

Riqueza e relação dos fungos poroides lignolíticos (Agaricomycetes) com o substrato em floresta da Amazônia brasileira

Richness and relation of ligninolytic poroid fungi (Agaricomycetes) with the substrate in the Brazilian Amazon forest

Priscila Sanjuan de Medeiros¹, José Henrique Cattanio¹, Helen Maria Pontes Sotão¹

¹Museu Paraense Emílio Goeldi/MCTI. Belém, Pará, Brasil

¹¹Universidade Federal do Pará. Belém, Pará, Brasil

Resumo: Estudos indicam que a diversidade de fungos de uma área é afetada diretamente pela idade da floresta, pela composição vegetal e pela qualidade do substrato. No entanto, a relação dos fungos poroides com substrato em florestas tropicais ainda não está muito clara. Com o objetivo de avaliar a riqueza e a densidade de fungos poroides lignolíticos e a sua relação com o substrato lenhoso em uma floresta do bioma Amazônia, foram realizadas quatro coletas em dez transectos de 800 x 4 m em um dos sítios do Programa de Pesquisa em Biodiversidade da Amazônia (PPBio), na Floresta Nacional de Caxiuanã (Pará). Foram registradas 52 espécies de fungos poroides lignolíticos, classificadas em 20 gêneros e seis famílias. A maioria (61,5%) das espécies encontradas foi considerada rara, não apresentando preferência por nenhum dos estágios de decomposição. O número de ocorrência de basidiomas e de espécies de fungos foi maior em troncos de plantas das famílias Caesalpinaceae e Mimosaceae, e em substrato com diâmetro entre dois e dez centímetros. Concluiu-se que a comunidade de fungos poroides da área de estudo está sendo afetada pela quantidade, mas não pela qualidade do substrato.

Palavras-chave: Bioma amazônico. Basidiomycota. Ecologia. Decomposição. Diversidade.

Abstract: Preview studies indicate that fungi diversity in a specific area is directly affected by the forest age, vegetation composition, and quality of the substrate. However, the relation of fungi with the substrate in tropical forests is not yet clear. In this direction, this work has the objective to evaluate the richness and density of Ligninolytic poroid fungi, and their relation with woody debris (substrate) in a four field trips were undertaken, and the measurements were made in 10 transects (800 x 4 m) in one of the sites of the Amazon Biodiversity Program (PPBio), in the Caxiuanã National Forest (Pará). Fifty-two species of Ligninolytic poroid fungi were identified, which were distributed in twenty genera and six families. Most of the founded species were considered rare (61.5%), and do not presenting any preference for decomposition stages. The number of occurrences and species of the mushroom substrate was higher in families belonging Caesalpinaceae and Mimosaceae, with smaller diameter (2-10 cm). Community of poroid fungal in the Caxiuanã area is affected by the amount of substrate, but is not due to quality of the substrate.

Keywords: Amazon biome. Basidiomycota. Ecology. Decomposition. Diversity.

MEDEIROS, P. S., J. H. CATTANIO & H. M. P. SOTÃO, 2016. Riqueza e relação dos fungos poroides lignolíticos (Agaricomycetes) com o substrato em floresta da Amazônia brasileira. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais** 10(3): 423-436.

Autor de correspondência: Priscila Sanjuan de Medeiros. Museu Paraense Emílio Goeldi/MCTI. Coordenação de Botânica. Av. Perimetral, 1901 – Terra Firme. Belém, PA, Brasil. CEP: 66077-530 (priscilasjuanbio@yahoo.com.br).

Recebido em 13/01/2015

Aprovado em 12/04/2016

Responsabilidade editorial: Mário Augusto G. Jardim



INTRODUÇÃO

Em solos com baixo teor de nutrientes e sob índice pluviométrico elevado, uma alta eficiência na ciclagem de nutrientes é de grande importância, sendo fundamental a ação de fungos, bactérias e a fauna do solo (Stark & Jordan, 1978; Hawksworth & Colwell, 1992). Esse padrão de solo é o registrado para florestas de terra firme em grande parte da Amazônia, como citado por Vieira & Santos (1987).

Os fungos poroides lignolíticos são macroscópicos saprotróficos e, por decomporem a lignina e a celulose, são considerados os principais decompositores de madeira morta (Deacon, 2006). A madeira morta, também chamada de liteira lenhosa, é considerada um importante componente dos ecossistemas florestais, funcionando como um reservatório de nutrientes e de água (Harmon & Chen, 1991).

Estes fungos degradam, além dos troncos mortos, outros restos vegetais e até elementos da própria micota, sendo que algumas espécies são parasitas, podendo causar danos e até a morte de plantas (Alexopoulos *et al.*, 1996). Algumas espécies são utilizadas por insetos fungívoros, que, além de extraírem o alimento, obtêm do fungo um micro-habitat ideal (Jonsell *et al.*, 2001; Orledge & Reynolds, 2005).

De acordo com a escolha do substrato que colonizam, as espécies de macrofungos podem ser consideradas como exclusivas ou generalistas, sendo generalistas quando apresentam a capacidade de colonizar diferentes espécies e de atuar em diversos estágios de decomposição do substrato vegetal (Lindblad, 2001). Dependendo da resistência às mudanças que ocorrem no meio, os macrofungos podem apresentar estratégias distintas de vida, nas quais o basidioma pode durar poucos dias (anuais) ou até anos (perenes) (Nuñez, 1996).

Segundo Yamashita & Hijii (2006), a riqueza e a diversidade de fungos de uma área são afetadas diretamente pela idade da floresta, pela composição vegetal e pela qualidade do substrato, ou seja, pelo estágio de decomposição em que o substrato se encontra. O volume e o estágio de decomposição do substrato foram

considerados por Heilmann-Clausen (2001) e Yamashita *et al.* (2008) como boas variáveis para explicar a variação da diversidade dos fungos e o nível de perturbação da floresta. Para Ferrer & Gilbert (2003), a diversidade de espécies florestais e a grande quantidade de recursos encontrados nas regiões tropicais deveriam prover maior número de nichos para as espécies de fungos, proporcionando, assim, uma alta riqueza desses organismos.

Os estudos sobre a riqueza de fungos poroides na Floresta Nacional (FLONA) de Caxiuanã, em sua maioria, foram realizados na área da Estação Científica Ferreira Penna, como os de Sotão *et al.* (1997, 2002, 2009), Martins-Júnior *et al.* (2008), Gibertoni (2008) e Gibertoni *et al.* (2013), sendo a riqueza das demais regiões da FLONA ainda pouco conhecida, havendo apenas o estudo de Medeiros *et al.* (2013), no qual os autores apresentam uma lista de espécies para a grade do PPBIO-Caxiuanã. Com base nestes trabalhos, estão referidas cerca de 100 espécies de fungos poroides para a FLONA de Caxiuanã.

O objetivo deste estudo foi avaliar a riqueza e a densidade de fungos poroides lignolíticos e a sua relação com a qualidade (estágio de decomposição) e a quantidade (diâmetro) do substrato, em uma área de floresta do bioma Amazônia, localizada no estado do Pará (Brasil), na Floresta Nacional de Caxiuanã.

MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi desenvolvido na Floresta Nacional de Caxiuanã, em um dos sítios do Programa de Pesquisa em Biodiversidade da Amazônia (PPBio) (1° 42' S e 51° 31' W), localizado no município de Portel (Pará, Brasil). A área de estudo possui uma cobertura vegetal homogênea de floresta ombrófila densa (terra firme) (Lisboa *et al.*, 1997).

Foram realizadas quatro coletas, nos meses de dezembro de 2009, fevereiro, abril e junho de 2010, em dez transectos de 800 x 4 m, onde todos os basidiomas encontrados foram coletados, seguindo a metodologia de Fidalgo & Bononi (1989). O local exato da coleta foi marcado a fim de evitar 'recoleta' do mesmo espécime e,

com isto, evitou-se que fosse superestimada a ocorrência dos fungos nos substratos e a densidade por transecto.

A identificação dos espécimes foi baseada em observações macro e microscópicas, utilizando literatura especializada. A nomenclatura utilizada seguiu o Index Fungorum (s.d.).

Os resultados foram analisados por curva de acumulação, obtida com a função *Mao Tau* (Colwell *et al.*, 2004), com intervalo de confiança de 95%. Os estimadores de riqueza Jackknife 1 e Chao 2 foram utilizados seguindo recomendações de Colwell *et al.* (2004), através do programa EstimateS 8.00. A frequência relativa dos fungos (F) foi calculada através da fórmula: $F = (n \times 100)/N$, em que n é o número de espécimes de uma espécie de fungo e N é o número total de espécimes encontrados (Lindblad, 2000), sendo consideradas as seguintes classes de frequência: $0,5 < F \leq 1,5\%$ - rara, $1,5 < F \leq 5\%$ - ocasional, $5 < F \leq 10\%$ - frequente e $F > 10\%$ - abundante (Schnittler & Stephenson, 2000).

Para avaliar a relação dos fungos com a qualidade e a quantidade do substrato, as espécies vegetais foram identificadas, o diâmetro, calculado e o estágio de decomposição foi avaliado de acordo com o método de escala de 1 a 3, definido por Renvall (1995) e modificado por Nordén & Paltto (2001). Neste método, os estágios de decomposição são classificados como D1, D2 e D3. No estágio D1, a madeira é recentemente caída, portanto ainda rígida, sendo que, medindo-se a introdução de uma faca com a força da mão, esta penetra no máximo 2 mm; no estágio D2, a faca penetra facilmente de 2 a 20 mm; no estágio D3, a madeira é frágil e a faca penetra facilmente acima de 20 mm.

Devido à incapacidade de se inferir características ecológicas de espécies com poucos indivíduos, algumas relações foram estabelecidas apenas para as espécies que obtiveram o registro de mais de dez indivíduos, de acordo com a metodologia realizada por Yamashita *et al.* (2009).

A fim de verificar a relação da ocorrência das espécies dos fungos com o substrato (estágio de decomposição,

diâmetro e espécie), foi calculado o Índice de Utilização do Substrato (U_i), segundo Krays *et al.* (1999): $U_i = (x_i/X)/(t_i/T)$, em que x_i é o número de espécimes da espécie x , em determinada característica do substrato i (estágio de decomposição, diâmetro, família), X é o número total de i espécimes da espécie, t_i é o número de troncos com tal característica e T , o número total de troncos anotados. Os autores postulam que, quando $U_i = 1$, não há preferência ou rejeição a determinada característica; $U_i > 1$ indica preferência por determinada condição e, se $U_i < 1$, a classe, estágio ou espécie é menos usada do que o esperado.

A análise de variância (ANOVA) e o seu equivalente não paramétrico (Kruskal-Wallis) (Zar, 1999) foram utilizados para verificar se houve diferença no número de indivíduos e de espécies de fungos nos diferentes estágios de decomposição (D1, D2, D3). A regressão linear simples (Zar, 1999) foi usada para testar a relação entre o número de basidiomas de fungos poroides e o diâmetro do substrato. Para a realização de tais testes, foi usado o programa Systat 10. As hipóteses nulas foram rejeitadas em valores de $p \leq 0,05$.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

RIQUEZA E FREQUÊNCIA

Foram coletados 351 espécimes de fungos poroides lignolíticos, que representaram 52 espécies, 18 gêneros e seis famílias de Hymenochaetales (Hymenochaetaceae) e Polyporales (Ganodermataceae, Meripilaceae, Meruliaceae, Phanerochaetaceae e Polyporaceae) (Tabela 1). Os estimadores de riqueza Chao 2 e Jackknife 1 preveem para a área de estudo 63 e 69 espécies, respectivamente. Mesmo diante da riqueza encontrada na área, a curva de acumulação não atingiu a assíntota (Figura 1), assim como observado por Lindblad (2001), Gilbert *et al.* (2002), Ferrer & Gilbert (2003) e Gibertoni (2008). Esta situação e o fato dos estimadores preverem um número de espécie maior do que o observado para a área de estudo indicam que o número de espécies poderia aumentar com a continuidade

na amostragem. Entretanto, este estudo alcançou entre 75% e 82% do estimado e este valor, de acordo com os dados de Sotão *et al.* (2009), Gibertoni *et al.* (2013) e Medeiros *et al.* (2013), representa 50% das espécies já registradas para a região (103).

Considerando a frequência relativa, observou-se que 61,5% (n = 32) das espécies coletadas foram raras e 32,7% (n = 17) foram ocasionais (Tabela 1). Cerca de 25% das espécies (n = 13) foram representadas por apenas um indivíduo. Somente *P. lepreurii* (n = 54) pode

ser considerada abundante, enquanto *R. lineatus* (n = 32) e *G. australe* (n = 18) foram consideradas frequentes. Estas três espécies representaram cerca de 30% de todos os indivíduos coletados.

Alguns estudos (Nuñez, 1996; Lindblad, 2001; Yamashita *et al.*, 2009) vêm relatando que a maioria das espécies de fungos tropicais poroides registrados apresenta frequência muito baixa, podendo ser considerada rara, e isto poderia ser uma consequência da especificidade destes fungos por seu substrato.

Tabela 1. Famílias e espécies de fungos poroides lignolíticos encontradas neste estudo. Legendas: N = número de espécimes registrados; ED = estágios de decomposição em que as espécies foram encontradas (D1, D2, D3); FR = frequência relativa (R = rara, O = ocasional, F = frequente, A = abundante); EV = estratégia de vida (A = anual, P = perene).

Família/Espécie	N	ED	FR	EV
Ganodermataceae				
<i>Ganoderma australe</i> (Fr.) Pat.	188	D1-D2-D3	F	P
<i>Ganoderma stipitatum</i> (Murrill) Murrill	1	D2	R	P
Hymenochaetaceae				
<i>Phellinus baccharidis</i> (Pat.) Pat.	14	D1-D2	O	P
<i>Phellinus calcitratus</i> (Berk. e M.A. Curtis) Ryvarden	3	D1-D2	R	P
<i>Phellinus caryophylleus</i> (Cooke) Ryvarden	1	D3	R	P
<i>Phellinus fastuosus</i> (Lév.) Ryvarden	10	D1-D2-D3	O	P
<i>Phellinus gilvus</i> (Schwein.) Pat.	16	D1-D2-D3	O	A
<i>Phellinus grenadensis</i> (Murrill) Ryvarden	13	D1-D2-D3	O	P
<i>Phellinus rimosus</i> (Berk.) Pilát	3	D1	R	P
<i>Phellinus umbrinellus</i> (Bres.) S. Herrera e Bondartseva	1	D1	R	P
Meripilaceae				
<i>Rigidoporus biokoensis</i> (Bres. ex Lloyd) Ryvarden	5	D1-D2	R	A
<i>Rigidoporus lineatus</i> (Pers.) Ryvarden	32	D1-D2-D3	F	A
<i>Rigidoporus microporus</i> (Sw.) Overeem	11	D1-D2	O	A
Meruliaceae				
<i>Flaviporus hydrophilus</i> (Berk. & M.A. Curtis) Ginns	9	D1-D2-D3	O	A
Phanerochaetaceae				
<i>Antrodiella</i> sp1	7	D1-D2	O	A
<i>Antrodiella</i> sp2	6	D1	O	A
Polyporaceae				
<i>Abundisporus violaceus</i> (Wakef.) Ryvarden	2	D2	R	P
<i>Coriopsis caperata</i> (Berk.) Murrill	15	D1-D2-D3	O	A
<i>Coriopsis hostmannii</i> (Berk.) Ryvarden	2	D1	R	A
<i>Coriopsis floccosa</i> (Jungh.) Ryvarden	1	D2	R	A
<i>Earliella scabrosa</i> (Pers.) Gilb. e Ryvarden	6	D1-D2	O	A
<i>Echinochaete brachypora</i> (Mont.) Ryvarden	1	D3	R	A
<i>Favolustenuiculus</i> P. Beauv.	10	D1-D2	O	A
<i>Hexagonia glabra</i> (P. Beauv.) Ryvarden	2	D1-D3	R	A
<i>Hexagonia hydnoides</i> (Sw.) M. Fidalgo	2	D1-D2	R	A
<i>Hexagonia papyracea</i> Berk.	1	D3	R	A

(Continua)

Tabela 1.

Família/Espécie	N	ED	FR	EV	(Conclusão)				
<i>Hexagonia variegata</i> Berk.	4	D1	R	A	Família/Espécie	N	ED	FR	EV
<i>Microporellus obovatus</i> (Jungh.) Ryvarden	6	D1-D3	O	A	sp1	1	D1	R	A
<i>Nigrofomes melanoporus</i> (Mont.) Murrill	4	D2	R	A	sp2	1	D1	R	A
<i>Nigroporus vinosus</i> (Berk.) Murrill	8	D1-D2	O	P	sp3	6	D1-D2-D3	O	A
<i>Perenniporia inflexibilis</i> (Berk.) Ryvarden	1	D2	R	P	sp4	3	D2	R	A
<i>Perenniporia martii</i> (Berk.) Ryvarden	5	D2	R	P	sp5	1	D1	R	A
<i>Perenniporia ohiensis</i> (Berk.) Ryvarden	2	D2	R	P	<i>Trametes cotonea</i> (Pat. e Har.) Ryvarden	2	D1	R	A
<i>Perenniporia roseoisabellina</i> (Pat. & Gaillard) Ryvarden	1	D2	R	P	<i>Trametes cubensis</i> (Mont.) Sacc	1	D1	R	A
<i>Perenniporia sprucei</i> Decock & Ryvarden	3	D1-D2	R	P	<i>Trametes lactinea</i> (Berk.) Pat.	3	D2	R	A
<i>Perenniporia stipitata</i> Ryvarden	7	D1-D2-D3	O	A	<i>Tametes maxima</i> (Mont.) A. David e Rajchenb.	3	D1-D2	R	A
<i>Polyporus dictyopus</i> Mont.	17	D1-D2-D3	O	A	<i>Trametes modesta</i> (Kunze ex Fr.) Ryvarden	15	D1-D2	O	A
<i>Polyporus guianensis</i> Mont.	4	D1-D3	R	A	<i>Trichaptum perrottetii</i> (Lév.) Ryvarden	3	D2-D3	R	A
<i>Polyporus leprieurii</i> Mont.	54	D1-D2-D3	A	A	<i>Trichaptum sector</i> (Ehrenb.) Kriese	1	D1	R	A
					<i>Trichaptum sprucei</i> (Berk.) Rajchenb. & Bianchin	3	D1-D2-D3	R	A
					Total	351			

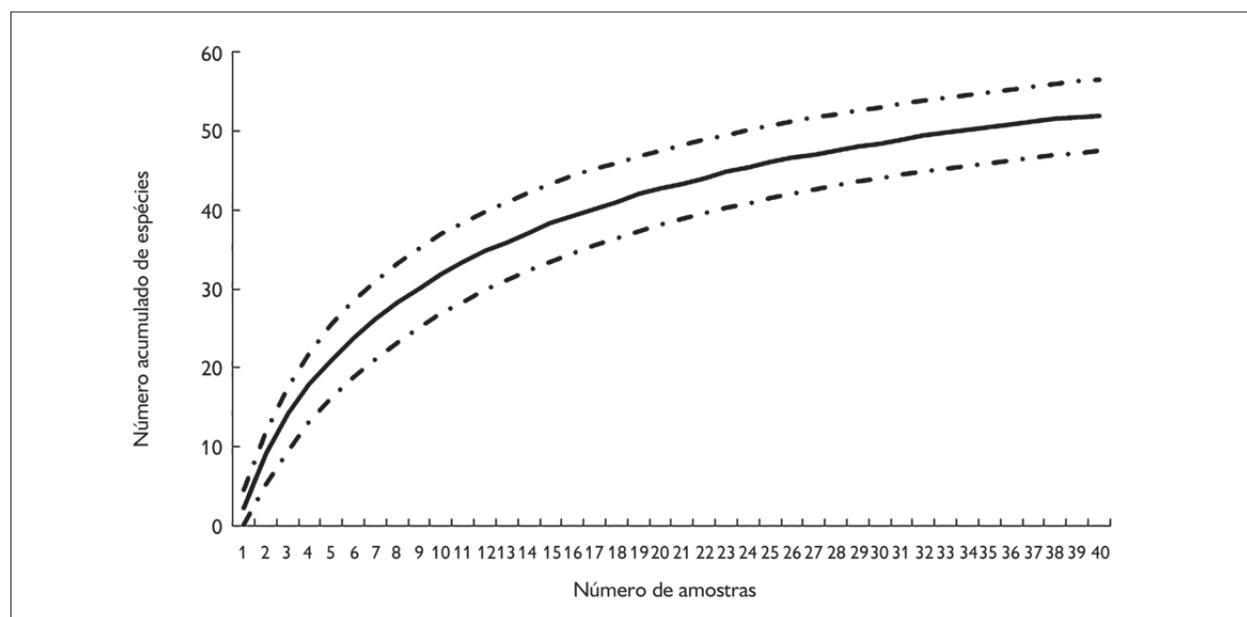


Figura 1. Curva de acumulação de espécies de fungos poroídeos lignolíticos em relação ao número de amostras baseadas na função *Mao Tau*, com intervalo de confiança de 95%, na FLONA de Caxiuanã (Pará).



RELAÇÃO COM O SUBSTRATO

Qualidade (estágio de decomposição)

Quando avaliada a qualidade do substrato, os dados revelam que a frequência relativa do número de indivíduos e a riqueza de fungos poroides lignícolas que produziram basidiomas não estão relacionadas com a qualidade do substrato. Embora o maior número de indivíduos tenha sido registrado no estágio D1 de decomposição ($n = 165$) (Tabela 2), a diferença da frequência relativa entre os três estágios não foi significativa (ANOVA $F = 0,508$, $p = 0,603$) (Figura 2A). O estágio de decomposição D2 foi o que apresentou maior número de espécies ($n = 40$) (Tabela 2), embora a diferença entre a frequência relativa

da riqueza também não tenha sido significativa (ANOVA $F = 0,00$, $p = 1,00$) (Figura 2B).

Considerando separadamente a estratégia de vida destes fungos, observa-se que a diferença entre a frequência relativa das espécies anuais não é estatisticamente significativa entre os três estágios de decomposição (ANOVA $F = 0,00$, $p = 1,00$) (Figura 3A), já as espécies perenes foram menos frequentes no estágio D3 de decomposição (Kruskal-Wallis $H = 6,14$, $p = 0,04$) (Figura 3B).

As espécies com mais de dez registros (dez espécies) (Tabela 3) representaram 58% (205) do total de indivíduos estudados. Embora a maioria destas espécies (7) ocorra nos três estágios de decomposição e as demais (3) ocorram em dois dos três estágios,

Tabela 2. Número de indivíduos (N) e frequência relativa (FR) de indivíduos em cada estágio de decomposição (D1, D2, D3).

	D1		D2		D3	
	N	FR%	N	FR%	N	FR%
Espécies (total)	165	47	128	36.5	58	16.5
Anuais	125	35,6	94	26.8	46	13.1
Perenes	40	11,4	34	9.7	12	3.4
Frequentes e abundantes	60	17,1	27	7.7	26	7.4
Raras	26	7,4	32	9.1	13	3.7

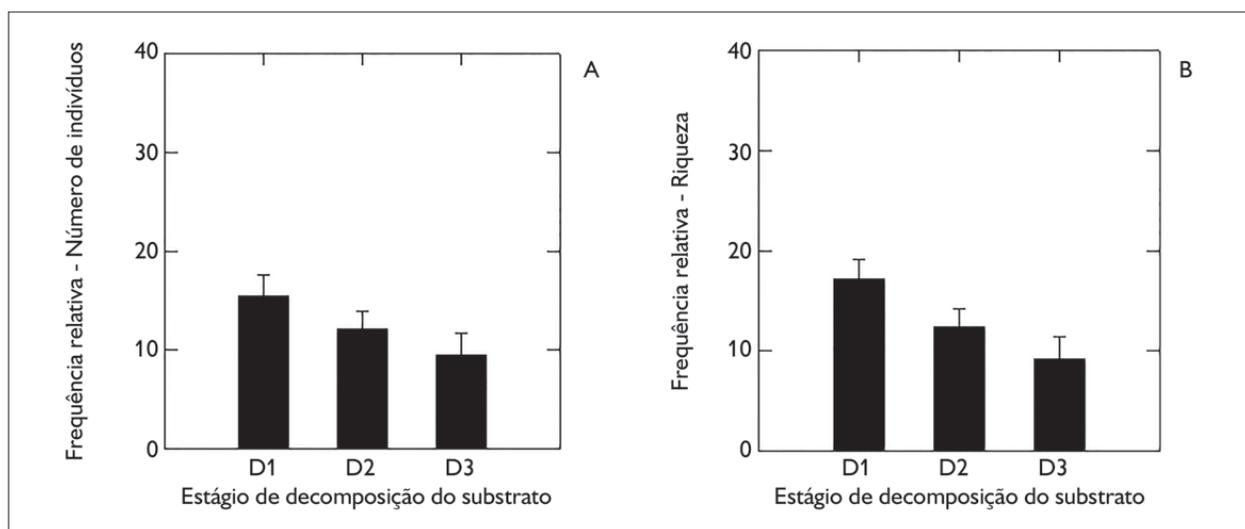


Figura 2. Análise de variância da frequência relativa do número de indivíduos e da riqueza de espécies nos diferentes estágios de decomposição (D1, D2, D3) na FLONA de Caxiuanã (Pará): A) número de indivíduos; B) riqueza de espécies.

de acordo com o índice de utilização do substrato, cinco destas espécies apresentaram preferência por dois estágios de decomposição, e as demais apenas por um (Tabela 3). A espécie *Rigidoporus lineatus* apresentou maior incidência no estágio inicial de decomposição (D1); *Phellinus bacheardis* e *Trametes modesta* apresentaram maior incidência no estágio D2; e *P. grenadensis* e *Polyporus dictyopus*, no estágio D3. Para Lindblad (2001), as espécies se tornam frequentes porque são generalistas na colonização do substrato, por isso é de se esperar que as mais frequentes usem igualmente os troncos nos diferentes estágios de decomposição.

As espécies *R. lineatus* e *R. microporus* são citadas por Lindblad (2001) como parasitas comuns de plantas para regiões tropicais, o que sugere que, no presente estudo, estas duas poderiam ter colonizado os substratos ainda com os indivíduos vivos, vindo a justificar sua preferência por troncos nos primeiros estágios de decomposição.

Tabela 3. Espécies que apresentaram mais de dez indivíduos coletados, em que N corresponde ao número de espécimes registrados e U_i o valor encontrado para o índice de utilização de substrato para cada estágio de decomposição (D_1 , D_2 e D_3). Se $U_i = 1$, não há preferência ou rejeição a determinada característica; se $U_i > 1$, existe preferência por determinada condição; e, se $U_i < 1$, a condição é usada menos do que o esperado. Os valores em destaque indicam preferência daquela espécie pelo substrato em determinado estágio de decomposição.

Espécies com mais de dez registros	N	$U_i(D_1)$	$U_i(D_2)$	$U_i(D_3)$
<i>Coriolopsis caperata</i>	15	0,85	1,10	1,21
<i>Ganoderma australe</i>	18	1,06	0,61	1,68
<i>Phellinus bacheardis</i>	14	0,91	1,57	0,00
<i>Phellinus gilvus</i>	16	0,66	1,37	1,13
<i>Phellinus grenadensis</i>	13	0,65	0,84	2,33
<i>Polyporus dictyopus</i>	17	0,88	0,97	1,42
<i>Polyporus leprieurii</i>	54	1,26	0,61	1,12
<i>Rigidoporus lineatus</i>	32	1,20	0,94	0,57
<i>Rigidoporus microporus</i>	11	1,35	1,00	0,00
<i>Trametes modesta</i>	15	0,85	1,65	0,00

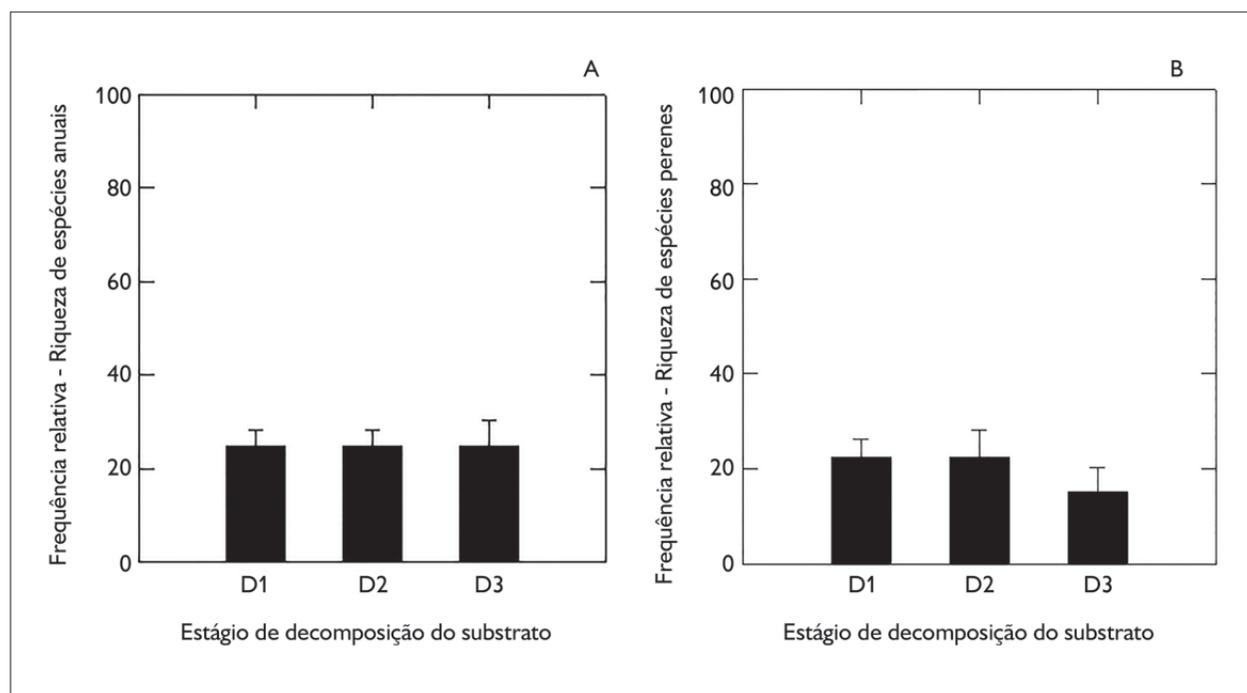


Figura 3. Análise de variância da frequência relativa das espécies com estratégias de vida anuais ou perenes, nos diferentes estágios de decomposição (D1, D2, D3), na FLONA de Caxiuanã (Pará): A) espécies anuais; B) espécies perenes.

Para Maser & Trappe (1984), há uma relação positiva entre a quantidade de nutrientes e o grau de decomposição da madeira, sendo assim, espera-se que haja maior desenvolvimento dos fungos nos primeiros estágios de decomposição do substrato, o que justifica a ocorrência de maior número de basidiomas no estágio D1. Em uma floresta tropical da Malásia, Yamashita *et al.* (2009) registraram 86 espécies de fungos Aphyllophorales, sendo apenas sete lignolíticas, com abundância maior de dez indivíduos. Os autores verificaram uma diferença significativa na colonização do substrato de acordo com o estágio de decomposição, sendo que duas espécies foram coletadas predominantemente em troncos nos estágios D1 e D2 (uma apresentou maior ocorrência no estágio D3 e as demais, nos estágios D1 ou D2).

Lindblad (2001), em seu estudo na Costa Rica com fungos poroides e corticioides em três tipos florestais, verificou que apenas as espécies anuais apresentaram preferência pelo estágio D3. Para as demais espécies (perenes, frequentes, raras), não houve diferença significativa. Para o autor, o fato de as espécies frequentes ocorrerem igualmente em todos os estágios de decomposição não é surpresa, uma vez que, por serem generalistas, tornam-se frequentes. Schmit (2005), utilizando a hipótese de que há uma relação positiva entre a energia disponível nos troncos e a riqueza de macrofungos, verificou que troncos recém-caídos possuem riqueza significativamente maior do que troncos em estágio mais avançado de decomposição.

No Brasil, Gibertoni (2008), estudando os fungos poroides da Estação Científica Ferreira Penna (ECFPn), na FLONA de Caxiuanã, verificou um número de ocorrência maior do que o esperado no estágio D1 de decomposição e menor do que o esperado no estágio D3. Entretanto, Gibertoni *et al.* (2007) verificaram que a maioria das espécies de fungos Aphyllophorales registrados em fragmentos de Mata Atlântica apresentou ocorrência superior do que o esperado em substratos nos estágios D2 e D3 de decomposição, o que seria influenciado pela capacidade de decomposição dos fungos ou pela disponibilidade de substrato nas áreas. Com isso,

provavelmente, as espécies registradas demonstrariam capacidade de colonizar troncos em estágio intermediário ou final de decadência, sendo dependentes de outros organismos que decompõem os troncos recém-caídos.

A diferença não significativa na frequência relativa da riqueza e da densidade de fungos poroides nos diferentes estágios de decomposição do substrato encontrada neste estudo sugere que a comunidade destes fungos deve estar composta por indivíduos com capacidade de decompor troncos recém-caídos, espécies com capacidade de colonizar troncos em estágio intermediário ou final e até por espécies parasitas (*R. lineatus* e *R. microporus*). As concentrações de lignina e a proporção carbono/nitrogênio da liteira lenhosa, em geral, definem a velocidade de decomposição, sendo que, em árvores recém-caídas, estas concentrações são maiores (Swift *et al.*, 1979), o que dificulta o desenvolvimento de hifas; apenas alguns fungos mais adaptados podem se instalar nestas condições de substrato.

Quantidade (diâmetro)

O número de espécimes de fungos poroides diminuiu com o aumento do diâmetro do substrato (regressão simples: $r^2 = 0,058$, $p < 0,01$), sendo o maior número de espécimes de espécies anuais encontrado em substrato com diâmetro pequeno (de 2 a 10 cm) (regressão simples: $r^2 = 0,048$, $p < 0,001$). Para as espécies perenes, não foi verificada relação do número de espécimes com o diâmetro do substrato (regressão simples: $r^2 = -0,01$, $p = 0,85$).

Todas as espécies com mais de dez registros (Tabela 3) apresentaram ampla distribuição da frequência e da preferência pelo tamanho (diâmetro) do substrato, com exceção de *P. dictyopus* e *P. lepreurii*, que apresentaram preferência apenas pelas primeiras classes de diâmetro (Figuras 4 e 5), dados que diferem dos obtidos por Yamashita *et al.* (2009) e Gibertoni (2008). Yamashita *et al.* (2009) verificaram que cinco das sete espécies de fungos poroides com mais de dez registros apresentaram maior frequência nas primeiras classes de diâmetro (0-10 cm). Entre as espécies encontradas no presente estudo, a única

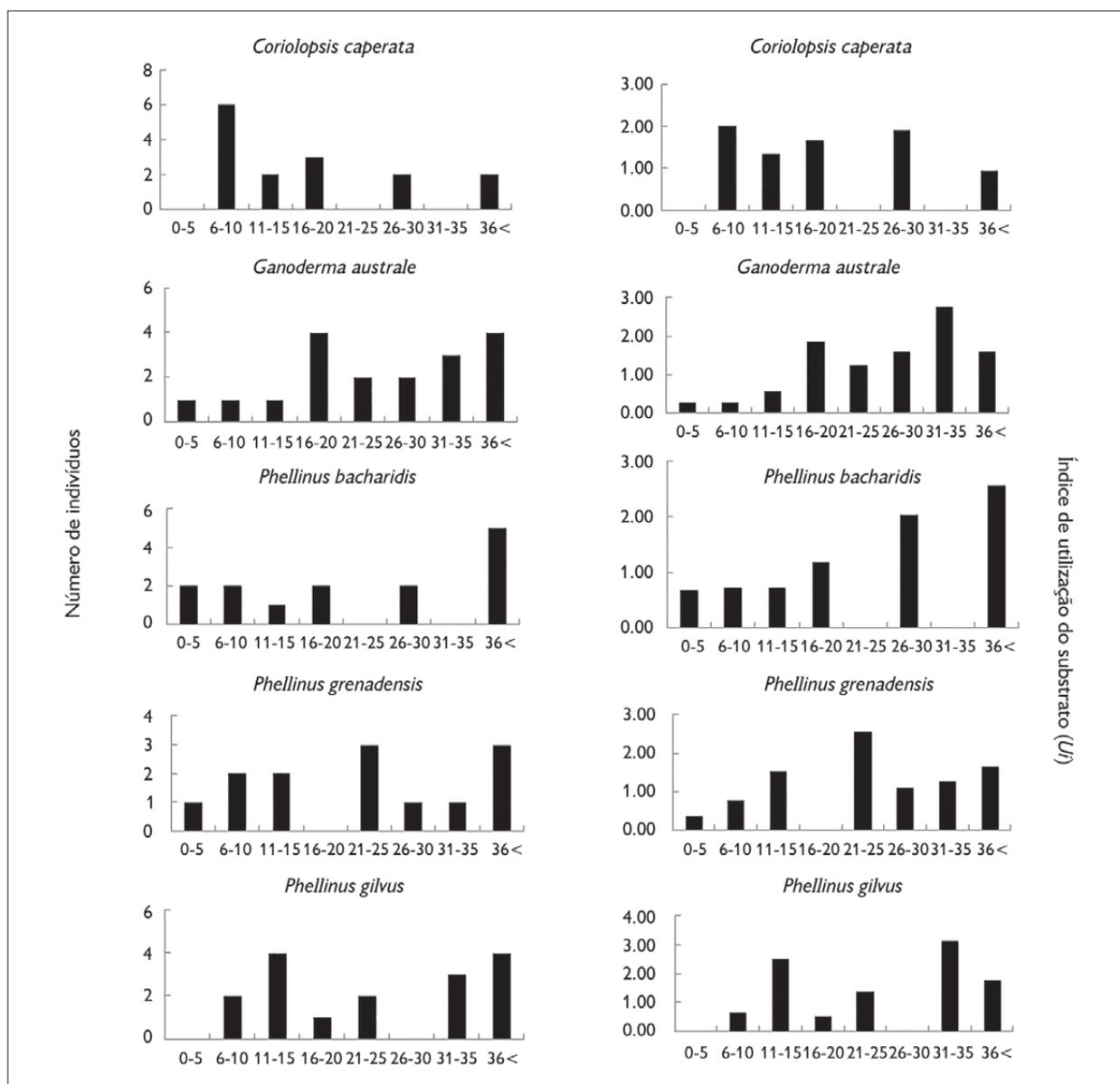


Figura 4. Número de indivíduos (eixo y - lado esquerdo) e índice de utilização do substrato (U_i) (eixo Y - lado direito) por classe de diâmetro do substrato (eixo x) dos fungos poroides lignícolas com mais de dez registros na FLONA de Caxiuanã (Pará). Se $U_i = 1$, não há preferência ou rejeição a determinada característica; se $U_i > 1$, existe preferência por determinada condição; e, se $U_i < 1$, a condição é usada menos do que o esperado.

comum ao trabalho de Yamashita *et al.* (2009) foi *G. australe*, que apresentou ampla distribuição de frequência nas diferentes classes de diâmetro em ambos. Isto poderia ser justificado pelo fato de que *G. australe* é uma espécie perene e, por isso, poderia ser encontrada em um mesmo

tronco em todo o seu processo de decomposição. No estudo de Gibertoni (2008), o maior número de ocorrências de espécies foi registrado em troncos com diâmetro grande (0,326-0,391 m e 0,586-1,2 m), porém a diferença não foi estatisticamente significativa.

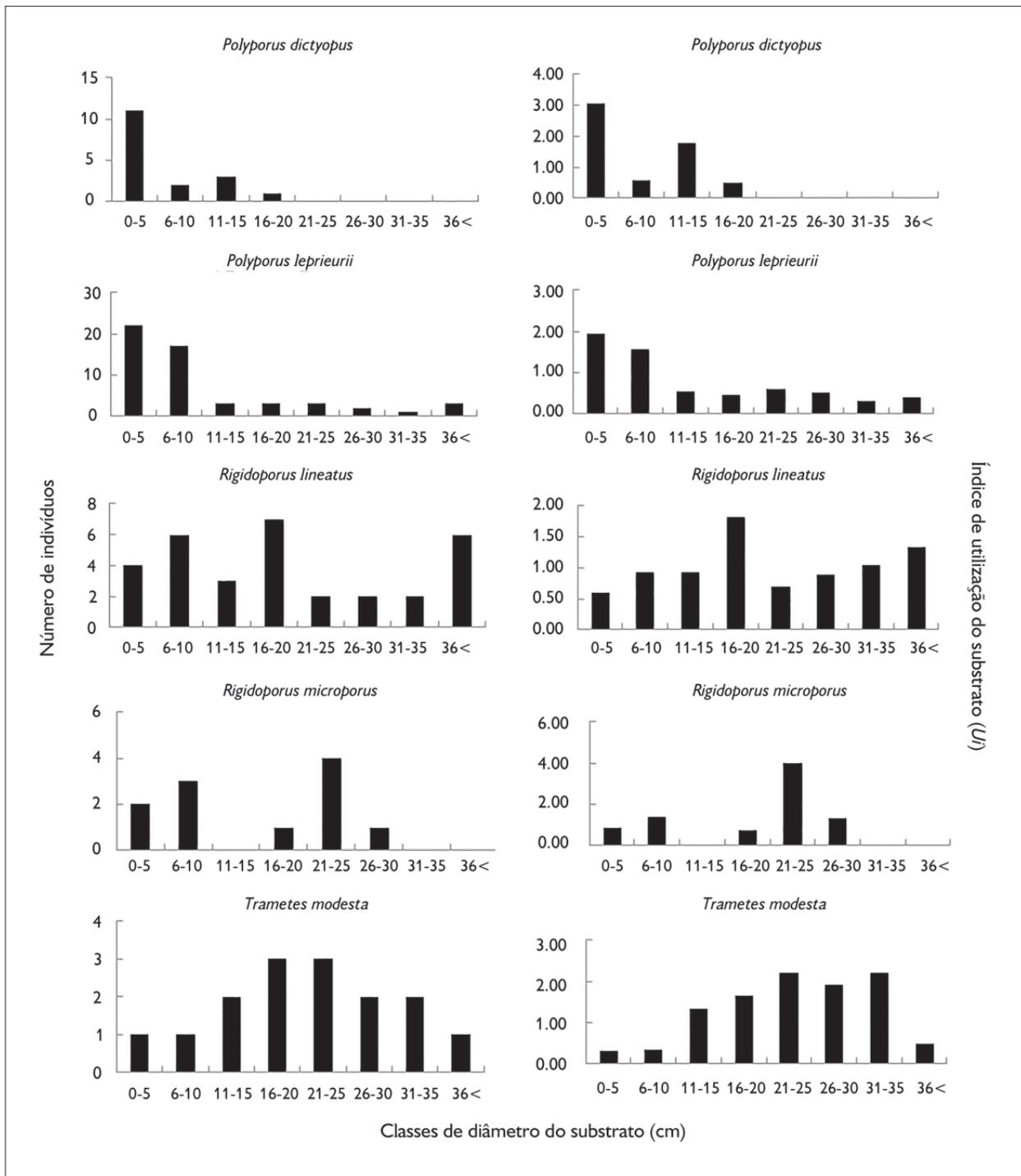


Figura 5. Número de indivíduos (eixo y - lado esquerdo) e índice de utilização do substrato (U_i) (eixo Y - lado direito) por classe de diâmetro do substrato (eixo x) dos fungos poroides lignícolas com mais de dez registros na FLONA de Caxiuanã (Pará). Se $U_i = 1$, não há preferência ou rejeição a determinada característica; se $U_i > 1$, existe preferência por determinada condição; e, se $U_i < 1$, a condição é usada menos do que o esperado.

Lindblad (2001), também considerando apenas as espécies frequentes, verificou que o número de ocorrências entre as diferentes classes de diâmetro do substrato não diferiu do esperado em três tipos de floresta. O autor verificou, ainda, que na floresta úmida praticamente todas as espécies (raras, frequentes, anuais e perenes) apresentaram preferência por troncos grandes.

Schmit (2005), em estudo na Costa Rica, avaliando troncos individualmente, observou uma relação negativa entre o diâmetro médio do substrato, a riqueza de espécies e a abundância de macrofungos. No entanto, quando a análise foi feita por grupos de indivíduos da mesma espécie, o volume de madeira e a área de superfície explicam um significativo montante da variação da riqueza e da abundância dos macrofungos. O autor compreende esta condição, uma vez que em troncos maiores é maior a chance de se desenvolver disponibilidade de energia e de superfície para os fungos.

Estudos relatam que quanto maior o diâmetro do substrato, maior sua capacidade de comportar o desenvolvimento dos fungos, justificado pelo fato de que estes

troncos armazenam mais umidade e nutrientes (Harmon *et al.*, 1986; Boddy, 1983; Bader *et al.*, 1995). No entanto, em ambientes que apresentam altas taxas de umidade durante todo o ano, como é o caso de grande parte do bioma Amazônia, incluindo a Floresta Nacional de Caxiuanã, a umidade armazenada no substrato, por não variar tanto, pode não ter sido um fator determinante para o desenvolvimento destes organismos. Para Lindblad (2001), o teor de umidade do substrato e a tolerância dos fungos à umidade são variáveis importantes, que devem ser medidas, já que estes dados poderiam fornecer subsídios para melhor entendimento da dinâmica de decomposição em regiões tropicais.

Família do substrato

O número de ocorrências de basidiomas e de espécies de fungos poroides foi expressivamente maior em troncos de plantas da família Caesalpiniaceae, seguida por Mimosaceae, Sapotaceae, Annonaceae e Lecythidaceae, respectivamente (Figura 6). De acordo com Ferreira *et al.* (2015), as famílias mais representativas para a área de estudo

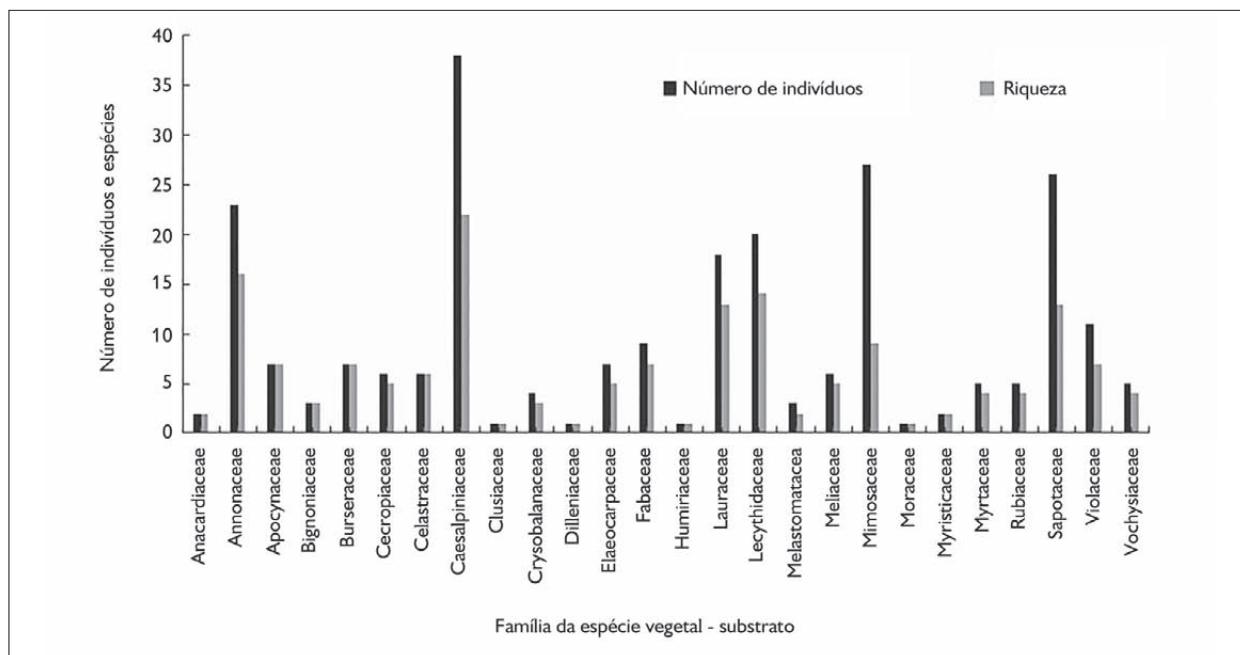


Figura 6. Número de ocorrências de espécimes e de espécies (eixo y) de fungos poroides lignícolas nas diversas espécies vegetais que serviram de substrato (eixo x).

são Sapotaceae, Lecythidaceae e Chrysobalanaceae. No estudo de Gibertoni (2008), realizado com fungos poroides na ECFPn, a família vegetal que apresentou maior número de basidiomas foi Chrysobalanaceae, a qual foi referida por Ilkiu-Borges *et al.* (2002) entre as dez famílias vegetais de maior ocorrência na ECFPn.

Entre as espécies com mais de dez registros, *P. lepreurii* ($n = 54$) apresentou basidiomas em troncos de 17 diferentes famílias arbóreas, sendo observada uma preferência por 13 destas famílias, seguido por *T. modesta* ($n = 19$), com preferência para sete famílias (Tabela 4). Com a ocupação de cerca de 74% das espécies botânicas, e com preferência por 56%, *P. lepreurii* demonstra ser generalista na escolha do substrato, assim como a espécie *T. modesta*.

A comunidade de fungos poroides observada na área de estudo foi predominantemente composta por espécies raras, o que dificulta melhor avaliação dos aspectos ecológicos destas espécies e evidencia a necessidade de estudos mais amplos ou direcionados a estas espécies, a fim de compreender os efeitos que causam a raridade deste grupo em florestas tropicais e se, de fato, esta característica está relacionada à especificidade atribuída pelo substrato.

As análises dos dados obtidos demonstram que a riqueza e a densidade de indivíduos da comunidade estudada estão sendo afetadas pela quantidade, mas não pela qualidade do substrato, indicando, assim, diversidade de estratégias de vida bastante ampla, uma vez que estas espécies são capazes de ocupar todos os tipos de substrato disponíveis.

Tabela 4. Índice de utilização de substrato (U_i) por família da espécie vegetal usado como substrato para espécies que apresentaram mais de dez indivíduos coletados. Se $U_i = 1$, não há preferência ou rejeição a determinada característica; se $U_i > 1$, existe preferência por determinada condição; e, se $U_i < 1$, a condição é usada menos do que o esperado. Os valores em destaque indicam preferência daquela espécie por determinada família do substrato.

	Annonaceae	Apocynaceae	Bignoniaceae	Burseraceae	Caesalpinhiaceae	Cecropiaceae	Celastraceae	Clusiaceae	Chrysobalanaceae	Elaeocarpaceae	Fabaceae	Humiriaceae	Lauraceae	Lecythidaceae	Meliaceae	Melastomataceae	Myrtaceae	Mimosaceae	Myristicaceae	Rubiaceae	Sapotaceae	Violaceae	Vochysiaceae
<i>C. caperata</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,70	0,00	4,92	0,00	9,83	0,00	0,00	0,00	3,28	0,70	5,95	0,00	0,00	1,97	0,00	0,00	0,51	0,00	0,00
<i>G. australe</i>	2,22	4,21	0,00	0,93	0,80	0,00	0,00	0,00	2,38	1,21	0,00	0,00	0,00	0,70	2,98	0,00	0,00	2,81	0,00	0,00	0,29	0,00	1,20
<i>P. bacharidis</i>	0,85	0,00	5,32	1,77	1,53	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,02	0,00	1,79	1,39	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,11	0,00	0,00
<i>P. grenadensis</i>	0,00	0,00	0,00	1,15	0,99	2,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,39	0,00	0,00	0,00	2,08	10,4	0,00	0,72	1,90	2,97
<i>P. givus</i>	1,55	0,00	0,00	0,00	2,11	0,00	0,00	0,00	0,00	4,22	1,85	0,00	1,64	0,70	0,00	0,00	0,00	0,98	0,00	0,00	0,51	0,00	0,00
<i>P. dictyopus</i>	2,66	0,00	0,00	0,00	1,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,17	0,00	0,00	0,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,74	0,00	0,00
<i>P. lepreurii</i>	0,47	0,00	0,00	0,49	1,26	2,21	1,48	4,43	0,00	0,00	0,56	2,93	1,48	1,39	2,98	4,43	4,43	0,00	0,00	4,43	1,07	2,42	0,63
<i>R. lineatus</i>	1,86	0,00	1,95	0,00	0,28	0,00	0,00	0,00	0,00	2,53	0,00	0,00	0,66	2,78	0,00	0,00	0,00	0,39	0,00	0,00	2,44	0,00	0,00
<i>R. microporus</i>	0,00	4,43	0,00	0,00	0,84	4,43	5,90	0,00	0,00	2,53	2,22	0,00	1,97	0,00	0,00	0,00	0,00	1,18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>T. modesta</i>	0,55	2,60	0,00	2,29	0,99	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,92	0,00	0,00	0,00	2,98	0,00	0,00	1,39	0,00	0,00	0,36	4,46	4,46

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Museu Paraense Emílio Goeldi; ao Programa de Pesquisa em Biodiversidade da Amazônia (PPBio); ao Projeto Universal-Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) (472112/2007-4) e à Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) (Projeto “Cenários para a Amazônia), pelo financiamento das coletas; ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Universidade Federal do Pará/Museu Paraense Emílio Goeldi/Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (UFPA/MPEG/EMBRAPA); ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico (CNPq), pela bolsa de mestrado à primeira autora; à Dra. Tatiana Gibertoni, pelas identificações realizadas.

REFERÊNCIAS

- ALEXOPOULOS, C. J., C. W. MIMS & M. BLACKWELL, 1996. **Introductory mycology**: 1-990. Wiley and Sons, Inc. John, Nova York.
- BADER, P., S. JANSSON & B. G. JONSSON, 1995. Wood-inhabiting and substratum decline in selective logged boreal spruce forests. **Biological Conservation** 72(3): 355-362.
- BODDY, L., 1983. Carbon dioxide release from decomposing wood: effect of water content and temperature. **Soil Biology and Biochemistry** 15(5): 501-510.
- COLWELL, R. K., C. X. MAO & J. CHANG, 2004. Interpolating, extrapolating and comparing incidence-based species accumulation curves. **Ecology** 85(10): 17-27.
- DEACON, J. W., 2006. **Fungal biology**: 4th ed.: 1-379. Blackwell Publishing, Malden.
- FERREIRA, L. S., J. H. CATTÂNIO & M. A. G. JARDIM, 2015. Efeito da topografia e da precipitação na florística e na produção de liteira em Caxiuanã, Pará. **Revista Árvore** 39(6): 995-1005.
- FERRER, A. & G. S. GILBERT, 2003. Effect of tree host species on fungal community composition in a tropical rain forest in Panama. **Diversity and Distribution** 9(6): 455-468.
- FIDALGO, O. & V. L. BONONI, 1989. **Técnicas de coleta, preservação e herborização de material botânico**: 1-62. Instituto de Botânica (Manual n. 4), São Paulo.
- GIBERTONI, T. B., 2008. Polyporoid fungi (Agaricomycetes, Basidiomycota) in the Estação Científica Ferreira Penna (State of Pará, Brazilian Amazonia): diversity and ecological aspects. **Scientifica Acta** 2: 70-74.
- GIBERTONI, T. B., P. J. P. SANTOS & M. A. Q. CAVALCANTI, 2007. Ecological aspects of *Aphylophorales* in the Atlantic rain forest in northeast Brazil. **Fungal Diversity** 25: 49-67.
- GIBERTONI, T. B., L. RYVARDEN, A. BERNICCHIA & E. SAVINO, 2013. Poroid fungi (Agaricomycetes, Basidiomycota) in the National Caxiuanã Forest. In: P. L. B. LISBOA (Org.): **Caxiuanã: paraíso ainda preservado**. 1. ed.: 397-410. Museu Paraense Emílio Goeldi, Belém.
- GILBERT, G. S., A. FERRER & J. CARRANZA, 2002. Polypore fungal diversity and host density in a moist tropical forest. **Biodiversity & Conservation** 11(6): 947-957.
- HARMON, M. E., J. F. FRANKLIN, F. J. SWANSON, P. SOLLINS, S. V. GREGORY, J. D. LATTIN, N. H. ANDERSON, S. P. CLINE, N. G. AUMEN, J. R. SEDELL, G. W. LIENKAEMPER, K. J. CROMACK & K. W. CUMMINS, 1986. Ecology of coarse woody debris in temperate ecosystems. **Advances in Ecological Research** 15: 133-302.
- HARMON, M. E. & H. CHEN, 1991. Coarse woody debris dynamics in two old-growth ecosystems. **BioScience** 41(9): 604-610.
- HAWKSWORTH, D. L. & R. R. COLWELL, 1992. Microbial diversity 21: biodiversity amongst microorganisms and its relevance. **Biodiversity & Conservation** 1(4): 221-226.
- HEILMANN-CLAUSEN, J., 2001. A gradient analysis of communities of macrofungi and slime moulds on decaying beech logs. **Mycological Research** 105(5): 575-596.
- ILKIU-BORGES, A. L., A. S. L. SILVA, R. C. L. LISBOA, D. C. T. COSTA, W. N. SANTOS & C. S. ROSÁRIO, 2002. Diversidade florística e estrutura de mata de terra firme. In: P. L. B. LISBOA (Org.): **Caxiuanã: populações, meio físico e diversidade biológica**: 235-287. Museu Paraense Emílio Goeldi, Belém.
- INDEX FUNGORUM, [s.d.]. **ISF Search Index Fungorum**. Disponível em: <<http://www.indexfungorum.org>>. Acesso em: 15 novembro 2014.
- JONSELL, M. & G. NORDLANDER, 2004. Host selection patterns in insects breeding in bracket fungi. **Ecological Entomology** 29: 697-705.
- KRUYIS, N., C. FRIES, B. G. JONSSON, T. LAMAS & G. STAL, 1999. Wood-inhabiting cryptogams on dead Norway spruce (*Picea abies*) trees in managed Swedish boreal forests. **Canadian Journal of Forest Research** 29(2): 178-186.
- LINDBLAD, I., 2000. Host specificity of some wood-inhabiting fungi in a tropical forest. **Mycologia** 92(3): 399-405.
- LINDBLAD, I., 2001. Diversity of poroid and some corticoid wood-inhabiting fungi along the rainfall gradient in tropical forests, Costa Rica. **Journal of Tropical Ecology** 17: 353-369.
- LISBOA, P. L. B., A. S. L. SILVA & S. S. ALMEIDA, 1997. Florística e estrutura dos ambientes. In: P. L. B. LISBOA (Org.): **Caxiuanã**: 163-193. Museu Paraense Emílio Goeldi, Belém.

- MARTINS-JÚNIOR, A. S., T. B. GIBERTONI & H. M. P. SOTÃO, 2008. *Diplomitoporus allantosporus* (Basidiomycetes): a new record for Brazil. **Mycotaxon** 106: 195-198.
- MASER, C. & J. M. TRAPPE, 1984. The seen and unseen world of the fallen tree. **General Technical Report PNW** 164: 1-56.
- MEDEIROS, P. S., H. M. P. SOTÃO, T. B. GIBERTONI & J. H. CATTANIO, 2013. Fungos poróides (Agaricomycetes) no sítio do Programa de Biodiversidade da Amazônia (PPBio) Em Caxiuanã. In: P. L. B. LISBOA (Org.): **Caxiuanã: paraíso ainda preservado**. 1. ed.: 375-385. Museu Paraense Emílio Goeldi, Belém.
- NORDÉN, B. & H. PALTTO, 2001. Wood-decay fungi in hazel wood: species richness correlated to stand age and dead wood features. **Biological Conservation** 101(1): 1-8.
- NUÑEZ, M., 1996. Fructification of Polyporaceae s.l. (Basidiomycotina) along a gradient of altitude and humidity in the Guanacaste Conservation Area (Costa Rica). **Journal of Tropical Ecology** 12: 893-898.
- ORLEDGE, G. M. & S. E. REYNOLDS, 2005. Fungivore host-use groups from cluster analysis: patterns of utilization of fungal fruiting body by ciid beetles. **Ecological Entomology** 30(6): 620-641.
- RENVALL, P., 1995. Community structure and dynamics of wood-rotting Basidiomycetes on decomposing conifer trunks in northern Finland. **Karstenia** 35(1): 1-51.
- SCHMIT, J. P., 2005. Species richness of tropical wood-inhabiting macrofungi provides support for species-energy theory. **Mycologia** 97(4): 751-761.
- SCHNITTLER, M. & S. L. STEPHENSON, 2000. Myxomycete biodiversity in four different forest types in Costa Rica. **Mycologia** 92(4): 626-637.
- SOTÃO, H. M. P., J. F. HENNEN, A. M. GUGLIOTTA, O. A. MELO & E. L. CAMPOS, 1997. Os fungos - Basidiomycotina. In: P. L. LISBOA (Org.): **Caxiuanã**. 1. ed.: 213-219. Museu Paraense Emílio Goeldi, Belém.
- SOTÃO, H. M. P., A. M. GUGLIOTTA, A. P. OLIVEIRA, A. B. LUZ & O. MELO, 2002. Fungos Poliporóides. In: P. L. LISBOA (Org.): **Caxiuanã, populações tradicionais, meio físico e diversidade biológica**. 1. ed.: 433-444. Museu Paraense Emílio Goeldi, Belém.
- SOTÃO, H. M. P., T. GIBERTONI, R. MAZIERO, I. BASEIA, P. S. MEDEIROS, A. MARTINS JÚNIOR & M. CAPELARI, 2009. Fungos macroscópicos da Floresta Nacional de Caxiuanã, Pará, Brasil: Basidiomycota (Agaricomycetes). In: P. L. LISBOA (Org.): **Caxiuanã: desafios para a conservação de uma Floresta Nacional na Amazônia**. 1 ed.: 395-406. Museu Paraense Emílio Goeldi, Belém.
- STARK, N. M. & C. F. JORDAN, 1978. Nutrient retention by the root mat of an Amazonian rain forest. **Ecology** 59(3): 434-437.
- SWIFT, M. J., O. W. HEAL & J. M. ANDERSON, 1979. **Decomposition in terrestrial ecosystems**: 1-372. University of California Press (Studies in Ecology, 5), Berkeley e Los Angeles.
- VIEIRA, L. S. & P. C. T. C. SANTOS, 1987. **Amazônia: seus solos e outros recursos naturais**: 1-416. Ed. Agronômica Ceres, São Paulo.
- YAMASHITA, S. & N. HIJII, 2006. Spatial distribution of the fruiting bodies of Agaricales in a Japanese red pine (*Pinus densiflora*) forest. **Journal of Forest Research** 11(3): 181-189.
- YAMASHITA, S., T. HATTORI, K. MOMOSE, M. NAKAGAWA, M. AIBA & T. NAKASHIZUKA, 2008. Effects of forest use on aphyllphoraceous fungal community structure in Sarawak, Malaysia. **Biotropica** 40(3): 354-362.
- YAMASHITA, S., T. HATTORI, T. OHKUBO & T. NAKASHIZUKA, 2009. Spatial distribution of the basidiocarps of aphyllphoraceous fungi in a tropical rainforest on Borneo Island, Malaysia. **Mycological Research** 113(10): 1200-1207.
- ZAR, J. H., 1999. **Biostatistical analysis**: 1-663. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey.