

RELAÇÃO ENTRE O NÚMERO DE ESPÉCIES DE PEIXES, COMPLEXIDADE DO HÁBITAT E ORDEM DO RIACHO NAS CABECEIRAS DE UM TRIBUTÁRIO DO RIO URUBU, AMAZÔNIA CENTRAL.

ARAUJO-LIMA, C. A. R. M.¹, JIMÉNEZ, L. F.², OLIVEIRA, R. S.³, ETEROVICK, P. C.⁴,
MENDOZA U.⁵ & JEROZOLIMNKI, A.⁶

1. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia C.P. 478, Manaus, AM, 69011-970, calima@inpa.gov.br. 2. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG 3. Universidade de Brasília, Brasília, DF 4. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP 5. Universidade Federal Fluminense, Niterói, RJ 6. Universidade de São Paulo, São Paulo, SP

RESUMO: *Relação entre o número de espécies de peixes, complexidade do habitat e ordem do riacho nas cabeceiras de um tributário do rio Urubu, Amazônia Central.* A maioria dos cursos de água de uma bacia de drenagem é formada por riachos de baixa ordem. Apesar da abundância destes riachos, pouco é conhecido sobre a composição da sua fauna ictiica na Amazônia. Neste estudo medimos a riqueza de espécies em riachos de primeira, segunda e terceira ordens e testamos se esta estava relacionada à ordem e/ou complexidade ambiental. Analisamos também como variou a composição das assembléias de peixes dos riachos de diferentes ordens. Caracterizamos a complexidade ambiental com o número de tipos e a diversidade de microhabitat presentes nas estações de coleta. Capturamos 20 espécies em 12 coletas. A riqueza de espécies nos riachos estava relacionada com o número de microhabitats, mas não com a ordem dos riachos. A maioria das espécies (95%) nos riachos de primeira ordem estava presente nos riachos de segunda e terceira ordens. O mesmo não ocorreu com os riachos de segunda ordem que compartilhavam com os riachos de terceira ordem apenas 75% de sua ictiofauna. Este resultado sugere que os riachos de primeira ordem tem uma composição específica que está representada nos riachos de segunda ordem e que sua amostragem é redundante quando se avalia a diversidade de peixes da bacia de drenagem. Porém esta conclusão tem ainda um caráter preliminar. Se este resultado se mantiver em um estudo mais amplo, que inclua outras sub bacias, ele pode vir a ter implicações importantes para reduzir o custo de amostragem em inventários de ictiofauna.

Palavras chaves: Amazônia, peixe, conservação, diversidade, riacho, habitat.

ABSTRACT: Fish diversity and habitat complexity in low order streams of the headwaters of Rio Urubu, Central Amazon. Any drainage basin is formed mostly by low order streams. Despite their abundance, little is known of the fish fauna in these streams in the Amazon. In this paper we analyzed the species richness of first, second and third order streams and tested whether it was related to habitat complexity and/or stream order. We also analyzed the variation in the composition of fish assemblages between stream orders. We described habitat complexity with microhabitat richness and diversity index in sampling stations. We caught 20 fish species in 12 samples. The number of microhabitat types in sampling stations explained most of the variation in species richness and the latter was not significantly related to stream order. Ninety five percent of the species occurring in first order streams were also present in second order streams. The average number of common species between second and third order streams were only 75%. This suggest that little information on fish diversity is gained when sampling first order streams. If this result holds in a more comprehensive sampling scheme it may have important implications for the costs of fish inventories.

Key words: Amazon, fish, conservation, diversity, stream, habitat.

INTRODUÇÃO

Uma bacia fluvial é formada por uma seqüência de corpos d'água, que se organizam de forma dendrítica. Seus componentes podem ser classificados em categorias. A menor destas categorias é formada pelos riachos de primeira ordem, que constituem as cabeceiras das bacias e não tem tributários. Quando dois riachos de primeira ordem se juntam formam um riacho de segunda ordem. Para formar um riacho de terceira ordem são necessários dois riachos de segunda e assim por diante. Os riachos de primeira ordem são sempre os mais numerosos (~60% do total) e a soma de seus comprimentos lineares é próxima da metade do comprimento linear de toda a bacia de drenagem (Welcomme, 1985).

Em uma revisão, Araujo-Lima *et al.* (1995), mostraram que o número de espécies de peixes encontradas em seções de riachos de terceira e quarta ordens na Amazônia varia de 17 a 40, e trabalhos mais recentes corroboraram esta estimativa (Sabino & Zuanon, 1998; Bührnheim, 1998). Riachos de menor ordem foram pouco estudados e informações sobre sua diversidade de peixe são importantes para entendermos os padrões presentes na bacia Amazônica.

Espera-se que a composição da ictiofauna dos tributários de primeira ordem seja diferente daquela dos riachos de maior ordem. Tributários de primeira ordem tem vazão, profundidade e área relativamente pequenas, quando comparadas com os riachos de segunda ordem, e conseqüentemente devem ter menor heterogeneidade ambiental. Eles são também ambientes hidrológicamente instáveis, sujeitos a secarem periodicamente e com padrões de inundação irregulares (Junk, 1993). Estas características sugerem que a diversidade de peixes nos tributários de primeira ordem seria menor do que nos de segunda ordem (Krebs, 1994; Rosenzweig, 1995; Mathews, 1998). O mesmo também deve ocorrer quando se compara tributários de segunda ordem com riachos de terceira ordem. De fato já foi descrito um aumento de riqueza de espécies relacionado ao aumento da ordem em riachos norte-americanos (Mathews, 1998), mas esta relação ainda não foi testada em riachos da Amazônia.

Neste trabalho apresentamos uma análise da relação entre a riqueza de espécies e a diversidade de microhabitats e a ordem dos riachos nas cabeceiras de um rio da Amazônia Central. Nossa hipótese foi que a composição da assembléia de peixes muda com a ordem e que a riqueza de espécies deve ser dependente da diversidade de microhabitats e da ordem dos riachos. Testamos também se a composição da assembléia do riacho afetava a composição da assembléia do seu tributário mais próximo, em termos de riqueza de espécies e espécies comuns.

MATERIAL E MÉTODOS

Realizamos este estudo na rede de riachos da Reserva KM41 do Convênio INPA/Smithsonian, situada a 90 km ao norte de Manaus (2° 27' S e 59° 45' W). A Reserva consiste de uma área de Floresta Tropical Úmida, que sofreu relativamente pouco impacto antropogênico. A rede hidrográfica amostrada cobre uma área de 2 km² e mede 14 km lineares, sendo 50% de riachos de primeira ordem (R1), 30% de segunda ordem (R2) e 20% de terceira ordem (R3) (Fig. 1). Estas proporções são muito semelhantes às apresentadas por Welcomme (1985) para redes de riachos norte-americanas. Para a classificação dos riachos em ordens seguimos a metodologia de Strahler (Welcomme, 1985). Esta rede de riachos deságua no rio Urubú, que é um tributário do lado esquerdo do rio Amazonas.

Amostramos 12 estações de coleta de 20 m de comprimento, no período diurno, durante 12 horas em 20 e 21 de julho de 1997, época em que a pluviosidade e a vazão dos riachos são baixas. Nos quatro tributários R1 as estações estavam situadas na seção mediana, enquanto em quatro riachos R2 estavam entre 50 e 100 m da foz do tributário de primeira ordem (Fig. 1). Em dois riachos R2 e dois riachos R3 as estações de coleta estavam a menos de 70 m da foz do tributário.

Dois riachos R1 estavam encaixados em vales, cujas encostas tinham uma inclinação de 30 a 50%. As encostas eram sempre cobertas com árvores. Os outros dois estavam situados em áreas relativamente planas, sendo que em uma delas (Ponto 1; Fig. 1) o canal estava disperso em uma área alagadiça coberta com palmeiras. As estações de coleta nestes tributários, cujas profundidades máximas variaram de 5 a 20 cm, nem sempre tinham uma planície de inundação.

Os riachos R2 e R3 também eram encaixados em vales, mas estes eram mais largos e apresentavam uma planície de inundação, com pequenas poças e vegetação de palmeiras e árvores finas (diâmetro na altura do peito <20 cm). O canal dos riachos se dividia e, freqüentemente, cortava as planícies. A largura das planícies de inundação nas estações variou de 8 a 20 m, enquanto que a área do espelho d'água somou menos da metade desta largura. A profundidade máxima destas estações foi de 46 cm.

Classificamos os microhabitats dos riachos em 9 tipos segundo a sua localização no riacho, profundidade, substrato e velocidade da corrente (Tab. I). Estes foram escolhidos, em sua maioria, subjetivamente, baseado na observação visual de sua ocupação por peixes ou na presença de um substrato que aumentava a sua complexidade estrutural. Os principais substratos dominantes registrados foram detrito fino, detrito grosso, areia, troncos, raízes, folhas vivas e diversos (Tab. I). Detrito grosso correspondeu a material vegetal (folhas e gravetos) em estado

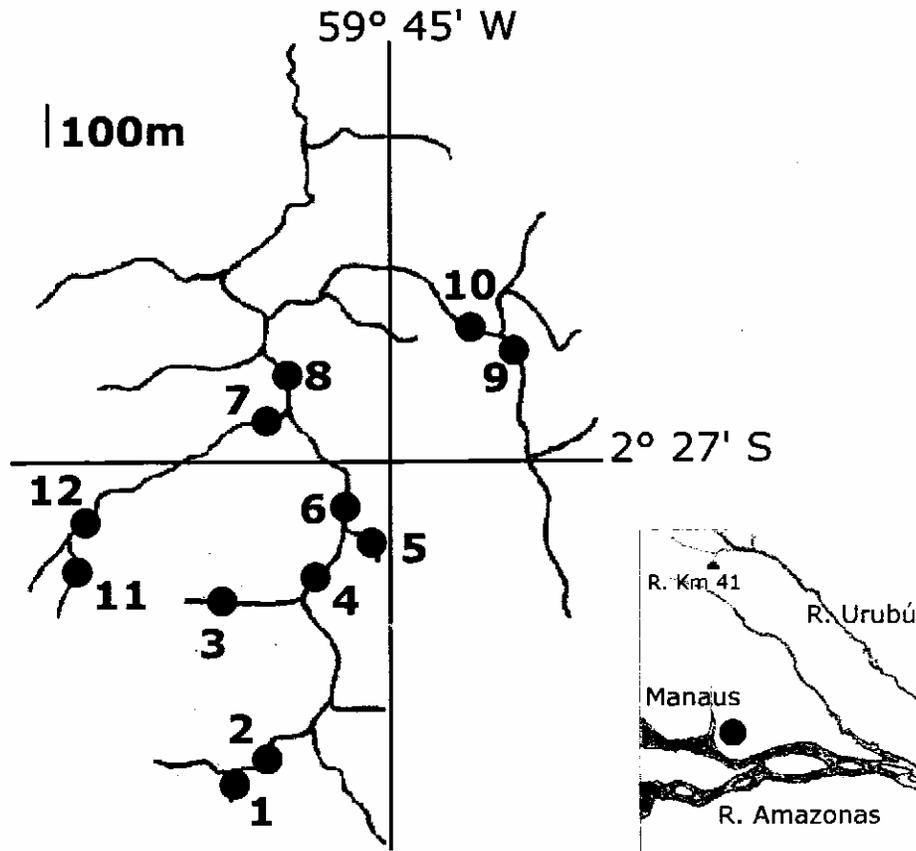


Figura 1. Mapa da rede de riachos indicando as estações de coleta. O pequeno mapa inserido abaixo indica a localização da Reserva em relação ao rio Urubú, Manaus e o rio Amazonas.

Tabela I. Caracterização dos 9 tipos de microhabitats em relação a sua localização no riacho, profundidade máxima, tipo de substrato dominante e velocidade da corrente. No microhabitat 1, a qualidade do substrato não se aplica (n.a.) por situar-se na coluna d'água. Para maiores informações sobre os substratos ver texto.

Microhabitat	Local	Profundidade	Substrato dominante	Corrente (m.s ⁻¹)
1	canal principal	>20 cm	n.a.	>0,5
2	canal principal	<20 cm	detrito grosso	>0,5
3	canal principal	<20 cm	detrito fino	<0,4
4	canal principal	<20 cm	areia	>0,5
5	canal principal	<20 cm	troncos	0,1-1,0
6	canal principal	<20 cm	raízes	0,1-1,0
7	canal principal	<20 cm	folhas vivas	0,1-1,0
8	poça	<20 cm	diversos	0
9	canal secundário	<20 cm	diversos	0,1-1,0

inicial de decomposição e detrito fino a material vegetal em estado avançado de decomposição, cujas partículas eram menores que 1 mm de diâmetro. Troncos consistiram de troncos de árvores, galhos ou mesmo raízes (vivos ou mortos), com diâmetro superior a 5 cm, que influenciavam na vazão do riacho represando a água. Raízes corresponderam a extremidades finas das raízes ou rizomas de árvores e arbustos (diâmetro inferior a 3 mm) que afloravam nos leitos ou margens dos riachos. Substratos classificados como diversos poderiam ser compostos de detrito fino e grosso e/ou troncos e areia. Nestes casos, o substrato não era tão importante quanto a localização dos microhabitats (Tab. I; poça e canal secundário), que estavam fora do canal principal do rio. Também no microhabitat 1, que localizava-se na parte superior da coluna d'água quando a profundidade excedia 20 cm, a classificação do substrato não se aplicava. Contamos os tipos de microhabitats presentes nas estações de coleta antes da pesca. Microhabitats que podiam ser contínuos, como o 1, 2, 3, 4 e 5 (Tab. I) eram contados dividindo-se o riacho em seções de 1 m de comprimento. Não foram consideradas as larguras dos microhabitats. Com estas contagens, calculamos a complexidade do habitat como: riqueza ou número de tipos de microhabitat presentes e índice de diversidade, este último usando a fórmula de Shannon - Weaner. Índices de diversidade elevados indicavam que haviam quantidades relativamente iguais dos microhabitats nas estações e índices baixos indicavam que alguns microhabitats eram mais comuns do que outros. A seqüência em que as estações foram amostradas foi sorteada. A técnica de pesca consistiu em fechar os dois extremos da estação com uma rede de 5 mm de malha, e amostrá-la, intensamente, com redes de mão de 1 mm de malha, durante 30 minutos com cinco pessoas. Ao final das pescarias tentamos desalojar os peixes de seus esconderijos batendo na água com varas de madeira. Aqueles que escapavam das redes de mão, muitas vezes ficavam encurralados na rede que fechava a parte de baixo do riacho. Esta forma de amostragem apresenta deficiências, que evidenciamos em algumas ocasiões quando avistamos peixes, antes de iniciar a amostragem, mas não os capturamos. Entretanto, como amostramos de forma semelhante em todas as estações de coleta, assumimos que os erros de amostragem estão distribuídos ao acaso entre as estações. Amostramos as poças da planície inundável das estações, quando presentes, com redes de mão menores, mas de igual tamanho de malha.

Comparamos a composição da ictiofauna das estações nos tributários de ordem "Ri" com aquelas dos riachos mais próximos de ordem "Ri+1", através das espécies comuns e testamos a independência da riqueza de espécies entre riachos e tributários com análise de correlação. Analisamos as relações entre a riqueza de espécies de peixes, a ordem dos riachos, o número de microhabitats e a diversidade de microhabitats com uma ANCOVA, transformando os dados para raiz quadrada.

RESULTADOS

Capturamos 147 peixes pertencentes a 20 espécies, em 12 coletas (Tab. II). A abundância de peixes nos riachos R1 não foi significativamente diferente da abundância de peixes em riachos R2 (teste t; g.l.=3,5; p=0,71), sendo a média de peixes capturados por estação igual a 11,5 indivíduos (d.p.= 9,4).

Tabela II Lista de espécies organizada por ordem alfabética de Família.

Espécie	Família
<i>Anostomidae n id.</i>	Anostomidae
<i>Rivulus compressus</i> Henn, 1916	Aplocheilidae
<i>Helogenes marmoratus</i> Günther, 1863	Cetopsidae
<i>Bryconops caudomaculatus</i> (Günther, 1864)	Characidae
<i>Hemigrammus guyanensis</i> Gery, 1959	Characidae
<i>Hemigrammus</i> sp1	Characidae
<i>Hyphessobrycon heterorhabdus</i> Ulrey, 1894	Characidae
<i>Hyphessobrycon melazonatus</i> Durbin in Eigenmann, 1908	Characidae
<i>Iguanodectes spilurus</i> (Günther, 1864)	Characidae
<i>Aequidens pallidus</i> (Heckel, 1840)	Cichlidae
<i>Apistogramma</i> gr. <i>Steindachneri</i> Kullander & Nijssen, 1989	Cichlidae
<i>Crenicichla</i> sp	Cichlidae
<i>Microcharacidium weitzmani</i> Buckup, 1993	Crenuchidae
<i>Nannostomus marginatus</i> Eigenmann, 1909	Lebiasinidae
<i>Pyrrhulina brevis</i> Steindachner, 1875	Lebiasinidae
<i>Brachyglanis</i> gr.	Pimelodidae
<i>Nemuroglanis pauciradiatus</i> Ferraris, 1988	Pimelodidae
<i>Rhamdia quelen</i> (Quoy & Gaimard, 1824)	Pimelodidae
<i>Rhamdia</i> sp	Pimelodidae
<i>Synbranchus marmoratus</i> Bloch, 1795	Synbranchidae

Tabela III. Porcentagem de espécies comuns aos riachos e tributários das espécies dos tributários ((spp comuns/ soma das espécies no tributário)*100). Código do riacho e dos tributários como na figura 1.

Estações comparadas	ordem do tributário	spp comuns
1x2	1	100%
3x4	1	100%
5x6	1	100%
11x12	1	86%
7x8	2	100%
9x10	2	50%

Sete espécies ocorreram nos riachos R1: *Rivulus elegans*, *Pyrrhulina brevis*, *Hemigrammus* sp, *Nannobrycon marginatus*, *Aequidens pallidus*, *Microcharacidium weitzmani* e um anostomídeo não identificado. Os números acumulados de espécies que encontramos nos riachos R2 e R3 foram 15 e 14, respectivamente. Apenas seis espécies ocorreram nas poças da planície de inundação (microhábitat 8): *Rivulus compressus*, *Pyrrhulina brevis*, *Aequidens pallidus*, *Synbranchus marmoratus*, *Rhamdia quelen* e *Brachyglanis* sp. A quantidade média de espécies comuns em R1 e R2 foi 96,5% das espécies em R1 (Tab. III). Um valor elevado de espécies comuns também foi encontrado quando comparamos os riachos R2 e R3 (50% e 100% de R2), mas neste caso o número de pares de estações foi muito pequeno.

Os números de espécies nos tributários R_i foram independentes dos números de espécies nos riachos R_{i+1} (Fig. 2 A). A riqueza de espécies de peixes nos riachos, porém, aumentou significativamente com o número de microhábitats (ANCOVA; $r^2=0,74$; g.l.=1; $F=20,71$, $p=0,002$), mas não com a ordem dos riachos (ANCOVA, g.l.=2; $F=4,06$; $p=0,061$) (Fig. 2 B).

Não houve interação significativa entre a ordem dos riachos e a riqueza de microhabitats. O índice de diversidade de microhabitats não explicou o restante da variabilidade na riqueza de espécies (Fig. 2 C).

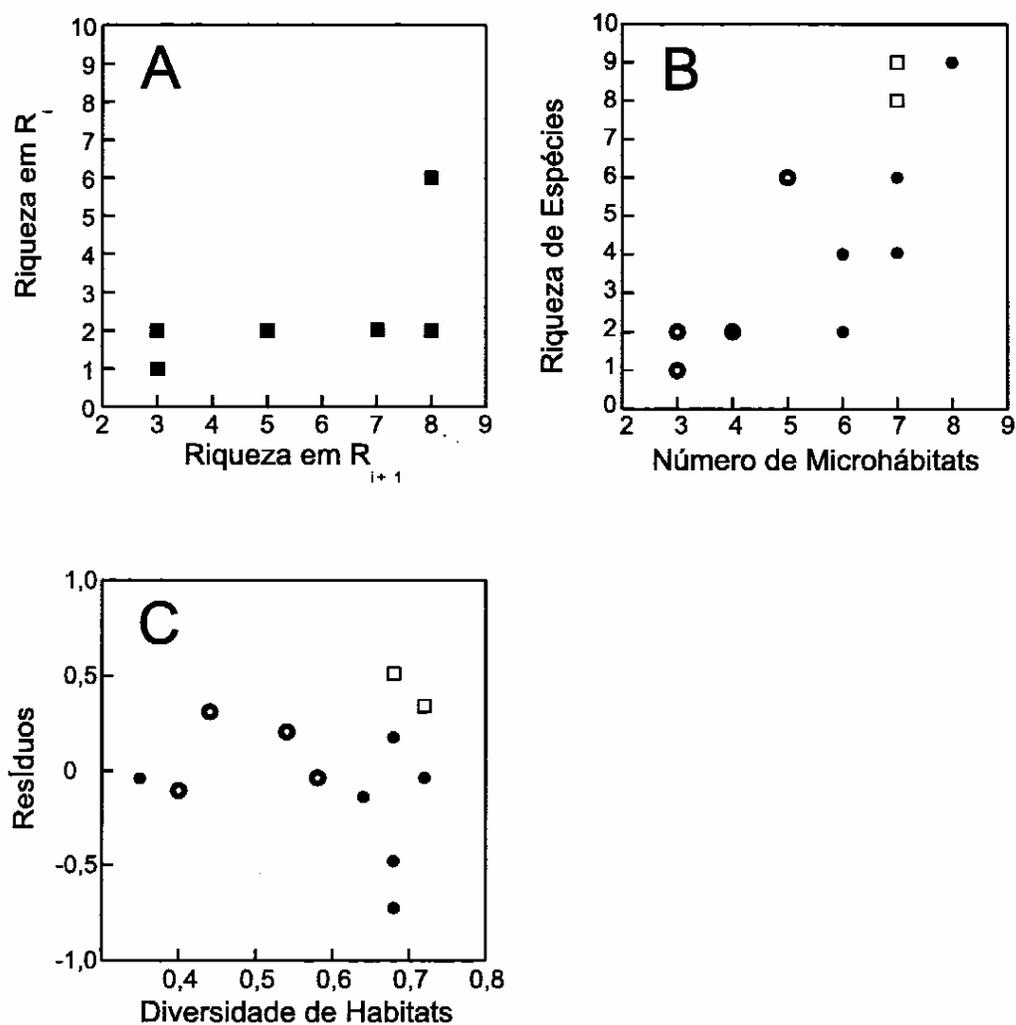


Figura 2. Variação da riqueza de espécies nos tributários em relação a dos riachos (A) e relação entre a riqueza de espécies e o número de microhabitats nas estações (B). Note que os resíduos da regressão que ajusta os pontos em B não mostram uma tendência com o índice de diversidade de microhabitats (C). R_i = ordem do riacho/tributário. Círculos vazados indicam riachos R1 e círculos cheios e quadrados indicam riachos R2 e R3, respectivamente, na figura 2B.

DISCUSSÃO

A riqueza de espécies na rede de riachos do km 41 estava associada à complexidade do hábitat. As seções dos riachos com mais tipos de microhábitats tiveram mais espécies do que aquelas menos complexas. O índice de diversidade de microhábitats foi menos importante para descrever o impacto do aumento da complexidade ambiental na riqueza de espécies, pelo menos neste contexto. Assim, apesar da limitação na avaliação da complexidade do habitat, seu efeito sobre a riqueza de espécies foi forte o suficiente para ser evidenciado com um pequeno número de amostras. Caso a amostragem estivesse viciada pelo comportamento de fuga ou busca de abrigo pelos peixes, a relação entre a riqueza de habitats e de peixes deveria ser inversa. Estações com mais refúgios para peixes deveriam apresentar menor riqueza de espécies, fato que não ocorreu.

A relação entre a diversidade de peixes e a complexidade do habitat parece ser uma tendência geral em riachos. Este efeito foi identificado em riachos norte-americanos, sul-americanos (Guiana) e africanos (Gorman & Karr, 1978; Hugueny, 1990; Matthews, 1998; Mérigoux *et al*, 1998) e os riachos da Amazônia Central não parecem ser uma exceção. O aumento da heterogeneidade espacial geralmente abre espaços novos e permite a acomodação de novas espécies, diminuindo a competição entre elas e criando refúgios contra os predadores.

Por outro lado, não encontramos uma associação entre a ordem dos riachos e riqueza de espécies. A falta desta relação sugere que a riqueza de espécies em riachos de uma mesma ordem é muito variada ou que sua influência (neste caso espúria) sobre a riqueza de espécies já estava representada na complexidade de habitats e assim esta variável se tornou redundante na análise.

A maioria das espécies que ocorreu nos riachos de primeira ordem estava presente nos de segunda ordem. A espécie que faltou em uma estação (*M. weitzmani*), possivelmente também ocorre naquele riacho, mas não foi encontrada devido a sua baixa densidade. O número de espécies comuns em riachos de segunda e terceira ordem foi relativamente menor (10 em 15), porém este resultado pode ter sido causado pelo pequeno número de estações amostradas nos riachos de terceira ordem.

As informações apresentadas para outros riachos do Brasil nem sempre concordam entre si. Alguns tributários de primeira ordem tem toda a sua assembléia representada nos riachos de segunda ordem (Garutti, 1988), mas em outros casos apenas 78% da assembléia do tributário ocorria no riacho (Penczak *et al*, 1994). Neste último caso, aparentemente, houve uma substituição de espécies.

O resultado deste trabalho pode ter implicações importantes para avaliações de diversidade de peixes de riachos na Amazônia, pois se a maioria da fauna dos tributários menores está presente nos riachos de segunda e terceira ordem, o esforço para estimar a riqueza de espécies de bacias de drenagem pode ser muito reduzido. Os riachos de primeira ordem formam a maioria da rede de riachos de qualquer sistema, mas devido ao seu tamanho são dificilmente localizáveis em mapas com escala igual ou superior a 1:100000. Acreditamos que nossos resultados são promissores, mas é necessário mais amostragens, especialmente em outras sub-bacias da Amazônia e durante outros períodos do ano, para averiguar se esta tendência se mantém.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi realizado durante o curso de campo "Ecologia da Floresta Amazônica" organizado pelo INPA/SMITHSONIAN/OTS. Agradecemos a Juruna pela assistência durante as amostragens e Cristina Bührnheim pela ajuda na identificação da espécies.

REFERÊNCIAS CITADAS

- Araujo-Lima, C.A.R.M., Agostinho, A.A. & Fabr , N.N. 1995. Trophic aspects of fish communities in Brazilian rivers and reservoirs. In: Tundisi, J.G., Bicudo, C.E.M. & Matsumura Tundisi, T. (eds.) *Limnology in Brazil*. ABC/SBL. Rio de Janeiro, p105-136.
- B rhnheim, C.M. 1998. Estrutura de comunidades de peixes em igarapés de floresta de Terra-firme na Amazônia Central. Manaus, INPA/FUA, 166p (Disserta o).
- Garutti, V. 1988. Distribui o longitudinal da ictiofauna em um córrego da região noroeste do Estado de São Paulo, bacia do rio Paraná. *Revista Brasileira de Biologia*, 48:747-759.
- Gorman, O.T. & Karr, J.R. 1978. Habitat structure and stream fish community. *Ecology*, 59:507-516.
- Hugueny, B. 1990. Richesse des peuplements de poissons dans le Niandan (haut Niger, Afrique) en fonction de la taille de rivi re et de la distribution. *Revue d'Hydrobiologie tropicale*, 23:351-366.
- Junk, W.J. 1993. Wetlands of tropical South-America. In: Whigham, D.F. (ed.) *Wetlands of the world*. Kluwer. Hague, p.679-739.
- Krebs, C.J. 1994. *Ecology. The experimental analysis of distribution and abundance*. Harper Collins College Publishers, New York. 801p.
- Matthews, W.J. 1998. *Patterns in freshwater fish ecology*. Chapman & Hall, New York. 502 p.
- Mérigoux, S., Ponton, D. & M rona, B. 1998. Fish richness and species-habitat relationships in two coastal streams of French Guiana, South America. *Environmental Biology of Fishes*, 51:25-39.
- Penczak, T., Agostinho, A.A. & Okada, E.K. 1994. Fish diversity and community structure in two small tributaries of the Paraná river, Paraná State, Brazil. *Hydrobiologia*, 294:243-251.
- Rosenzweig, M.L. 1995. *Species diversity in space and time*. Cambridge University Press, Cambridge. 436 p.
- Sabino, J. & Zuanon, J. 1998. A stream fish assemblage in Central Amazonia: distribution, activity patterns and feeding behavior. *Ichthyological Explorations in Freshwaters*, 8:201-210.
- Welcomme, R.L. 1985. *River fisheries*. FAO Fisheries Technical Paper, 262:330p.