

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

MONOGRAFIA

CURITIBA
2013

EMANUEL LUIS RAZZOLINI

Teste de estratégias de amostragem de hospedeiros para desvendar a diversidade genérica de Monogenoidea na região Neotropical

Projeto de monografia apresentado ao departamento de Zoologia da UFPR como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Ciências Biológicas.

Orientador: Prof. Walter A. Boeger, Ph.D.

CURITIBA
2013

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	4
LISTA DE TABELAS	7
1. RESUMO	8
2. INTRODUÇÃO	9
3. MATERIAIS E MÉTODOS	10
4. RESULTADOS	11
4.1. REDES ECOLÓGICAS	11
4.2. ESTIMATIVAS	18
4. DISCUSSÃO	27
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	29

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Rede ecológica da ordem Characiformes. À direita temos hospedeiros (nível trófico inferior) e à esquerda temos parasitos (nível trófico superior). Os retângulos sólidos representam os módulos dentro da rede, enquanto que os translúcidos representam a família dos hospedeiros **12**

Figura 2: Rede ecológica da ordem Perciformes. À direita temos hospedeiros (nível trófico inferior) e à esquerda temos parasitos (nível trófico superior). Os retângulos sólidos representam os módulos dentro da rede, enquanto que os translúcidos representam a família dos hospedeiros **15**

Figura 3: Rede ecológica da ordem Siluriformes. À direita temos hospedeiros (nível trófico inferior) e à esquerda temos parasitos (nível trófico superior). Os retângulos sólidos representam os módulos dentro da rede, enquanto que os translúcidos representam a família dos hospedeiros **16**

Figura 4: Número absoluto de espécies a serem amostradas da ordem Perciformes (linha cheia) com seus limites superiores e inferiores (linhas pontilhadas), com a estimativa em valores, que variam entre zero e um (linha tracejada), de quantas vezes 100% dos gêneros de parasitos são amostrados em relação ao número de hospedeiros. No eixo Y (esquerdo) temos o número de gêneros de parasitos, no eixo Y (direito) a porcentagem de vezes que temos todos os gêneros amostrados e no eixo X temos o número de espécies de hospedeiros que necessitam ser amostrados. **19**

Figura 5: Número absoluto de espécies a serem amostradas da família Cichlidae (linha cheia) com seus limites superiores e inferiores (linhas pontilhadas), com a estimativa em valores, que variam entre zero e um (linha tracejada), de quantas vezes 100% dos gêneros de parasitos são amostrados em relação ao número de hospedeiros. No eixo Y (esquerdo) temos o número de gêneros de parasitos, no eixo Y (direito) a porcentagem de vezes que temos todos os gêneros amostrados e no eixo X temos o número de espécies de hospedeiros que necessitam ser amostrados. **19**

Figura 6: Número absoluto de espécies a serem amostradas da família Sciaenidae (linha cheia) com seus limites superiores e inferiores (linhas pontilhadas), com a estimativa em valores, que variam entre zero e um (linha tracejada), de quantas vezes 100% dos gêneros de parasitos são amostrados em relação ao número de hospedeiros. No eixo Y (esquerdo) temos o número de gêneros de parasitos, no eixo Y (direito) a porcentagem de vezes que temos todos os gêneros amostrados e no eixo X temos o número de espécies de hospedeiros que necessitam ser amostrados. **21**

Figura 7: Número absoluto de espécies a serem amostradas da ordem Characiformes (linha cheia) com seus limites superiores e inferiores (linhas pontilhadas), com a estimativa em valores, que variam entre zero e um (linha tracejada), de quantas vezes 100% dos gêneros de parasitos são amostrados em relação ao número de hospedeiros. **21**

No eixo Y (esquerdo) temos o número de gêneros de parasitos, no eixo Y (direito) a porcentagem de vezes que temos todos os gêneros amostrados e no eixo X temos o número de espécies de hospedeiros que necessitam ser amostrados.

Figura 8: Número absoluto de espécies a serem amostradas da família Anostomidae (linha cheia) com seus limites superiores e inferiores (linhas pontilhadas), com a estimativa em valores, que variam entre zero e um (linha tracejada), de quantas vezes 100% dos gêneros de parasitos são amostrados em relação ao número de hospedeiros. **22**

No eixo Y (esquerdo) temos o número de gêneros de parasitos, no eixo Y (direito) a porcentagem de vezes que temos todos os gêneros amostrados e no eixo X temos o número de espécies de hospedeiros que necessitam ser amostrados.

Figura 9: Número absoluto de espécies a serem amostradas da família Characidae (linha cheia) com seus limites superiores e inferiores (linhas pontilhadas), com a estimativa em valores, que variam entre zero e um (linha tracejada), de quantas vezes 100% dos gêneros de parasitos são amostrados em relação ao número de hospedeiros. **23**

No eixo Y (esquerdo) temos o número de gêneros de parasitos, no eixo Y (direito) a porcentagem de vezes que temos todos os gêneros amostrados e no eixo X temos o número de espécies de hospedeiros que necessitam ser amostrados.

Figura 10: Número absoluto de espécies a serem amostradas da família Curimatidae (linha cheia) com seus limites superiores e inferiores (linhas pontilhadas), com a estimativa em valores, que variam entre zero e um (linha tracejada), de quantas vezes 100% dos gêneros de parasitos são amostrados em relação ao número de hospedeiros. **23**

No eixo Y (esquerdo) temos o número de gêneros de parasitos, no eixo Y (direito) a porcentagem de vezes que temos todos os gêneros amostrados e no eixo X temos o número de espécies de hospedeiros que necessitam ser amostrados.

Figura 11: Número absoluto de espécies a serem amostradas da família Prochilodontidae (linha cheia) com seus limites superiores e inferiores (linhas pontilhadas), com a estimativa em valores, que variam entre zero e um (linha tracejada), de quantas vezes 100% dos gêneros de parasitos são amostrados em relação ao número de hospedeiros. No eixo Y (esquerdo) temos o número de gêneros de parasitos, no eixo Y (direito) a porcentagem de vezes que temos todos os gêneros amostrados e no eixo X temos o número de espécies de hospedeiros que necessitam ser amostrados. **24**

Figura 12: Número absoluto de espécies a serem amostradas da ordem Siluriformes (linha cheia) com seus limites superiores e inferiores (linhas pontilhadas), com a estimativa em valores, que variam entre zero e um (linha tracejada), de quantas vezes 100% dos gêneros de parasitos são amostrados em relação ao número de hospedeiros. **25**

No eixo Y (esquerdo) temos o número de gêneros de parasitos, no eixo Y (direito) a porcentagem de vezes que temos todos os gêneros amostrados e no eixo X temos o número de espécies de hospedeiros que necessitam ser amostrados.

Figura 13: Número absoluto de espécies a serem amostradas da família Loricariidae (linha cheia) com seus limites superiores e inferiores (linhas pontilhadas), com a estimativa em valores, que variam entre zero e um (linha tracejada), de quantas vezes 100% dos gêneros de parasitos são amostrados em relação ao número de hospedeiros. **26**

No eixo Y (esquerdo) temos o número de gêneros de parasitos, no eixo Y (direito) a porcentagem de vezes que temos todos os gêneros amostrados e no eixo X temos o número de espécies de hospedeiros que necessitam ser amostrados.

Figura 14: Número absoluto de espécies a serem amostradas da família Pimelodidae (linha cheia) com seus limites superiores e inferiores (linhas pontilhadas), com a estimativa em valores, que variam entre zero e um (linha tracejada), de quantas vezes 100% dos gêneros de parasitos são amostrados em relação ao número de hospedeiros. **26**

No eixo Y (esquerdo) temos o número de gêneros de parasitos, no eixo Y (direito) a porcentagem de vezes que temos todos os gêneros amostrados e no eixo X temos o número de espécies de hospedeiros que necessitam ser amostrados.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Prevalência dos módulos de parasitos em relação à família de hospedeiros que eles ocorrem dentro da ordem Characiformes.	12
Tabela 2. Prevalência dos módulos de parasitos em relação à família de hospedeiros que eles ocorrem dentro da ordem Perciformes.	14
Tabela 3. Prevalência dos módulos de parasitos em relação à família de hospedeiros que eles ocorrem dentro da ordem Siluriformes.	15
Tabela 4. Composição ao nível de família da ordem Perciformes na região e no banco de dados.	18
Tabela 5. Composição ao nível de família da ordem Characiformes na região e no banco de dados.	18
Tabela 6: Composição ao nível de família da ordem Siluriformes na região e no banco de dados.	18
Tabela 7. Número de espécies de hospedeiros da ordem Perciformes que devem ser amostradas para revelar a diversidade de gêneros de Monogonoidea em número absoluto e com 80 e 100% de confiança em uma amostragem estratificada (por família) ou por ordem.	20
Tabela 8. Número de espécies de hospedeiros da ordem Characiformes que devem ser amostradas para revelar a diversidade de gêneros de Monogonoidea em número absoluto e com aproximadamente 80 e 100% de confiança em uma amostragem estratificada (por família) ou por ordem.	23
Tabela 9. Número de espécies de hospedeiros da ordem Siluriformes que devem ser amostradas para revelar a diversidade de gêneros de Monogonoidea em número absoluto e com aproximadamente 80 e 100% de confiança em uma amostragem estratificada (por família) ou por ordem.	26

1. RESUMO

Monogenoidea são parasitos exclusivos de animais associados com o ambiente aquático, em sua maioria, ectoparasitos de peixes. São registradas 658 espécies de Monogenoidea na América do Sul, parasitas de cerca de 144 espécies de peixes. Tratar uma série de hospedeiros como uma localidade torna possível aplicar, em uma escala pequena, uma vasta gama de análises em comunidades e biogeografia. Este trabalho tem como finalidade testar a estratégia amostral que otimiza a caracterização da diversidade genérica de parasitos de peixes neotropicais. A proposta de estratégias de amostragem de parasitos foi baseada em informações de ocorrência de Monogenoidea em espécies de hospedeiros Siluriformes, Characiformes e Perciformes contidas em um banco de dados, de onde foram produzidas matrizes de ausência e presença em diferentes níveis de relacionamento. A partir dessas matrizes, foram construídas redes de interação usando o programa R e os pacotes Bipartite e Ecolnet. Além disso, os dados de abundância das famílias de hospedeiros da região Neotropical foram usados para construir pseudomatrizes baseadas em amostragens por *bootstrap* e, assim, estimar o número adequado de espécies hospedeiras a serem amostradas. A probabilidade de amostrar 100% dos gêneros conhecidos nessas planilhas foi determinada através de 1000 amostragens aleatórias da matriz de n espécies hospedeiras sem reposição. O número absoluto estimado de hospedeiros a serem amostrados para desvendar todos os gêneros de parasitos foi obtido através de um programa desenvolvido para esta finalidade. Na ordem Characiformes, existem cinco famílias com mais de um gênero de parasito, sendo elas Anostomidae, Characidae, Curimatidae e Prochilodontidae. O procedimento sugere que é necessário amostrar 13, 463, 21 e 15 espécies de hospedeiros de cada uma dessas famílias, respectivamente, para assegurar-se que em 100% das vezes dos gêneros ocorrentes nessa família tenham sido amostrados. Na ordem Perciformes foram consideradas apenas duas famílias com mais de um gênero de monogenóideo (Cichlidae e Sciaenidae); nesse caso, a análise sugere que seria necessário amostrar 117 e 171 espécies de hospedeiros, respectivamente, para assegurar a amostragem de 100% dos gêneros. Na ordem Siluriformes foram consideradas duas famílias com mais de um gênero de parasito, sendo elas Loricariidae e Pimelodidae; nesse caso, seria necessário amostrar 40 e 46 hospedeiros, respectivamente, para atingir a probabilidade de 100% de amostragem de todos os gêneros de Monogenoidea do grupo. Estes resultados nos indicam a dificuldade, em algumas famílias, de se amostrar com 100% de certeza toda a diversidade genérica dos parasitos.

2. INTRODUÇÃO

A maioria dos Monogenoidea é ectoparasito de peixes marinhos e de água doce (Bush et al., 2001). De acordo com Bush et al. (2001), monogenóides geralmente ocorrem na superfície externa de seus hospedeiros e apresentam grande especificidade ao hospedeiro. Esses parasitos são amplamente distribuídos no mundo. De acordo com Cohen & Kohn (2008), são conhecidas 658 espécies de Monogenoidea na América do Sul. Essas espécies são encontradas em 144 espécies de peixes (Boeger et al., 2006) nas ordens Siluriformes (Cuvier, 1817), Perciformes (Bleeker, 1859), Characiformes (Regan, 1911), Cyprinodontiformes (Berg, 1940), Cypriniformes (Bleeker, 1859), Gymnotiformes (Carroll, 1988), Osteoglossiformes (Berg, 1940) e Rajiformes (Berg, 1940).

A relação parasito-hospedeiro é um tipo de interação que permite estudar diversos mecanismos que produzem ou mantem tal associação. Tratar uma série de hospedeiros como uma localidade é claramente um ponto chave neste tipo de análise, uma vez que tornam possível aplicar a uma escala pequena uma vasta gama de análises em comunidades e biogeografia (Strona et al., 2010). Em sistemas naturais, os hospedeiros são muitas vezes infestados por muitas espécies de parasitos (Pedersen & Fenton, 2007). No entanto, o significado das interações entre espécies e os processos que ocorrem em sistemas parasito hospedeiro permanecem incertas (Pedersen & Fenton, 2007). Segundo esses autores, para se obter uma compreensão mecanicista da comunidade de parasitos, é preciso considerar a rede de interações que ocorrem entre uma espécie de parasito e seu hospedeiro. Assim, análises de redes têm sido usadas com frequência em estudos de parasitismo em sistemas naturais (Poulin, 2010). De acordo com Poulin (2010), a teoria das redes tem sido aplicada para explicar e prever a propagação de doenças parasitárias em populações de hospedeiros por meio de contato social ou sexual. Em ecologia de comunidades e biogeografia, sistemas ecológicos são usualmente descritos como uma matriz de presença e ausência, chamada de matriz de incidência ou rede (Almeida Neto et al., 2007). Por definição, uma rede é qualquer coleção de unidades que possuem potencial para interagir como um sistema (Proulx et al., 2005). Proulx et al. (2005), afirmam que é possível representar os mais

diferentes níveis biológicos, tendo em vista que sistemas biológicos são complexos e únicos, e representações de redes necessariamente envolverão diversas informações. Estudos de redes complexas podem ser conceituados como uma intersecção entre teoria gráfica e estatística mecânica (Costa et al., 2007).

Adicionalmente, em parasitologia, redes de associações podem prover informações para otimizar os esforços de coleta com o objetivo, por exemplo, de descrever a diversidade de parasitos nos diversos níveis taxonômicos. Nesse estudo, portanto, redes bipartidas de Monogonoidea e seus hospedeiros são utilizadas para definir módulos de amostragens e determinar a estratégia amostral mais adequada para caracterizar a diversidade genérica desses grupo de parasitos neotropicais.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

A análise realizada nesse estudo foi baseada em informações de ocorrência de Monogonoidea em espécies de hospedeiros Siluriformes, Characiformes e Perciformes, pois essas três ordens são as mais representativas na região Neotropical. Essas informações compõem um banco de dados de Monogonoidea Neotropicais constantemente atualizado, com base no qual foram produzidas matrizes de ausência e presença em diferentes níveis de relacionamento. Espécies parasitas de hospedeiros invasores e grupos de parasitos cujo status taxonômico é ainda incerto não foram incluídas nestas análises.

A partir dessas matrizes, foram construídas redes de interação usando o programa R (R Development Core Team, 2011) e os pacotes Bipartite (Dormann et al., 2008) e Ecolnet (Vazquez, 2010) com o intuito de visualizar e compreender melhor as relações que ocorrem dentro de cada ordem. Essas redes foram organizadas de forma a agrupar as famílias dos hospedeiros, contrastando-as com os módulos da rede – divisões funcionais representando grupos de organismos que utilizam recursos semelhantes. A distribuição dos módulos dentro de cada família foi calculada através de porcentagem, determinando qual a prevalência dos módulos

dentro das famílias de hospedeiros. Modularidade de cada rede foi calculada com o programa netcarto através de 1000 aleatorizações da matriz original de dados.

Os dados de abundância das famílias de hospedeiros foram usados para construir pseudomatrizes através do método de *bootstrap*. Estas pseudomatrizes foram construídas para simular o número total de espécies de hospedeiros que ocorrem na região, aleatorizando o número de espécies conhecidas até atingir o número de espécies da região. A probabilidade de amostrar 100% dos gêneros conhecidos nessas planilhas foi determinada através de 1000 amostragens aleatórias destas pseudomatrizes, em diferentes níveis taxonômicos, utilizando o programa R (R Development Core Team, 2011), com código desenvolvido para esta finalidade. Em programa desenvolvido pela Dr. Sabrina Borges Lino Araújo, em parceria com Mariana Pires Braga, foi estimado o efeito do número de espécies de hospedeiros amostrados na probabilidade de amostragem de gêneros de parasitos. Com o programa EstimateS (Version 7.5, R. K. Colwell, <http://purl.oclc.org/estimates>), utilizando as matrizes reais de prevalência na região, realizando 1000 aleatorizações utilizando o método *bootstrap*, foram realizadas estimativas do provável número de gêneros de parasitos que ocorrem na região neotropical.

4. RESULTADOS

Na ordem Characiformes foram analisadas cinco famílias de maior representatividade, sendo elas Anostomidae, Characidae, Crenuchidae, Curimatidae e Prochilodontidae. Na ordem Perciformes foram analisadas apenas duas famílias, Cichlidae e Sciaenidae. Já na ordem Siluriformes foram consideradas cinco famílias com maior representatividade dentro da ordem, sendo elas Callichthyidae, Doradidae, Heptapteridae, Loricariidae e Pimelodidae.

4.1. REDES ECOLÓGICAS

Conforme a análise, a rede bipartida da ordem Characiformes (Figura 1) possui sete módulos. A modularidade para esta ordem apresentou um valor de

0,5374. Esse valor é próximo do esperado para a média de 100 aleatorizações (0,5162 +/- 0,0130).

A especificidade da distribuição dos módulos de parasitos em relação a família de hospedeiros variou entre 14 a 100%, desta forma, a maioria dos módulos apresentam interações entre espécies de duas ou mais famílias (Tabela 1). *Anacanthorus* é o gênero de parasitos que apresenta maior amplitude de distribuição na ordem, ocorrendo em três famílias distintas. Existem diversos gêneros, entretanto, que apresentam distribuição bastante estrita.

Tabela 1. Prevalência dos módulos de parasitos em relação à família de hospedeiros que eles ocorrem dentro da ordem Characiformes.

Módulos	Ocorrência
Laranja	100% na família Serrasalminidae 40% na família Serrasalminidae
Azul	40% na família Characidae 20% na família Curimatidae
Cinza	80% na família Serrasalminidae 20% na família Sinodontidae
Amarelo	54,14% na família Characidae 28,57% na família Curimatidae 14,28% na família Anostomidae
Verde	50% na família Anostomidae 50% na família Prochilodontidae
Vermelho	100% na família Anostomidae
Rosa	100% na família Hemiodontidae

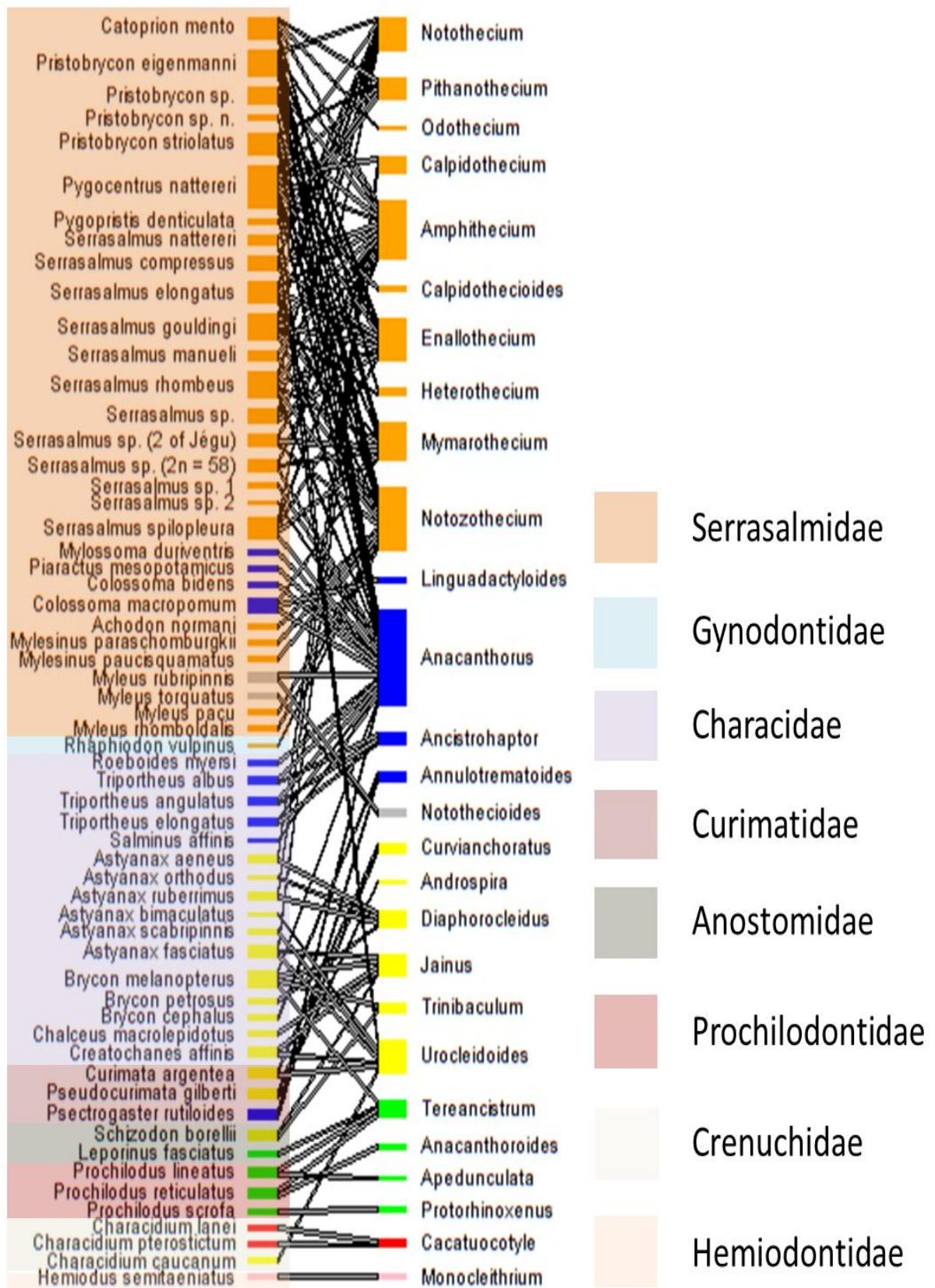


Figura 1: Rede ecológica da ordem Characiformes. À direita temos hospedeiros (nível trófico inferior) e à esquerda temos parasitos (nível trófico superior). Os retângulos sólidos representam os módulos dentro da rede, enquanto que os translúcidos representam a família dos hospedeiros.

Na ordem Perciformes foram encontrados cinco módulos (Figura 2). O cálculo de modularidade para esta ordem apresentou um valor de 0,6165, enquanto o valor médio em 100 aleatorizações foi de 0,5596 +/- 0,0242.

Nesse caso, a especificidade da distribuição dos módulos de parasitos em relação as famílias de hospedeiros foi de 100% (Tabela 2), ou seja, os módulos de parasitos estão exclusivamente distribuídos dentro de uma única família de hospedeiro. *Sciadicleithrum* foi o gênero de parasitos com maior distribuição dentro do grupo, apresentando um maior número de interações, todas, entretanto, dentro da mesma família de hospedeiros (Cichlidae). *Telethecium* foi o gênero mais especialista, estando presente apenas em espécies de *Pellona*.

Tabela 2. Prevalência dos módulos de parasitos em relação à família de hospedeiros que eles ocorrem dentro da ordem Perciformes.

Módulos	Ocorrência
Azul	100% na família Cichlidae
Cinza	100% na família Cichlidae
Vermelho	100% na família Sciaenidae
Verde	100% na família Percichthyidae
Rosa	100% na família Clupeide

Por fim, na ordem Siluriformes foram encontrados seis módulos (Figura 3). O cálculo de modularidade para esta ordem apresentou um valor de 0,6427, próximo à média esperada para 100 aleatorizações (0,6137 +/- 0,0173).

Assim como na ordem Characiformes, os módulos não estão exclusivamente relacionados com às famílias dos hospedeiros, a especificidade da distribuição dos módulos de parasitos em relação a família de hospedeiros neste caso variou de 22 a 100% (Tabela 3). O gênero de parasito que apresenta maior abrangência no grupo é *Demidospermus* podendo ser encontrado em hospedeiros de cinco módulos, enquanto *Phylocorydoras* é o gênero com maior índice de especialização, ocorrendo apenas em espécies de *Corydoras*.

Tabela 3. Prevalência dos módulos de parasitos em relação à família de hospedeiros que eles ocorrem dentro da ordem Siluriformes.

Módulos	Ocorrência
Rosa	44,4% na família Pimelodidae 22,2% na família Loricariidae 33,3% na família Auchenipteridae
Azul	66,6% na família Pimelodidae 33,3% na família Doradidae
Verde	75% na família Pimelodidae 25% na família Doradidae
Vermelho	25% na família Pseudopimelodidae 50% na família Heptapteridae
Cinza	100% na família Loricariidae
Amarelo	100% na família Callichthyidae

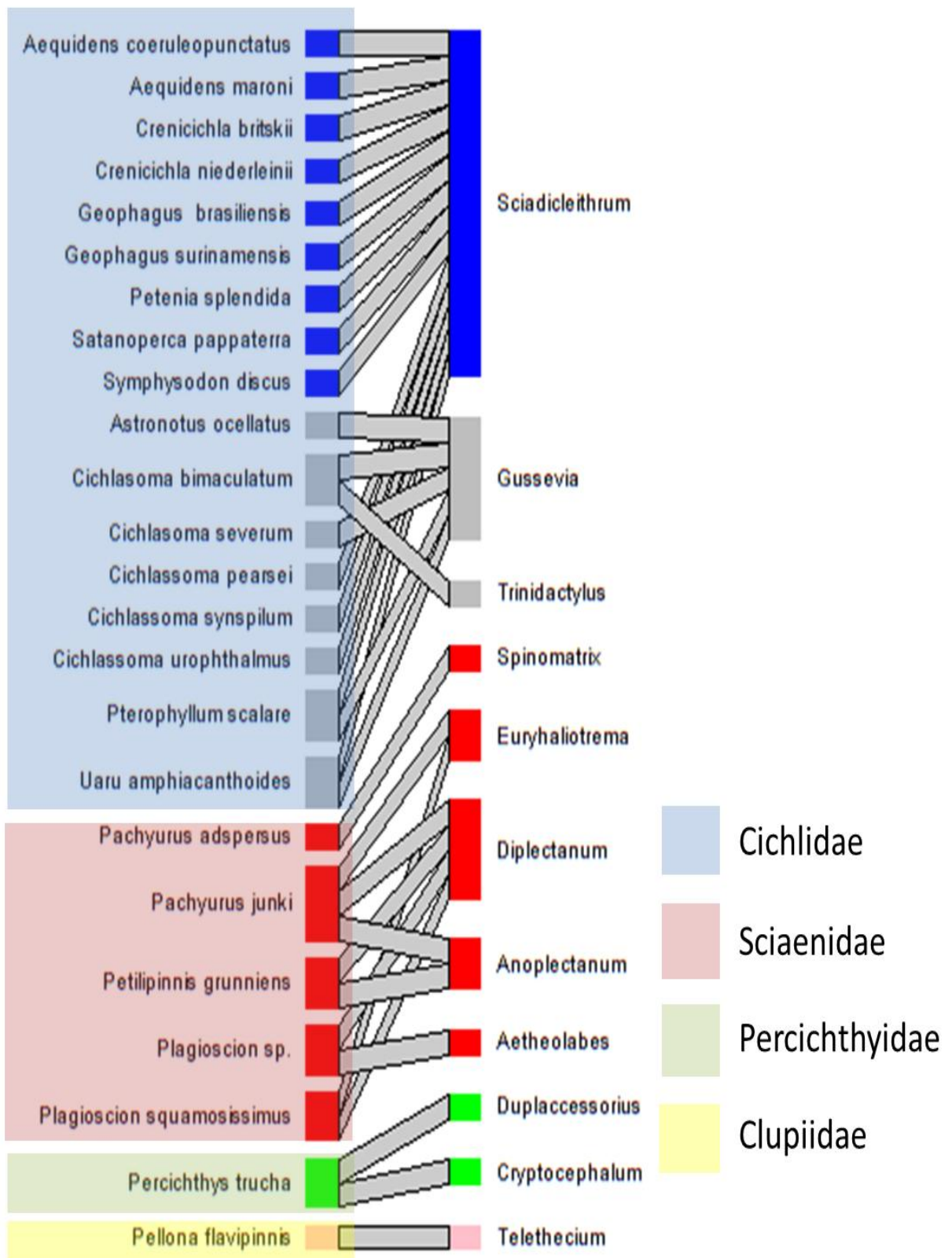


Figura 2: Rede ecológica da ordem Perciformes. À direita temos hospedeiros (nível trófico inferior) e à esquerda temos parasitos (nível trófico superior). Os retângulos sólidos representam os módulos dentro da rede, enquanto que os translúcidos representam a família dos hospedeiros.

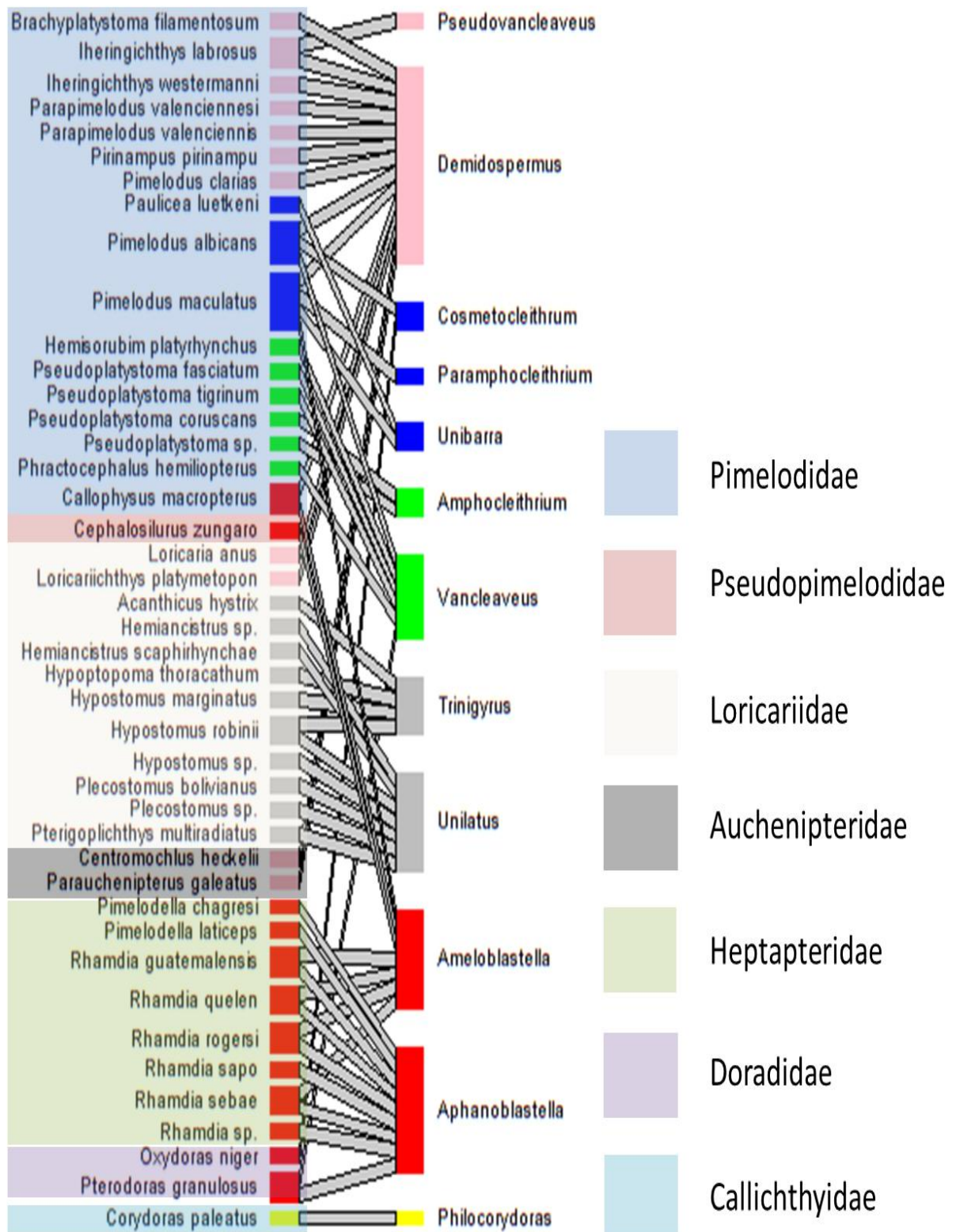


Figura 3: Rede ecológica da ordem Siluriformes. À direita temos hospedeiros (nível trófico inferior) e à esquerda temos parasitos (nível trófico superior). Os retângulos sólidos representam os módulos dentro da rede, enquanto que os translúcidos representam a família dos hospedeiros.

4.2. ESTIMATIVAS

A ordem Perciformes, que apresenta o menor número de espécies de hospedeiros na região, foi a melhor amostrada no banco de dados (Tabela 4) (5,88% do total). Em seguida, os Characiformes, a maior ordem da região (Tabela 5), teve cerca de 4,64% de suas espécies amostradas. Por último, os Siluriformes representam a ordem menos prevalente no banco de dados (Tabela 6), com apenas 3,43% de suas espécies conhecidas prospectadas para Monogenoidea.

Tabela 4: Composição ao nível de família da ordem Perciformes na região e no banco de dados.

Família	Número de espécies na região	Número de espécies no banco de dados
Cichlidae	406	19
Clupeidae	10	1
Percichthyidae	5	1
Sciaenidae	21	5
TOTAL	442	26

Tabela 5: Composição ao nível de família da ordem Characiformes na região e no banco de dados.

Família	Número de espécies na região	Número de espécies no banco de dados
Anostomidae	138	2
Characidae	952	47
Crenuchidae	74	3
Curimatidae	97	3
Cynodontidae	19	1
Hemiodontidae	33	1
Prochilodontidae	21	3
TOTAL	1334	62

Tabela 6: Composição ao nível de família da ordem Siluriformes na região e no banco de dados.

Família	Número de espécies na região	Número de espécies no banco de dados
Auchenipteridae	91	2
Callichthyidae	177	2
Doradidae	74	2
Heptapteridae	186	8
Loricariidae	673	12
Pimelodidae	83	18
Pseudopimelodidae	26	1
TOTAL	1310	45

Os resultados das estimativas para a ordem Perciformes (Figura 4) estão descritos na Tabela 7. Nesta ordem apenas Cichlidae (Figura 5) e Sciaenidae (Figura 6) foram analisadas.

Os resultados das estimativas para a ordem Characiformes (Figura 7) estão descritos na Tabela 8. Nesta ordem temos as famílias Anostomidae (Figura 8), Characidae (Figura 9), Curimatidae (Figura 10) e Prochilodontidae (Figura 11).

Tabela 7. Número de espécies de hospedeiros da ordem Perciformes que devem ser amostradas para revelar a diversidade de gêneros de Monogenoidea em número absoluto e com 80 e 100% de confiança em uma amostragem estratificada (por família) ou por ordem.

	80%	100%	Número absoluto	Número Real de Gêneros	Número Estimado de Gêneros
Cichlidae	31	117	118	4	5
Sciaenidae	8	16	18	5	6
TOTAL	39	133	136	-	-
Perciformes	67	145	153	9	14

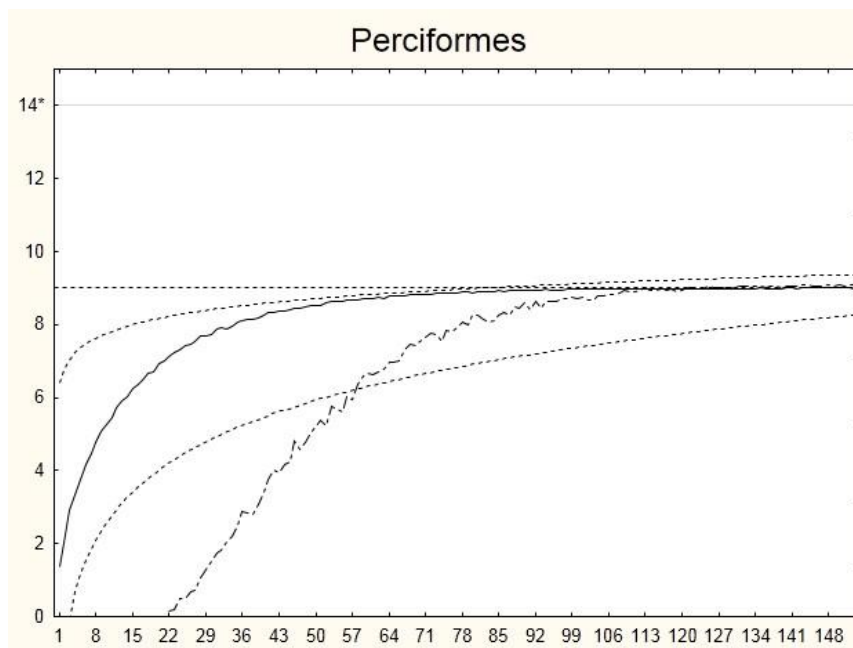


Figura 4: Número absoluto de espécies a serem amostradas da ordem Perciformes (linha cheia) com seus limites superiores e inferiores (linhas pontilhadas), com a estimativa em valores, que variam entre zero e um (linha tracejada), de quantas vezes 100% dos gêneros de parasitos são amostrados em relação ao número de hospedeiros. No eixo Y (esquerdo) temos o número de gêneros de parasitos, no eixo Y (direito) a porcentagem de vezes que temos todos os gêneros amostrados e no eixo X temos o número de espécies de hospedeiros que necessitam ser amostrados.

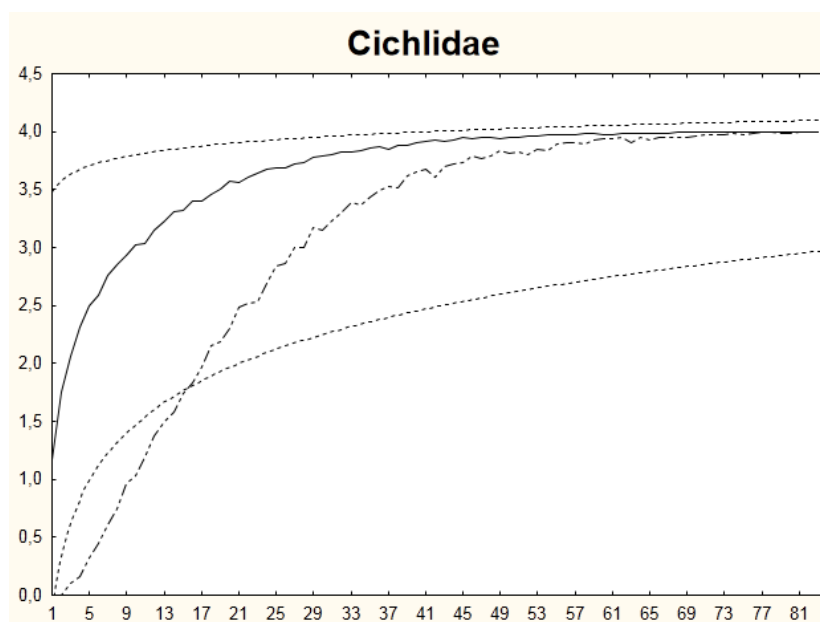


Figura 5: Número absoluto de espécies a serem amostradas da família Cichlidae (linha cheia) com seus limites superiores e inferiores (linhas pontilhadas), com a estimativa em valores, que variam entre zero e um (linha tracejada), de quantas vezes 100% dos gêneros de parasitos são amostrados em relação ao número de hospedeiros. No eixo Y (esquerdo) temos o número de gêneros de parasitos, no eixo Y (direito) a porcentagem de vezes que temos todos os gêneros amostrados e no eixo X temos o número de espécies de hospedeiros que necessitam ser amostrados.

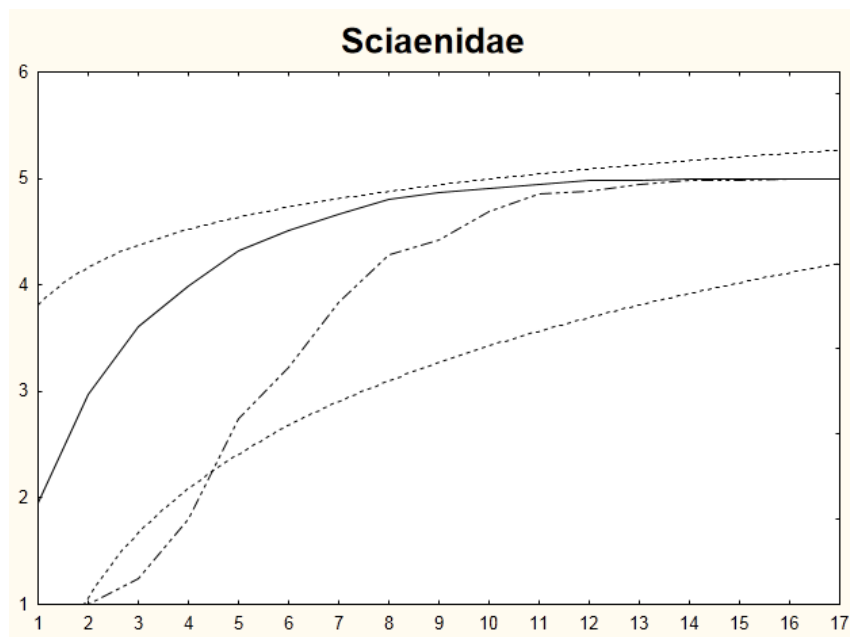


Figura 6: Número absoluto de espécies a serem amostradas da família Sciaenidae (linha cheia) com seus limites superiores e inferiores (linhas pontilhadas), com a estimativa em valores, que variam entre zero e um (linha tracejada), de quantas vezes 100% dos gêneros de parasitos são amostrados em relação ao número de hospedeiros. No eixo Y (esquerdo) temos o número de gêneros de parasitos, no eixo Y (direito) a porcentagem de vezes que temos todos os gêneros amostrados e no eixo X temos o número de espécies de hospedeiros que necessitam ser amostrados.

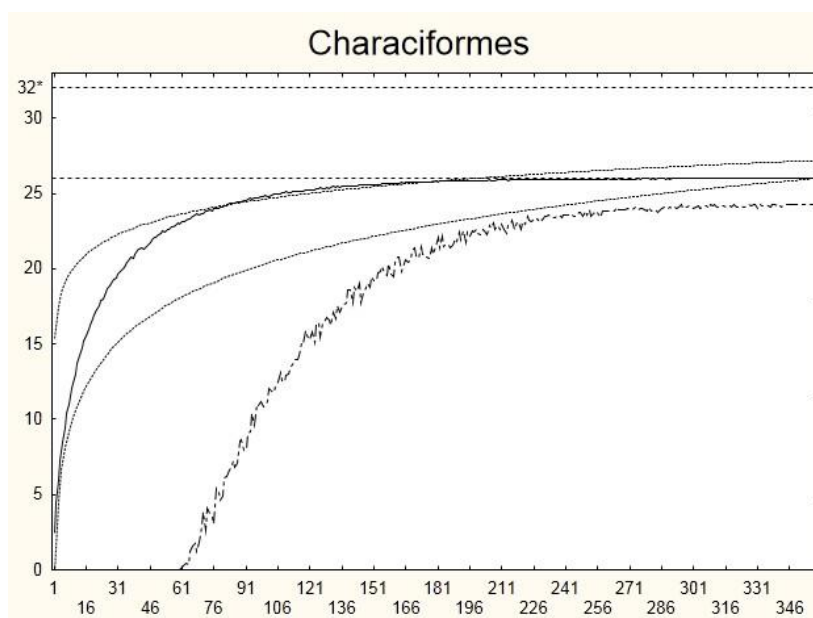


Figura 7: Número absoluto de espécies a serem amostradas da ordem Characiformes (linha cheia) com seus limites superiores e inferiores (linhas pontilhadas), com a estimativa em valores, que variam entre zero e um (linha tracejada), de quantas vezes 100% dos gêneros de parasitos são amostrados em relação ao número de hospedeiros. No eixo Y (esquerdo) temos o número de gêneros de parasitos, no eixo Y (direito) a porcentagem de vezes que temos todos os gêneros amostrados e no eixo X temos o número de espécies de hospedeiros que necessitam ser amostrados.

Tabela 8. Número de espécies de hospedeiros da ordem Characiformes que devem ser amostradas para revelar a diversidade de gêneros de Monogenoidea em número absoluto e com aproximadamente 80 e 100% de confiança em uma amostragem estratificada (por família) ou por ordem.

	80%	100%	Número absoluto	Número real de gêneros	Número estimado de gêneros
Characidae	124	462	463	21	24
Anostomidae	4	15	13	3	4
Curimatidae	7	22	21	4	5
Prochilodontidae	6	16	16	7	8
TOTAL	141	515	513	-	-
Characiformes	139	358	344	26	32

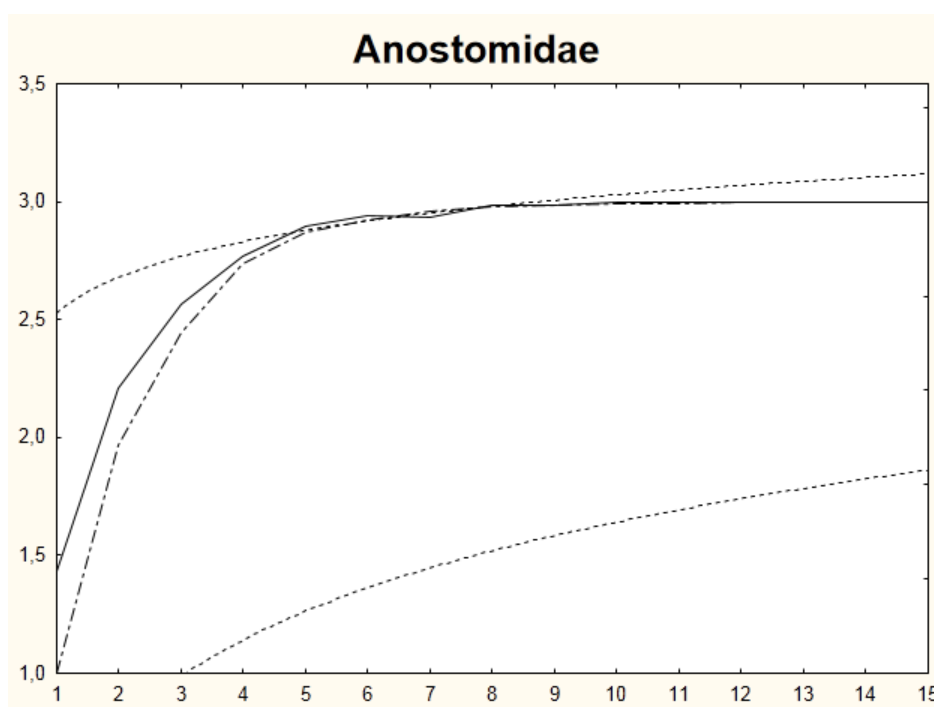


Figura 8: Número absoluto de espécies a serem amostradas da família Anostomidae (linha cheia) com seus limites superiores e inferiores (linhas pontilhadas), com a estimativa em valores, que variam entre zero e um (linha tracejada), de quantas vezes 100% dos gêneros de parasitos são amostrados em relação ao número de hospedeiros. No eixo Y (esquerdo) temos o número de gêneros de parasitos, no eixo Y (direito) a porcentagem de vezes que temos todos os gêneros amostrados e no eixo X temos o número de espécies de hospedeiros que necessitam ser amostrados.

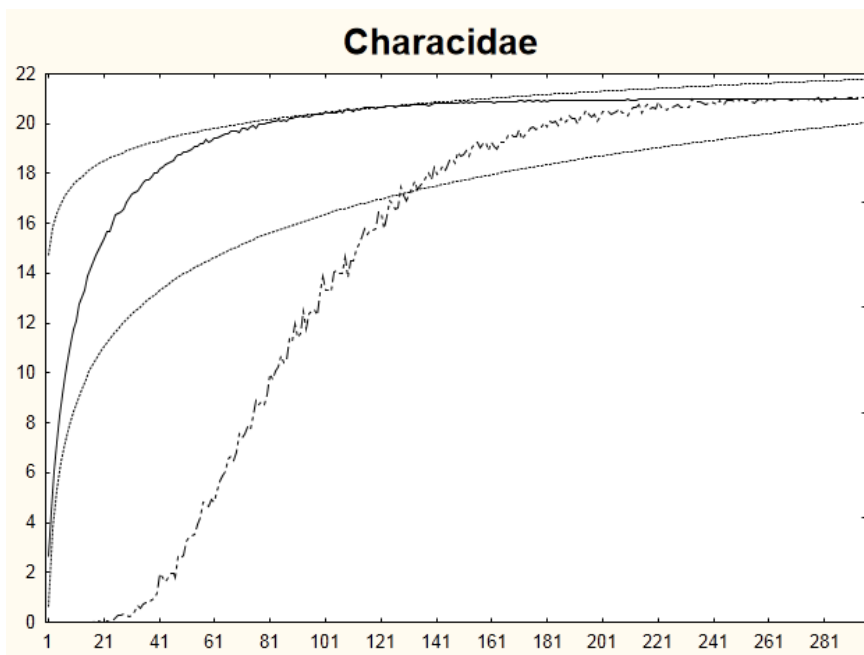


Figura 9: Número absoluto de espécies a serem amostradas da família Characidae (linha cheia) com seus limites superiores e inferiores (linhas pontilhadas), com a estimativa em valores, que variam entre zero e um (linha tracejada), de quantas vezes 100% dos gêneros de parasitos são amostrados em relação ao número de hospedeiros. No eixo Y (esquerdo) temos o número de gêneros de parasitos, no eixo Y (direito) a porcentagem de vezes que temos todos os gêneros amostrados e no eixo X temos o número de espécies de hospedeiros que necessitam ser amostrados.

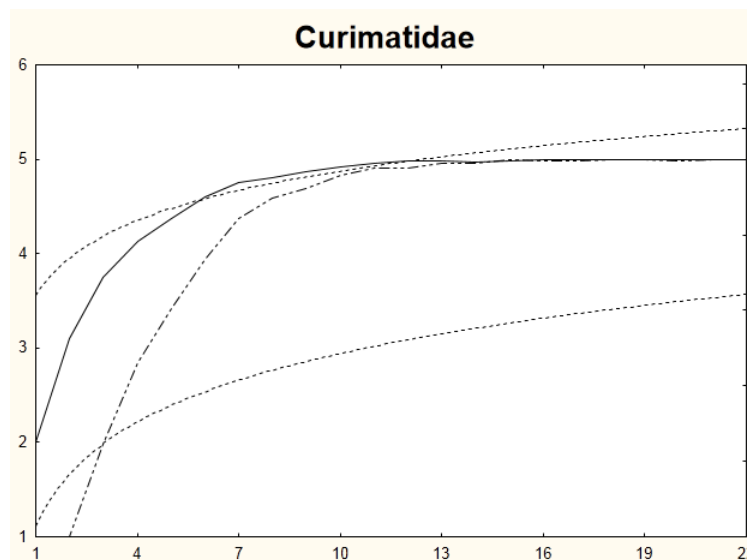


Figura 10: Número absoluto de espécies a serem amostradas da família Curimatidae (linha cheia) com seus limites superiores e inferiores (linhas pontilhadas), com a estimativa em valores, que variam entre zero e um (linha tracejada), de quantas vezes 100% dos gêneros de parasitos são amostrados em relação ao número de hospedeiros. No eixo Y (esquerdo) temos o número de gêneros de parasitos, no eixo Y (direito) a porcentagem de vezes que temos todos os gêneros amostrados e no eixo X temos o número de espécies de hospedeiros que necessitam ser amostrados.

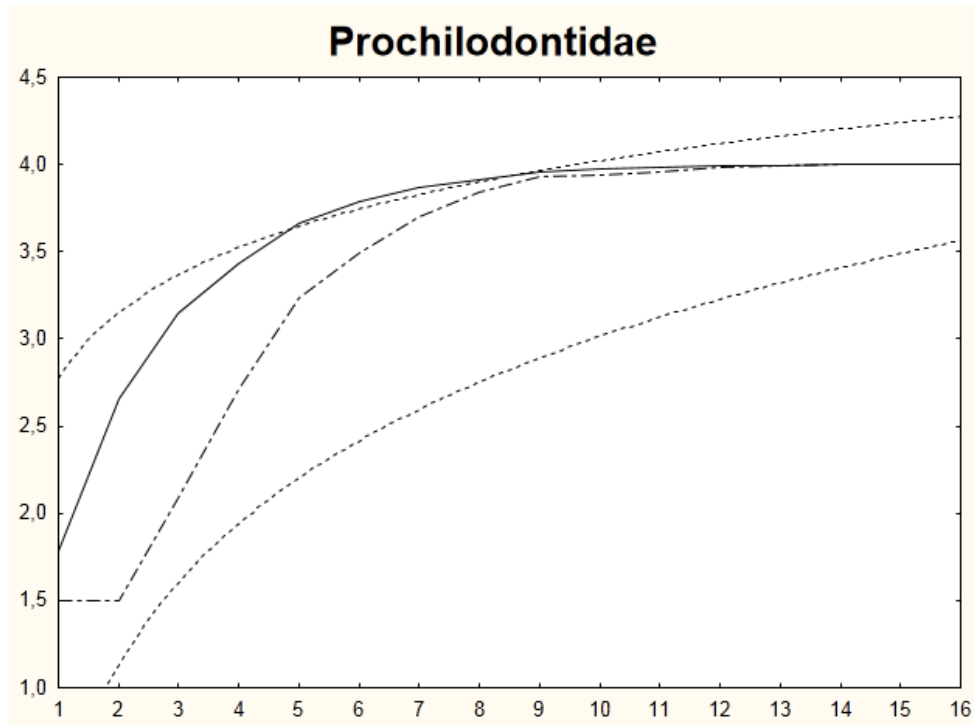


Figura 11: Número absoluto de espécies a serem amostradas da família Prochilodontidae (linha cheia) com seus limites superiores e inferiores (linhas pontilhadas), com a estimativa em valores, que variam entre zero e um (linha tracejada), de quantas vezes 100% dos gêneros de parasitos são amostrados em relação ao número de hospedeiros. No eixo Y (esquerdo) temos o número de gêneros de parasitos, no eixo Y (direito) a porcentagem de vezes que temos todos os gêneros amostrados e no eixo X temos o número de espécies de hospedeiros que necessitam ser amostrados

Os resultados das estimativas para a ordem Siluriformes (Figura 12) estão descritos na Tabela 9. Nesta ordem estão incluídas as famílias Loricariidae (Figura 13) e Pimelodidae (Figura 14).

Tabela 9. Número de espécies de hospedeiros da ordem Siluriformes que devem ser amostradas para revelar a diversidade de gêneros de Monogenoidea em número absoluto e com aproximadamente 80 e 100% de confiança em uma amostragem estratificada (por família) ou por ordem.

	80%	100%	Número Médio	Número real de gêneros	Número estimado de gêneros
Loricariidae	10	54	39	3	4
Pimelodidae	49	79	46	10	12
TOTAL	59	133	85	-	-
Siluriformes	88	212	224	14	22

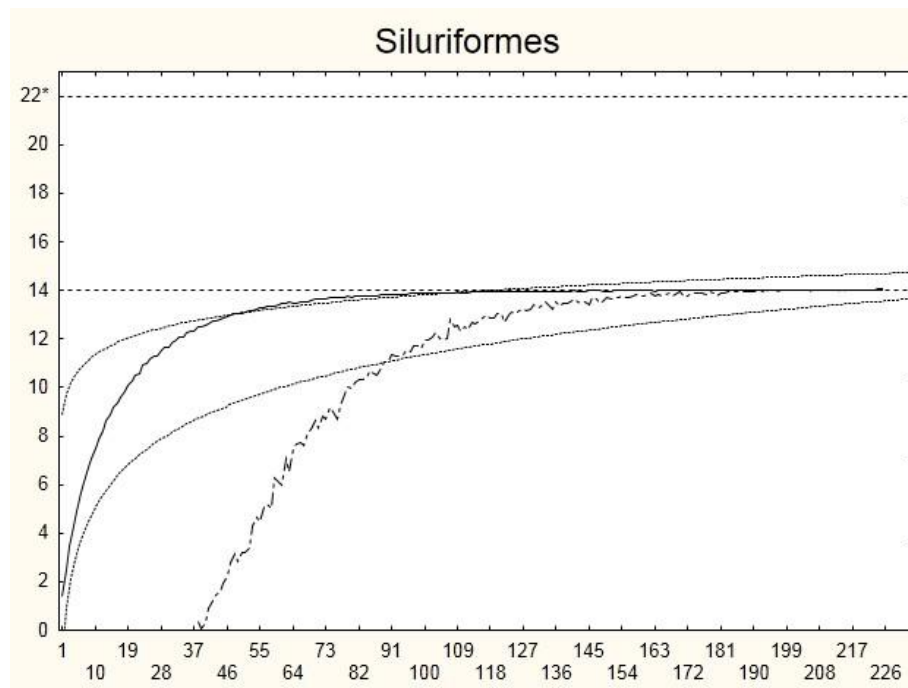


Figura 12: Número absoluto de espécies a serem amostradas da ordem Siluriformes (linha cheia) com seus limites superiores e inferiores (linhas pontilhadas), com a estimativa em valores, que variam entre zero e um (linha tracejada), de quantas vezes 100% dos gêneros de parasitos são amostrados em relação ao número de hospedeiros. No eixo Y (esquerdo) temos o número de gêneros de parasitos, no eixo Y (direito) a porcentagem de vezes que temos todos os gêneros amostrados e no eixo X temos o número de espécies de hospedeiros que necessitam ser amostrados.

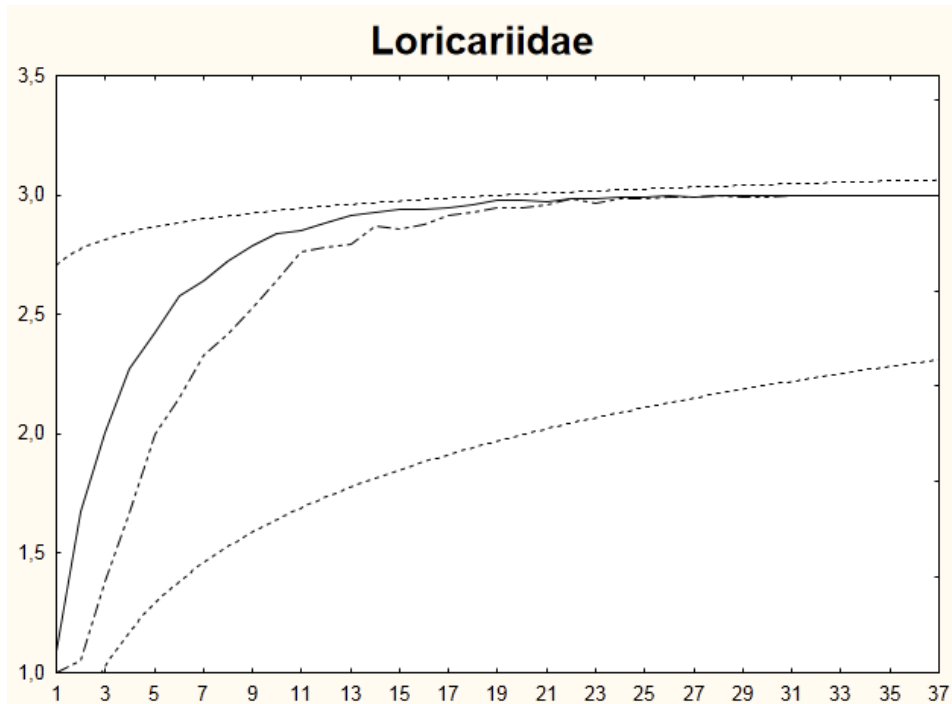


Figura 13: Número absoluto de espécies a serem amostradas da família Loricariidae (linha cheia) com seus limites superiores e inferiores (linhas pontilhadas), com a estimativa em valores, que variam entre zero e um (linha tracejada), de quantas vezes 100% dos gêneros de parasitos são amostrados em relação ao número de hospedeiros. No eixo Y (esquerdo) temos o número de gêneros de parasitos, no eixo Y (direito) a porcentagem de vezes que temos todos os gêneros amostrados e no eixo X temos o número de espécies de hospedeiros que necessitam ser amostrados.

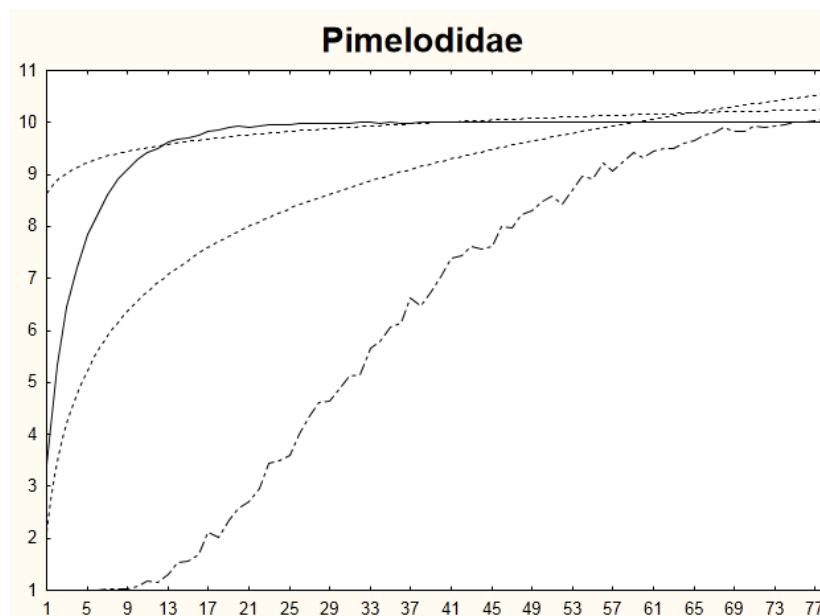


Figura 14: Número absoluto de espécies a serem amostradas da família Pimelodidae (linha cheia) com seus limites superiores e inferiores (linhas pontilhadas), com a estimativa em valores, que variam entre zero e um (linha tracejada), de quantas vezes 100% dos gêneros de parasitos são amostrados em relação ao número de hospedeiros. No eixo Y (esquerdo) temos o número de gêneros de parasitos, no eixo Y (direito) a porcentagem de vezes que temos todos os gêneros amostrados e no eixo X temos o número de espécies de hospedeiros que necessitam ser amostrados.

4. DISCUSSÃO

Com a análise de rede das três ordens encontramos módulos bem definidos, ou seja, com pouca ou nenhuma interação do parasito com hospedeiros de outros módulos. Nas ordens Characiformes e Siluriformes os módulos de parasitos não estão associados diretamente com a família dos hospedeiros, mas apresentam-se incluídos em diferentes famílias, evidenciando que os parasitos desses grupos podem apresentar interações com hospedeiros de grupos filogeneticamente distintos. Na rede obtida para a ordem Characiformes foram identificados três módulos (laranja, vermelho e rosa) os quais estão exclusivamente distribuídos em hospedeiros das famílias de Serrasalminidae, Crenuchidae e Hemiodontidae, respectivamente. O módulo amarelo está presente em três famílias de hospedeiros, Characidae, com 54,14% dos gêneros deste módulo presente nesta família, Curimatidae, com 28,57% e Anostomidae, com 14,28%. Na rede construída para a ordem Siluriformes foram detectados dois módulos (cinza e amarelo) que estão exclusivamente distribuídos em hospedeiros das famílias Loricariidae e Callichthyidae, respectivamente. O módulo rosa se apresenta distribuído em três famílias distintas, Pimelodidae, com 44,4% de ocorrência, Loricariidae, com 22,2% e Auchenipteridae com 33,3%. Na ordem Perciformes, os módulos estão diretamente relacionados com a família do hospedeiro, havendo relações apenas entre parasitos do módulo azul e hospedeiros do módulo cinza, ainda dentro da mesma família.

Com o objetivo de se amostrar o maior número possível de gêneros de parasitos a amostragem por família se mostra mais eficiente. Em geral o número de parasitos dentro de um módulo é menor do que dentro de uma família e as famílias mais significativas dentro das ordens são representadas por mais de um módulo. Amostrando-se o módulo estaríamos realizando uma amostragem mais específica e ao se amostrar a família estaríamos realizando amostragem mais geral da diversidade existente. Com isso as estimativas foram realizadas ao nível de ordem e á nível de família.

Nas ordens Perciformes e Siluriformes a amostragem por família se mostrou mais eficiente se comparado à amostragem por ordem, muitas vezes abrangendo total ou parcialmente módulos que compunham aquelas famílias. Amostrando-se a

ordem Perciformes, excluindo famílias menos representativas, são necessários 153 hospedeiros enquanto que se amostrarmos as duas principais famílias, Cichlidae e Sciaenidae, são necessários 117 e 18 hospedeiros, respectivamente. Isso se deve ao relativo baixo número de hospedeiros desta ordem e ao fato de existirem apenas quatro famílias de hospedeiros. Na ordem Siluriformes seriam necessários 224 hospedeiros, excluindo hospedeiros menos representativos, enquanto que nas duas principais famílias da ordem (Loricariidae e Pimelodidae), são necessários 40 e 46 hospedeiros, respectivamente. No entanto se a amostragem for direcionada para se ter 80% de confiança de que todos os gêneros sejam amostrados estes valores diminuem de forma significativa. Na ordem Perciformes estes valores passam de 117 para 31 hospedeiros na família Cichlidae e 18 para 8 hospedeiros na família Sciaenidae. Enquanto que na ordem Siluriformes a família Loricariidae que com 100% necessitava de 54 hospedeiros, passa a 10 e a família Pimelodidae que precisava de 79 hospedeiros passa a 49.

No entanto na ordem Characiformes, uma amostragem por ordem se mostra mais eficiente que uma amostragem por família. Para se ter uma amostragem aleatória são necessários 344 hospedeiros, excluindo as famílias com menor representatividade na ordem, enquanto que para amostragens compartmentalizada (estratificadas) nas quatro principais famílias da ordem (Anostomidae, Characidae, Curimatidae e Prochilodontidae), é necessário amostrar 13, 463, 21 e 16 hospedeiros respectivamente. Neste caso, uma amostragem direcionada a 80% de confiança de se amostrar satisfatoriamente a diversidade das famílias Anostomidae, Characidae, Curimatidae e Prochilodontidae exigiria 4, 124, 7 e 6 hospedeiros, respectivamente. Em toda a ordem, considerando apenas 80% seria necessário amostrar 139 espécies de hospedeiros, enquanto que com 100% seriam necessários 358.

A estimativa do número esperado de gêneros de Monogenoidea nos peixes neotropicais deixa claro a falta de conhecimento sobre a diversidade regional desse grupo de parasitos. Muito pouco se sabe a respeito dessa fauna mas a descrição de novas espécies nos últimos anos é frequente. Todavia, mais estudos são necessários para descrever essa diversidade. Em geral a amostragem se dá visando apenas um, ou então poucos hospedeiros. Não existem trabalhos que amostram

sistematicamente toda a ictiofauna de um local, com o objetivo de caracterizar sua diversidade de parasitos.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida Neto, M., Lewinsohn, T., & Guimarães Jr, P. (2007). On nestedness analyses: rethinking matrix temperature and anti nestedness. *Oikos* 000: 000 000, 17.
- Boeger, W., & Pereira Júnior, J. (2006). Platyhelminthes. In: C. Ribeiro Costa, & R. Rocha, *Invertebrados: Manual de Aulas Práticas*, 54 64. Ribeirão Preto: Holos.
- Boeger, W., Vianna, R., & Thatcher, V. (2006). Monogenoidea. Capítulo 3. In: Aquatic Biodiversity in Latin America. Vol. 1. Amazon fish parasites (Second 9 edition), Vernon E. Thatcher. Eds. Joachim Adis, Jorge R. Arias, Guilherme Rueda Delgado e Karl Matthias Wantzen (Vol. I). Sofia, Moscow: Pensoft Series Faunisticas.
- Bush, A., Fernández, J., Esch, G., & Seed, J. (2001). Parasitism: The diversity and ecology of animal parasites. Nova York: Cambridge.
- Cohen, S., & Kohn, A. (2008). South America Monogenea list of species, hosts and geographical distribution from 1997 to 2008. *Zootaxa* 1924: 1 42.
- Colwell, R. K. (2005). EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 7.5. User's Guide and application published at: <http://purl.oclc.org/estimates>.
- Costa, L., Rodrigues, F., Travieso, G., & Boas, P. (2007). Characterization of Complex Networks: A Survey of measurements. *Instituto de Física de São Carlos, Universidade de São Paulo*, 1 84.
- Dormann, C., Gruber, B., & Fründ, J. (2008). Introducing the bipartite package: analysing ecologi networks. *R News*, 8 11.
- Pedersen, A., & Fenton, A. (2006). Emphasizing the ecology in parasite community ecoogy. *TRENDS in Ecology and Evolution* Vol. 22 No. 3.
- Poulin, R. (2010). Network analysis shining light on parasite ecology and diversity. *Trends in Parasitology* 26, 492 498.
- Proulx, S., Promislow, D., & Phillips, P. (2006). Network thinking in ecology and evolution. *TRENDS in Ecology and Evolution* Vol. 20 No. 6.
- R Development Core Team. (2011). R: A language and Environment for Statistical Computing. *R Foundation for Statistical Computing*.

Strona, G., Tortora, P., & Galli, P. (2010). Modelling the Ecological Relationships Between Fish Parasites and their Hosts. Tese de Doutorado, *UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI MILANO BICOCCA*, 1 119.

Vázquez, D. (2010). Miscellaneous functions for analysis of ecological interaction Networks. *Package ecolnet V.0*, 14.