes if the fungus belongs to the Basidiomycetes Class and can be classified by its consistency: fleshy, coriaceous, waxen, corky, sub-woody, woody. These follow a gradient of hardness and longevity, in which the woody class of consistency lasts for more than a year while the others are annual. This study intends to verify (1) factors that might interfere in the richness variation of beetles from different fungi's basidiomes; (2) the main hosts of the beetle species found, as well as to research if the fungus species occupied by members of the Ciidae Family can be inserted in the "host-use group" proposed by Orledge & Reynolds (2005). These groups refer to the common fungus species used by many beetle species; (3) if the degree of the beetles' specificity is related to the longevity of the basidiomes they use. Eight field trips were carried out in an *Araucaria angustifolia* forest of Rio Grande do Sul State, where 376 fungal individuals of the Polyporales and Hymenochaetales Orders were obtained. They were kept in the laboratory, individually separated in containers for three months, while the newly emerged beetles were captured, and the fungi were dissected afterwards. All fungi individuals that had associations (207) were identified (40 species). It was obtained 447 occurrences of Coleoptera, which were separated in 90 morphospecies belonging to 20 families. No factors that might influence the richness variation in fungi was found. A few fungi were found as main hosts for some beetle species, and it was also observed that the feeding habits of some members of the Ciidae Family fit in the "host-use groups" defined by Orledge & Reynolds (2005). The last test demonstrates that specificity is not related with basidiomes' longevity.

**Key words:** Coleoptera, Ciidae, fungivory, consistency, feeding habit.

## 1 – INTRODUÇÃO

Os insetos são os animais que mais utilizam os fungos e, dentre eles, os dípteros e os coleópteros são os mais representativos (Hanski, 1989; Komonen, 2003; Amat-García *et al.*, 2004). O consumo das estruturas reprodutivas dos fungos da Classe Basidiomycetes, os basidiomas, é freqüente entre besouros, sendo um hábito obrigatório de muitas famílias ou apenas de algumas espécies dentro de famílias fungívoras (Marinoni *et al.*, 2001; Robertson *et al.*, 2004; Grimaldi & Engel, 2005). Esta relação difere do consumo de hifas vegetativas ou dos esporos de fungos, o que em muitos casos leva à adaptações distintas no aparelho bucal, nas estratégias alimentares e no ciclo de vida desses animais (Largent, 1986; Largent *et al.*, 1986; Lawrence, 1989). Pouco se conhece sobre a riqueza e estruturação dessa assembléia, embora se saiba que algumas espécies de coleóptera utilizem mais determinadas espécies de hospedeiros, tanto para a postura dos ovos quanto para o próprio consumo (Pavior-Smith, 1960; Lawrence, 1973; Guevara *et al.*, 2000a; Komonen, 2001; Komonen, 2006).

Praticamente não existem estudos relacionados aos fatores que influenciam a riqueza de espécies de insetos, mais especificamente de coleópteras, em fungos. Por outro lado, muitas hipóteses existem sobre essa variação na relação entre insetos e plantas. Um dos primeiros estudos foi realizado por Southwood (1961), que demonstrou a importância da área de distribuição das espécies hospedeiras para a diversidade de insetos herbívoros, o que estaria relacionado à abundância destas plantas (Brändle & Brandl, 2001). Esta teoria baseia-se na hipótese de que o número de espécies de insetos associadas à determinado hospedeiro aumenta quanto maior a probabilidade de encontros com o mesmo e também quanto maior a diversidade de habitats na área (Schoonhoven *et al.*, 2005). Outras características relacionadas à arquitetura das plantas e conseqüentemente à do habitat, também parecem explicar a diferença de riqueza de insetos entre espécies hospedeiras (Halaj *et al.*, 2000; Lewinsohn *et al.*, 2005). Características como a quantidade de ramificação de galhos (Halaj *et al.*, 2000) e a altura da planta (Brändle & Brandl, 2001) já foram utilizadas como indicadores de complexidade estrutural. Além

disso, o isolamento taxonômico também parece interferir na riqueza de insetos. Ou seja, gêneros de plantas hospedeiras que possuem muitas espécies em seu clado aparentemente possuem associações com um maior número de espécies de insetos. Porém, este fator ainda demanda mais estudos (Brändle & Brandl, 2001).

Com relação à estruturação da assembléia de besouros fungívoros, o primeiro estudo foi realizado por Pavior-Smith em 1960. O autor propôs o conceito “headquarter”, ou seja, “quartel general”, definindo que alguns fungos são mais utilizados por cada espécie de besouro. Além disso, propôs que existiriam dois grupos, cada um composto por diversas espécies de fungos, e que alguns besouros da Família Ciidae utilizariam para a postura de ovos ou um ou outro. As espécies que utilizam um grupo raramente ovipositam no outro. Em 1973, Lawrence propôs o conceito dos “grupos preferenciais de hospedeiros”, que é similar ao proposto anteriormente, porém separa os fungos em quatro grupos conforme o gênero mais consumido, embora possa incluir outros que são menos utilizados. São eles: *Coriolus* (inclui os fungos trametóides que, no Brasil, são representados por *Trametes* e *Pycnoporus*), *Hischioporus*, *Phellinus* (geralmente são espécies deste gênero, porém engloba todos os que pertencem à Família Hymenochaetaceae) e *Ganoderma* (que inclui também o gênero *Bjerkandera*). Segundo o autor esta divisão se aplica melhor às espécies de Ciidae da América do Norte.

Ao realizarem extensa revisão da ocorrência das espécies de Ciidae coletadas na Inglaterra, Alemanha, Japão e América do Norte, Orledge & Reynolds (2005) modificaram o conceito para “grupos de utilização de hospedeiro”. Com esta nova proposta foram definidos seis grupos, dos quais, *Phellinus* e *Ganoderma* se mantiveram e outros dois foram acrescentados, *Auricularia* e *Stereum*. O grupo *Coriolus* foi subdividido em dois, sendo as espécies do gênero *Trichaptum* retiradas para formar um grupo e *Coriolus* passou a chamar-se *Trametes* devido à mudança de denominação do gênero. Os autores também propõem que outras famílias de besouros fungívoros possam apresentar grupos de hospedeiros. Tanto Pavior-Smith (1960), quanto Lawrence (1973) e Orledge & Reynolds (2005)

afirmam que dentre as espécies de fungos de cada grupo existe normalmente um ou dois hospedeiros preferenciais para cada besouro. Em muitos casos estes hospedeiros são definidos pelo gênero ou pela família e não pela espécie. Porém, também foram encontrados besouros com hábitos generalistas, que utilizam provavelmente diversas famílias, ou que não se enquadram nos grupos propostos.

De acordo com Lacy (1984), a especialização por parte dos insetos fungívoros só pode ocorrer se o recurso for previsível temporalmente e se durar tempo suficiente para que possa ser confiável por qualquer estágio de vida do inseto. A durabilidade dos basidiomas varia de acordo com a espécie a qual pertence e este fator está relacionado à sua rigidez (Hanski, 1989; Leschen, 1994). Assim, eles podem ser classificados em diversas classes de consistência seguindo uma ordem crescente de dureza e longevidade, como segue: carnososa, gelatinosa, cartilaginosa, membranosa, coriácea, cerosa, corticosa, sublenhosa e lenhosa (Largent, 1986; Silveira & Guerrero, 1991; Coelho, 1994; Ryvardeen & Iturriaga, 2003; Ryvardeen, 2004). Não existem, porém, dados exatos referentes ao tempo de exposição dos basidiomas de cada espécie ou de cada classe. Sabe-se que os carnosos são bem efêmeros e que os lenhosos são, na grande maioria das vezes, perenes, ou seja, permanecem na natureza por mais de um ano. As demais consistências encontram-se entre estes dois extremos (Lacy, 1984; Silveira & Guerrero, 1991; Leschen, 1994). Na Ordem Agaricales são produzidos os cogumelos, que geralmente são carnosos, enquanto as espécies das Ordens Polyporales e Hymenochaetales possuem normalmente basidiomas com as demais consistências, denominados de orelhas-de-pau (Leschen 1994; Putzke & Putzke, 2004; Jonsell & Nordlander, 2004).

Em trabalhos realizados com cogumelos, Hanski (1989) observou que muitas espécies de insetos que os consomem, como os coleópteros, são generalistas, propondo assim duas explicações plausíveis para este padrão. Uma delas foi denominada de hipótese qualitativa, a qual explica a alta quantidade de espécies generalistas devido à falta de defesas químicas por parte dos hospedeiros. Porém, estudos recentes que abordam as características bioquímicas dos fungos demonstram que suas defesas influenciam na utilização e no grau de especificidade por parte dos insetos (Guevara *et al.*,

2000b; Jonsell *et al.*, 2001). Muitas espécies de besouros que apresentam hábitos mais especializados são guiadas pelo odor de compostos voláteis específicos que os fungos liberam (Jonsell & Nordlander, 1995; Fäldt *et al.*, 1999; Guevara *et al.*, 2000b).

A outra hipótese está relacionada com a durabilidade do recurso e foi definida como quantitativa. Isto é, basidiomas longevos são mais confiáveis e assim os insetos que os consomem são mais especialistas, indo ao encontro do proposto por Lacy (1984). Alguns autores discutem e sugerem que a hipótese quantitativa esteja correta (Komonen, 2001; Amat-García *et al.*, 2004; Jonsell & Nordlander, 2004). Nos estudos onde se estabeleceram os “grupos de hospedeiros” com os besouros da Família Ciidae, não foi verificado se as espécies que consomem os fungos perenes são mais especialistas do que os que utilizam os anuais (Pavior-Smith, 1960; Lawrence, 1973; Orledge & Reynolds, 2005). Porém, Guevara *et al.* (2000a) mostraram que os hábitos de duas espécies de cídeos, *Octotemnus glabriculus* e *Cis boleti* contrariam a hipótese quantitativa, pois são especialistas e consomem basidiomas coriáceos, ou seja, que possuem baixa durabilidade. Em alguns casos foi até observado monofagia em basidiomas anuais. Entretanto, ela é rara e o mais comum em cídeos especialistas é haver oligofagia (Lawrence, 1973; Komonen, 2001).

Para verificar a veracidade da hipótese quantitativa, foi necessário primeiramente definir monofagia, oligofagia e polifagia, uma vez que as espécies normalmente apresentam um continuum no número de hospedeiros (Thompson, 1998; Begon *et al.*, 2006). As espécies encontradas em apenas um hospedeiro foram classificadas como monófagas. Quando ocorreu a utilização de fungos pertencentes à apenas uma família, a espécie foi definida como oligófaga, caso contrário como polífaga (Gess & Gess, 2004; Schoonhover *et al.*, 2005; Blüthgen & Metzner, 2007). Quando o hábito alimentar foi classificado como monofágico ou oligofágico a espécie foi considerada uma especialista (Blüthgen & Metzner, 2007).

No Brasil são raros os estudos realizados com besouros fungívoros e provavelmente muitas espécies ainda não foram descritas. Além disso, não se conhecem trabalhos ecológicos que envolvam

este tipo de interação. Portanto, este estudo objetiva fornecer uma análise descritiva das famílias de coleópteros fungívoros que ocorrem nos basidiomas de espécies das Ordens Polyporales e Hymenochaetales. Pretende-se buscar, a partir destas associações (1) fatores que possam interferir na variação de riqueza de besouros dos basidiomas das espécies de fungos coletadas; (2) os principais hospedeiros das espécies de besouros encontradas, além de investigar se os fungos ocupados por representantes da Família Ciidae encontram-se nos “grupos de utilização de hospedeiros” propostos por Orledge & Reynolds (2005); (3) se o grau de especificidade que os besouros apresentam está relacionado com a duração dos basidiomas, conforme hipótese quantitativa proposta por Hanski (1989).

## **2 - MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 - ÁREA DE ESTUDO**

O local de coleta para este estudo foi a Floresta Nacional de São Francisco de Paula (FLONA/SFP, 29°23' - 29°27'S e 50°23' - 50°27'W), localizada no município de São Francisco de Paula, Estado do Rio Grande do Sul. Criada em 1951, é considerada a unidade de conservação mais antiga do Estado, a qual mantém um remanescente de Floresta Ombrófila Mista do tipo Montana (Teixeira *et al.*, 1986; Diverio *et al.*, 2001). Além desta fitofisionomia, que representa 40% da sua área, apresenta também silvicultura de *Araucaria angustifolia* e de espécies exóticas, como *Pinus* spp. e *Eucalyptus* spp. (Dobrovolski *et al.*, 2006). A FLONA/SFP tem uma extensão de 1.606 ha. e altitude máxima de 923 m (Diverio *et al.*, 2001). O clima é mesotérmico e superúmido, caracterizado por verão brando e inverno frio (Cfb). Chove regularmente durante todos os meses, com precipitação média anual estimada de 2.252 mm (Backes *et al.*, 2005).



## **2.2 - METODOLOGIA DE CAMPO**

As coletas foram realizadas mensalmente entre agosto de 2006 e março de 2007, em locais com Floresta Ombrófila Mista. Durante a caminhada todos os basidiomas de espécies das ordens Polyporales e Hymenochaetales observados foram coletados. A busca pelas espécies de fungos foi arbitrária e procurava-se não re-amostrar um mesmo indivíduo em coletas subseqüentes. A metodologia utilizada para a definição de um organismo de fungo foi a ocorrência de basidiomas de determinada espécie em um único tronco, uma vez que não é possível saber onde o indivíduo termina. Como as coletas foram conduzidas por indivíduo, o número de basidiomas por amostra não era fixo. O esforço amostral foi mantido semelhante ao longo dos meses, com uma média de 40 indivíduos por coleta. Após a retirada do substrato, cada indivíduo foi acondicionado separadamente em papel toalha e sacos plásticos para garantir o confinamento das larvas e adultos de besouros até a triagem do material.

## **2.3 – METODOLOGIA DE LABORATÓRIO**

Para evitar a morte dos insetos presentes e o apodrecimento dos fungos, o material foi triado em laboratório em um prazo máximo de três dias após a coleta. Após a triagem inicial, os fungos foram armazenados individualmente durante no máximo três meses para a criação das larvas dos besouros. Para tanto, foram utilizados potes de polietileno cobertos por tecido voil para impossibilitar a saída dos besouros adultos (Komonen, 2001). Além disso, os potes foram parcialmente tampados e, no interior de cada um, foi mantido um pedaço de papel higiênico umedecido para evitar que os fungos secassem. Como os insetos presentes em basidiomas lenhosos não são facilmente visualizados, foi necessário cobrir os recipientes onde se encontravam com papel alumínio e acoplar um tubo de ensaio em cada um deles. Esta metodologia foi empregada visando capturar espécies de besouros que são atraídas pela luz; adultos recém emergidos, ao saírem dos basidiomas, procuram luminosidade pelo tubo de ensaio onde

são coletados (Jonsell *et al.*, 2001). Como não são todas as espécies de coleópteros que possuem esta característica, três meses após a coleta procedeu-se a dissecação total dos basidiomas para a retirada dos besouros remanescentes. Os fungos das demais consistências foram dissecados quando seus basidiomas não apresentavam mais insetos, quando estavam completamente degradados ou também após três meses, a fim de garantir a obtenção de todas as espécies presentes.

O monitoramento da umidade e a retirada dos besouros foram realizados duas vezes por semana para todos os fungos mantidos em laboratório, de todas as consistências. Os besouros obtidos de cada indivíduo fúngico foram armazenados em um único frasco contendo álcool 80% e a ocorrência de cada espécie de besouro foi registrada para cada um. Nos casos em que foi encontrada uma grande abundância de indivíduos, procedeu-se a coleta de no mínimo 50 indivíduos para garantir a representação de todas as espécies, uma vez que nesta etapa do trabalho os coleópteros ainda não tinham sido identificados. Não eram coletados todos os besouros porque, em alguns casos, estes apresentavam tamanhos muito reduzidos (um milímetro) e poderiam encontrar-se aos milhares. Além disso, em alguns casos, quando, por exemplo, os basidiomas eram lenhosos, era tecnicamente impossível dissecar todo o basidioma.

Para a determinação taxonômica dos fungos, foi retirado de cada coleta um basidioma – ou parte do mesmo – para excicata, bem como uma imagem digitalizada no momento em que o material chegava ao laboratório. As determinações foram realizadas até o nível específico para todos os fungos que apresentaram ocorrência de besouros (Coelho, 1994; Gilbertson & Ryvardeen, 1986; Gilbertson & Ryvardeen, 1987; Kirk *et al.*, 2001; Ryvardeen & Johansen, 1980; Ryvardeen, 1991; Ryvardeen & Iturriaga, 2003; Ryvardeen, 2004; Silveira & Guerrero, 1991). Foi organizada uma coleção entomológica para auxiliar na determinação das morfoespécies de coleópteros. As determinações taxonômicas foram realizadas até o nível de família (White, 1983; Lawrence & Newton Jr., 1995), sendo apenas os representantes da Família Ciidae identificados até espécie. Esta identificação foi

baseada em comparações dos espécimes com os presentes na coleção da Universidade Federal de Viçosa e também com o material disponível no seu laminário.

### **3 – ANÁLISE DOS DADOS**

Lawrence (1973) e Orledge & Reynolds (2005) propuseram a coleta de no mínimo 10 indivíduos adultos da mesma espécie para confirmar a fungivoria. Entretanto, não são todas as espécies de cíideos, ou das demais famílias, que apresentam a referida abundância de indivíduos por basidioma. Isso torna esta restrição problemática para este estudo. Como os besouros fungívoros normalmente não se encontram na superfície do basidioma e sim no seu interior, a probabilidade destes estarem realmente se alimentando do fungo e não serem apenas visitantes é muito alta. Portanto, nos procedimentos laboratoriais deste trabalho, assim como em outros estudos, os besouros adultos coletados foram considerados fungívoros quando pertencentes a famílias obrigatoriamente ou facultativamente fungívoras, independente da sua quantidade (Komonen, *et al.*, 2000; Komonen, 2001). Isso pode ser assumido porque as espécies onde ocorre a postura dos ovos normalmente também há o consumo pelas larvas e adultos, uma vez que muitas espécies completam o ciclo de vida dentro de apenas um basidioma (Lawrence & Britton, 1991).

Foram elaboradas curvas de rarefação para a obtenção dos valores de riqueza de besouros em cada espécie de fungo. Algumas das espécies de fungos tiveram poucos registros devido ao baixo número de coletas, por isso utilizaram-se apenas as espécies que foram coletadas pelo menos três vezes. A riqueza foi estimada a partir de cinco, 10, 15 e 20 ocorrências de coleópteros. Cada uma destas refere-se a um ou vários exemplares que foram encontrados em um indivíduo de fungo. Os valores de riqueza obtidos para a ocorrência de 10 besouros, tanto para os basidiomas coriáceos quanto para os lenhosos, foram utilizados em regressões múltiplas realizadas com o auxílio do programa

estatístico Systat 12 (Systat Software Inc.). Nesta análise se avaliou a importância dos seguintes fatores para a variação destes valores: (1) abundância local; (2) isolamento taxonômico, ou seja, o número de espécies existentes no gênero do fungo em questão; (3) arquitetura do hospedeiro, relacionada ao volume máximo que os himenóforos de cada espécie de fungo podem apresentar. Para a obtenção destes valores foi verificado se as medidas de largura, comprimento e grossura máximos estão correlacionados. Assim, foi realizada uma análise de componentes principais (PCA) pelo programa estatístico MULTIV (Pillar, 2006), para então utilizar o valor do eixo principal desta análise.

A classificação dos hábitos alimentares foi aplicada apenas em besouros que apresentaram mais de cinco ocorrências. Como pode haver coletas acidentais, a espécie continuou sendo considerada oligófaga mesmo quando houve raras ocorrências em fungos de famílias diferentes da mais comumente utilizada. Quando a ocorrência de determinada espécie variou de cinco a dez, esta foi considerada oligófaga quando pelo menos 80% das mesmas foram na mesma família de fungo hospedeiro. Quando a frequência foi mais de dez, a porcentagem mudou para 90%, pois nestas ocasiões as ocorrências consideradas acidentais podem realmente ser de fungos hospedeiros. Além disso, como os besouros podem ocorrer tanto em hospedeiros que apresentam basidiomas anuais quanto nos lenhosos, foram apenas observados os hábitos das espécies que possuíram pelo menos 80% das ocorrências em uma destas classes. Para testar se besouros que apresentam hábitos alimentares específicos (monofagia e oligofagia) utilizam apenas basidiomas mais longevos (lenhosos) (conforme tabela 4) foi realizado um Qui-quadrado de aderência com correção de Yates pelo programa BioStat 2 (Zar, 1999). Foi comparado o número de espécies que utilizam fungos anuais com os que usam os lenhosos, ajustando os valores esperados em função da disponibilidade de fungos de cada classe de longevidade. A hipótese nula testada foi que os besouros que apresentam hábitos alimentares específicos não apresentam preferência por nenhuma das classes de longevidade. Não foram realizadas análises com as espécies polífagas porque algumas utilizaram tanto basidiomas anuais quanto lenhosos (Tab. 4).

#### 4 – RESULTADOS

Foram coletados basidiomas de 376 indivíduos pertencentes às ordens Polyporales e Hymenochaetales, dos quais 207 apresentaram coleópteros fungívoros. Os indivíduos de fungos que não estavam colonizados muitas vezes eram das mesmas espécies que em outras coletas tiveram associação ou então pertenciam a espécies que não foram identificadas. A maioria das espécies de besouros encontradas pertence a famílias obrigatoriamente fungívoras. Ocasionalmente foram observados indivíduos que não consomem fungos, como os da Família Chrysomelidae, os quais são geralmente herbívoros. Estes exemplares não foram incluídos nas análises por serem considerados acidentais. Foram morfotipadas 90 espécies de besouros a partir de 447 ocorrências, que totalizaram 20 famílias fungívoras (Tab. 1 - Anexo). Destas, 16 se alimentam essencialmente de fungos, são elas: Anobiidae, Anthribidae (também denominada de “gorgulho dos fungos”), Biphyllidae, Cerylonidae, Ciidae, Clambidae, Colydiidae, Corylophidae, Cryptophagidae (“besouro de seda dos fungos”), Endomychidae (“besouros bonitos de fungos”), Erotylidae (“besouros fungívoros agradáveis”), Latridiidae, Leiodidae, Melandryidae, Phalacridae e Ptilidae. As outras quatro possuem tanto espécies fungívoras quanto que se alimentam de outros recursos são elas: Staphylinidae, Tenebrionidae, Elateridae e Nitidulidae.

Obteve-se 90 ocorrências de exemplares de Staphylinidae, família esta que possui a maior riqueza (25 morfoespécies). Porém, mais da metade dos registros pertencem à Ciidae (233), a qual apresentou 22 morfoespécies (Tab. 1). Além de muitos táxons desta família ainda não terem sido registrados para o Brasil, também foram encontradas duas espécies que provavelmente pertencem a dois gêneros ainda não descritos (Tab. 1). A maioria destas morfoespécies foi bem representada, com pelo menos 10 ocorrências. Apesar de Ciidae e Staphylinidae serem famílias bem comuns, os registros são influenciados pelo número de coletas de cada espécie de hospedeiro. Isso ocorre porque, das 40 espécies de fungos que apresentaram associação com besouros fungívoros, apenas quinze tiveram mais

de cinco coletas e onze foram amostradas somente uma vez. Assim, os besouros que consomem os fungos mais comuns são conseqüentemente amostrados mais vezes. Entre os fungos mais abundantes na área de estudo encontra-se *Ganoderma australe* com 42 coletas (destas 35 apresentaram associação), além de outras como *Trametes membranaceae*, *Pycnoporus sanguineus* e *Trametes villosa* (Tab. 2). Foram identificadas no total sete famílias de fungos, sendo seis da Ordem Polyporales e uma de Hymenochaetales (Tab. 2).

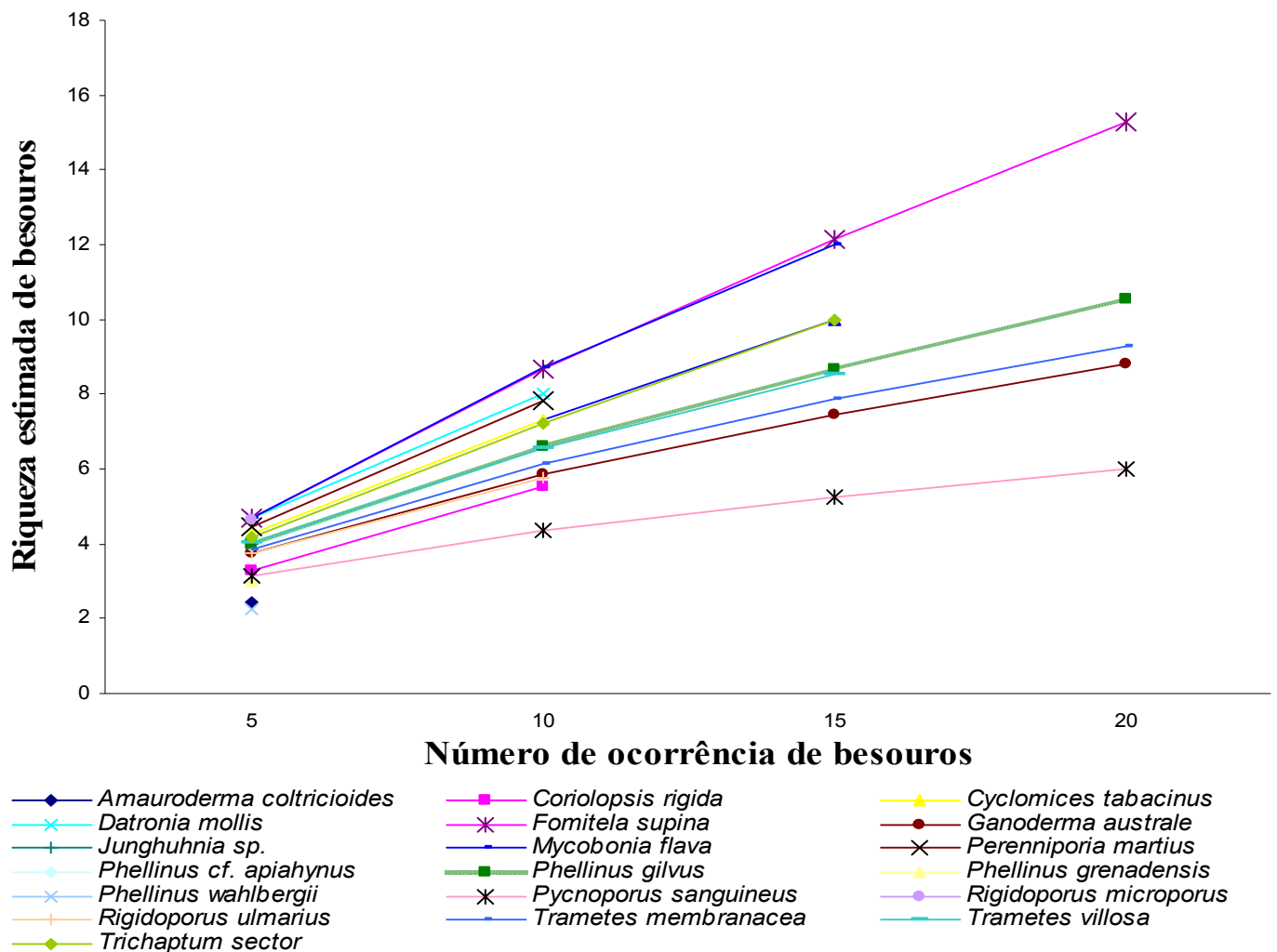
**Tabela 1.** Espécies da Família Ciidae registradas em basidiomas de Hymenochaetales e Polyporales na FLONA/SFP (RS). Observações sobre o conhecimento científico atual de cada uma realizado por Lopes-Andrade, comunicação pessoal.

<b>Espécies de Ciidae</b>	<b>Observação</b>
<i>Ceracis simplicicornis</i> (Pic, 1916)	espécie não registrada para o Brasil
<i>Ceracis limai</i> Lopes-Andrade <i>et al.</i> , 2002	
<i>Ceracis bicornis</i> (Mellié, 1849)	
<i>Ceracis</i> sp. 1 (aff. <i>multipunctatus</i> )	
<i>Ceracis</i> sp. 2 (aff. <i>powelli</i> )	
<i>Ceracis</i> sp. 3 (aff. <i>variabilis</i> ?)	
<i>Ceracis</i> sp. 4 (aff. sp. Nova Friburgo, RJ)	
<i>Cis</i> sp. 1 (grupo <i>taurus</i> )	
<i>Cis</i> sp. 2 (grupo <i>taurus</i> )	
<i>Cis</i> sp. 3 (grupo <i>taurus</i> )	
<i>Cis</i> sp. 4 (aff. <i>fasciatus</i> )	similar a <i>Cis fasciatus</i> Gorham, do México
<i>Cis</i> sp. 5 (grupo <i>melliei</i> )	grupo não registrado para o Brasil
<i>Cis</i> sp. 6 (grupo <i>comptus</i> )	grupo diverso no Brasil
<i>Cis</i> sp. 7 (grupo <i>tricornis</i> )	grupo diverso na Região Neotropical
<i>Cis</i> sp. 8 (grupo <i>fagi</i> )	grupo não registrado para o Brasil
<i>Scolytocis</i> sp. ( <i>Scolytocis fritzplaumanni</i> i.l.)	espécie sendo descrita, comum no Sul
<i>Strigocis</i> sp.	gênero não registrado para o Brasil
<i>Xylographus brasiliensis</i> Pic, 1916	espécie descrita de Rio Verde, Goiás
<i>Xylographus corpulentus</i> Mellié, 1849	espécie não registrada para o Brasil
<i>Xylographus gibbus</i> Mellié, 1849	espécie não registrada para o Brasil
Ciidae sp. 1	provável gênero novo
Ciidae sp. 2	provável gênero novo

**Tabela 2.** Ocorrência de espécies de fungos que apresentaram besouros fungívoros, ao longo das oito amostragens, na FLONA/SFP (RS).

Espécies de fungos	Meses de Amostragem							
	agosto	setembro	outubro	novembro	dezembro	janeiro	fevereiro	março
<b>Hymenochaetales</b>								
<b>Hymenochaetaceae</b>								
<i>Cyclomyces tabacinus</i>	1	2	2				1	
<i>Inonotus fulvomelleus</i>			1					
<i>Inonotus</i> sp.				1	1			
<i>Phellinus</i> cf. <i>apiahynus</i>	1	2	1	1				
<i>Phellinus fastuosus</i>								1
<i>Phellinus gilvus</i>			1	1	1	4	2	1
<i>Phellinus grenadensis</i>		1				1	1	1
<i>Phellinus wahlbergii</i>	2	1				2		1
<i>Phellinus</i> sp.1							1	
<i>Phellinus</i> sp.2		1						
<i>Phellinus</i> sp.3	1							
<b>Polyporales</b>								
<b>Boreostereaceae</b>								
<i>Mycobonia flava</i>			3	2		1	1	1
<b>Ganodermataceae</b>								
<i>Amauroderma coltricioides</i>	2						3	1
<i>Ganoderma australe</i>	2	10	7	1	2	4	5	4
<b>Grammotheleaceae</b>								
<i>Bjerkandera adusta</i>					1			
<b>Meripilaceae</b>								
<i>Rigidoporus umbonatipes</i>	1		1		1		1	
<i>Rigidoporus microporus</i>							3	1
<i>Rigidoporus ulmarius</i>	1	3	1	1		1		
<i>Rigidoporus</i> sp.1								1
<i>Rigidoporus</i> sp.2				1				
<b>Polyporaceae</b>								
<i>Abundisporus subflexibilis</i>				1				
<i>Corioloopsis rigida</i>			2		1	4	1	
<i>Datronia mollis</i>		1	1	1				
<i>Fomitella supina</i>		2	1			1	2	2
<i>Junghuhnia undigera</i>								2
<i>Junghuhnia</i> sp.	1							2
<i>Laetiporus sulphureus</i>						1		
<i>Lenzites betulina</i>	1				1			
<i>Perenniporia martii</i>				1	2	1		1
<i>Perenniporia</i> sp.		2			1			
<i>Polyporus ciliatus</i>			1	2				
<i>Polyporus dictyopus</i>				2				
<i>Pycnoporus sanguineus</i>	1	4	1	2	2	4		
<i>Trametes cubensis</i>				1				
<i>Trametes membranacea</i>	7	2		4	5	2	1	
<i>Trametes villosa</i>	1	5	2	1	1	1		
<i>Trichaptum sector</i>		1			1	3	1	1
<b>Steccherinaceae</b>								
<i>Antrodiella liebmannii</i>	1			1				1
<i>Antrodiella reflexa</i>				1				1
<i>Flaviporus subhydrophilus</i>		1				1		
<b>Total</b>	<b>23</b>	<b>38</b>	<b>25</b>	<b>25</b>	<b>20</b>	<b>31</b>	<b>23</b>	<b>22</b>

As curvas de rarefação demonstram que os valores de riqueza estimada variam entre as espécies de fungos (Fig. 1). Quando foi calculada para 15 ocorrências de besouros, *Pycnoporus sanguineus* e *Ganoderma australe* apresentaram as menores riquezas, respectivamente 5 e 7. Por outro lado, *Fomitella supina*, *Mycobonia flava*, *Cyclomyces tabacinus* e *Trichaptum sector* demonstraram alta riqueza para este valor, respectivamente: 12,1; 12; 10; 10. Entre as espécies com poucos registros de besouros, *Amauroderma coltricioides* e *Phellinus wahlbergii* tiveram baixa riqueza e *Datronia mollis* e *Perenniporia martii* alta (Fig. 1).



**Fig. 1.** Curvas de rarefação de espécies de besouros fungívoros coletados em diferentes espécies de fungos na FLONA/SFP (RS). Valores entre parênteses se referem à riqueza estimada quando a frequência de ocorrência foi de 10 besouros.



A partir dos valores de riqueza estimada para as espécies de fungos com consistência coriácea e lenhosa (quando a ocorrência de besouros foi 10), foram testados alguns fatores que poderiam estar influenciando esta variação (Tab. 3). As medidas dos maiores valores de grossura, largura e comprimento para cada espécie de fungo demonstraram alta correlação, apresentando a grossura e a largura 0,63 de correlação, a grossura e o comprimento 0,73 e a largura e o comprimento 0,79. A variação explicada pelo primeiro eixo da análise de componentes principais (PCA) foi de 81,8%, sendo, portanto seus valores utilizados para a análise de regressão múltipla. O resultado obtido com a regressão múltipla demonstra que nenhuma das variáveis testadas possui relação significativa com a variação na riqueza de besouros em fungos. Para a consistência coriácea o valor do  $r^2$  foi de 0,58, enquanto os valores de probabilidade foram: abundância local ( $p = 0,14$ ), isolamento taxonômico ( $p = 0,32$ ), volume máximo ( $p = 0,19$ ). Para a consistência lenhosa o  $r^2$  foi de 0,89 e os valores de probabilidade foram: abundância local ( $p = 0,67$ ), isolamento taxonômico ( $p = 0,08$ ), volume máximo ( $p = 0,09$ ). As duas últimas variáveis possuem correlação negativa com a riqueza de espécies. Ao considerar que o número de espécies de fungos lenhosos foi de apenas cinco, os valores de probabilidade foram relativamente baixos.

**Tabela 3:** Riqueza de besouros encontrada em cada espécie de fungo para o valor de 10 ocorrências e fatores que podem estar relacionados com esta variação de riqueza. Os valores de volume máximo foram obtidos a partir do primeiro eixo da PCA.

Espécies de fungos	Consistência	Riqueza de besouros	Volume máximo	Isolamento taxonômico	Abundância local
<i>Corioloopsis rigida</i>	coriáceo	5,55	-0,28	17	10
<i>Cyclomices tabacinus</i>	coriáceo	7,3	-0,26	12	8
<i>Datronia mollis</i>	coriáceo	8	0,13	5	6
<i>Fomitela supina</i>	lenhoso	8,65	-0,04	1	8
<i>Ganoderma australe</i>	lenhoso	5,86	0,99	50	42
<i>Mycobonia flava</i>	coriáceo	8,71	0,03	2	13
<i>Perenniporia martius</i>	lenhoso	7,82	0,24	55	5
<i>Phellinus cf. apiahynus</i>	lenhoso	6,55	-0,39	180	5
<i>Phellinus gilvus</i>	sublenhoso	6,6	-0,12	180	11
<i>Pycnoporus sanguineus</i>	coriáceo	4,38	-0,16	4	20
<i>Rigidoporus ulmarius</i>	lenhoso	5,78	0,84	30	8
<i>Trametes membranacea</i>	coriáceo	6,13	-0,28	41	23
<i>Trametes villosa</i>	coriáceo	6,55	-0,31	41	17
<i>Trichaptum sector</i>	coriáceo	7,24	-0,39	20	7

Como curiosidade, algumas espécies de fungos apresentaram uma ou duas espécies de besouros dominantes, independentemente das suas riquezas. Nos casos em que estes valores foram baixos, estas espécies de besouros coletadas foram praticamente as únicas registradas. Por exemplo, nas 14 coletas de *P. sanguineus* que apresentaram associação, seis estavam colonizadas apenas com *Ceracis simplicicornis* e três somente com Ptiliidae sp. 3. Em quatro dos seis registros com presença de besouros, tanto de *Amauroderma coltricioides* quanto de *Phellinus wahlbergii*, foram encontradas somente, respectivamente, *Ceracis* sp. 1 e *Ceracis limai*. Além destas, seis de oito coletas de *Corioloopsis rigida*, apresentaram apenas *Ceracis bicornis*. Alguns fungos que demonstraram alta riqueza também tiveram espécies dominantes. A mais marcante é *Cis* sp.2, encontrada muitas vezes em *Phellinus gilvus*, *Cyclomices tabacinus* e *Trichaptum sector*.

Foi realizada uma tentativa de classificar os ciídeos de acordo com os grupos propostos por Orledge & Reynolds (2005). Entretanto, foi possível incluir apenas algumas espécies nesta classificação. Dentre as que tiveram no mínimo cinco ocorrências, *Cis* sp. 7, *Cis* sp. 4, e *Ceracis simplicicornis* apresentaram pelo menos 90% de frequência no grupo dos *Trametes*, além de *Strigocis* sp., que teve 82% de suas ocorrências neste grupo. Porém, estes besouros também foram encontrados em menor frequência em outros fungos, que poderiam ser hospedeiros menos requisitados ou ainda ocorrências acidentais. As espécies *Scolytocis* sp. e *Cis* sp. 1 foram incluídas no grupo denominado *Ganoderma* pois consomem apenas *G. australe*. Entre as espécies que podem ser do grupo *Phellinus* estão *Ceracis limai*, encontrada praticamente apenas em fungos deste gênero, bem como Ciidae sp. 1, registrada em algumas espécies de *Phellinus* e também em *Cyclomyces tabacinus* (Hymenochaetaceae). *Xylographus corpulentus* ocorreu tanto em *Phellinus* quanto em *Ganoderma*, o que impossibilita a definição de seu grupo hospedeiro. As outras quatro espécies de Ciidae são encontradas em fungos não pertencentes a nenhum dos grupos propostos ou que apresentam hábitos generalistas.

As espécies de besouros coletadas apresentaram diferentes graus de especialização (Tab. 4). *Scolytocis* sp. (Ciidae) e Tenebrionidae sp. 1 são as únicas que consomem apenas um hospedeiro,

*Ganoderma australe*. Algumas outras, com hábitos oligófagos, foram encontradas principalmente associadas a uma espécie de fungo, como: *Cis* sp. 1, registrada quase sempre em *G. australe*; *Ceracis simplicicornis* em *P. sanguineus*; Melandryidae sp. 1 em *Phellinus gilvus*; *Cis* sp. 4 e *Cis* sp. 7 em *Trametes membranaceae*. Não foi detectada preferência alimentar em besouros específicos (monófagos e oligófagos) por nenhuma classe de longevidade (anuais e perenes) ( $p = 0,96$ ;  $gl = 1$ ;  $\chi^2 = 0,002$ ).

**Tabela 4.** Espécies de Coleoptera que apresentaram mais de cinco ocorrências relacionadas com seus hábitos alimentares, espécie/família de fungo hospedeiro, bem como a classe de longevidade preferencial. Espécies pertencentes à família Ciidae (\*).

<b>Espécie de besouro</b>	<b>hábito alimentar</b>	<b>Espécie/Família de fungo hospedeiro</b>	<b>consistência</b>
<i>Scolytocis</i> sp. *	monófaga	<i>Ganoderma australe</i>	lenhoso
Tenebrionidae sp. 1	monófaga	<i>Ganoderma australe</i>	lenhoso
<i>Ceracis limai</i> *	olífaga	Hymenochaetaceae	lenhoso
<i>Ceracis simplicicornis</i> *	olífaga	Polyporaceae	anual (coriáceo)
<i>Cis</i> sp. 1 *	olífaga	Ganodermataceae	lenhoso
<i>Cis</i> sp. 4 *	olífaga	Polyporaceae	anual (coriáceo)
<i>Cis</i> sp. 7 *	olífaga	Polyporaceae	anual (coriáceo)
<i>Strigocis</i> sp. *	olífaga	Polyporaceae	anual (coriáceo)
Erotylidae sp. 2	olífaga	Polyporaceae	anual
Melandryidae sp. 1	olífaga	Hymenochaetaceae	anual
Staphylinidae sp. 1	olífaga	Polyporaceae	anual (coriáceo)
Ciidae sp. 1 *	polífaga		anual
<i>Xylographus corpulentus</i> *	polífaga		lenhoso
<i>Ceracis</i> sp. 1 *	polífaga		lenhoso
<i>Cis</i> sp. 2 *	polífaga		anual
Ptiliidae sp. 3	polífaga		anual (coriáceo)
Leiodidae sp. 1	polífaga		anual
Staphylinidae sp. 2	polífaga		anual
Staphylinidae sp. 4	polífaga		anual
Staphylinidae sp. 6	polífaga		anual
<i>Ceracis bicornis</i> *	polífaga		
<i>Ceracis</i> sp. 2 *	polífaga		

## 5 – DISCUSSÃO

De acordo com Begon *et al.* (2007), provavelmente não existe um mecanismo isoladamente que explicaria um padrão particular na riqueza de espécies e é provável que os padrões em pequenas escalas sejam influenciados por processos que operam tanto em escala local quanto regional. Os valores de riqueza deste estudo mostram que algumas espécies de fungos são consumidas por um maior número de espécies de besouros do que outras, porém nenhuma das variáveis testadas (abundância local, isolamento taxonômico, volume máximo) mostraram relação com estes valores. Neste trabalho, como basidiomas são estruturas reprodutivas, a probabilidade de encontros dos besouros com o mesmo difere do das plantas. Esta diferença de durabilidade do recurso pode influenciar na importância da abundância local dos hospedeiros para a variação da riqueza de besouros em basidiomas. Como estes são imprevisíveis, a habilidade de colonização dos besouros pode ser um fator decisivo para a sua utilização (Orledge & Reynolds, 2005). Outro fator estudado foi o isolamento taxonômico, porém diferentemente de outros trabalhos (Krasnov *et al.*, 2004), esta variável além de não ser significativa, demonstrou relação negativa com a riqueza de besouros fungívoros.

Com relação à arquitetura dos hospedeiros, em plantas este fator parece demonstrar relação com o número de insetos associados (Brändle & Brandl, 2001), enquanto em animais esta relação não foi corroborada pelo trabalho de Krasnov *et al.*, (2004). Neste estudo o volume dos basidiomas foi a medida de arquitetura tomada que poderia sugerir maior riqueza de besouros, porém foi, em basidiomas lenhosos, negativamente correlacionado com estes valores. Isso sugere que outros fatores, como a rapidez de utilização do recurso por determinadas espécies de besouros, pode prejudicar outras espécies de consumir o mesmo basidioma. Por exemplo, o fungo *Ganoderma australe* produz o maior de todos os basidiomas da área de estudo e muitas vezes encontrava-se colonizado por muitos indivíduos de Tenebrionidae sp.1. Por esta ser uma espécie de maior porte que as demais, consome e decompõe mais rapidamente os basidiomas, fato este claramente observado quando estes foram dissecados, pois seu

contexto (região estéril dos basidiomas) encontrava-se muitas vezes como uma poeira. Com isso pode haver a inibição de outros besouros, pois o valor nutricional do basidioma diminui. Este processo é denominado de competição por exploração de recurso e também é observado em comunidades fitófagas, onde plantas que são consumidas rapidamente por uma determinada espécie de inseto demonstram baixos valores de riqueza (Denno *et al.*; 1995; Kaplan & Denno, 2007).

Além das variáveis testadas, a digestibilidade dos fungos também pode estar relacionada às características de cada espécie, como o valor nutricional e a toxicidade que apresentam (Guevara & Dirzo, 1999). A alta riqueza estimada que algumas espécies apresentaram sugere que devam possuir poucos compostos secundários de defesa ou então que estes não são tóxicos para a maioria dos besouros fungívoros (Martin, 1979). Além disso, estes hospedeiros podem ter compostos voláteis que facilitam a atração destes insetos (Jonsson *et al.* 1997; Jonsell *et al.* 2003; Orledge & Reynolds, 2005). Por exemplo, apesar de *Pycnoporus sanguineus* ser uma espécie comum na área de estudo, ela demonstrou a menor riqueza de todas as espécies coletadas. Esta espécie faz parte do grupo dos fungos trametóides, porém seus basidiomas possuem alta produção de cinabarinas, que possuem ação antibiótica (Smânia *et al.*, 1998; Oliveira *et al.*, 2007). Outras espécies pertencentes ao mesmo gênero, como *Pycnoporus cinnabarius*, também apresentam coloração avermelhada e não são muito consumidas por besouros (Lawrence, 1973).

Algumas espécies de Ciidae coletadas neste estudo se inserem nos grupos propostos por Orledge & Reynolds (2005), pois apresentam a maioria das ocorrências ou em fungos trametóides ou em *Ganoderma* ou ainda por exemplares da Família Hymenochaetaceae. *Strigocis* sp. se enquadra bem no grupo *Trametes* e, de acordo com o autor, todas as espécies deste gênero também utilizam estes fungos. Por outro lado, muitos besouros não se encaixam em nenhum dos grupos propostos. Klopfenstein & Graves (1989) também tentaram aplicar este conceito à *Hadraule blaisdelli* (Ciidae), porém como esta espécie apresenta ampla gama de hospedeiros, não foi possível classificá-la em nenhum dos grupos. No levantamento realizado por Orledge & Reynolds (2005) também foi verificado

que muitas espécies não se enquadram exatamente nestas categorias, levando em alguns casos a formação de subgrupos. Os mesmos autores descrevem que a definição do “grupo de utilização de hospedeiros” não é facilmente reconhecida a partir de análises dos dados de campo. Isso se deve principalmente à carência de informações disponíveis sobre a frequência que os táxons de fungos ocorrem na natureza e ao escasso conhecimento existente sobre a frequência que os besouros ocorrem em cada espécie de fungo.

Até o momento nenhuma tentativa de incluir os ciídeos da América do Sul nos grupos propostos por Orledge & Reynolds (2005) havia sido conduzida. Para auxiliar na classificação destas espécies do Novo Mundo em cada um dos grupos definidos, o número de coletas deve aumentar, pois algumas ocorrências que foram levadas em consideração podem ser apenas acidentais. Além disso, na Região Neotropical existem muitas espécies de fungos diferentes daquelas encontradas na América do Norte e em outros continentes. Assim, muitos coleópteros encontrados não se incluem em nenhum dos grupos propostos porque as espécies de fungos coletadas não fazem parte de nenhum deles.

A proporção de exemplares da Família Ciidae que apresentaram monofagia está de acordo com o indicado por Pavior-Smith (1960) e Lawrence (1973), pois poucos apresentaram hábitos estritamente monófagos. Além disso, a maioria dos exemplares desta família encontrados possui hábitos oligófagos, corroborando Lawrence (1973). Mesmo que várias espécies possuam poucos hospedeiros, foram observados muitos casos de polifagia, como descrito por Jonsell *et al.* (2001), ou ainda espécies que não se enquadram nos grupos propostos por Orledge & Reynolds (2005). A proporção de espécies com hábitos generalistas foi alta, o que pode ser resultado da classificação utilizada pois, das cinco que foram consideradas polífagas, três (*Xylographus corpulentus*, *Ceracis bicornis* e *Ceracis* sp. 1) não ocorreram em muitos hospedeiros, porém estes são de famílias diferentes. Portanto, esta incongruência pode ter ocorrido já que a classificação de hábitos alimentares pode ter sido realizada de maneiras diferentes.

Além disso, a hipótese de que a maioria de besouros é oligófaga (Lawrence, 1973) foi desenvolvida tendo como base somente a Família Ciidae e não as demais. Segundo revisão de literatura existem ciídeos que demonstram alta especificidade, bem como espécies pertencentes à Família Tenebrionidae, Melandryidae e Anobiidae (Jonsell et al., 2001; Jonsell & Nordlander, 2004). Entretanto, isso pode não ocorrer com tanta frequência em espécies de outras famílias (Guevara *et al.* 2000a; Komonen, 2006). Se a proporção de hábitos alimentares fosse empregada neste trabalho para todas as famílias coletadas, mais quatro espécies entrariam como polípagas, sendo três delas exemplares de Staphylinidae. Isso pode ter sido registrado porque esta não é obrigatoriamente fungívora e assim, algumas espécies encontradas podem ser predadoras e não dependem do fungo em questão. Mesmo assim suas morfoespécies foram incluídas nas análises, pois larvas (Leschen, 1994) e exemplares adultos desta família (Yamashita & Hijii, 2003; Amat-García, 2004) já foram encontrados em basidiomas.

A análise sobre a especificidade dos besouros em relação à longevidade dos basidiomas não corrobora a hipótese quantitativa proposta por Hanski (1989) e defendida por Komonen (2001) e Jonsell & Nordlander (2004). Os dados mostram que a polifagia ocorre também em espécies que utilizam preferencialmente fungos lenhosos. Mesmo que apenas nesta consistência haja espécies monófagas, este resultado pode ser um artefato, pois na área de estudo foi encontrada apenas uma espécie pertencente ao gênero *Ganoderma*. Ou seja, caso alguns besouros consumam prioritariamente fungos deste gênero ou desta família, os aqui classificados como monófagos poderiam passar a ser oligófagos caso houvesse mais espécies pertencentes à *Ganoderma*. Além disso, a maioria dos besouros que consomem preferencialmente fungos anuais apresentou oligofagia, o que demonstra que existem preferências alimentares e que não é apenas a longevidade dos basidiomas que interfere no hábito alimentar deste grupo de besouros. Além disso, a monofagia e a polifagia também podem estar relacionadas com os diferentes momentos ontogenéticos de um basidioma. Algumas espécies generalistas se alimentam de recurso mais decomposto enquanto outras, mais especialistas, toleram as

defesas químicas de alguns fungos e consomem seus basidiomas em estágios sucessionais iniciais (Jonsell *et al.*, 2001; Jonsell & Nordlander, 2004).

Em trabalhos de interação entre insetos e plantas provavelmente a opção de determinada espécie de inseto ser estritamente monófaga ou polífaga dependa de um grande número de fatores heterogêneos. Por exemplo, já foi verificado que algumas espécies de borboletas são significativamente mais generalistas nos trópicos do que em ambientes temperados (Schoonhover *et al.*, 2005). Além disso, novas teorias sugerem que a polifagia é apenas uma fase efêmera para as espécies de insetos herbívoros, uma vez que seus hábitos dependeriam da distribuição geográfica que seus hospedeiros apresentam em determinado momento de sua história evolutiva (Janz *et al.*, 2006).

## **6 - CONCLUSÃO**

A distribuição das espécies de besouros fungívoros nos respectivos hospedeiros não demonstrou ser ao acaso e algumas destas foram incluídas nos grupos propostos por Orledge & Reynolds (2005). Diferentemente dos estudos de interação inseto-planta, não foram observado fatores relacionados à variação da riqueza de besouros em fungos. Foi observado que a especificidade dos coleópteros não está relacionada com a dureza dos basidiomas que utilizam.



**ASSEMBLÉIA DE COLEOPTERA EM BASIDIOMAS DE POLYPORALES E  
HYMENOGAETALES (FUNGI: BASIDIOMYCOTA) E FATORES QUE MODIFICAM SUA  
ESTRUTURAÇÃO**

# ASSEMBLÉIA DE COLEOPTERA EM BASIDIOMAS DE POLYPORALES E HYMENOCHAETALES (FUNGI: BASIDIOMYCOTA) E FATORES QUE MODIFICAM SUA ESTRUTURAÇÃO

## RESUMO

A fungivoria é um dos hábitos alimentares mais primitivos entre os besouros, porém, diferentemente da herbivoria, pouco se conhece sobre os mecanismos que organizam esta assembléia. Dentre as características das plantas que podem interferir no processo de seleção das espécies hospedeiras por estes animais, está sua composição química e estrutural. Analogamente à herbivoria, no consumo dos basidiomas de fungos pelos besouros estas características também podem ser importantes. A partir deste panorama, esse trabalho tem como objetivo verificar se a composição da assembléia de besouros fungívoros estudada é influenciada pela (1) proximidade taxonômica dos fungos, uma vez que espécies mais relacionadas freqüentemente possuem composição química semelhante; (2) consistência e sistema hifal dos basidiomas, já que estes modificam a rigidez dos mesmos. Além dessas questões, também se pretende avaliar se (3) as espécies de besouros taxonomicamente próximas utilizam uma assembléia de fungos semelhante; (4) ou se usam basidiomas com consistências mais parecidas. Esta hipótese surgiu da teoria de co-evolução, a qual propõe que insetos filogeneticamente próximos tendem a consumir o mesmo grupo de plantas, já que possuem capacidades metabólicas semelhantes. Para responder a estas perguntas foram coletados basidiomas de Polyporales e Hymenochaetales em um ambiente de Floresta Ombrófila Mista, totalizando 376 indivíduos. Estes espécimes foram mantidos individualizados em laboratório por três meses para a constante retirada dos besouros adultos e então dissecados. Todos os indivíduos de fungos que apresentaram associação com insetos (207) foram identificados (40 espécies). Nestes foram encontradas 447 ocorrências de besouros fungívoros; indivíduos que foram separados em 90 morfoespécies e inclusos em 20 famílias. O que se verificou foi que a distância taxonômica dos fungos e a consistência dos seus basidiomas interferem na seleção das espécies hospedeiras pelos besouros, porém o sistema hifal não. Por outro lado não foram encontrados resultados significativos quanto à utilização de espécies de fungo similares em função da proximidade taxonômica dos besouros. Isso demonstra que a capacidade de utilizar as mesmas espécies de hospedeiros não está tão relacionada com a filogenia dos besouros fungívoros como ocorre entre os herbívoros.

**Palavras-chave:** besouro, fungo, herbivoria, fungivoria, interação.

**COLEOPTERA ASSEMBLAGE ON BASIDIOMES OF POLYPORALES E  
HYMENOCHAETALES (FUNGI: BASIDIOMYCOTA) AND FACTORS THAT MODIFIES  
ITS STRUCTURE**

**ABSTRACT**

Fungivory is one of the most primitive feeding habits among beetles. However, differently from herbivory, not much is known about the organization of this assemblage. Chemical composition and plant structure are among the factors that can influence host selection by these animals. Analogous to herbivory, the consumption of fungi basidiomes by fungivore beetles can also be influenced by these characteristics. From this point of view, this work aims to verify if the composition of beetles' assemblage is influenced by: (1) fungus taxonomy, since the most related species should have similar chemical composition; (2) basidiome's consistency and hyphal system, once they can modify their hardness. Besides these questions, this work also pretends to evaluate if (3) the beetle species that are more closely related use a similar assemblage of fungus; (4) or if they use basidiomes that have similar consistencies. This hypothesis goes toward the coevolution theory, which proposes that phylogenetically related insect species tend to consume the same group of plants, since they have similar metabolic capacities. To answer these questions basidiomes of 376 fungal individuals from Polyporales and Hymenochaetales Orders were collected in an *Araucaria angustifolia* forest of Rio Grande do Sul State. They were kept in the laboratory, individually separated in containers for three months, while the newly emerged beetles were captured, and the fungi were dissected afterwards. All fungi individuals that had associations (207) were identified (40 species). It was found 447 frequencies of Coleoptera, which were separated in 90 species and these were included in 20 families. The results show that the taxonomic distance of the fungal species and the consistency of its basidiomes affect the selection of the beetles, but the hyphal system does not. On the other hand, the taxonomic distance of fungivorous beetle species is not related to the selection of similar host. So the ability to feed on the taxonomic similar species is not related to fungivore beetle phylogeny as it occurs in the herbivorous assemblage.

**Key words:** beetle, fungi, herbivory, fungivory, interaction.

## 7 - INTRODUÇÃO

O consumo de fungos é um hábito alimentar mais primitivo entre os insetos do que o de plantas (Gillott, 1982), porém, poucos estudos buscam a compreensão dos fatores que organizam a assembléia de insetos fungívoros (Guevara & Dirzo, 1999). Como fungos e plantas são organismos modulares (Harper, 1986), ou seja, não conseguem escapar espacialmente dos animais que os consomem, a pressão proveniente do ataque de insetos pode levar a evolução de mecanismos de defesa físicos e químicos em ambos os hospedeiros (Hanski, 1989; Coley & Barone, 1996). No caso de herbivoria, os insetos, em contrapartida, podem sofrer constantes adaptações que lhes permitem utilizar plantas mais resistente ou com defesas químicas específicas (Coley & Barone, 1996). Esta reciprocidade nunca foi relatada para a fungivoria, pois não se sabe se o dano causado pelos insetos é suficiente para promover defesas por parte dos fungos. Mesmo em plantas não é fácil comprovar que suas adaptações surgiram com a finalidade de protegê-las contra estas injúrias (Futuyma, 2000). Mesmo que as qualidades dos fungos não tenham evoluído para esta função, elas podem lhe conferir resistência. Por exemplo, já foram observadas modificações no aparelho bucal de determinados insetos fungívoros que facilitam o consumo de basidiomas (estruturas reprodutivas) lenhosos (Lawrence, 1989).

Quanto mais rígida uma planta, maior a dificuldade em consumi-la (Coley & Barone, 1996; Wright & Vincent, 1996). No caso dos fungos da Classe Basidiomycetes, a rigidez que os basidiomas apresentam também parece estar relacionada à seleção do hospedeiro (Hanski, 1989; Jonsell & Nordlander, 2004). As principais ordens de insetos fungívoros encontrados são Diptera e Coleoptera (Hanski, 1989; Komonen, 2003; Amat-García *et al.*, 2004). Segundo Hanski (1989), enquanto aqueles consomem mais os Agaricales, os coleópteros se alimentam mais de Polyporales e Hymenochaetales. Os representantes da Ordem Agaricales são popularmente conhecidos por cogumelos e possuem geralmente consistência carnosa (Guerrero & Homrich, 1999). As outras duas ordens possuem basidiomas mais rígidos e são denominados de orelhas-de-pau (Putzke & Putzke, 2004). Um dos

motivos mais evidentes para esta relação refere-se ao tempo de desenvolvimento larval de cada espécie. As que necessitam de um período maior para se tornarem adultas, como representantes de coleópteros, ficam impossibilitadas de depositar seus ovos em basidiomas macios e que conseqüentemente apodrecem rápido (Leschen, 1994).

A categorização dos basidiomas em classes de rigidez é comumente realizada pelos micologistas, que os separam quanto à consistência que apresentam (Silveira & Guerrero, 1991; Ryvardeen & Iturriaga, 2003; Ryvardeen, 2004). Estas classes seguem um gradiente de dureza, sendo as mais comuns: carnosas, gelatinosas, membranosas, coriáceas, cerosas, corticosas, sublenhosas e lenhosas (Largent, 1986; Silveira & Guerrero, 1991; Coelho, 1994; Ryvardeen & Iturriaga, 2003; Ryvardeen, 2004). Os basidiomas coriáceos são mais maleáveis e, quando frescos, se assemelham ao couro; os cerosos são quebradiços e um pouco mais duros; os corticosos possuem uma textura similar à cortiça; os sublenhosos são ainda mais rígidos e os lenhosos se parecem com madeira (Silveira & Guerrero, 1991). Os basidiomas lenhosos apresentam alta densidade e são, na grande maioria, perenes, enquanto as demais classes são anuais (Lacy, 1984; Silveira & Guerrero, 1991).

A dureza das plantas está relacionada principalmente à composição da parede celular, sendo a celulose, a hemicelulose e a lignina difíceis de serem digeridos por alguns insetos (Hochuli, 1996). A presença de outros elementos como esclerênquimas e ráfides (Wright & Vincent, 1996), ou ainda cera nos frutos (Salabanks e Courtney, 1992), também aumenta sua resistência à predação. Por outro lado, os compostos da parede celular que conferem estrutura aos fungos são formados por quitina e glucanos (Gooday, 1995). Como ocorre nas plantas, existem fatores internos que, em conjunto, alteram a resistência dos basidiomas. Entre eles estão a composição e a espessura da parede celular (Gooday, 1995), o sistema hifal (Pavior-Smith, 1960; Lawrence, 1973) e a porcentagem de água que possuem (Martin, 1979). Quanto ao sistema hifal, os basidiomas podem ser monomíticos, dimíticos ou trimíticos, conforme apresentam de um a três tipos de hifas, que podem ser generativas, esqueletais e ligadoras (Largent *et al.*, 1986; Putzke & Putzke, 2004). As primeiras estão sempre presentes e as duas

últimas possuem parede espessa e conferem aos basidiomas diferentes graus de rigidez (Pegler, 1996). Foi sugerido que besouros que utilizam fungos com sistema hifal trimítico também conseguem se alimentar dos sistemas mais simples, mas que o contrário não ocorre (Pavior-Smith, 1960). Mesmo que o sistema hifal influencie na estrutura dos basidiomas, ele não define suas classes de consistência. Assim sendo, consistência e sistema hifal devem ser considerados separadamente para verificar a influência de cada um no consumo dos basidiomas.

A composição química das plantas também pode selecionar as espécies de insetos que conseguem utilizá-la. De acordo com a teoria proposta sobre coevolução, a habilidade de “escapar” devido às suas qualidades bioquímicas é hereditária. Assim, plantas mais próximas filogeneticamente provavelmente compartilham mais compostos químicos e um inseto que consumir uma delas terá mais facilidade em danificar outras que se encontram no mesmo clado. Conseqüentemente, os descendentes deste inseto manterão esta capacidade, o que proporciona que espécies mais próximas utilizem plantas também mais relacionadas (Futuyma, 2000). Também já foi sugerido que esta teoria possa se aplicar à interação inseto-fungo (Lawrence, 1973; Jonsell & Nordlander, 2004; Orledge & Reynolds, 2005). Neste sentido, Orledge & Reynolds (2005) verificaram que há uma tendência de que exista associação filogenética entre as espécies de ciídeos que utilizam os mesmos fungos.

A partir do que foi exposto, é possível esperar que o padrão de utilização das espécies de fungos pelos besouros não seja ao acaso. Assim, os objetivos deste trabalho são verificar se: (1) fungos taxonomicamente mais próximos possuem uma assembléia de besouros fungívoros mais semelhante; (2) a assembléia de coleópteros fungívoros pode apresentar um padrão de organização em função da rigidez que os basidiomas apresentam, sendo esta representada pela consistência e pelo sistema hifal; (3) espécies de besouros mais próximas taxonomicamente utilizam uma assembléia de fungos mais semelhante; (4) ou ainda se usam basidiomas com consistências mais semelhantes.

## **8 - MATERIAL E MÉTODOS**

### **8.1 - ÁREA DE ESTUDO**

O local de coleta para este estudo foi a Floresta Nacional de São Francisco de Paula (FLONA/SFP, 29°23' - 29°27'S e 50°23' - 50°27'W), localizada no município de São Francisco de Paula, Estado do Rio Grande do Sul. Criada em 1951, é considerada a unidade de conservação mais antiga do Estado, a qual mantém um remanescente de Floresta Ombrófila Mista do tipo Montana (Teixeira *et al.*, 1986; Diverio *et al.*, 2001). Além desta fitofisionomia, que representa 40% da sua área, apresenta também silvicultura de *Araucaria angustifolia* e de espécies exóticas, como *Pinus* spp. e *Eucalyptus* spp. (Dobrovolski *et al.*, 2006). A FLONA/SFP tem uma extensão de 1.606 ha. e altitude máxima de 923 m (Diverio *et al.*, 2001). O clima é mesotérmico e superúmido, caracterizado por verão brando e inverno frio (Cfb). Chove regularmente durante todos os meses, com precipitação média anual estimada de 2.252 mm (Backes *et al.*, 2005).

### **8.2 - METODOLOGIA DE CAMPO**

As coletas foram realizadas mensalmente entre agosto de 2006 e março de 2007, em locais com Floresta Ombrófila Mista. Durante a caminhada todos os basidiomas de espécies das ordens Polyporales e Hymenochaetales observados foram coletados. A busca pelas espécies de fungos foi arbitrária e procurava-se não re-amostrar um mesmo indivíduo em coletas subseqüentes. A metodologia utilizada para a definição de um organismo de fungo foi a ocorrência de basidiomas de determinada espécie em um único tronco, uma vez que não é possível saber onde o indivíduo termina. Como as coletas foram conduzidas por indivíduo, o número de basidiomas por amostra não era fixo. O esforço amostral foi mantido semelhante ao longo dos meses, com uma média de 40 indivíduos por

coleta. Após a retirada do substrato, cada indivíduo foi acondicionado separadamente em papel toalha e sacos plásticos para garantir o confinamento das larvas e adultos de besouros até a triagem do material.

### **8.3 – METODOLOGIA DE LABORATÓRIO**

Para evitar a morte dos insetos presentes e o apodrecimento dos fungos, o material foi triado em laboratório em um prazo máximo de três dias após a coleta. Após a triagem inicial, os fungos foram armazenados individualmente durante no máximo três meses para a criação das larvas dos besouros. Para tanto, foram utilizados potes de polietileno cobertos por tecido voil para impossibilitar a saída dos besouros adultos (Komonen, 2001). Além disso, os potes foram parcialmente tampados e, no interior de cada um, foi mantido um pedaço de papel higiênico umedecido para evitar que os fungos secassem. Como os insetos presentes em basidiomas lenhosos não são facilmente visualizados, foi necessário cobrir os recipientes onde se encontravam com papel alumínio e acoplar um tubo de ensaio em cada um deles. Esta metodologia foi empregada visando capturar espécies de besouros que são atraídas pela luz; adultos recém emergidos, ao saírem dos basidiomas, procuram luminosidade pelo tubo de ensaio onde são coletados (Jonsell *et al.*, 2001). Como não são todas as espécies de coleópteros que possuem esta característica, três meses após a coleta procedeu-se a dissecação total dos basidiomas para a retirada dos besouros remanescentes. Os fungos das demais consistências foram dissecados quando seus basidiomas não apresentavam mais insetos, quando estavam completamente degradados ou também após três meses, a fim de garantir a obtenção de todas as espécies presentes.

O monitoramento da umidade e a retirada dos besouros foram realizados duas vezes por semana para todos os fungos mantidos em laboratório, de todas as consistências. Os besouros obtidos de cada indivíduo fúngico foram armazenados em um único frasco contendo álcool 80% e a ocorrência de cada espécie de besouro foi registrada para cada um. Nos casos em que foi encontrada uma grande abundância de indivíduos, procedeu-se a coleta de no mínimo 50 indivíduos para garantir a



representação de todas as espécies, uma vez que nesta etapa do trabalho os coleópteros ainda não tinham sido identificados. Não eram coletados todos os besouros porque, em alguns casos, estes apresentavam tamanhos muito reduzidos (um milímetro) e poderiam encontrar-se aos milhares. Além disso, em alguns casos, quando, por exemplo, os basidiomas eram lenhosos, era tecnicamente impossível dissecar todo o basidioma.

Para a determinação taxonômica dos fungos, foi retirado de cada coleta um basidioma – ou parte do mesmo – para excicata, bem como uma imagem digitalizada no momento em que o material chegava ao laboratório. As determinações foram realizadas até o nível específico para todos os fungos que apresentaram ocorrência de besouros (Coelho, 1994; Gilbertson & Ryvardeen, 1986; Gilbertson & Ryvardeen, 1987; Kirk *et al.*, 2001; Ryvardeen & Johansen, 1980; Ryvardeen, 1991; Ryvardeen & Iturriaga, 2003; Ryvardeen, 2004; Silveira & Guerrero, 1991). Foi organizada uma coleção entomológica para auxiliar na determinação das morfoespécies de coleópteros. As determinações taxonômicas foram realizadas até o nível de família (White, 1983; Lawrence & Newton Jr., 1995), sendo apenas os representantes da Família Ciidae identificados até espécie. Esta identificação foi baseada em comparações dos espécimes com os presentes na coleção da Universidade Federal de Viçosa e também com o material disponível no seu laminário.

## **9 - ANÁLISE DOS DADOS**

Foram realizadas análises exploratórias de agrupamento e ordenação, com a utilização do programa estatístico Multiv (Pillar, 2006), para observar a organização da assembléia de besouros em função da consistência dos basidiomas. Na análise de agrupamento se avaliou a formação de grupos nítidos e na de ordenação quais as espécies de besouros que se relacionam com cada classe de consistência. Foram utilizados os valores de frequência de ocorrência dos besouros em ambas as

análises exploratórias. Os dados foram agrupados de acordo com as seis classes que os basidiomas apresentaram: carnosa, coriácea, cerosa, corticosa, sublenhosa e lenhosa (Tab.1). Cada análise foi elaborada de duas maneiras, uma com todas as famílias de besouros e outra apenas com exemplares da Família Ciidae, já que estes são estritamente fungívoros e apresentaram alta riqueza, bem como ocorrência. A consistência carnosa não foi representada na análise realizada apenas com os ciídeos. No agrupamento foi aplicado o método da ligação média não ponderada (UPGMA) e como medida de semelhança utilizou-se a distância euclidiana entre unidades amostrais. Como os dados formam uma matriz de contingência, aplicou-se como método de ordenação a análise de correspondência e momento produto como medida de semelhança (Pillar, 2006). Em todas as análises exploratórias os dados foram previamente transformados pelo ajuste duplo, que é a transformação vetorial mais adequada para uma tabela de contingência. Este ajuste consiste em:  $F'_{jh} = F_{jh} / (F_j \cdot F_{.h})^{1/2} - (F_j \cdot F_{.h})^{1/2} / F_{..}$ . Onde  $F'_{jh}$  é o valor ajustado de cada observação  $F_{jh}$ ;  $F_j$  é o total da variável  $j$ ;  $F_{.h}$  é o total da unidade amostral  $h$ ;  $F_{..}$  é o total geral da tabela. Para avaliar a nitidez dos grupos e a estabilidade dos eixos de ordenação foi feita uma auto-reamostragem a partir de 1.000 iterações (Pillar, 2006).

Foi realizado um teste de Mantel para testar se basidiomas de fungos taxonomicamente mais próximos são consumidos por uma assembléia de besouros mais semelhante do que os fungos mais distantes. Este teste compara duas matrizes de distância e foi executado pelo programa estatístico R (Crawley, 2005), que se baseia na correlação de Pearson e obtém o valor de probabilidade a partir de 1.000 permutações (Gotelli & Ellison, 2004). A primeira matriz relaciona as espécies de fungos com os respectivos besouros associados a partir de dados binários. Para obter uma matriz de distância se aplicou a medida de similaridade de Jaccard, que não considera as duplas ausências (Pillar, 2006). Os valores de frequência de ocorrência dos coleópteros não foram utilizados porque, neste caso, não importa quantas vezes cada espécie foi encontrada em seus devidos hospedeiros, mas sim se elas ocorrem em determinado fungo ou não. Caso as frequências fossem consideradas as espécies de besouros mais comuns prejudicariam o resultado. A segunda matriz de distância formulada relaciona os

fungos quanto às suas distâncias taxonômicas. Assumiu-se que a distância taxonômica seja correlacionada com a distância filogenética. As espécies que pertencem a um mesmo gênero foram classificadas com o valor 0; as de gêneros diferentes, mas da mesma família, com o valor 1; as de famílias diferentes, mas da mesma ordem, com o valor 2; as de ordens diferentes com o valor 3. Portanto, quanto maior o valor, maior a distância taxonômica entre as espécies de fungos.

Para verificar o efeito da rigidez dos basidiomas na seleção dos hospedeiros pelos besouros, foram aplicados testes de Mantel parcial (Gotelli & Ellison, 2004) com o uso do programa estatístico R (Crawley, 2005). Como basidiomas com rigidez igual ou semelhante podem ser mais próximos filogeneticamente (Tab.1), esta análise retira o efeito da distância filogenética entre os fungos. A rigidez foi analisada considerando tanto a consistência quanto o sistema hifal dos basidiomas. O Mantel parcial utiliza três matrizes, neste caso a primeira relaciona as espécies de fungos com as de besouros a partir de dados binários. Para a obtenção da matriz de distância foi aplicada a similaridade de Jaccard como medida de semelhança. A segunda matriz foi formulada de quatro maneiras. Nas duas primeiras verificou-se a influência da consistência dos basidiomas e nas demais a influência dos seus sistemas hifais. A terceira matriz é a própria matriz de distância filogenética das espécies de fungos utilizada no teste de Mantel descrito anteriormente.

Para a formulação da segunda matriz, tanto a consistência quanto o sistema foram avaliados de duas formas: (1) as classes (tanto de consistência quanto de sistema hifal) foram consideradas como iguais ou diferentes (0 ou 1), ou seja, basidiomas da mesma classe receberam o valor 0 na matriz, ou se não, 1; (2) ou então como variações gradativas na característica física dos basidiomas. No caso da análise onde a consistência foi comparada, as classes mais distantes (carnosa e lenhosa) receberam o valor 5, nas demais foram definidos valores intermediários (1, 2, 3, 4). Da mesma forma foi analisado o sistema hifal, porém como este apresenta apenas três tipos de classificação os valores foram apenas de 0 (igual), 1 (monomítico e dimítico ou dimítico e trimítico) e 2 (monomítico e trimítico).

**Tabela 1.** Classificação das espécies de fungos coletadas na FLONA/SFP (RS) quanto à taxonomia, sistema hifal e consistência dos basidiomas.

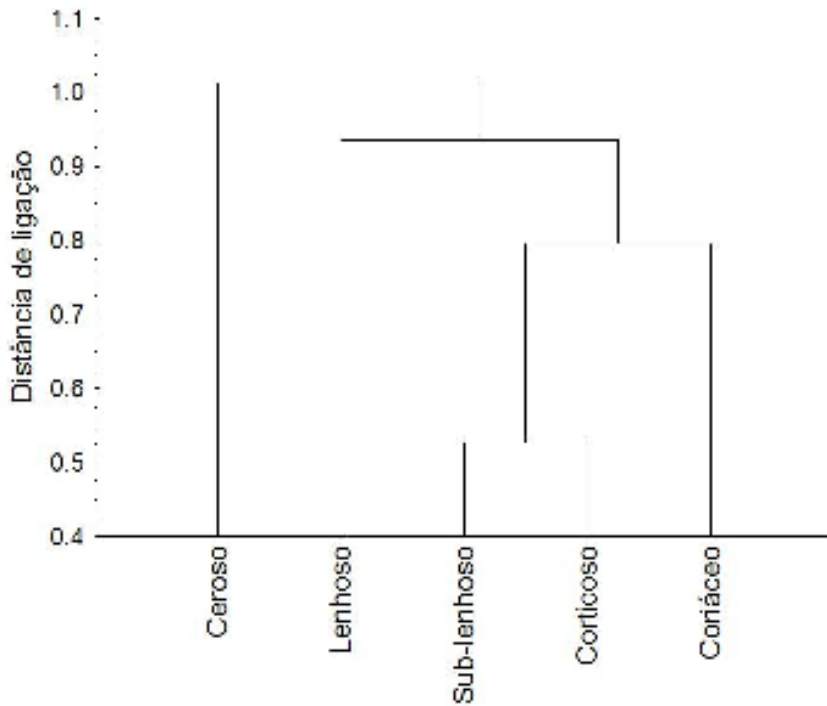
<b>Espécie de fungo</b>	<b>Família</b>	<b>Ordem</b>	<b>Sistema hifal</b>	<b>Consistência</b>
<i>Abundisporus subflexibilis</i>	Polyporaceae	Polyporales	trimítico	lenhoso
<i>Amauroderma coltricioides</i>	Ganodermataceae	Polyporales	trimítico	corticoso
<i>Antrodiella liebmanii</i>	Steccherinaceae	Polyporales	dimítico	ceroso
<i>Antrodiella reflexa</i>	Polyporaceae	Polyporales	dimítico	ceroso
<i>Bjerkandera adusta</i>	Grammotheleaceae	Polyporales	monomítico	corticoso
<i>Corioloopsis rigida</i>	Polyporaceae	Polyporales	trimítico	coriáceo
<i>Cyclomyces tabacinus</i>	Hymenochaetaceae	Hymenochaetales	monomítico	coriáceo
<i>Datronia mollis</i>	Polyporaceae	Polyporales	trimítico	coriáceo
<i>Flaviporus subhydrophilus</i>	Hymenochaetaceae	Hymenochaetales	dimítico	corticoso
<i>Fomitella supina</i>	Polyporaceae	Polyporales	trimítico	lenhoso
<i>Ganoderma australe</i>	Ganodermataceae	Polyporales	trimítico	lenhoso
<i>Inonotus fulvomelleus</i>	Hymenochaetaceae	Hymenochaetales	monomítico	corticoso
<i>Inonotus</i> sp.	Hymenochaetaceae	Hymenochaetales	monomítico	lenhoso
<i>Junghuhnia</i> sp.	Steccherinaceae	Polyporales	dimítico	ceroso
<i>Junghuhnia undigera</i>	Polyporaceae	Polyporales	dimítico	coriáceo
<i>Laetiporus sulphureus</i>	Polyporaceae	Polyporales	dimítico	caroso
<i>Lenzites betulina</i>	Polyporaceae	Polyporales	trimítico	coriáceo
<i>Mycobonia flava</i>	Boreostereaceae	Polyporales	dimítico	coriáceo
<i>Perenniporia martii</i>	Polyporaceae	Polyporales	trimítico	lenhoso
<i>Perenniporia</i> sp.	Polyporaceae	Polyporales	trimítico	corticoso
<i>Phellinus</i> cf. <i>apiahynus</i>	Hymenochaetaceae	Hymenochaetales	dimítico	lenhoso
<i>Phellinus fastuosus</i>	Hymenochaetaceae	Hymenochaetales	dimítico	lenhoso
<i>Phellinus gilvus</i>	Hymenochaetaceae	Hymenochaetales	dimítico	sublenhoso
<i>Phellinus grenadensis</i>	Hymenochaetaceae	Hymenochaetales	dimítico	lenhoso
<i>Phellinus</i> sp. 1	Hymenochaetaceae	Hymenochaetales	dimítico	lenhoso
<i>Phellinus</i> sp.2	Hymenochaetaceae	Hymenochaetales	dimítico	sublenhoso
<i>Phellinus</i> sp.3	Hymenochaetaceae	Hymenochaetales	dimítico	sublenhoso
<i>Phellinus wahlbergii</i>	Polyporaceae	Polyporales	dimítico	lenhoso
<i>Polyporos ciliatus</i>	Polyporaceae	Polyporales	dimítico	coriáceo
<i>Polyporus dictyopus</i>	Polyporaceae	Polyporales	dimítico	coriáceo
<i>Pycnoporus sanguineus</i>	Polyporaceae	Polyporales	trimítico	coriáceo
<i>Rigidoporus microporus</i>	Meripilaceae	Polyporales	monomítico	ceroso
<i>Rigidoporus</i> sp.1	Meripilaceae	Polyporales	monomítico	corticoso
<i>Rigidoporus</i> sp.2	Meripilaceae	Polyporales	monomítico	ceroso
<i>Rigidoporus ulmarius</i>	Meripilaceae	Polyporales	monomítico	lenhoso
<i>Rigidoporus umbonatis</i>	Meripilaceae	Polyporales	monomítico	ceroso
<i>Trametes cubensis</i>	Polyporaceae	Polyporales	trimítico	corticoso
<i>Trametes membranacea</i>	Polyporaceae	Polyporales	trimítico	coriáceo
<i>Trametes villosa</i>	Polyporaceae	Polyporales	trimítico	coriáceo
<i>Trichaptum sector</i>	Steccherinaceae	Polyporales	trimítico	coriáceo

Assumiuiu-se também que a distância taxonômica dos besouros seja correlacionada com a distância filogenética dos mesmos. Para verificar se besouros que são mais próximos filogeneticamente utilizam uma assembléia de fungos mais semelhantes, foram realizados dois testes de Mantel, usando o

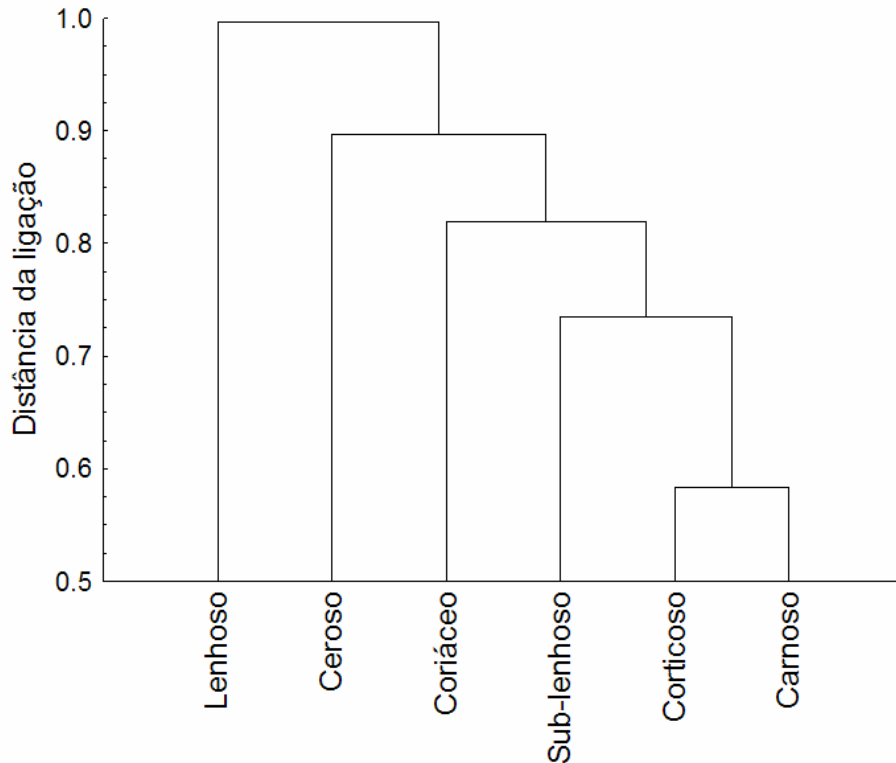
programa estatístico R (Crawley, 2005). O primeiro foi realizado com todas as famílias de besouros fungívoros encontradas e o segundo só com exemplares da Família Ciidae. Para verificar se besouros mais próximos filogeneticamente utilizam basidiomas com consistências mais semelhantes, também foram executados dois testes de Mantel com os mesmo grupos de besouros que os anteriores. A primeira matriz foi formulada a partir de dados binários e relaciona os besouros ou com todas as espécies de fungos ou com estes agrupados quanto às suas classes de consistências. A consistência carnosa não foi representada na análise feita apenas com os representantes de ciídeos. A segunda matriz relaciona cada espécie de besouro com seus níveis filogenéticos superiores. Ao utilizar todas as famílias, os níveis considerados foram: família, superfamília e subordem. Quando a espécie se relaciona, por exemplo, com a família a qual pertence, seu valor na matriz é 1 e quando se relaciona com as demais famílias seu valor é 0. Na análise feita apenas com os ciídeos o único nível taxonômico superior à espécie é o gênero. A medida de similaridade utilizada para todas as matrizes foi Jaccard.

## **10 - RESULTADOS**

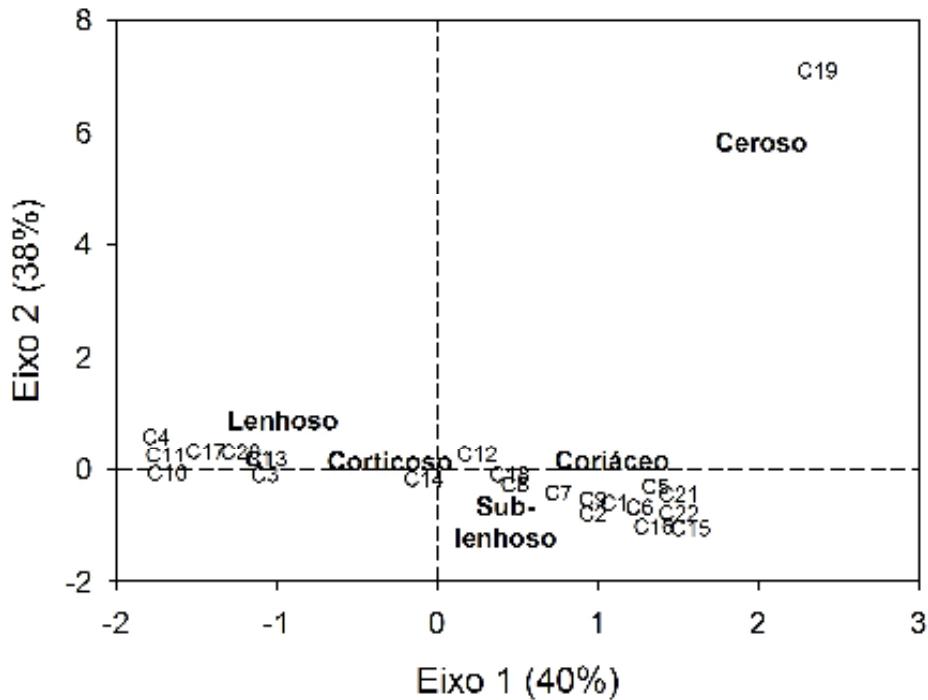
Em ambas as análises de agrupamento formaram-se quatro grupos nítidos, uma vez que o valor de auto-reamostragem obtido a partir das 1.000 iterações para este número de grupos foi maior que 0,1. Ao considerar apenas a Família Ciidae, somente a classe sublenhosa se agrupou com a corticosa (Fig. 1). Ao analisar todas as famílias, a consistência carnosa também se encontrou junto com a corticosa (Fig. 2). Os gráficos de ordenação demonstram que existem espécies de besouros que se associam a basidiomas de diferentes consistências. Na análise envolvendo a Família Ciidae os dois primeiros eixos explicaram 77,9% da variação dos dados (Fig. 3), enquanto ao utilizar todas as famílias o total foi de 63,3% (Fig. 4). Em ambas, os dois primeiros eixos demonstraram estabilidade, com valores de auto-reamostragem obtidos a partir das 1.000 iterações menores que 0,1.



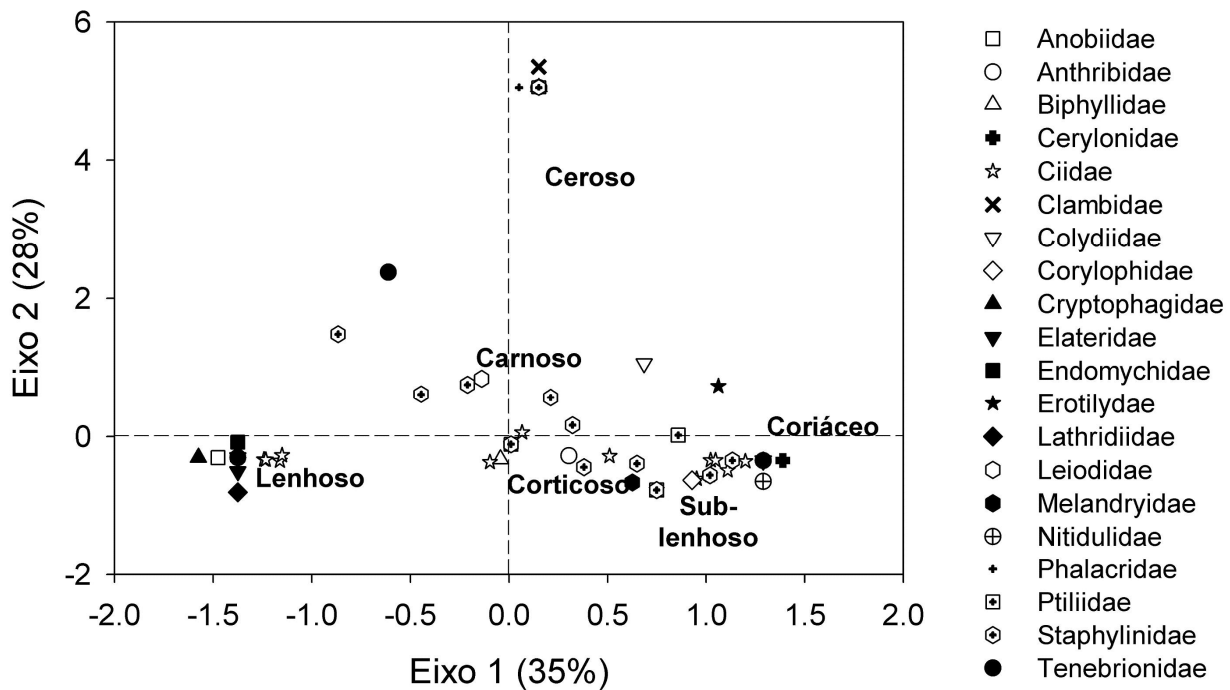
**Fig. 1.** Análise de agrupamento das espécies da Família Ciidae, realizada com o método da ligação média não ponderada (UPGMA) e distância euclidiana como medida de semelhança. Os valores de auto-reamostragem mostram a formação de até quatro grupos nítidos.



**Fig. 2.** Análise de agrupamento de todas as famílias de coleóperos fungívoros, realizada com o método da ligação média não ponderada (UPGMA) e distância euclidiana como medida de semelhança. Os valores de auto-reamostragem mostram a formação de até quatro grupos nítidos.



**Fig. 3.** Análise de ordenação efetuada com as espécies da Família Ciidae, com aplicação do método de correspondência. A medida de semelhança utilizada foi o momento produto e os valores de auto-reamostragem mostram a estabilidade dos dois eixos de ordenação.



**Fig. 4.** Análise de ordenação realizada com as todas as famílias de coleópteros fungívoros, na qual se aplicou o método de correspondência. A medida de semelhança utilizada foi o momento produto e os valores de auto-reamostragem mostram a estabilidade dos dois eixos de ordenação.

A partir das análises de ordenação é possível perceber algumas relações das espécies de besouro com cada classe de consistência dos basidiomas. Como os representantes da Família Ciidae foram os que tiveram as mais altas frequências de ocorrências, a visualização sobre os hospedeiros mais utilizados é mais clara. Entre os que foram encontrados em fungos lenhosos: *Ceracis limai* foi observada em várias espécies do gênero *Phellinus*; *Xylographus corpulentus* foi coletada tanto em espécies de *Phellinus* quanto em *Ganoderma australe*. Entre as espécies que consomem principalmente fungos coriáceos foram registradas: *Cis* sp. 4, *Cis* sp. 6, *Cis* sp. 7, *Cis* sp. 8, *Ceracis simplicicornis*, *Ceracis* sp. 4 e *Strigocis* sp. Apenas *Cis* sp. 3 foi coletada em espécies com consistência cerosa, pertencentes ao gênero *Rigidoporus*. Entre as espécies de outras famílias, Staphylinidae sp. 1, que teve um total de 16 ocorrências, foi encontrada em sete espécies coriáceas e apenas uma vez em um fungo lenhoso; Anthribidae sp. 2 foi registrada em três basidiomas coriáceos e Colydiidae sp. 2 em três lenhosos.

Ao avaliar se fungos mais próximos filogeneticamente possuem uma fauna mais semelhante, o teste de Mantel apresentou um resultado significativo ( $r = 0,18$ ;  $p < 0,001$ ). Os testes de Mantel parcial feitos com as classes de consistência demonstraram que mesmo controlando a distância filogenética dos fungos esta característica também é relevante para o processo de seleção dos hospedeiros. Este resultado se manteve tanto ao considerar as consistências como iguais e diferentes ( $r = 0,21$  e  $p = 0,001$ ), quanto ao analisá-las como classes de rigidez gradativas ( $r = 0,141$  e  $p = 0,001$ ). Por outro lado, os testes de Mantel parcial realizado com os fungos classificados quanto ao sistema hifal não demonstraram resultados significativos ( $p = 0,11$  e  $p = 0,25$ ).

A hipótese de que besouros mais próximos filogeneticamente utilizam uma assembléia de fungos mais semelhante não foi corroborada nem ao considerar todas as famílias ( $r = 0,001$ ;  $p = 0,146$ ), nem com apenas os indivíduos de cídeos ( $r = 0,03$ ;  $p = 0,32$ ). As análises para testar se as espécies de besouros mais próximas filogeneticamente utilizam fungos com classes de consistência mais similares



também não foram significativas. O valor obtido na análise com todas as famílias de besouros foi de  $r = 0,02$ ;  $p = 0,21$ ; e apenas com Ciidae foi de  $r = 0,01$ ;  $p = 0,54$ .

## 11 - DISCUSSÃO

Como foi observado, fungos em posições taxonômicas próximas possuem uma assembléia de besouro mais semelhante do que os mais distantes. Assim, se duas espécies de besouros consomem um determinado fungo, a chance de utilizarem outro fungo mais relacionado é maior do que de utilizar um taxonomicamente distante. Portanto, a hipótese de que besouros fungívoros utilizam hospedeiros filogeneticamente próximos provavelmente está correta (Jonsell & Nordlander, 2004). Esta relação com o parentesco dos fungos pode estar atrelada aos compostos químicos que as espécies apresentam, uma vez que já foi observado que alguns compostos voláteis liberados pelos fungos atraem apenas determinadas espécies de besouros (Jonsell & Nordlander, 1995; Fäldt *et al.*, 1999; Guevara *et al.*, 2000b; Jonsell *et al.*, 2001). De acordo com Bangert, *et al.* (2006), existe uma regra de similaridade genética encontrada em vários grupos de hospedeiros, regra esta que determina que hospedeiros mais próximos filogeneticamente possuem uma fauna mais semelhante do que os demais. Além disso, de acordo com os autores, a variação genética das plantas hospedeiras é mais importante para a estruturação da assembléia de insetos do que a variação ambiental, a qual se torna relevante apenas no momento em que a variação genética da comunidade é baixa (Bangert, *et al.*, 2006).

Além disso, os “grupos de hospedeiros” propostos por Lawrence (1973) e Orledge & Reynolds (2005) são definidos pelo gênero do fungo mais consumido, ou seja, as espécies mais utilizadas são as pertencentes a um mesmo gênero ou ainda a uma mesma família, como ocorre com Hymenochaetaceae. Outros estudos que consideraram a posição taxonômica dos fungos também verificaram que, pelo menos parcialmente, a relação entre as espécies influencia na composição da

assembléia de insetos fungívoros (Guevara e Dirzo, 1999; Yamashita & Hijii, 2007). Provavelmente as espécies de fungos que foram inseridas dentro dos diferentes grupos definidos por Orledge & Reynolds (2005), além de serem muitas vezes mais próximas filogeneticamente, também compartilham características físicas semelhantes.

Assim como na herbivoria, a rigidez do recurso, que neste caso está relacionada com as classes de consistência dos basidiomas, também demonstrou ser um fator importante para a fungivoria. As análises aqui realizadas demonstraram que as espécies de besouros que utilizam fungos de determinada consistência ocorrem mais frequentemente em outros fungos da mesma classe do que nas demais. Este resultado pode ser um reflexo da importância do tempo de desenvolvimento larval dos besouros para a seleção dos seus basidiomas hospedeiros (Leschen, 1994). O período larval também pode explicar o resultado da análise que considera as consistências como classes de rigidez gradativas, uma vez que cada espécie de besouro precisa de um tempo diferente para completar seu ciclo de vida (Martinkova & Honek, 2008). Além disso, lepidópteros, que também permanecem como larvas por um longo período, apresentam alta preferência por basidiomas perenes (Komonen, 2001) e dípteras, que possuem um curto estágio larval são a entomofauna dominante de Agaricales (Lacy, 1984; Hanski, 1989).

Apenas algumas espécies de coleópteros encontradas consumiram fungos que apresentam basidiomas com alta resistência física (lenhosos). Além de poderem apresentar um tempo de desenvolvimento larval maior, estas espécies também podem ter outras adaptações, como modificações no aparelho bucal (Lawrence, 1989). Já foi observado que alguns exemplares de Ciidae, como *Cis nitidus*, possuem larvas com mandíbulas muito desenvolvidas para consumir basidiomas endurecidos como os de *Ganoderma applanatum* (Paviour-Smith, 1960). Esta relação com a rigidez do recurso também já foi observada entre herbívoros (Lucas *et al.*, 2000). Apenas nos fungos carnosos não foi possível verificar seleção de hospedeiros porque houve somente uma ocorrência de besouro nesta consistência, uma vez que esta não é comum em fungos das Ordens Polyporales e Hymenochaetales. A partir das análises de agrupamento se verifica que as consistências sublenhosa e corticosa

provavelmente não são tão distintas para os besouros e, possivelmente, os que utilizam uma destas classes têm mais chance de utilizar a outra do que as demais. Isso se deve provavelmente à pequena diferença de rigidez que existe entre os basidiomas destas duas consistências.

Como o sistema hifal ajuda a modificar a rigidez dos basidiomas, ele foi analisado isoladamente. Entretanto, se observou que controlando o efeito da distância filogenética dos fungos, a composição das hifas isoladamente não interfere na utilização dos hospedeiros pelos besouros. Isso provavelmente ocorre porque os fungos que possuem o mesmo sistema hifal são, em muitos casos, mais próximos filogeneticamente dos que têm sistemas diferentes (Silveira & Guerrero, 1991; Ryvarde & Iturriaga, 2003; Ryvarde, 2004). Ou seja, a combinação de diferentes tipos de hifas provavelmente varia em conjunto com a distância filogenética dos fungos. Por exemplo, todas as espécies de *Phellinus* são dimíticas, assim como todas as de *Rigidoporus* são monomíticas. Além disso, a hipótese proposta por Pavior-Smith (1960) de que besouros que consomem fungos com sistema hifal monomítico têm dificuldade em se alimentar dos que apresentam sistemas mais complexos provavelmente não esteja correta, já que não houve exclusividade de besouros em fungos monomíticos. Esta hipótese se baseia no fato de que espécies trimíticas são mais rígidas e difíceis de serem utilizadas, o que não é necessariamente verdade, já que estas podem ter consistência coriácea, como os representantes do gênero *Trametes* (Lawrence, 1989).

O valor de correlação encontrado na análise que verifica a importância da distância filogenética dos fungos foi baixo, o que demonstra que outros fatores também possam ser responsáveis pela modificação da estruturação desta assembléia, como verificado por Guevara & Dirzo (1999) e Yahashita & Hijii (2007). Um dos fatores avaliados neste trabalho foi a influência da consistência dos basidiomas, mas o valor de correlação desta análise também foi baixo, sugerindo a importância de fatores adicionais. Entre eles podem estar a sazonalidade dos fungos (Guevara *et al.*, 2000c), o estágio sucessional em que os basidiomas se encontram, a altura do solo, o seu tamanho (Jonsell *et al.*, 2001), bem como a competição interespecífica entre os besouros (Orledge & Reynolds, 2005).

Com relação à sazonalidade, já foi observado que duas espécies de Ciidae que consomem o mesmo hospedeiro depositam seus ovos preferencialmente em épocas do ano diferentes (Guevara *et al.*, 2000c). Isso demonstra que, se o fungo não estiver produzindo basidiomas na época da postura dos seus ovos, o besouro não terá possibilidades de utilizar aquela espécie hospedeira. O estágio sucessional em que os basidiomas se encontram também pode interferir na composição desta fauna, que tende a ser monófaga ou oligófaga quando se alimentam dos estágios iniciais, e polífaga ao consumir os mais decompostos (Jonsell *et al.*, 2001). Neste contexto, as espécies com hábito generalista que foram registradas neste trabalho podem estar utilizando os basidiomas em estágios finais. O efeito da competição interespecífica também já foi levantado, mas ele parece ser um fator que exerce pouca influência na estruturação desta assembléia (Guevara *et al.*, 2000b; Orledge & Reynolds, 2005).

Como já discutido por Orledge & Reynolds (2005), as espécies de Ciidae mais próximas filogeneticamente poderiam estar utilizando os mesmos grupos de hospedeiros. Entretanto, com base nos dados deste trabalho relacionados à taxonomia dos besouros, esta associação não foi encontrada. Quando se observa os hospedeiros utilizados por espécies de ciídeos de um mesmo gênero se verifica que, mesmo que consumam os mesmos fungos, espécies de outros gêneros também têm a habilidade de utilizá-las. O mesmo ocorre quando se compara os hospedeiros de espécies fungívoras que pertencem à famílias iguais e diferentes. O interessante é que, ao observar os dados apresentados por Orledge & Reynolds (2005), esta relação também não é nítida. Provavelmente ela só possa ser observada em levantamentos onde a quantidade de dados é alta.

Também se verificou que as espécies de besouros mais próximas não utilizam basidiomas com consistências mais semelhantes. Esta proposição surgiu da hipótese que as espécies de fungos que pertencem a cada um dos grupos de hospedeiros propostos por Orledge & Reynolds (2005) podem ter, muitas vezes, consistências iguais. Entre as espécies encontradas, nem os gêneros de Ciidae e nem os grupos que as espécies de cada gênero fazem parte, demonstraram esta relação. Os gêneros *Cis* e

*Ceracis* incluem espécies com preferências tanto por basidiomas coriáceos quanto por lenhosos, e ainda apresentam espécies generalistas. Também se observa que os cídeos do grupo *taurus* possuem vários hábitos alimentares. Além disso, ao observar a distribuição dos besouros encontrados neste trabalho, percebe-se que besouros taxonomicamente mais próximos não utilizam fungos mais relacionados, contrariando Orledge & Reynolds (2005). Assim, mesmo que as características dos basidiomas influenciem na escolha da espécie pelos besouros, o processo de co-evolução entre estes dois grupos não foi verificado (Futuyma, 2000). O fato desta relação possivelmente não estar ocorrendo sugere que as características químicas e físicas que conferem resistência aos basidiomas não tenham surgido com a função de defesa. Ou ainda que seja mais simples para os besouros fungívoros adquirirem adaptações às características dos basidiomas do que ocorre entre os herbívoros.

## 12 - CONCLUSÃO

Quanto mais próximos taxonomicamente, e provavelmente filogeneticamente, as espécies de fungos, maior a semelhança na composição da assembléia de besouros fungívoros que os utilizam. A tentativa de reunir os fungos em grupos quanto ao consumo por esta fauna já tinha sido realizada anteriormente, porém eles ainda não tinham sido agrupados quanto às suas classes de consistência. Neste trabalho foi verificada a importância da consistência dos basidiomas para a escolha do hospedeiro, fator este que modifica a rigidez dos mesmos. Pelos baixos valores de correlação de Pearson encontrados, presume-se que além da influência da filogenia e das variações de rigidez, existam outras características que atuam concomitantemente na estruturação desta assembléia. Também se verificou que besouros filogeneticamente mais próximos não utilizam uma assembléia de fungos mais semelhante e nem com consistências mais similares.

## REFERÊNCIAS

- Amat-García, E.C., Amat-García, G.D. & Henao-M., L.G. (2004) Diversidad taxonómica y ecológica de la entomofauna micófaga en un bosque altoandino de la cordillera oriental de Colombia. *Ecología*, **28**, 223-231.
- Backes, A., Prates, F.L. & Viola, M.G. (2005) Produção de serapilheira em Floresta Ombrófila Mista, em São Francisco de Paula, Rio Grande do Sul, Brasil. *Acta Botânica Brasileira*, **19**, 155-160.
- Bangert, R.K., Turek, R.J., Rehill, B., Wimp, G.M., Schweitzer, J.A., Allan, G.J., Bailey, J.K., Martinsen, G.D., Keim, P., Lindroth, R.L. & Whitham, T.G. (2006). A genetic similarity rule determines arthropod community structure. *Molecular Ecology*, **15**, 1379-1391.
- Begon, M., Townsend, C.R. & Harper, J.L. (2006) *Ecologia: de indivíduos a ecossistemas*. 4 ed. Artmed, Porto Alegre.
- Blüthgen, N. & Metzner, A. (2007) Contrasting leaf age preferences of specialist and generalist stick insects (Phasmida). *Oikos*, **116**, 1853-1862.
- Bohn, T., Amundsen, P. & Sparrow, A. (2008) Competitive exclusion after invasion? *Biological Invasions*, **10**, 359-368.
- Brändle, M. & Brandl R. (2001) Species richness of insects and mites on trees: expanding Southwood. *Journal of Animal Ecology*, **70**, 491-504.
- Carlile, M.J. (1995) The success of the hypha and mycelium. *The Growing Fungus*. (ed. por N.A.R. Gow e G.M.Gad), pp. 3-19. Chapman & Hall, UK.
- Castellanos-Galindo, G.A. & Giraldo, A. (2008) Food resource use in a tropical eastern Pacific tidepool fish assemblage. *Marine Biology*, **153**: 1023-1035.
- Coelho, G. (1994) Himenoquetáceas com poros (Basidiomycetes) do limite Sul da Serra Geral em Santa Maria, RS. Tese de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

- Coley, P.D. & Barone, J.A. (1996) Herbivory and plant defenses in tropical forests. *Annual Review of Ecological Systems*, **27**, 305-335.
- Condon, M.A., Scheffer, S.J., Lewis, M.L. & Swensen, S.M. (2008) Hidden neotropical diversity: greater than the sum of its parts. *Science*, **320**, 928-931.
- Costa, C., Vanin, S.A. & Casari-Chen, S.A. (1988) *Larvas de Coleoptera do Brasil*. Museu de Zoologia, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Crawley, M.J. (2005) *Statistics: An Introduction using R*. John Wiley & Sons, New York.
- Denno, R.F., McClure, M.S. & Ott, J.R. (1995) Interspecific interactions in phytophagous insects: competition reexamined and resurrected. *Annual Review of Entomology*, **40**, 297-331.
- Diverio, V.T., Stranz A. & Dutra, T.L. (2001) Uso de imagens *Landsat* no mapeamento de *Araucaria angustifolia* no Estado do Rio Grande do Sul. *Anais X SBSR*, Foz do Iguaçu, pp.1579-1581. UNISINOS, São Leopoldo.
- Dobrovolski, R., Both, R., Coelho, I.P., Stolz, J.F.B., Schüssler, G., Rodrigues, G.G., Guerra, T. & Hartz, S.M. (2006) Levantamento de áreas prioritárias para a conservação da Floresta Nacional de São Francisco de Paula (RS, Brasil) e seu entorno. *Revista Brasileira de Biociência*, **4**, 7-14.
- Fäldt, J., Jonsell, M., Nordlander, G., Borg-Karlson, A. (1999) Volatiles of bracket fungi *Fomitopsis pinicola* and *Fomes fomentarius* and their functions as insect attractants. *Journal of Chemical Ecology*, **25**, 567-590.
- Futuyma, D.J. (2000) Some current approaches to the evolution of plant-herbivore interactions. *Plant Species Biology*, **15**, 1-9.
- Gess, S.K. & Gess, F.W. (2004) A comparative overview of flower visiting by non-apis bees in the semi-arid to arid areas of Southern Africa. *Journal of the Kansas Entomological Society*, **77** 602–618.
- Gilbertson, R.L. & Ryvarden, L. (1986) *North America Polypores (1)*. Fungiflora, Oslo.
- Gilbertson, R.L. & Ryvarden, L. (1987) *North America Polypores (2)*. Fungiflora, Oslo.

- Gillott, C. (1982) *Entomology*. Plenum Press, New York.
- Gooday, G.M. (1995) Cell walls. *The Growing Fungus*. (ed. by N.A.R. Gow and G.M.Gad), pp. 43-62. Chapman & Hall, UK.
- Gotelli, N.J. & Ellison, A.M. (2004) *A Primer of Ecological Statistics*. pp. 232-233. Sinauer Associates, Inc. Sunderland, Massachusetts.
- Gotelli, N.J. & Entsminger, G.L. (2007) *EcoSim: Null models software for ecology*. Versão 7. (Acquired Intelligence Inc. & Kesey-Bear). Jericho, VT 05465. <http://garyentsminger.com/ecosim.htm>.
- Grimaldi, D. & Engel, M.S. (2005) *Evolution of the Insects*. Cambridge University Press, New York.
- Guerrero, R.T. & Homrich, M.H. (1999) *Fungos macroscópicos comuns no Rio Grande do Sul: guia para identificação*. 2 ed. Editora da Universidade, Porto Alegre.
- Guevara, R. & Dirzo, R. (1999) Consumption of macro-fungi by invertebrates in a Mexican tropical cloud forest: do fruit body characteristics matter? *Journal of Tropical Ecology*, **15**, 603-617.
- Guevara, R., Rayner, A.D.M. & Reynolds, S.E. (2000a) Effects of fungivory by two specialist ciid beetles (*Octotemnus glabriculus* and *Cis boleti*) on the reproductive fitness of their host fungus, *Coriolus versicolor*. *New Phytologist*, **145**, 137-144.
- Guevara, R., Rayner, A.D.M. & Reynolds, S.E. (2000b) Orientation of specialist and generalist fungivorous ciid beetles to host and non-host odours. *Physiological Entomology*, **25**, 288-295.
- Guevara, R., Hutcheson, K.A., Mee, A.C., Rayner, A.D.M. & Reynolds, S.E. (2000c) Resource partitioning of the host fungus *Coriolus versicolor* by two ciid beetles: the role of odour compounds and host ageing. *Oikos*, **91**, 184-194.
- Gumier-Costa, F., Lopes-Andrade, C. & Zacaro, A.A. (2003) Association of *Ceracis cornifer* (Mellié) (Coleoptera: Ciidae) with the Bracket Fungus *Pycnoporus sanguineus* (Basidiomycetes: Polyporaceae). *Neotropical Entomology*, **32**, 359-360.



- Halaj, J., Ross, D.W. & Moldenke, A.R. (2000) Importance of habitat structure to the arthropod food-web in Douglas-fir canopies. *Oikos*, **90**, 139–152.
- Hanski, I. (1989) Fungivory: fungi, insects and ecology. *Insect-Fungus Interactions. 14<sup>th</sup> Symposium of Royal Entomological Society London* (ed. by N. Wilding, N.M. Collins, P.M. Hammond and J.F. Webber), pp.24-68. Academic Press, London.
- Harper, J.L., Rosen, B.R. & White, J. (1986) The growth and form of modular organisms. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London, series B*, **313**, 1-250.
- Hochuli, D.F. (1996) The Ecology of plant/insect interactions: implications of digestive strategy for feeding by phytophagous insects. *Oikos*, **75**, 133-141.
- Hsu, T., Shiao, L., Hsieh, C. & Chang, D. (2002) A comparison of the chemical composition and bioactive ingredients of the Chinese medicinal mushroom DongChongXiaCao, its counterfeit and mimic, and fermented mycelium of *Cordyceps sinensis*. *Food Chemistry*, **78**, 463-469.
- Janz, N., Nylin, S. & Wahlberg, N. (2006) Diversity begets diversity: host expansions and the diversification of plant-feeding insects. *BMC Evolutionary Biology*, **6**, 1-10.
- Jonsell, M. & Nordlander, G. (1995) Field attraction of Coleoptera to odours of the wood-decaying polypores *Fomitopsis pinicola* and *Fomes fomentarius*. *Annales Zoologici Fennici*, **32**, 391-402.
- Jonsell, M. & Nordlander, G. (2004) Host selection patterns in insect breeding in bracket fungi. *Ecological Entomology*, **29**, 697-705.
- Jonsson, M., Nordlander, G. & Jonsell, M. (1997) Pheromones affecting flying beetles colonizing the polypores *Fomes fomentarius* and *Fomitopsis pinicola*. *Entomologica Fennica*, **8**, 162-165.
- Jonsell, M., Nordlander, G. & Ehnström, B. (2001) Substrate association of insects breeding in fruiting bodies of wood-decaying fungi. *Ecological Bulletins*, **49**, 173-194.
- Jonsell, M., Schroeder, M. & Larsson, T. (2003) The saproxylic beetle *Bolitophagus reticulatus*: its frequency in managed forests, attraction to volatiles and flight period. *Ecography*, **26**, 421-428.

- Kaplan, I. & Denno, R.F. (2007) Interspecific interactions in phytophagous insects revisited: a quantitative assessment of competition theory. *Ecology Letters*, **10**, 977-994.
- Kirk, P.M., Cannon, P.F., David, J.C. & Stalpers, J.A. (2001) *Ainsworth & Bisby's Dictionary of the Fungi*. 9<sup>th</sup> ed. CABI Bioscience. Wallingford.
- Klopfenstein, P., Graves, R.C. (1989) Feeding preferences and adult survival of *Hadraule blaisdelli* (Coleoptera: Ciidae) on different host fungi (Polyporaceae). *Entomological News*, **111**, 157-164.
- Komonen, A., Penttilä, R., Lindgren, M., Hanski, I. (2000) Forest fragmentation truncates a food chain based on an old-growth forest bracket fungus. *Oikos*, **90**, 119-126.
- Komonen, A. (2001) Structure of insect communities inhabiting old-growth forest specialist bracket fungi. *Ecological Entomology*, **26**, 63-75.
- Komonen, A. (2003) Hotspots of insect diversity in Boreal forests. *Conservation Biology*, **17**, 976-981.
- Komonen, A. (2006) Local spatial pattern of two specialist beetle species (Ciidae) in the fruiting bodies of *Fomitopsis pinicola*. *Ecoscience*, **13**, 372-377.
- Krasnov, B.R., Shenbrot, G.I., Khokhlova, I.S. & Degen, A.A. (2004). Flea species richness and parameters of host body, host geography and host 'milieu'. *Journal of Animal Ecology*, **73**, 1121-1128.
- Lacy, R.C. (1984) Ecological and genetic responses to mycophagy in drosophilidae (Diptera). *Fungus/Insect Relationships: Perspectives in Ecology and Evolution* (ed. by Q.D. Wheeler and M. Blackwell), pp.286-301. Columbia University Press, New York.
- Largent, D.L. (1986) *How to identify mushrooms to genus I: Macroscopic Features*. Mad River Press, Eureka.
- Largent, D.L., Johnson, D. & Watling, R. (1986) *How to identify mushrooms to genus III: Microscopic Features*. Mad River Press, Eureka.

- Lawrence, J.F. (1973) Host preference in Ciid beetles (Coleoptera: Ciidae) inhabiting the fruiting bodies of basidiomycetes in North America. *Bulletin Museum of Comparative Zoology*, **145**, 163-212.
- Lawrence, J.F. (1974) The Ciid beetles of California (Coleoptera: Ciidae). *Bulletin of the California insect survey*. University of California Press, Berkeley.
- Lawrence, J.F. (1989) Mycophagy in the Coleoptera: Feeding Strategies and Morphological Adaptations. *Insect-Fungus Interactions. 14<sup>th</sup> Symposium of Royal Entomological Society London* (ed. by N. Wilding, N.M. Collins, P.M. Hammond and J.F. Webber), pp.1-23. Academic Press, London.
- Lawrence, J.F. & Britton, E.B. (1991) Coleoptera (Beetles). *The Insects of Australia*. (ed. by CSIRO, Division of Entomology), pp. 543-683, 2 ed. Melbourne University Press, Carlton.
- Lawrence, J.F. & Newton Jr., A.F. (1995) Families and subfamilies of Coleoptera (with selected genera, notes, references and data on family-group names). *Biology, Phylogeny, and Classification of Coleoptera* (ed. by J. Pakaluk and S.A. Slipinski), p.779-1006. Muzeum i Instytut Zoologii PAN, Warszawa.
- Leschen, R.A.B. (1994) Ecological and behavioral correlates among mycophagous Coleoptera. *Folia Entomologica Mexicana*, **92**, 9-19.
- Lewinsohn, T.M., Novotny, V. & Basset, Y. (2005) Insects on plants: diversity of herbivory assemblages revisited. *Annual Review of Ecology and Evolution System*, **36**, 597-620.
- Lopes-Andrade, C. (2007) Notes on *Falsocis* Pic (Coleoptera: Tenebrionoidea: Ciidae), with the description of an endangered Brazilian species. *Zootaxa*, **1544**, 41–58.
- Lucas, P.W., Turner, I.M., Dominy, N.J. & Yamashita, N. (2000) Mechanical defenses to herbivory. *Annals of Botany*, **86**, 913-920.

- Marinoni R.C., Ganho, N.G., Monné, M.L. & Mermudes, J.R.M. (2001) Hábitos alimentares em Coleoptera (Insecta): compilação, organização de dados e novas informações sobre alimentação nas famílias de coleópteros. Holos, Ribeirão Preto.
- Martin, M.M. (1979) Biochemical implications of insect mycophagy. *Biological Reviews*, **54**, 1-21.
- Martinkova, Z. & Honek, A. (2008) Contrast adaptation to time constraints on development of two pre-dispersal predators of dandelion (*Taraxacum officinale*) seed. *Biologia*, **63**, 418-426.
- Pillar, V.D. (2006) MULTIV: Multivariate exploratory analysis, randomization testing and bootstrap resampling: user's guide v.2.4. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- Nakamori, T. & Suzuki, A. (2005) Spore-breaking capabilities of collembolans and their feeding habitat within sporocarps. *Pedobiologia*, **49**, 261-267.
- Oliveira, L.F.C., Le Hyaric, M., Berg, M.M., Almeida, M.V. & Edwards, H.G.M. (2007) Raman spectroscopic characterization of cinnabarin produced by the fungus *Pycnoporus sanguineus* (Fr.) Murr. *Journal of Raman Spectroscopy*, **38**, 1628-1632.
- Orledge, G.M. & Reynolds, S.E. (2005) Fungivore host-use groups from cluster analysis: patterns of utilisation of fungal fruiting bodies by ciid beetles. *Ecological Entomology*, **30**, 620-641.
- Paviour-Smith, K. (1960) The fruiting-bodies of macrofungi as habitats for beetles of the family Ciidae (Coleoptera). *Oikos*, **11**, 43-71.
- Pegler, D.N. (1996) Centenary review, Hyphal analysis of basidiomata. *Mycological Research*, **100**, 129-142.
- Putzke, J. & Putzke, M.T.L. (2004) *Os Reinos dos fungos I*. 2 ed. Edunisc, Santa Cruz do Sul.
- Rangel-Castro, J.I. (2001) Eco-physiology of the ectomycorrhizal mushroom *Cantharellus cibarius*: carbon and nitrogen metabolism, and the interactions with bacteria and mycophagous invertebrates. Tese de Doutorado, Department of Forest Mycology and Pathology, Suécia.

- Robertson, J.A., Mchugh, J.V. & Whiting, M.F. A molecular phylogenetic analysis of the pleasing fungus beetles (Coleoptera: Erotylidae): evolution of colour patterns, gregariousness and mycophagy. *Systematic Entomology*, **29**, 173-187.
- Ryvarden, L. (1991) *Genera of Polypores: Nomenclature and taxonomy. Synopsis Fungorum (5)*. Fungiflora, Oslo.
- Ryvarden, L. (2004) *Neotropical Polypores I. Introduction: Ganodermataceae & Hymenochaetaceae. Synopsis Fungorum (19)*. Fungiflora, Oslo.
- Ryvarden, L. & Johansen, I. (1980) *A preliminary Polypore Flora of East Africa*. Fungiflora, Oslo.
- Ryvarden, L. & Iturriaga, T. (2003) Studies in Neotropical polypores: new polypores from Venezuela. *Mycologia*, **95**, 1066-1077.
- Smânia, E.F.A., Júnior, S.A., Loguercio-Leite, C. (1998) Cinnabarin synthesis by *Pycnoporus sanguineus* strains and antimicrobial activity against bacteria from food products. *Revista de Microbiologia*, **29**,
- Sallabanks, R. & Courtney, S.P. (1992) Frugivory, seed predation, and insect-vertebrate interactions. *Annual Review of Entomology*, **37**, 377-400.
- Salminen, J.P. & Lempa, K. (2002) Effects of hydrolysable tannins on a herbivorous insect: fate of individual tannins in insect digestive tract. *Chemoecology*, **12**, 203-211.
- Schoonhover, L.N., Van Loon, J.A. & Dicke M., (2005) *Insect-plant Biology: from Physiology to Evolution*. Oxford University Press, London, UK.
- Silveira, R.M.B. & Guerrero, R.T. (1991) Aphyllophorales poliporoides (Basidiomycetes) do Parque Nacional de Aparados da Serra, Rio Grande do Sul. *Boletim do Instituto de Biociências*, **48**, 1-127.
- Southwood, T.R.E. (1961) The number of species of insect associated with various trees. *The Journal of Animal Ecology*, **30**, 1-8.

- Staben, C. (1995) Sexual reproduction in higher fungi. *The Growing Fungus*. (ed. by N.A.R. Gow and G.M. Gad), pp. 383-402. Chapman & Hall, London.
- Stone, L. & Roberts, A. (1990) The checkerboard score and species distributions. *Oecologia*, **85**, 74-79.
- Teixeira, M.B., Coura-Neto, A.B., Pastore, U. & Rangel-Filho, A.L.R. (1986) Vegetação. *Levantamento de Recursos Naturais*, pp. 541-620. IBGE, Rio de Janeiro.
- Thompson, J.N. (1998) The evolution of diet breadth: monophagy and polyphagy in swallowtail butterflies. *Journal of Evolutionary Biology*, **11**, 563-578.
- Toda, M.J., Kimura, M.T. & Tuno, N. (1999) Coexistence mechanisms of mycophagous drosophilids on multispecies fungal hosts: aggregation and resource partitioning. *Journal of Animal Ecology*, **69**, 794-803.
- Watkinson, S., Bebbler, D., Darrah, P., Flocker, M., Tlalka, M. & Boddy, L. The role of wood decay fungi in the carbon and nitrogen dynamics of the forest floor. *Fungi in Biogeochemical Cycles*. (ed. by G.M.Gad), pp. 151- 181. Cambridge University Press, UK.
- White, R.E. (1983) *A Field Guide to the Beetles of North America*. Houghton Mifflin, Boston.
- Wright, W. & Vincent, J.F.V. (1996) Herbivory and the mechanics of fracture in plants. *Biological Review*, **71**, 401-413.
- Yamashita, S. & Hijii, N. (2003) Effects of mushroom size on the structure of a mycophagous arthropod community: comparison between infracommunities with different types of resource utilization. *Ecological Research*, **18**, 131-143.
- Yamashita S. & Hijii, N. (2007) The role of fungal taxa and developmental stage of mushrooms in determining the composition of the mycophagous insect community in a Japanese forest. *European Journal of Entomology*, **104**, 225-233.
- Yamashita S. & Hijii, N. (2007b) Resource use pattern of a mycophagous beetle, *Neopallodes inermis* (Coleoptera, Nitidulidae), on soft fungi, *Collybia* spp. (Agaricales). *Ecology and Population Biology*, **100**, 222-227.

- Zandt, P.A.V., Townsend Jr, V.R., Carlton, C.E. & Blackwell, M. (2003) *Loberus impressus* (LeConte) (Coleoptera: Erotylidae) fungal associations and presence in the seed capsules of *Iris hexagona*. *The Coleopterists Bulletin*, **57**, 281–288.
- Zar, J.H. (1999) *Biostatistical Analysis*. 4 ed. Prentice-Hall, Inc. Londres.





**Tabela 1. Continuação.**

	Cúdiade (Ceracis)		Cúdiade (Scolyocis)		Cúdiade (Strigocis)		Cúdiade (Xylographus)		Cúdiade (X. corpulentus)		Cúdiade (X. brasiliensis)		Cúdiade (X. gibbus)		Cúdiade		Clambidae		Colydiidae		Corylophidae		
	sp. 2	sp. 3	sp. 4	sp. 1	sp. 1	sp. 1	X. corpulentus	X. brasiliensis	X. gibbus	sp. 1	sp. 2	sp. 1	sp. 1	sp. 1	sp. 2	sp. 1	sp. 2	sp. 1	sp. 2	sp. 1	sp. 2	sp. 1	
<i>Abundisporus subflexibilis</i>																							
<i>Anauroderma coltricioides</i>																							
<i>Anrodrella liebmannii</i>																							
<i>Anrodrella reflexa</i>																							
<i>Bjerkandera adusta</i>																							
<i>Corioloopsis rigida</i>	1	1																					
<i>Cyclomices tabacinus</i>	1																						1
<i>Datronia mollis</i>																							
<i>Flaviporus subhydrophilus</i>																							
<i>Fomitela supina</i>	2																						
<i>Ganoderma australe</i>																							
<i>Inonotus fuvomellens</i>																							
<i>Inonotus</i> sp.	1																						
<i>Junguhnina</i> sp.																							
<i>Junguhnina undigera</i>																							
<i>Laetiporus sulphureus</i>																							
<i>Lenzites betulina</i>																							
<i>Mycobonia flava</i>																							
<i>Perenniporia martii</i>																							
<i>Perenniporia</i> sp.																							
<i>Pheellinus</i> cf. <i>apialynus</i>																							
<i>Pheellinus fastuosus</i>																							
<i>Pheellinus gilvus</i>																							
<i>Pheellinus grenadensis</i>																							
<i>Pheellinus</i> sp. 1																							
<i>Pheellinus</i> sp. 2																							
<i>Pheellinus</i> sp. 3																							
<i>Pheellinus wahlbergii</i>																							
<i>Polyporus ciliatus</i>																							
<i>Polyporus dictyopus</i>																							
<i>Pycnoporus sanguineus</i>																							
<i>Rigidoporus microporus</i>																							
<i>Rigidoporus</i> sp. 1																							
<i>Rigidoporus</i> sp. 2																							
<i>Rigidoporus ulmarius</i>																							
<i>Rigidoporus umbonatifipes</i>																							
<i>Trametes cubensis</i>																							
<i>Trametes membranacea</i>	1																						
<i>Trametes villosa</i>																							
<i>Trichaptum sector</i>	1																						

**Tabela 1. Continuação.**

	Cryptophagidae		Elateridae		Endomychidae		Erotylidae			Latridiidae		Lerodidae		Melandryidae					
	sp.1	sp.2	sp.1	sp.2	sp.1	sp.2	sp.1	sp.2	sp.3	sp.4	sp.5	sp.6	sp.7	sp.1	sp.2	sp.1	sp.2	sp.3	
<i>Abundisporus subflexibilis</i>			1																
<i>Amauroderma coltrictoides</i>																			
<i>Antrodiella liebmanni</i>																			
<i>Antrodiella reflexa</i>																			
<i>Bjerkandera adusta</i>										1									
<i>Coriopsis rigida</i>																			
<i>Cyclonices tabacinus</i>			1																
<i>Datronia mollis</i>																			
<i>Flaviporus subhydrophilus</i>																			
<i>Fomitella supina</i>			1																
<i>Ganoderma australe</i>																			
<i>Inonotus fulvomelleus</i>																			
<i>Inonotus</i> sp.																			
<i>Jungbuhnia</i> sp.																			
<i>Jungbuhnia undigera</i>																			
<i>Laetiporus sulphureus</i>																			
<i>Lenzites betulina</i>																			
<i>Mycobonia flava</i>																			
<i>Perenniporia martii</i>																			
<i>Perenniporia</i> sp.																			
<i>Pheellinus</i> cf. <i>apialymus</i>																			
<i>Pheellinus fastuosus</i>																			
<i>Pheellinus givius</i>																			
<i>Pheellinus grenadensis</i>																			
<i>Pheellinus</i> sp. 1																			
<i>Pheellinus</i> sp. 2																			
<i>Pheellinus</i> sp. 3																			
<i>Pheellinus wahlbergii</i>																			
<i>Polyporus ciliatus</i>																			
<i>Polyporus dictyopus</i>																			
<i>Pycnoporus sanguineus</i>																			
<i>Rigidoporus microporus</i>																			
<i>Rigidoporus</i> sp. 1																			
<i>Rigidoporus</i> sp. 2																			
<i>Rigidoporus ulmarius</i>																			
<i>Rigidoporus umbonatifipes</i>																			
<i>Rigidoporus unbonatipes</i>																			
<i>Trametes cubensis</i>																			
<i>Trametes membranacea</i>																			
<i>Trametes villosa</i>																			
<i>Trichaptum sector</i>																			

**Tabela 1. Continuação.**

	Nitidulidae			Phalacridae			Ptiliidae			Staphylinidae						
	sp.1	sp.2	sp.3	sp.4	sp.5	sp.6	sp.1	sp.2	sp.3	sp.4	sp.5	sp.6	sp.7	sp.8	sp.9	sp.10
<i>Abundisporus subflexibilis</i>																
<i>Amuroderma coltricioides</i>																
<i>Antrodiella liebmanni</i>				1												
<i>Antrodiella reflexa</i>		1														
<i>Bjerkandera adusta</i>																
<i>Coriopsis rigida</i>					1											
<i>Cyclonices tabacinus</i>																
<i>Datronia mollis</i>																
<i>Flaviporus subhydrophilus</i>																
<i>Fomitela supina</i>						1										
<i>Ganoderma australe</i>		2	1	1												
<i>Inonotus fulvomelleus</i>																
<i>Inonotus</i> sp.																
<i>Jungbuhnia</i> sp.																
<i>Jungbuhnia undigera</i>																
<i>Laetiporus sulphureus</i>																
<i>Lenzites betulina</i>																
<i>Mycobonia flava</i>					2											
<i>Perenniporia martii</i>																
<i>Perenniporia</i> sp.																
<i>Pheellinus</i> cf. <i>apialymus</i>																
<i>Pheellinus fastuosus</i>																
<i>Pheellinus gilvus</i>																
<i>Pheellinus grenadensis</i>																
<i>Pheellinus</i> sp. 1																
<i>Pheellinus</i> sp. 2																
<i>Pheellinus</i> sp. 3																
<i>Pheellinus walthergii</i>																
<i>Polyporus ciliatus</i>						1										
<i>Polyporus dicyopus</i>																
<i>Pycnoporus sanguineus</i>																
<i>Rigidoporus microporus</i>																
<i>Rigidoporus</i> sp. 1																
<i>Rigidoporus</i> sp. 2																
<i>Rigidoporus ulmarius</i>																
<i>Rigidoporus umbonatifipes</i>																
<i>Trametes cubensis</i>																
<i>Trametes membranacea</i>																
<i>Trametes villosa</i>																
<i>Trichaptum sector</i>																1

