

LUANA PAULA SANTOS DA SILVA FIRMIANO

**IMPACTO DA RESOLUÇÃO DE ATRIBUTOS FUNCIONAIS DE HÁBITO ALIMENTAR
EM PADRÕES DE DIVERSIDADE FUNCIONAL DAS ASSEMBLEIAS DE PEIXES
TROPICAIS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Diversidade Biológica e Conservação nos Trópicos, Instituto de Ciências Biológicas e da Saúde. Universidade Federal de Alagoas, como requisito para obtenção do título de Mestre em CIÊNCIAS BIOLÓGICAS, área de concentração em Conservação da Biodiversidade Tropical.

Orientadora: Dr^a. Nidia Noemi Fabré

Co-orientador: Dr. Fabrício Barreto Teresa

Maceió

2016

Catálogo na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Central
Divisão de Tratamento Técnico

Bibliotecária Responsável: Helena Cristina Pimentel do Vale

F524i Firmiano, Luana Paula Santos da Silva.
 Impacto da resolução de atributos funcionais de hábito alimentar em
padrões de diversidade funcional das assembleias de peixes tropicais / Luana
Paula Santos da Silva Firmiano. – 2016.
 56 f. : il.

 Orientadora: Nidia Noemi Fabré .
 Coorientador: Fabrício Barreto
 Dissertação (Mestrado em Diversidade Biológica e Conservação nos
Trópicos) – Universidade Federal de Alagoas. Instituto de Ciências
Biológicas e da Saúde. Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade
biológica e Conservação nos Trópicos. Maceió, 2016.

 Inclui bibliografia.

 1. Resolução. 2. Guilda trófica. 3. Similaridade.
I. Título.

CDU: 574.5

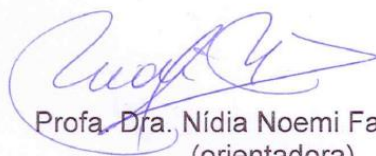
Folha de aprovação

Luana Paula Santos da Silva Firmiano

IMPACTO DA RESOLUÇÃO DE ATRIBUTOS FUNCIONAIS DE HÁBITO ALIMENTAR EM PADRÕES DE DIVERSIDADE FUNCIONAL DAS ASSEMBLEIAS DE PEIXES TROPICAIS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Diversidade Biológica e Conservação nos Trópicos, Instituto de Ciências Biológicas e da Saúde. Universidade Federal de Alagoas, como requisito para obtenção do título de Mestre em CIÊNCIAS BIOLÓGICAS, área de concentração em Conservação da Biodiversidade Tropical.

Dissertação aprovada em 23 de junho de 2016.



Profa. Dra. Nidia Noemi Fabré /UFAL
(orientadora)



Profa. Dra. Taciana Kramer de Oliveira
Pinto/UFAL (membro titular)



Prof. Dr. Rafael Pereira Leitão/INPA
(membro titular)



Prof. Dr. Richard James Ladle /UFAL
(membro titular)

MACEIÓ - AL

Junho / 2016

À Deus meu grande ajudador em todos os momentos e minha mãe, Rosemere dos Santos por contribuir para minha formação e por lutar e acreditar em mim.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus minha maior fonte de inspiração e ajuda em todos momentos da minha vida.

Ao meu pai Ademanci pelos bons conselhos e correções quando necessário. Agradecimento especial a minha mãe que apesar de estar longe fisicamente sempre está presente na minha vida e que foi a pessoa que mais lutou para que eu realizasse meu sonho de ser bióloga marinha. Amo vocês!

Ao meu esposo Luciano que me apoiou desde o início e contribuiu em todos os momentos felizes e difíceis, sempre ao meu lado. E aos meus filhos Luciano Filho e Ana Júlia por tornarem meus dias mais felizes. Amo vocês!

As minhas queridas irmãs Kassiana e Diana que sempre torceram por mim, mesmo a km de distância. Vocês são especiais para mim.

A minha sogra Veralucia por me ajudar nesta jornada, mesmo com toda dificuldade enfrentada nos últimos meses, sem a senhora nada disso seria possível!

As minhas primas que me fazem rir e sei que estão na torcida por mim! Saudades!

A minha orientadora Nidia Fabré por me aceitar quando nos conhecíamos apenas via email. Obrigada por toda ajuda, orientação e compreensão nos momentos difíceis que enfrentei. Meu muito obrigado! Admiro-te muito!

Ao professor Vandick por sempre ajudar sem medir esforços.

Ao meu co-orientador Fabrício por ter aceitado o convite para fazer parte do meu trabalho e pela grande ajuda intelectual que sempre dispensou. Eternamente grata!

A todos os amigos do Laepp aos que estão formados e os que estão se formando: M rcia, Tay, Dani, Guilherme, Víctor, Ivan, Micheli, Juliane, Joyce, Gilmar, Hiran, Heverton... todos vocês foram importantes na minha formação, contribuindo com ajuda emocional ou intelectual muito obrigada a todos!!

Especialmente a Carol Vilas Boas por ter me apresentando e ensinado os primeiros passos com diversidade funcional e por toda ajuda prestada.

E ao meu amigo Victor por toda ajuda intelectual prestada e sempre otimista e torcendo por mim! Eternamente grata!

A Rosa Maria por ser tornar uma amiga muito especial aqui em Maceió e estar sempre presente na minha vida.

A Ana minha amiga portuguesa que me ajudou em muitos aspectos profissionais e com bons conselhos sempre! Não esqueça de mim!

As amigas cariocas que apesar de longe sempre presentes: Carol de Paula, Micheli, Roberta, Aline, Bianca, Josy...obrigada por todo apoio e palavras amigas quando preciso!

Ao Cadu meu eterno professor sempre me ajudando e respondendo a todos os e-mails enviados... muito obrigada por tudo!! E ao Thyago Mendes por ter me apresentado e ensinado a metodologia de análises estomacais de peixes...eternamente grata!

A todos os professores de Pós-Graduação em Diversidade Biológica e Conservação nos Trópicos, por todos conhecimentos dispensados a mim...eternamente grata!

A CAPES, Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, pela concessão da bolsa de mestrado.

A todos que torceram por mim e que contribuíram de diferentes formas para realização deste trabalho.

“E não nos cansemos de fazer o bem,
pois no tempo próprio colheremos, se não
desanimarmos” Gálatas 6.9

RESUMO

Descritores da comunidade baseada em atributos têm sido amplamente utilizados para fazer inferências sobre regras de montagem em uma comunidade. O nível de discriminação usado para identificar atributos (resolução) influencia as estimativas de diversidade ao nível da comunidade. Assim, as decisões práticas sobre como os atributos serão medidos pode ter consequências sobre os padrões de diversidade e sua correlação com variáveis de previsão. Nós desenvolvemos um framework para avaliar: i) quanta informação é perdida quando a resolução na medição de características funcionais é reduzida, e; ii) até que ponto as características morfológicas e filogenia podem ser usados como substitutos de estratégia de alimentação. Nós testamos também se a resolução na medição de atributos afeta a capacidade da diversidade funcional em discriminar diferentes habitats marinhos. Foram utilizados dados empíricos da comunidade de peixes marinhos e correlacionamos com a matriz da resolução mais detalhada de dieta (proporção de itens alimentares no conteúdo estomacal dos exemplares coletados) com as matrizes (par a par) em diferentes resoluções da dieta (matriz trófica com base em dados secundários; em dados primários; dados primários de dieta com presença e ausência de itens alimentares; dados primários como a 0, 1 e 2 de acordo com itens de alimentos de importância), ecomorfologia e filogenia. Nós, então, utilizamos um índice de diversidade funcional (FD) entre três regiões marinhas (influenciado pelo recife, lagoa e estuário) usando diferentes resoluções de atributos, filogenia e ecomorfologia. Filogenia e características ecomorfológicas não foram correlacionadas com a estratégia alimentar das espécies. No entanto, houve uma forte correlação (0,7) entre resolução máxima e dieta obtida por dados, em detrimento a dados de resoluções mais baixas. Significativamente, a resolução foi a única capaz de discriminar diferentes habitats tropicais. Esses resultados não suportam o uso de substitutos para características tróficas e destaca a importância da resolução de atributos tróficos como medida a ser considerada em estudos de diversidade funcional.

Palavras-chave: Resolução. Guilda trófica. Similaridade.

ABSTRACT

Trait-based community descriptors have been widely used to make inferences about community assembly processes. The level of discrimination used to identify traits (resolution) potentially influences diversity estimates at the community level. Thus, practical decisions about how traits are measured can have consequences for how well diversity patterns correlate with predictor variables. We developed a framework to evaluate: i) how much information is lost when the measurement resolution of functional traits is lowered, and; ii) to what extent morphological traits and phylogeny can be used as surrogates of feeding strategy. We also tested whether measurement resolution of traits affects the ability of community functional diversity metrics to discriminate different marine habitats. We used empirical data from marine fish communities and correlated the species pairwise dissimilarities based on the most detailed resolution of diet (proportion of food items in the stomach content of collected specimens) with species pairwise dissimilarities based on different resolutions of diet (trophic guild based on secondary data; trophic guild based on primary data; primary diet data with presence and absence of food items; primary data ranked 0, 1 and 2 according to food items importance), ecomorphology and phylogeny. We then compared functional diversity (FD) between three marine regions (influenced by reef, lagoon and estuary) using the different trait resolutions, phylogeny and ecomorphology. Phylogeny and ecomorphological traits were not correlated with fish diet. However, there was a strong correlation (0.7) between the highest resolution and second highest resolution (ranked primary diet data) diet data, decaying for lower resolution data. Significantly, high-resolution data on diet-related traits is better able to discriminate different tropical habitat than functional diversity. These results do not support the use of surrogates for trophic traits and highlight importance of measurement resolution in studies of functional diversity.

Key words: Resolution.Trophic guild.Similarity.

LISTA DE FIGURAS

Figure 1- Methodological directions that follow in our study. (a): First, framing a trait matrices of five levels (resolutions) of feeding data and two surrogates of feeding strategy (ecomorphological traits and phylogeny); (b): Second, through Mantel Test between pairwise matrices: maximum level of resolution of feeding data ($R_{\max}$) with others levels (resolutions) of feeding data; morphology and phylogeny; (c): Functional diversity index was calculated from matrices of five levels (resolutions) of feeding data and two surrogates of feeding strategy (ecomorphological traits and phylogeny by three regions (reef, estuary and river); (d): Anova on-way was calculated to verify differences between ecosystem to identify niche filtering. (R_1): Qualitative data grouped in guild from Fishbase source; (R_2): Qualitative data grouped in guild from similar food item; (R_3): Qualitative food items data ungrouped in guild; (R_4): Quantitative data from Feeding Index Categorized (FI_iC); ($R_{\max}$): Quantitative data from FI_i not categorized; fh: feeding habitat; et: ecomorphological trait; Morpho: ecomorphological trait; Phylo: topology of phylogeny of the species. The connotation fh _{46 2} matches 46 rows and 2 columns so on; (FD R_1): Value of FD from matrix of qualitative data grouped in guild from Fishbase source; (FD R_2): Value of FD from matrix qualitative data grouped in guild from similar food item; (R_3): Value of FD from matrix qualitative food items data ungrouped in guild; (FD R_4): Value of FD from matrix quantitative data from Feeding index Categorized (FI_iC); (FD $R_{\max}$): Value of FD from matrix quantitative data from Feeding index (FI_i) not categorized; fh: feeding habitat; et: ecomorphological trait; (FD Morpho): Value of FD from matrix ecomorphological trait, and (FD Phylo): Value of FD from topology of phylogeny of the species. FD: Value of functional diversity; RE: reef; LA: lagoon and ES: estuary.....43

Figure 2 - Correlation coefficient from Mantel test performed between ($R_{\max}$) with ecomorphological traits, phylogeny and increasing diet resolution (R_1 , R_2 , R_3 , R_4). (R_1): Qualitative data grouped in guild from Fishbase source; (R_2): Qualitative data grouped in guild from similar food item; (R_3): Qualitative food items data ungrouped in guild; (R_4): Quantitative data from Feeding Index Categorized (FI_iC); ($R_{\max}$): Quantitative data from Feeding Index (FI_i) not categorized (significant p -value lower

than 0.05). The dashed line represents the level of significance: above the rows all has significant correlation.....44

Figure 3 - Mean functional diversity by ecosystem ($\pm$ Standard deviation). (a): R_1 (qualitative data grouped in guild from Fishbase source); (b): R_2 (qualitative data grouped in guild from similar food item); (c): R_3 (qualitative food items data ungrouped in guild) (d): R_4 (quantitative data from Feeding Index Categorized); (e): Morpho (ecomorphological trait); (f): Phylo (topology of phylogeny of the species); (g): R_{max} (quantitative data from Feeding Index (FI_i) not categorized) (only that have significant p -value lower than 0.05). FD: functional diversity index. RE: reef; LA: lagoon and ES: estuary.....45

Figure 4 -F value of ANOVA with environmental condition as factor and FD values as response. The test was performed for ecomorphology traits, phylogeny and resolution of feeding habit trait. The dashed line represents the F critic. Above this line the difference is significant ($p<0,05$). (R_1): Qualitative data grouped in guild from Fishbase source; (R_2): Qualitative data grouped in guild from similar food item; (R_3): Qualitative food items data ungrouped in guild; (R_4): Quantitative data from Feeding index Categorized (FI_iC); (R_{max}): Quantitative data from Feeding index (FI_i) not categorized.....46

LISTA DE TABELAS

Table 1- Ecomorphological traits derived from eight morphological measures. SL: standard length.....	47
--	----

SUMÁRIO

1	APRESENTAÇÃO.....	13
2	REVISÃO DA LITERATURA.....	14
2.1	Diversidade Funcional e atributos funcionais.....	14
2.2	Relações entre atributos funcionais tróficos e ecomorfologia.....	15
2.3	Estrutura filogenética e atributos funcionais.....	17
2.4	Padrões de diversidade funcional e ambientes.....	18
2.5	Atributos funcionais de peixes.....	19
	REFERÊNCIAS.....	21
3	TRAIT MEASUREMENT RESOLUTION EFFECTS FUNCTIONAL DIVERSITY OF FISH ASSEMBLAGES.....	25
3.1	Abstract.....	25
3.2	Introduction.....	27
3.3	Material and Methods.....	28
3.3.1	Fish sampling and diet estimation.....	29
3.3.2	Trait characterization and measurement.....	31
3.3.3	Functional diversity metrics.....	31
3.3.4	Effect of the resolution in the ability of detect community assemblage patterns.....	31
4	Results.....	32
4.1	Similarity between matrices and phylogeny.....	32
4.2	Effect of trait resolution on detection of functional diversity patterns....	32
5	Discussion.....	33
	REFERENCES.....	35
6	DISCUSSÃO GERAL.....	48
	REFERÊNCIAS.....	51
7	CONCLUSÕES.....	53
8	APÊNDICE.....	54

1 APRESENTAÇÃO

A estrutura funcional das comunidades é um dos principais fatores que influenciam os processos ecológicos (Mouillot et al., 2011). De acordo com Díaz e Cabido (2001) a diversidade funcional (DF) tem maior poder preditivo para o funcionamento ecossistêmico que a riqueza de espécies. Para classificação funcional os números de atributos funcionais não são tão relevantes (Petchey e Gaston, 2006) quanto à funcionalidade dos atributos, visto que eles podem subestimar a diversidade funcional de uma comunidade. Descritores da comunidade baseada em atributos têm sido amplamente utilizados para fazer inferências sobre regras de montagem em uma comunidade. O nível de discriminação usado para identificar atributos (resolução) influencia as estimativas de diversidade ao nível da comunidade. Esta dissertação teve como objetivo geral avaliar o impacto de diferentes resoluções de atributos de hábito alimentar na caracterização funcional de uma comunidade de peixes tropicais sobre os padrões de diversidade funcional.

Iniciamos a dissertação com uma revisão de literatura, onde apresentamos bases conceituais sobre diversidade funcional e atributos funcionais, relação entre atributos tróficos e ecomorfológicos, estrutura filogenética e funcional, além de atributos funcionais e filtros ambientais, e atributos funcionais de peixes. Esta revisão permite contextualizar o presente trabalho e fornece informações atualizadas sobre o tema abordado.

A segunda parte da dissertação refere-se ao manuscrito intitulado “Mensuração da resolução de atributos afeta a diversidade funcional das assembleias de peixes”, cujo objetivo foi responder às seguintes questões: 1) quanta informação é perdida quando a resolução na medição de características funcionais é reduzida, e; 2) até que ponto as características morfológicas e filogenia podem ser usados como substitutos de estratégia de alimentação.

A conclusão do trabalho encontra-se na penúltima sessão do manuscrito, no qual apresentamos conclusões e sugestões gerais relacionadas ao principal objetivo do trabalho.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Diversidade funcional e atributos funcionais

As idéias iniciais sobre ecologia funcional surgiram por volta de 300 A.C por meio do filósofo Teofrasto. Entretanto, foi no século XIX que este conceito emergiu com a publicação da obra de Darwin “A origem das espécies”, focando na influência dos organismos sobre o ecossistema (LAURETO et al., 2015). No século seguinte novas abordagens levando em conta diferentes vias para aquisição de recursos, foram adicionadas ao conceito. Ao longo das duas últimas décadas houve um rápido avanço na ecologia funcional principalmente no que concerne aos atributos funcionais e como podem ser influenciados por fatores bióticos e abióticos (MOUILLOT et al., 2007). Além disso, o crescimento na área levou ao desenvolvimento de vários índices para mensurar a diversidade funcional das comunidades (MASON et al., 2005; PETCHEY e GASTON, 2002; VILLÉGER et al., 2008, 2010).

A Diversidade funcional é um componente da biodiversidade que diz respeito à amplitude de atributos funcionais das espécies (DIAZ e CABIDO, 2001; TILMAN, 2001). Atributos funcionais são as características mensuráveis dos organismos de caráter comportamental, fisiológico ou morfológico (VIOLLE et al., 2007) que tenham algum efeito (effect trait) ou que respondam aos processos ecossistêmicos (response trait) (MLAMBO, 2014). Por exemplo, em plantas atributos de efeito são área foliar e/ou taxa fotossintética e atributos resposta são taxa de crescimento das plântulas, bem como idade de maturidade (VIOLLE et al., 2007). Em animais, os atributos funcionais referem-se à estrutura trófica, morfologia, história de vida, uso do habitat bem como aspectos comportamentais (BORDIGNON et al., 2015; MANNA et al., 2013). Sendo assim, estudos utilizando a abordagem baseada em atributos funcionais têm um alto poder preditivo sobre o funcionamento dos ecossistemas e sobre a estrutura da comunidade devido aos mecanismos informativos sobre as relações entre espécies e ambiente (MESSIER et al., 2010). As vantagens da abordagem baseada em atributos funcionais são numerosas, por exemplo, permite um maior potencial de generalização, pois pode-se medir uma variação de um atributo ao longo de escalas ecológicas, além disso, a mensuração de atributos pode ser independente de fatores históricos (VANDEWALLE et al. 2010).

Estimativas adequadas da diversidade funcional dependem da escolha correta dos atributos funcionais (MCGILL et al., 2006). O índice mais comumente utilizado na maioria dos estudos relacionados à funcionalidade dos ecossistemas é o número de grupos funcionais numa comunidade local (LOREAU et al., 2002; PETCHEY e GASTON, 2006; VILLÉGER et al., 2010). Grupos funcionais podem ser definidos como um conjunto de espécies que respondam ou tenham efeito similares sobre processos ecossistêmicos (LOREAU et al., 2002). Esse agrupamento leva em conta a semelhança de atributos entre as espécies e assim permite que diferentes espécies pertençam ao mesmo grupo funcional (SIVICEK e TAFT, 2011).

Classificar espécies em um mesmo grupo trófico, portanto, requer uma decisão sobre quais atributos funcionais deverão ser considerados (PETCHEY e GASTON, 2006). Uma das limitações relacionada à classificação em grupos funcionais é a arbitrariedade existente na escala utilizada para formação desses grupos (MASON et al., 2005; PETCHEY e GASTON, 2002). Essa arbitrariedade é devido ao fato de alguns atributos funcionais serem ignorados ao se formar grupos funcionais, pois alguns atributos podem ser deixados de lado, assim espécies ditas como funcionalmente similares podem ser diferentes em alguns aspectos funcionais (PETCHEY e GASTON, 2006). Essa arbitrariedade pode levar a um fraco poder explanatório sobre processos ecossistêmicos (VILLÉGER et al., 2010).

Considerando essas desvantagens, um maior detalhamento ou uma maior resolução sobre atributos podem ser necessários para uma melhor compreensão dos efeitos da biodiversidade sobre o ecossistema (LAVOREL et al., 1997). Cabe ao pesquisador ter o poder de decisão sobre quais atributos e qual índice se adequa melhor às questões que devam ser respondidas (MCGILL et al., 2006), visto que a escolha de atributos funcionais que dizem respeito à mesma função pode levar a uma falsa redundância funcional (MICHELI e HALPERN, 2005). Visto que ao ignorar a variação interespecífica de atributos pode permitir a classificação de espécies em grupos funcionais equivocados (PETCHEY e GASTON, 2006).

2.2 Relações entre atributos funcionais tróficos e ecomorfologia

Os atributos funcionais também podem exibir variação intraespecífica (MCGILL et al., 2006). Para espécies de peixes, por exemplo, uma determinada espécie pode exibir diferença quanto ao uso dos recursos alimentares ao longo de

sua vida, caracterizando mudança ontogenética. Além disso, a variação espacial e temporal de recursos alimentares também pode afetar a precisão quanto à classificação em grupos tróficos. Mudanças ontogenéticas podem estar relacionadas à morfologia, logo o uso de atributos morfológicos pode ser importante para definir grupos funcionais (AGUILAR-MEDRANO e CALDERON-AGUILERA, 2016).

Além disso, atributos morfológicos relacionados à alimentação de peixes podem ser utilizados como alternativa a análise da composição da dieta (ALBOUY et al., 2011). A composição da dieta das espécies fornece informações precisas quanto ao uso de recursos, porém este método pode ser dispendioso em relação ao tempo e ao esforço empregado (ALBOUY et al., 2011). A mensuração de atributos pode ser obtida de forma mais fácil caracterizando um “soft trait” ou com uma maior demanda de esforço sendo, portanto, um “hard trait” (WEIHER et al., 1999; VIOLLE et al., 2007). Em relação a atributos funcionais de hábito alimentar a análise da dieta pode ser considerada um “hard trait” enquanto que medidas ecomorfológica que trazem informações quanto ao tipo de alimentação pode ser considerada “soft trait”. O uso de “soft traits” nos traz informações indiretas, porém com de forma mais rápida sobre um grande número de indivíduos correspondente a mesma função de um “hard trait” (PETCHEY & GASTON, 2006).

No entanto, relações entre atributos ecomorfológicos e de hábito alimentar de peixes são controversos e permanece ainda não totalmente esclarecido. Há autores que encontraram uma correlação positiva (GATZ-JR., 1979; POUILLY et al., 2003; REECHT e PINNEGAR, 2013), enquanto outros encontraram uma fraca relação em alguns aspectos (ALBOUY et al., 2011; IBAÑEZ et al., 2007). Essa disparidade pode ser devido ao comportamento alimentar dos peixes, como por exemplo, a alta ocorrência de oportunismo e plasticidade alimentar existente em algumas espécies, bem como a seleção de atributos ecomorfológicos e de hábito alimentar em estudos de diversidade funcional (POUILLY et al., 2003). Embora a morfologia possa ser importante na seleção de presas, os peixes podem variar sua dieta de acordo com a disponibilidade de recursos correspondendo as condições bióticas e abióticas do ambiente (IBAÑEZ et al., 2007).

Alguns padrões morfológicos e guilda trófica já estão bem estabelecidos na literatura, como por exemplo, o tamanho do intestino que está relacionado com o

tempo de digestão, como por exemplo, maiores intestinos são típicos de herbívoros, devido aos metabólitos secundários das algas que são difíceis de degradar tendo o alimento permanecer por mais tempo no trato digestivo (IBÁÑEZ et al., 2007). Outras medidas ecomorfológica contínuas trazem informações relacionadas à aquisição de presas tais como o tamanho da boca e da cabeça que têm uma relação positiva com o tamanho da presa que podem capturar (IBÁÑEZ et al., 2007). Enquanto que orientação da boca e a posição dos olhos estão relacionadas à posição do peixe em relação ao seu alimento. Dentro deste contexto, a escolha de atributos ecomorfológicos que trazem informações diretas sobre tipo de presa consumida torna-se decisivo para inferir sobre sua relação com atributos de hábito alimentar. Visto que a escolha de um atributo que não corresponda especificamente a seleção de uma presa isso pode levar a uma relação negativa entre morfologia e dieta quando necessariamente isso pode não ser verdadeiro (POUILLY et al., 2003).

2.3 Estrutura filogenética e atributos funcionais

As relações entre atributos funcionais morfológicos e de hábito alimentar também podem ser produto das relações filogenética das espécies (IBÁÑEZ et al., 2007). Relações de parentesco das espécies, bem como a abordagem de atributos adicionados às métricas da diversidade filogenética em comunidades podem ser ferramentas para conhecer mais sobre a estrutura da comunidade, devido ao potencial para revelar aspectos sinérgicos (DINIZ-FILHO et al., 2011; PAVOINE e BONSALL, 2011). Isto inclui as consequências da perda da diversidade filogenética e funcional devido a impactos antropogênicos, bem como variação de atributos funcionais e filogenia em função de escalas espaciais (PAVOINE e BONSALL, 2011). De uma forma geral a abordagem funcional e filogenética surgiu da idéia de que as diferenças entre as espécies podem ser incluídas em índices de diversidade (PAVOINE e BONSALL, 2011).

Relações filogenéticas podem até serem utilizadas como indicador de função, embora isso possa ter algumas limitações. Essas limitações são esperadas devido à conservação e divergência dos atributos entre espécies (GIBB et. al., 2015). É esperado que as espécies mais relacionadas filogeneticamente sejam mais semelhantes em seus atributos funcionais (conservação) (DINIZ-FILHO et al., 2011). No entanto, isso nem sempre ocorre devido aos processos de especiação e a

variabilidade de atributos (divergência) e (DINIZ-FILHO et al., 2011; SOBRAL e CIANCIARUSO, 2012). Processos de especiação podem ocorrer em casos de isolamento das espécies, por exemplo em uma ilha. A divergência pode ocorrer em decorrência da variação de característica fenotípica ao longo do tempo dentro de uma comunidade (PAVOINE e BONSALL, 2011).

Em relação a divergências entre dieta, morfologia e filogenia isto pode ser devido à competição por recursos alimentares (PAVOINE e BONSALL, 2011) e também à plasticidade alimentar que algumas espécies exibem (VITT e PIANKA, 2005). A competição por presas pode levar a mudanças na composição da dieta das espécies, ou seja, uma adaptação às condições do ambiente, mas que não pode se refletir em mudanças no sentido filogenético ou morfológico se essas mudanças forem apenas no tempo ecológico. No entanto, se comportamento alimentar levar a mudanças fenotípicas ao longo do tempo que permitam uma melhor aquisição de presas isso pode levar a divergência filogenética (VITT e PIANKA, 2005). Portanto, a estrutura filogenética das comunidades depende de como as espécies e seus atributos evoluíram (SOBRAL e CIANCIARUSO, 2012).

2.4 Padrões de diversidade funcional e ambientes

Relações entre filogenia e atributos funcionais, podem ser aplicados em diferentes escalas para identificar processos de regra de montagem tais como filtros ambientais e similaridade limitante (PAVOINE e BONSALL, 2011). As regras de montagem atuam para determinar a estrutura da comunidade definindo padrões espaciais e temporais (SOBRAL et al., 2012). Através dos filtros ambientais assume-se que espécies que coexistem são funcionalmente similares e as condições ambientais agem como filtros permitindo uma estreita amplitude espécies sobreviverem em um ambiente. Enquanto que por meio da similaridade limitante, as interações bióticas são intensas a ponto de gerar uma alta competição entre as espécies que deveria excluí-las, no entanto, a co-ocorrência das espécies é permitida porque elas são complementares em seus atributos funcionais (MOUILLOT et al., 2007). As regras de montagem podem agir de forma simultânea em diferentes escalas e uma importância maior tem sido despertada para conhecer qual tem maior influência sobre a estrutura da comunidade (SOBRAL et al., 2012).

Atributos funcionais podem ser úteis para conhecer a relação entre a ocorrência de espécies e as condições ambientais. Identificando quais atributos estão correlacionados com uma condição ambiental específica é possível prever efeitos de distúrbios na estrutura da comunidade (RIBEIRO et al., 2016). Contudo as mudanças ambientais não alteram a riqueza de espécies localmente, sendo assim espécies com atributos menos adaptados serão excluídas assim modificando a estrutura de uma comunidade (MOUILLOT et al., 2013). Alguns estudos encontraram que o padrão de ocorrência de algumas espécies de peixes é dirigido pelo tipo de habitat que age como filtro ambiental (MOUILLOT et al., 2007). Dentro deste contexto, identificar atributos que estão correlacionados com uma determinada variação ambiental é fundamental para podermos prever mudanças na comunidade visto que há uma crescente perda de espécies devido a mudanças climáticas e eventos antropogênicos.

Abordagens baseada em atributos funcionais e suas respostas frente as condições ambientais podem ser aplicadas para qualquer espécie independente da taxonomia. Além disso, a filtragem ambiental é útil para ser aplicada em uma ampla gama de ecossistemas e entendido para descrever padrões na distribuição de animais (KECK et al., 2014). Atualmente atributos funcionais têm sido descritos como promissores para monitoramento de ambientes impactados inferidos pela resposta da biodiversidade as mudanças ambientais (VANDEWALLE et al., 2010).

2.5 Atributos funcionais de peixes

Estudos de diversidade funcional foram primeiramente descritos para plantas, mas nas últimas décadas têm sido estendidos para outros tipos de organismos (LAURETO et al., 2015). Um crescente número de trabalhos com foco na ecologia funcional para assembleias de peixes têm sido descrito recentemente para diversos tipos de ambientes: riachos (BORDIGNON et al., 2015; ZENI e CASATTI, 2014), ambientes marinhos (MICHELI e HALPERN, 2005; AGUILAR-MEDRANO, 2015), ambientes estuarinos (BAPTISTA et. al., 2015) e ambientes temperados (KECK et al., 2014). Um dos trabalhos mais recentes na costa brasileira no nordeste do Brasil mostrou diferentes padrões de diversidade funcional para diferentes períodos sazonais, profundidades e ecossistemas (PASSOS et. al., 2016).

A abordagem funcional assembleias de peixes tem como objetivo correlacionar atributos com variáveis ambientais, na tentativa de utilizar indicadores de mudanças ambientais (RIBEIRO et al., 2016). Além disso, detectar a diferenciação funcional em ambientes distintos (TERESA et al., 2015) bem como qual regra de montagem que prevalece dentro das assembleias e identificar o conjunto de atributos que são importantes para ocorrência das espécies (MOUILLOT et al., 2007). Outros trabalhos têm contribuído para identificar grupos tróficos de peixes em distintos ambientes (REECHT et al., 2013; LONGO et al., 2014). No entanto, um número maior de trabalhos ainda é necessário para serem descritos para assembleia de peixes, principalmente em ambientes tropicais onde o número de publicações voltado para esse grupo ainda é escasso. O que tem sido proposto por alguns autores é que os atributos funcionais são promissores na detecção de mudanças na estrutura da comunidade sendo assim conhecer quais atributos predominam em um dado ecossistema pode ser útil para conservação das espécies.

Em nosso trabalho nós redefinimos um processo analítico adicionando detalhes em atributos funcionais de hábitos alimentares de peixes. Além disso, buscamos a relação entre esses atributos com filogenia e atributos morfológicos das assembleias de peixes tropicais. Para isso, direcionamos as seguintes questões: 1) quanta informação é perdida quando a resolução na medição de características funcionais é reduzida, e; 2) até que ponto as características morfológicas e filogenia podem ser usados como substitutos de estratégia de alimentação.

REFERÊNCIAS

- AGUILAR-MEDRANO, R.; CALDERON-AGUILERA, L. E. Redundancy and diversity of functional reef fish groups of the Mexican Eastern Pacific. **Marine Ecology**. n.37, p. 119–133. <http://doi.org/10.1111/maec.12253>. 2016.
- ALBOUY, C., et al. Predicting trophic guild and diet overlap from functional traits: Statistics, opportunities and limitations for marine ecology. **Marine Ecology Progress Series**. n.436, p. 17–28. <http://doi.org/10.3354/meps09240>. 2011.
- BORDIGNON, C. R., et al. Fish complementarity is associated to forests in Amazonian streams, **Neotropical Ichthyology**. v.13, n.3, p. 579–590. <http://doi.org/10.1590/1982-0224-20140157>. 2015.
- DIAZ, S.; CABIDO, M. Vive la différence: plant functional diversity matters to ecosystem processes. **Trends in Ecology and Evolution**. v.16, n.11, p. 646–655. 2001.
- DINIZ-FILHO, J. A. F. et al. Eigenvector estimation of phylogenetic and functional diversity. **Functional Ecology**. n. 25, p. 735–744. <http://doi.org/10.1111/j.1365-2435.2011.01836.x>. 2011.
- GATZ-JR., A. J. Community organization in fishes as indicated by morphological features. **Ecology**. v. 60, n.4, p. 711–718. <http://doi.org/10.2307/1936608>. 1979.
- GIBB, H. et al. Does morphology predict trophic position and habitat use of ant species and assemblages? **Oecologia**. p. 519–531. <http://doi.org/10.1007/s00442-014-3101-9>. 2015.
- HUGUENY, B.; POUILLY, M. Morphological correlates of diet in an assemblage of West African freshwater fishes. **Journal of Fish Biology**. n. 54, p. 1310–1325. <http://doi.org/10.1006/jfbi.1999.0962>. 1999.
- IBAÑEZ, C. et al. Dietary-morphological relationships in fish assemblages of small forested streams in the Bolivian Amazon. **Aquatic Living Resources**. v. 20, n. 2, p. 131–142. <http://doi.org/10.1051/alr:2007024>. 2007.
- KECK, B.P. et al. Fish functional traits correlated with environmental variables in a temperate biodiversity hotspot. **PLoS ONE** n.9. 2014.

LAURETO, L. M. O.; CIANCIARUSO, M. V.; SAMIA, D. S. M. Functional diversity: An overview of its history and applicability. **Natureza e Conservação**. v.13, n. 2, p.112–116. <http://doi.org/10.1016/j.ncon.2015.11.001>. 2015.

LOREAU, et al. **Biodiversity and Ecosystem Functioning**. Oxford University Press. 2002.

MANNA, L. R.; REZENDE, C. F.; MAZZONI, R. Diversidade Funcional De Peixes De Riacho : Como As Assembleias Podem Estar Organizadas? **Oecologia Australis**. v.17, n.3, p. 402–410. 2013.

MASON, N. W. H. et al. Functional richness , functional evenness and functional divergence : the primary components of functional diversity, **Oikos**. v.1(February),p. 112–118. 2005.

MCGILL, B. J.et al. Rebuilding community ecology from functional traits. **Trends in Ecology & Evolution**. v.21, n.4, p. 178–85. <http://doi.org/10.1016/j.tree.2006.02.002>. 2006.

MESSIER, J.; MCGILL, B. J.; LECHOWICZ, M. J. How do traits vary across ecological scales? A case for trait-based ecology. **Ecology Letters**. v.13, n.7, p. 838–48. <http://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2010.01476.x>. 2010.

MICHELI, F.; HALPERN, B. S. Low functional redundancy in coastal marine assemblages. **Ecology Letters**. v.8, n.4, p. 391–400. <http://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2005.00731.x>. 2005.

MLAMBO, M. C. Not all traits are “functional”: insights from taxonomy and biodiversity-ecosystem functioning research. **Biodiversity and Conservation**. v.23, n.3, p.781–790. <http://doi.org/10.1007/s10531-014-0618-5>. 2014.

MOUILLOT, D.; DUMAY, O.;TOMASINI, J. A. Limiting similarity, niche filtering and functional diversity in coastal lagoon fish communities. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**. v.71, n. 3-4, p. 443–456. <http://doi.org/10.1016/j.ecss.2006.08.022>. 2007.

MOUILLOT, D. et al. Functional structure of biological communities predicts ecosystem multifunctionality. **PloS One**. v.6, n.3, e17476. <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0017476>. 2011.

MOUILLOT, D. et al. A functional approach reveals community responses to disturbances. **Trends in Ecology & Evolution**. n.28, p. 167–177. 2013.

PASSOS, C. V. B et al. Estuarization increases functional diversity of demersal fish assemblages in tropical coastal ecosystems. **Journal of Fish Biology**. p.1–19. <http://doi.org/10.1111/jfb.13029>. 2016.

PAVOINE, S.; BONSALL, M. B. Measuring biodiversity to explain community assembly: a unified approach, **Biological Reviews**. n.2, p. 792–812. <http://doi.org/10.1111/j.1469-185X.2010.00171.x>. 2011.

PETCHEY, O. L.; GASTON, K. J. Extinction and the loss of functional diversity. *Proceedings. Biological Sciences / The Royal Society*. v.269,n. 1501, p.1721–7. <http://doi.org/10.1098/rspb.2002.2073>. 2002.

PETCHEY, O. L.; GASTON, K. J. Functional diversity: Back to basics and looking forward. **Ecology Letters**. v.9, n.6, p.741–758. <http://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2006.00924.x>. 2006.

POUILLY, M., et al. Dietary-morphological relationships in a fish assemblage of the Bolivian Amazonian floodplain. **Journal of Fish Biology**. v. 62, n.5, p.1137–1158. <http://doi.org/10.1046/j.1095-8649.2003.00108.x>. 2003.

REECHT, Y. et al. Use of morphological characteristics to define functional groups of predatory fishes in the celtic sea. **Journal of Fish Biology**. v. 83, n.2, p.355–377. <http://doi.org/10.1111/jfb.12177>. 2013.

RIBEIRO, M. D.; TERESA, F. B.; CASATTI, L. Use of functional traits to assess changes in stream fish assemblages across a habitat gradient. **Neotropical Ichthyology**. v.14, n.1, p.1–10. <http://doi.org/10.1590/1982-0224-20140185>. 2016.

SIVICEK, V. A.; TAFT, J. B. Functional Group Density as an index for assessing habitat quality in tallgrass prairie. **Ecological Indicators**. v.11, n.5, p.1251–1258. <http://doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.01.003>. 2011.

SOBRAL, F. L.; CIANCIARUSO, M. V. Estrutura filogenética e funcional de assembléias: remontando a ecologia de comunidades em diferentes escalas espaciais phylogenetic and functional assembly structure: reassembling the

community ecology on different spatial scales. **Bioscience Journal**. v.28, n. 4, p. 617–631. 2012.

TILMAN, D. Functional Diversity. **Encyclopaedia of biodiversity**.(pp. 109–121). 2001.

TERESA, F. B.; CASATTI, L.; CIANCIARUSO, M. V. Functional differentiation between fish assemblages from forested and deforested streams, **Neotropical Ichthyology**. v.13, n.2, p. 361–370. <http://doi.org/10.1590/1982-0224-20130229>. 2015.

VANDEWALLE, M., et al. Functional traits as indicators of biodiversity response to land use changes across ecosystems and organisms. **Biodiversity and Conservation**. v.19, n.10, p. 2921–2947. <http://doi.org/10.1007/s10531-010-9798-9>. 2010.

VILLÉGER, S. et al. Contrasting changes in taxonomic vs. functional diversity of tropical fish communities after habitat degradation. *Ecological Applications: A Publication of the Ecological Society of America*. v.20, n.6, p. 1512–1522. <http://doi.org/10.1890/09-1310.1>. 2010.

VIOLLE, C. et al. The return of the variance: intraspecific variability in community ecology. **Trends in Ecology & Evolution**. v. 27, n.4, p. 244–52. <http://doi.org/10.1016/j.tree.2011.11.014>. 2012.

VIOLLE, C. et al. Let the concept of trait be functional! **Oikos**. n.116(January), p. 882–892. <http://doi.org/10.1111/j.2007.0030-1299.15559.x>. 2007.

VITT, L. J.; PIANKA, E. R. Deep history impacts present-day ecology and biodiversity. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**. v.102, n. 22, p. 7877–7881. <http://doi.org/10.1073/pnas.0501104102>. 2005.

WEIHER, E. et al. Challenging Theophrastus : A Common Core List of Plant Traits for Functional Ecology. **Journal of Vegetation Science**. v. 10, n.5, p. 609–620.1999.

ZENI, J. O.; CASATTI, L. The influence of habitat homogenization on the trophic structure of fish fauna in tropical streams. **Hydrobiologia**. v. 726, n.1, p. 259–270.

3 TRAIT MEASUREMENT RESOLUTION EFFECTS FUNCTIONAL DIVERSITY OF FISH ASSEMBLAGES

Luana P.S. Silva-Firmiano¹, Fabrício B. Teresa²; Vandick S. Batista¹; Richard J. Ladle^{1,3} and Nidia N. Fabré^{1*}

¹ Institute of Biological and Health Sciences (ICBS), Laboratory of Ecology, Fish and Fisheries (Laepf), Federal University of Alagoas, Maceió, AL, Brazil.

² State University of Goiás (UEG), Program Post graduate in Natural Resources, Campus of Exact and Technological Sciences, Anápolis, GO, Brazil

³ School of Geography and the Environment, University of Oxford, South Parks Roads, Oxford OX17PS, U.K.

*Corresponding author: e-mail: luanabiomar@hotmail.com

3.1 Abstract

Trait-based community descriptors have been widely used to make inferences about community assembly processes. The level of discrimination used to identify traits (resolution) potentially influences diversity estimates at the community level. Thus, practical decisions about how traits are measured can have consequences for how well diversity patterns correlate with predictor variables. We developed a framework to evaluate: i) how much information is lost when the measurement resolution of functional traits is lowered, and; ii) to what extent morphological traits and phylogeny can be used as surrogates of feeding strategy. We also tested whether measurement resolution of traits affects the ability of community functional diversity metrics to discriminate different marine habitats. We used empirical data from marine fish communities and correlated the species pairwise dissimilarities based on the most detailed resolution of diet (proportion of food items in the stomach content of collected specimens) with species pairwise dissimilarities based on different resolutions of diet (trophic guild based on secondary data; trophic guild based on primary data; primary diet data with presence and absence of food items; primary data ranked 0, 1 and 2 according to food items importance), ecomorphology and phylogeny. We then compared functional diversity (FD) between three marine regions (influenced by reef, lagoon and estuary) using the different trait resolutions,

phylogeny and ecomorphology. Phylogeny and ecomorphological traits were not correlated with fish diet. However, there was a strong correlation (0.7) between the highest resolution and second highest resolution (ranked primary diet data) diet data, decaying for lower resolution data. Significantly, high resolution data on diet-related traits is better able to discriminate different tropical habitat than functional diversity. These results do not support the use of surrogates for trophic traits and highlight importance of measurement resolution in studies of functional diversity.

Key words: resolution, trophic guild, similarity

3.2 Introduction

The last 10 years have seen an explosion of interest in functional trait research, spurred in part by McGill et al. [1] influential synthesis and repositioning the field [2]. Much of the promise of functional approaches rests on the assumption that patterns of phenotypic dissimilarities among co-occurring species can provide direct insights into ecological processes [3,4]. For example, trait-based metrics have been used to detect and quantify the effects of deterministic ecological processes such as niche filtering [5]. Indeed, niche filtering has been a focus of several recent studies of stream fish assemblages [6–9]. Coastal fish assemblages have been less studied, although many populations are subject to periodic and extensive alterations in their physical environment. For example, the fish assemblage in the coastal waters in North-eastern Brazil is characterized by distinct seasonal and spatial patterns of functional diversity with niche filtering operating according to mobility and feeding traits [10].

One of the core challenges of applied functional trait research is the identification and discrimination of traits, and the linking of traits to direct ecological functions [1,2]. As Didham et al. [2], most studies “simply quantify a small suite of easy-to-measure morphological attributes of a few ‘representative’ individuals of each species within a defined taxonomic or trophic group”. This is potentially problematic because decisions about the ‘resolution’ at which trait information is collected can have significant influence on the robustness of estimates of functional diversity [11] and subsequent inferences about habitat processes [12].

Feeding traits provide a good example of a group of traits that is often quantified at different resolutions. Moreover, due to their close connection to performance and abundance (cf. [1]), traits related to resource partitioning have been used to make inferences about ecological processes such as energy flow in habitats [13]. At the broadest resolution, species level feeding traits can be classified into trophic guilds according to type of prey consumed [13]. However, species in the same trophic groups may differ in some subtle aspects of diet composition [14]. Thus, a higher ‘resolution’ discrimination of traits could take into account the frequency and weight of food items consumed. However, such direct measurement of feeding traits through diet analysis requires considerable research

effort and is rarely performed. Indeed, such traits have been defined as “hard traits” (sensu Petchey & Gaston [15]), since they capture the function of interest but are either difficult or expensive to measure [16]. A simpler and less research intensive alternative to direct measurements is the use of ecomorphological traits as surrogates of feeding habit [17,18]. Ideally, such traits (e.g. mouth size, eye position) should reflect the types of prey consumed or feeding strategies adopted [13].

It is also important to note that functional traits are frequently a product of the phylogenetic history [17] and trait diversity among species tends to be conserved over time [19]. Nevertheless, trophic traits may not provide a strong phylogenetic signal due to diet partitioning and changes in feeding [20]. This potentially limits the use of phylogeny as proxy for trait dissimilarities [17,21].

Despite considerable research effort, the sensitivity of functional trait analysis to the resolution at which trait data is collected has rarely been studied [2]. Here, we tested the influence of trait resolution on the characterization and discrimination of tropical coastal fish assemblages. Specifically, we identify the level of resolution of functional feeding traits required to detect environment filtering.

3.3 Material and methods

3.3.1 Fish sampling and diet estimation

Fish were sampled from the coastal region of the tropical Atlantic Southwest ecoregion (09°47'80"S - 35°49'56"W and 10°21'26"S, 36° 05'33"W) from January to July 2013. Ten nylon gillnets 100 m long, 2.9m height with different meshes were linked by nylon cables in a random arrangement. The linked nets were set at each site, close to the bottom, for 4h to catch demersal species (Federal Scientific Fish Sampling Licence 1837810). The catch was immediately placed in ice slurry to anaesthetise the fish and to aid preservation. Fishes were identified to species level following Figueiredo & Menezes [22] and Lessa & Nóbrega [23]. Specimens were subsequently measured to obtain ecomorphological traits (table 1) and weighed to the nearest gram. The stomachs were removed and fixed in a solution of formalin

(4%) for gut content analysis. Each food item was identified to the lowest taxonomic level possible.

3.3.2 Trait characterization and measurement

Species-level functional feeding traits were characterized using seven different forms of measurement: five levels (resolutions) of feeding data and two surrogates of feeding strategy (ecomorphological traits and phylogeny) (Figure 1a). A brief summary of each form of measurement is given below:

Measurement 1 (R_1): Trophic guild (carnivorous or omnivorous) defined using qualitative data from Fishbase source (www.fishbase.org).

Measurement 2 (R_2): Trophic guild (benthivorous mobile invertebrates; piscivores; benthivorous sedentary invertebrates) defined using qualitative data from gut contents data collected in this study.

Measurement 3 (R_3): Qualitative (presence/absence) food items data ungrouped in guilds. A cluster analyses was performed to predict trophic guild using the matrix of qualitative feeding habits data (presence/absence of prey in the species diet composition of diet). Hierarchical agglomerative clustering by Ward's Method with Euclidean distance was performed to visualize the trophic similarity among predators, aggregating into trophic guilds. We tested the differences in prey similarity among the guilds using an analysis of similarities (ANOSIM) with significance level $p < 0.05$. The similarity percentage (SIMPER) was used to typify and to discriminate which prey species contribute the most for dissimilarity between trophic guilds generating the matrix of guild trophic groups (R_2). All multivariate analyses were performed in the software PAST v.3 [24]. Three trophic guilds that were assigned as BEGIM Benthivorous mobile invertebrates; PISCV: Piscivores; BEISED: Benthivorous sedentary invertebrates. The analysis of similarity (ANOSIM) showed that the overall dietary and significance level of composition among the three guilds was significantly different ($R=0.538$; $p \leq 0.01$) that supports the result of the cluster analysis. The analysis of SIMPER revealed that detritus contributed for dissimilarity between guilds BEISED and PISCV (16%) and Decapoda (9%); Osteichthyes (28%) and Decapoda (15%) contributed for dissimilarity between

PISCV and BEGIM and finally for dissimilarity of BEISED and BEGIM, detritus (11%) and Osteichthyes (10%) were the major contributors.

Measurement 4 (R_4): Quantitative data from feeding index (FI_i). FI_i was obtained through frequency of occurrence ($Fi\%$) and weight ($Wi\%$). $Fi\%$ indicates the proportion of stomachs containing a specific prey i in relation to all stomachs examined for the species [25]. The weight index ($Wi\%$) estimates proportion of the weight of a specific prey taxa i in relation to weight of whole preys in the species [25]. Both indexes were combined to obtain FI_i for each species (Kawakami & Vazzoler [26] adapted by Oliveira *et al.*[27]).

$$FI_i = \frac{F_i \% \times W_i \%}{\sum (F_i \% \times W_i \%)}$$

Data of feeding index was categorized (FI_iC) in ordinal scale according degree of food item importance (0= prey absence; 1= prey with less than 20% of importance and 2= prey with 20% or more of importance). The matrix (R_4) was obtained from the FI_iC corresponding at each food item (21 columns) to the 46 species (rows).

Measurement 5 (R_{max}): Defined using quantitative data from raw values of FI_i . The species were in the rows and values of FI_i for each prey by specie in the columns generating a matrix that represents the maximum resolution of the feeding habit trait.

Measurement 6: Morphological variables were chosen based on reported relationships with diet composition. Some variables were related as a ratio of standard length to reduce the effects of allometry. From these values, a matrix of ecomorphological traits (with seven attributes) and species was constructed.

Phylogenetic relationship. Phylogenetic analysis of species was based on the taxonomy [28]. A phylogenetic topology was built by hand using the software Mesquite (<http://mesquiteproject.wikispaces.com/>). Finally, a dated phylogeny was estimated through the size of the branches calculated by the software Phylocom (<http://phylodiversity.net/phylocom/>) using the function *bladj*.

A Mantel test was performed to evaluate correlations between the maximum resolution ($R_{\max}$) matrix and the other four trait matrices, ecomorphological traits and phylogeny (Figure 1 b). The Mantel test (with 999 permutations) was performed in the software R [29] using the Vegan package. Bray-Curtis distance was used for ungrouped matrices, while Jaccard distance was used for matrices of trophic groups. Euclidean distance was used for the ecomorphological data matrix. The correlation was always between ($R_{\max}$) and the other matrices. Mantel tests with a p -value lower than 0.05 were considered to be highly correlated.

3.3.3 Functional diversity metrics

We used the standardized effect size of the Petchey and Gaston's [30] functional diversity (FD) as descriptor of the communities. Here, FD is defined as the sum of the total branch length of the functional dendrogram connecting co-occurring species. The use of the standardized effect size controls for the influence of richness in the estimates of FD [31]. FD was calculated according to following steps (Fig.1c). First, we built functional traits matrices. Second, each matrix was converted into a distance matrix with Euclidean distance and unweighted pair group, and a dendrogram was created through arithmetic averages. Finally, the function `ses.pd` from the `picante` package was used to calculate matrix resolution. These analyses were performed in the software R [29].

3.3.4 Effect of the resolution in the ability of detect community assemblage patterns

The study area comprises three geomorphologically distinct coastal habitats: i) Reef habitat, characterised by sandstone reefs making up 23% of the total area (hereafter named reef); ii) Estuary lagoon habitat, influenced by one of the largest lagoons of Brazil, the Mundaú-Manguaba complex which generates a plume of sediment that influences the surrounding coastal area (hereafter named lagoon); iii) Estuary-River habitat, characterised by the drainage of the São Francisco River, the second largest river in Brazil [32], whose sediment plumes extends for 10-20 km from the river mouth (hereafter named estuary). The distinct physicochemical

differences between the habitats was expected to generate different functional diversity patterns. The CELMM is a estuarine habitat with mangroves and acts as a nursery for many fish species, although anthropogenic impacts such as pollution and overfishing have reduced biodiversity in this area [33]. Likewise, São Francisco River has been severely degraded by pollution and construction of a hydroelectric power plant [34]. Six sampling sites for fish collections were used in each habitat (reef, lagoon, and estuary) totalling 36 sampling points each trip.

A one-way ANOVA was used for testing differences in functional diversity (FD) between habitats, using regions as factors for each resolution of functional feeding trait (+ morphology and phylogeny) (Figure 1d). Normality was tested using Shapiro-Wilk and homoscedasticity was tested with Levene's test. Data was transformed to $\ln(x+1)$ or e^x when necessary to reach normality.

4 Results

The gut content of 213 individuals from 46 species were analysed, representing 91% of the total abundance and 48% of the total richness found. The food items by species are found in appendix.

4.1 Similarity between matrices and phylogeny

Correlation between $R_{\max}$ and others diet resolutions (R_1 , R_2 , R_3 , R_4) increased according with increasing of the levels of resolution. However, the correlation is smaller for data grouped into guilds than for an ungrouped data. While surrogates of feeding strategy (ecomorphological traits and phylogeny) showed no positive correlation with $R_{\max}$ (Fig. 2).

4.2 Effect of trait resolution on detection of functional diversity patterns

Functional differences between assemblages could only be statistically detected ($p \leq 0.05$) at the maximum resolution of functional feeding trait measurement (Figure 3). There was no difference between habitats at other

resolutions of functional feeding trait measurements, evidence through F value ($p \geq 3.5$) and p-value ($p \leq 0.05$) (Figure 3, 4).

5 Discussion

Our results support the idea that different resolutions of measurement of functional feeding traits generate different patterns of functional diversity, but less precise at low resolution so unable to distinguish assemblages between habitats. Our findings also show what level of quantitative data is appropriate to detect variations in tropical habitats. Primary data show a positive correlation with the quantitative data matrix, in contrast to the secondary data which was not correlated with maximum trait resolution. Quantitative data should be used in preference to qualitative or categorical data [35]. Although broad resolution data are correlated with maximum resolution data at the species level (figure 3), at the community level it generates different results (figure 4). The maximum resolution data allow differentiation of the assemblages. This finer differentiation appears to be important to explain the differences between the environments and, by extension, studies that use broad resolution may be underestimating the importance of niche-based processes.

Ecomorphological attributes were not correlated with diet. This means that such traits can not be used to predict the composition of diet: fish species with similar morphology do not necessarily consume same food items – possibly due to generalism or plasticity in feeding behaviour. Such plasticity may be perceived by diet analysis, but not always from morphology [20]. Furthermore, it is possible that ecomorphological traits that could be informative were not measured (teeth, gut size, gill rakers and other) and that morphology-diet relationships were therefore underestimated.

The relationship between feeding traits and phylogeny is also weak. Even though phylogenetically related species should be more similar in their functional traits [19], this does not always occur due to high trait variability and pressures for ecological divergence. For example, divergence of trophic traits may occur due to diet partitioning, regardless of morphology and phylogeny [20]. For this reason,

some studies involving phylogenetic structure and trait analysis have not been able to detect covariation [17]. Thus, our findings suggest that phylogeny is a poor proxy for functional traits for coastal marine fishes in the tropics.

Coexistence of the species may reflect deterministic processes such as environmental filtering and ecological interaction [36]. Through these results the ecosystem was useful by detect process as niche filtering only thought quantitative data by functional diversity approach. Thus, the habitat seems to play an important role in driving functional patterns in fish assemblages. Our findings also revealed that of the measurement resolution of functional feeding traits is important to discriminate niche filtering for habitat. Likewise, quantitative data is better to detect functional differences in assemblages occupying different environments. Therefore, studies of functional diversity need to be consistent in the resolution of their measurements if their results are to be compared and general patterns identified.

REFERENCES

1. McGill, B., Enquist, B., Weiher, E. & Westoby, M. 2006 Rebuilding community ecology from functional traits. *Trends Ecol. Evol.* 21, 178–185. (doi:10.1016/j.tree.2006.02.002)
2. Didham, R. K., Leather, S. R. & Basset, Y. 2016 Circle the bandwagons - challenges mount against the theoretical foundations of applied functional trait and ecosystem service research. *Insect Conserv. Divers.* 9, 1–3. (doi:10.1111/icad.12150)
3. Vandewalle, M. et al. 2010 Functional traits as indicators of biodiversity response to land use changes across ecosystems and organisms. *Biodivers. Conserv.* 19, 2921–2947. (doi:10.1007/s10531-010-9798-9)
4. de Bello, F. 2012 The quest for trait convergence and divergence in community assembly: are null-models the magic wand? *Glob. Ecol. Biogeogr.* 21, 312–317. (doi:10.1111/j.1466-8238.2011.00682.x)
5. Siefert, A., Ravenscroft, C., Weiser, M. D. & Swenson, N. G. 2013 Functional beta-diversity patterns reveal deterministic community assembly processes in eastern North American trees. *Glob. Ecol. Biogeogr.* 22, 682–691. (doi:10.1111/geb.12030)
6. Carvalho, R. A. & Tejerina-Garro, F. L. 2015 Environmental and spatial processes: what controls the functional structure of fish assemblages in tropical rivers and headwater streams? *Ecol. Freshw. Fish* 24, 317–328. (doi:10.1111/eff.12152)
7. Bordignon, C. R., Casatti, L., Pérez-Mayorga, M. A., Teresa, F. B. & Breyão, G. L. 2015 Fish complementarity is associated to forests in Amazonian streams. *Neotrop. Ichthyol.* 13, 579–590. (doi:10.1590/1982-0224-20140157)
8. Teresa, F. B., Casatti, L. & Cianciaruso, M. V. 2015 Functional differentiation between fish assemblages from forested and deforested streams. 13, 361–370. (doi:10.1590/1982-0224-20130229)

9. Zeni, J. O. & Casatti, L. 2014 The influence of habitat homogenization on the trophic structure of fish fauna in tropical streams. *Hydrobiologia* 726, 259–270. (doi:10.1007/s10750-013-1772-6)
10. Passos, C. V. B., Fabré, N. N., Malhado, A. C. M., Batista, V. S. & Ladle, R. J. 2016 Estuarization increases functional diversity of demersal fish assemblages in tropical coastal ecosystems. *J. Fish Biol.*, on line. (doi:10.1111/jfb.13029)
11. Lavorel, S. et al. 2008 Assessing functional diversity in the field – methodology matters! *Funct. Ecol.* 22, 134–147. (doi:10.1111/j.1365-2435.2007.01339.x)
12. Poff, N. L., Olden, J. D., Vieira, N. K. M., Finn, D. S., Simmons, M. P. & Kondratieff, B. C. 2006 Functional trait niches of North American lotic insects: traits-based ecological applications in light of phylogenetic relationships. *J. North Am. Benthol. Soc.* 25, 730–755. (doi:10.1899/0887-3593(2006)025[0730:FTNONA]2.0.CO;2)
13. Albouy, C., Guilhaumon, F., Villéger, S., Mouchet, M., Mercier, L., Culioli, J. M., Tomasini, J. a., Le Loc'h, F. & Mouillot, D. 2011 Predicting trophic guild and diet overlap from functional traits: Statistics, opportunities and limitations for marine ecology. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 436, 17–28. (doi:10.3354/meps09240)
14. Petchey, O. L. & Gaston, K. J. 2002 Extinction and the loss of functional diversity. *Proc. R. Soc. B Biol. Sci.* 269, 1721–1727. (doi:10.1098/rspb.2002.2073)
15. Petchey, O. L. & Gaston, K. J. 2006 Functional diversity: back to basics and looking forward. *Ecol. Lett.* 9, 741–758. (doi:10.1111/j.1461-0248.2006.00924.x)
16. Violle, C., Enquist, B. J., McGill, B. J., Jiang, L., Albert, C. H., Hulshof, C., Jung, V. & Messier, J. 2012 The return of the variance: intraspecific variability in community ecology. *Trends Ecol. Evol.* 27, 244–252. (doi:10.1016/j.tree.2011.11.014)
17. Gibb, H., Stoklosa, J., Warton, D. I., Brown, A. M., Andrew, N. R. & Cunningham, S. A. 2015 Does morphology predict trophic position and habitat use of ant species and assemblages? *Oecologia* 177, 519–531. (doi:10.1007/s00442-014-3101-9)

18. Hugueny, B. & Pouilly, M. 1999 Morphological correlates of diet in an assemblage of West African freshwater fishes. *J. Fish Biol.* 54, 1310–1325. (doi:10.1006/jfbi.1999.0962)
19. Diniz-Filho, J. A. F., Cianciaruso, M. V., Rangel, T. F. & Bini, L. M. 2011 Eigenvector estimation of phylogenetic and functional diversity. *Funct. Ecol.* 25, 735–744. (doi:10.1111/j.1365-2435.2011.01836.x)
20. Vitt, L. J. & Pianka, E. R. 2005 Deep history impacts present-day ecology and biodiversity. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 102, 7877–7881. (doi:10.1073/pnas.0501104102)
21. Pavoine, S. & Bonsall, M. B. 2011 Measuring biodiversity to explain community assembly: a unified approach. *Biol. Rev. Camb. Philos. Soc.* 86, 792–812. (doi:10.1111/j.1469-185X.2010.00171.x)
22. Figueiredo, J. L. & Menezes, N. 1978 *Manual de Peixes Marinhos do Sudeste do Brasil. II. Teleostei (1)*. São Paulo: Museu de Zoologia, Universidade de São Paulo.
23. Lessa, R. & Nóbrega, M. F. 2000 *Programa REVIZEE/Score-NE: Guia de Identificação de Peixes Marinhos da Região Nordeste*. Recife: UFRPE (DIMAR).
24. Hammer, Ø., Harper, D. A. T. & Ryan, P. D. 2001 PAST: paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontol. Electron.* 4, 1–9.
25. Hynes, H. B. N. 1950 The Food of Fresh-Water Sticklebacks (*Gasterosteus aculeatus* and *Pygosteus pungitius*), with a Review of Methods Used in Studies of the Food of Fishes. *J. Anim. Ecol.* 19, 36–58. (doi:10.2307/1570)
26. Kawakami, E. & Vazzoler, G. 1980 Método gráfico e estimativa de índice alimentar aplicado no estudo de alimentação de peixes. *Bol. do Inst. Ocean. São Paulo* 29, 205–207.
27. Oliveira, A. K., Alvim, M. C. C., Peret, A. C. & Alves, C. B. M. 2004 Diet shifts related to body size of the pirambeba *Serrasalmus brandtii* Lütken, 1875 (Osteichthyes, Serrasalminae) in the Cajuru Reservoir, São Francisco River Basin,

Brazil. *Brazilian J. Biol.* 64, 117–124. (doi:10.1590/S1519-69842004000100013)

28. Betancur-R., R. et al. 2013 The Tree of Life and a New Classification of Bony Fishes. *PLoS Curr.* Apr 18. (doi:10.1371/currents.tol.53ba26640df0ccaee75bb165c8c26288)

29. R Core Team 2013 *R: A language and environment for statistical computing*. Vienna, Austria: The R Foundation for Statistical Computing. (doi:3-900051-07-0)

30. Petchey, O. L. & Gaston, K. J. 2002 Functional diversity (FD), species richness and community composition. *Ecol. Lett.* 5, 402–411. (doi:10.1046/j.1461-0248.2002.00339.x)

31. In press. *picante.pdf*.

32. Knoppers, B., Medeiros, P. R. P., de Souza, W. F. L. & Jennerjahn, T. 2005 The São Francisco Estuary, Brazil. In *The Handbook of Environmental Chemistry* (ed P. Wangersky), pp. 51–70. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. (doi:10.1007/698_5_026)

33. Araújo, M. S. L. C. & Calado, T. C. S. 2008 Bioecologia do Caranguejo-Uçá *Ucides cordatus* (Linnaeus) no Complexo Estuarino Lagunar Mundáú/Manguaba (CELMM), Alagoas, Brasil. *Rev. Gestão Costeira Integr.* 8, 169–181. (doi:10.5894/rgci141)

34. Alvim, M. C. C. & Peret, A. C. 2004 Food resources sustaining the fish fauna in a section of the upper São Francisco River in Três Marias, MG, Brazil. *Brazilian J. Biol.* 64, 195–202. (doi:10.1590/S1519-69842004000200003)

35. Laureto, L. M. O., Cianciaruso, M. V. & Samia, D. S. M. 2015 Functional diversity: An overview of its history and applicability. *Nat. e Conserv.* 13, 112–116. (doi:10.1016/j.ncon.2015.11.001)

36. Luza, A. L., Gonçalves, G. L. & Hartz, S. M. 2015 Phylogenetic and morphological relationships between nonvolant small mammals reveal assembly processes at different spatial scales. *Ecol. Evol.* 5, 889–902. (doi:10.1002/ece3.1407)

37. Pouilly, M., Lino, F., Bretenoux, J.-G. & Rosales, C. 2003 Dietary-

morphological relationships in a fish assemblage of the Bolivian Amazonian floodplain. *J. Fish Biol.* 62, 1137–1158. (doi:10.1046/j.1095-8649.2003.00108.x)

38. Gatz, A. J. 1979 Community Organization in Fishes as Indicated by Morphological Features. *Ecology* 60, 711–718. (doi:10.2307/1936608)

Figure Legends

Figure 5- Methodological directions that follow in our study. (a): First, framing a trait matrices of five levels (resolutions) of feeding data and two surrogates of feeding strategy (ecomorphological traits and phylogeny); (b): Second, through Mantel Test between pairwise matrices: maximum level of resolution of feeding data (R_{max}) with others levels (resolutions) of feeding data; morphology and phylogeny; (c): Functional diversity index was calculated from matrices of five levels (resolutions) of feeding data and two surrogates of feeding strategy (ecomorphological traits and phylogeny) by three regions (reef, estuary and river); (d): Anova on-way was calculated to verify differences between ecosystem to identify niche filtering. (R_1): Qualitative data grouped in guild from Fishbase source; (R_2): Qualitative data grouped in guild from similar food item; (R_3): Qualitative food items data ungrouped in guild; (R_4): Quantitative data from Feeding Index Categorized (FI_iC); (R_{max}): Quantitative data from FI_i not categorized; fh: feeding habitat; et: ecomorphological trait; Morpho: ecomorphological trait; Phylo: topology of phylogeny of the species. The connotation fh_{46 2} matches 46 rows and 2 columns so on; (FD R_1): Value of FD from matrix of qualitative data grouped in guild from Fishbase source; (FD R_2): Value of FD from matrix qualitative data grouped in guild from similar food item; (R_3): Value of FD from matrix qualitative food items data ungrouped in guild; (FD R_4): Value of FD from matrix quantitative data from Feeding index Categorized (FI_iC); (FD R_{max}): Value of FD from matrix quantitative data from Feeding index (FI_i) not categorized; fh: feeding habitat; et: ecomorphological trait; (FD Morpho): Value of FD from matrix ecomorphological trait, and (FD Phylo): Value of FD from topology of phylogeny of the species. FD: Value of functional diversity; RE: reef; LA: lagoon and ES: estuary.

Figure 6 - Correlation coefficient from Mantel test performed between (R_{max}) with ecomorphological traits, phylogeny and increasing diet resolution (R_1 , R_2 , R_3 , R_4). (R_1): Qualitative data grouped in guild from Fishbase source; (R_2): Qualitative data grouped in guild from similar food item; (R_3): Qualitative food items data ungrouped in guild; (R_4): Quantitative data from Feeding Index Categorized (FI_iC); (R_{max}): Quantitative data from Feeding Index (FI_i) not categorized (significant p -value lower

than 0.05). The dashed line represents the level of significance: above the rows all has significant correlation.

Figure 7 - Mean functional diversity by ecosystem ($\pm$ Standard deviation). (a): R_1 (qualitative data grouped in guild from Fishbase source); (b): R_2 (qualitative data grouped in guild from similar food item); (c): R_3 (qualitative food items data ungrouped in guild) (d): R_4 (quantitative data from Feeding Index Categorized); (e): Morpho (ecomorphological trait); (f): Phylo (topology of phylogeny of the species); (g): R_{max} (quantitative data from Feeding Index (FI_i) not categorized) (only that have significant p -value lower than 0.05). FD: functional diversity index. RE: reef; LA: lagoon and ES: estuary.

Figure 8 -F value of ANOVA with environmental condition as factor and FD values as response. The test was performed for ecomorphology traits, phylogeny and resolution of feeding habit trait. The dashed line represents the F critic. Above this line the difference is significant ($p < 0,05$). (R_1): Qualitative data grouped in guild from Fishbase source; (R_2): Qualitative data grouped in guild from similar food item; (R_3): Qualitative food items data ungrouped in guild; (R_4): Quantitative data from Feeding index Categorized (FI/C); (R_{max}): Quantitative data from Feeding index (FI_i) not categorized.

Table Legends

Table 2- Ecomorphological traits derived from eight morphological measures. SL: standard length.

Figure.1

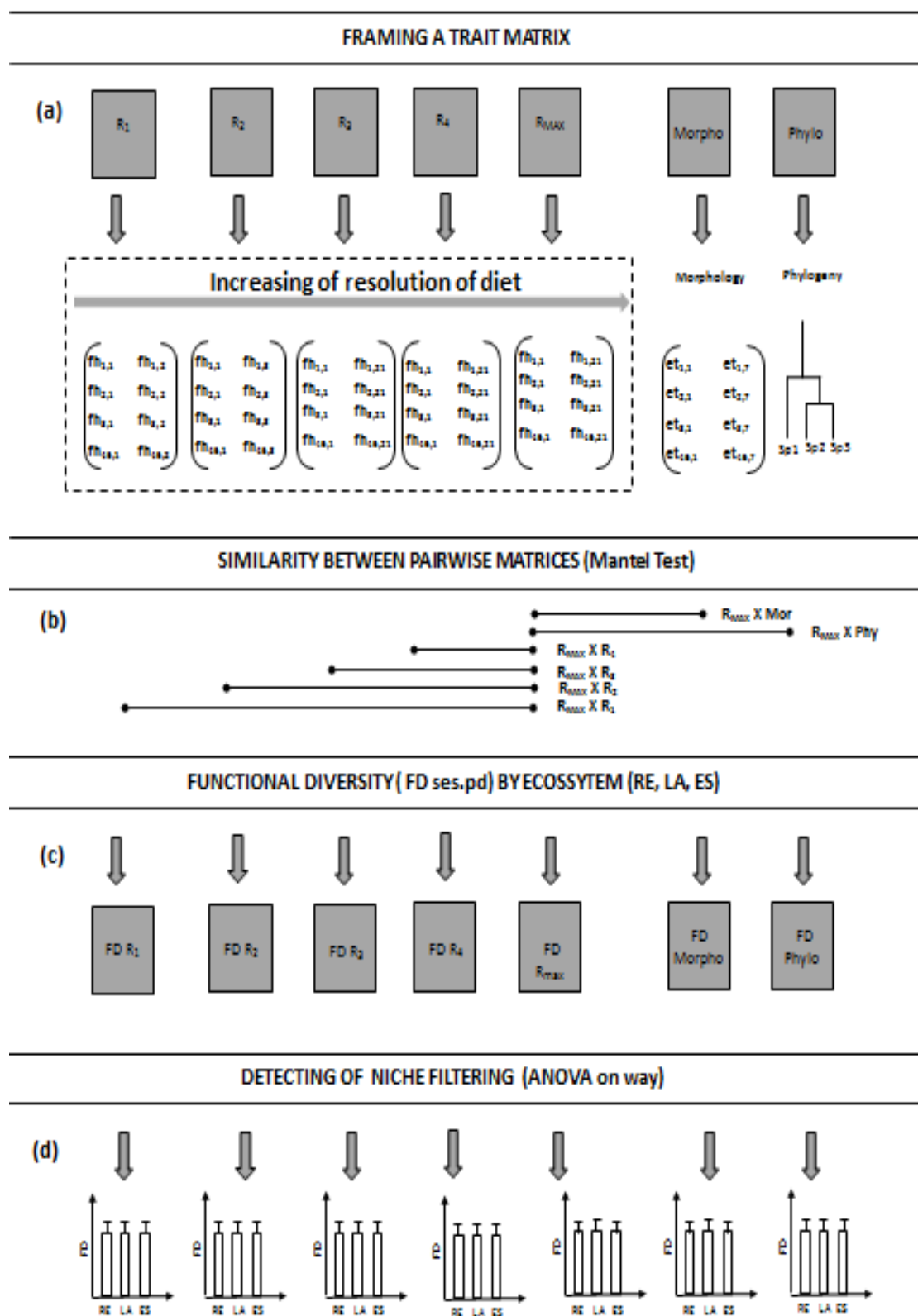


Figure 2

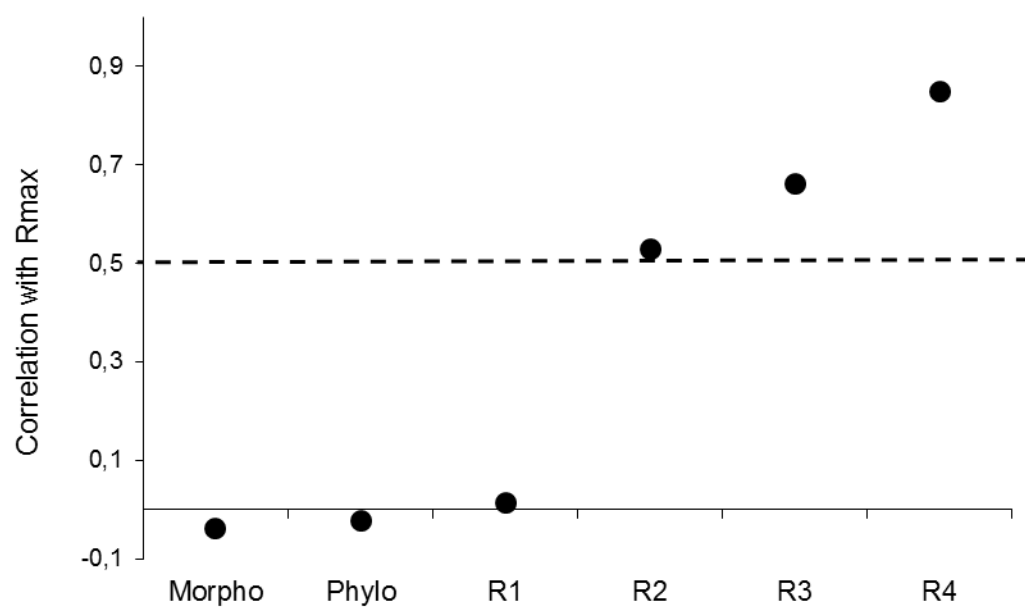


Figure 3

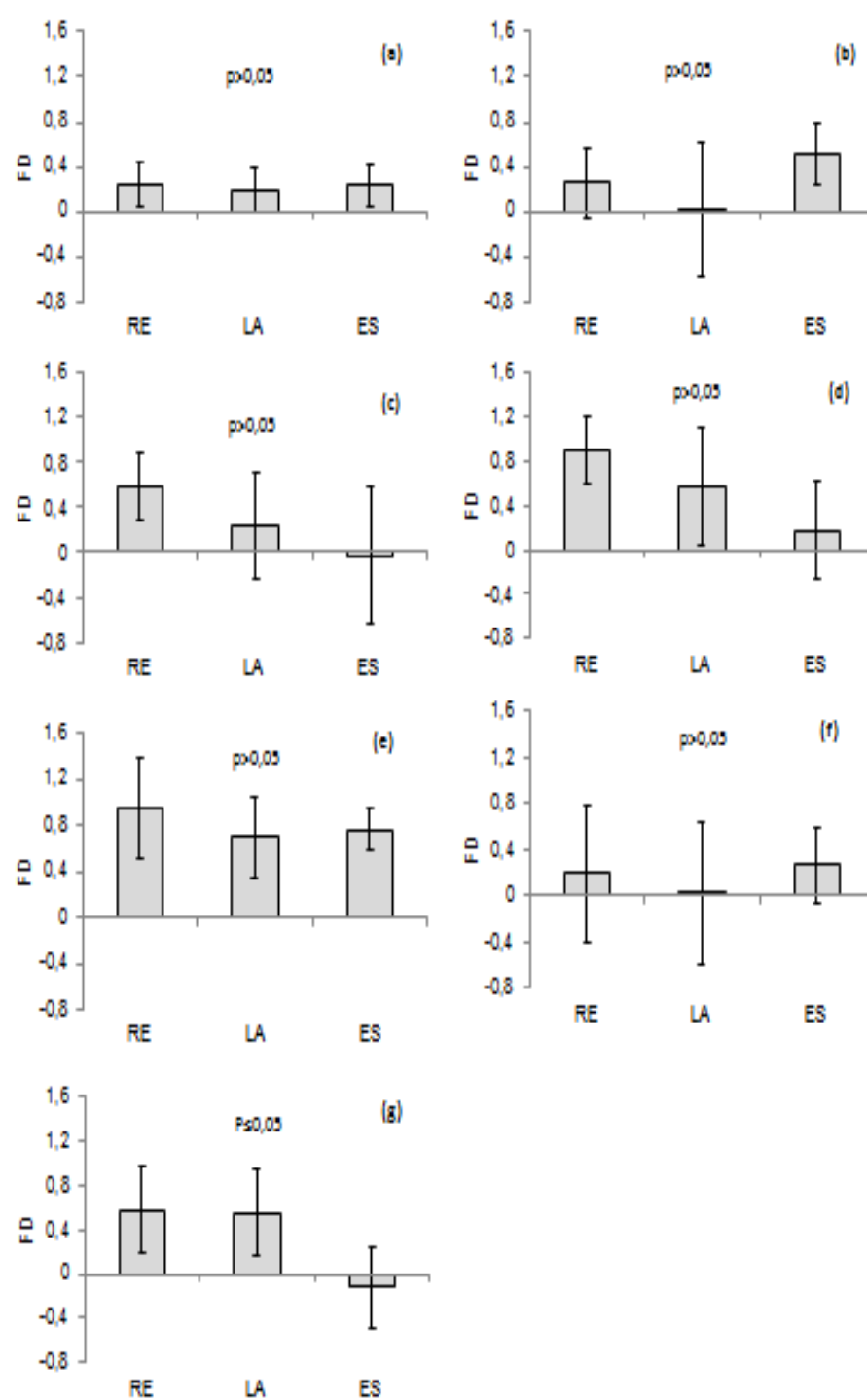


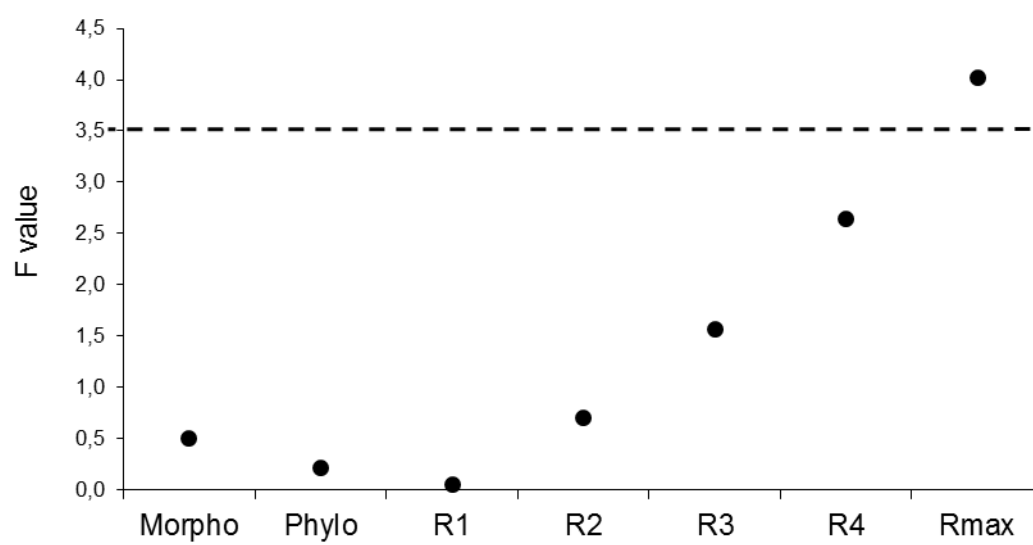
Figure 4

Table 1

Functional traits	Formula definition	Ecological meaning	Reference
Oral shape	Mouth height, Mouth wide	Capture food resources	a
Mouth height	Mouth height/SL	Associated with size of prey	b
Mouth wide	Mouth wide/SL	Associated with size of prey	c
Eye position	Eye height, Head_height	Vision for feeding	a, c, d
Head height	Head height/SL	Associated with size of prey	b
Relative head lenght	Head lenght/SL	Associated with size of prey	c, d
Stardand lenght	Standard lenght	Associated with size of prey	d

a: (Albouy et.al. 2011); b: (Pouilly et al., 2003); c: [38]; d: [18]

6 DISCUSSÃO GERAL

A similaridade entre todas as matrizes baseados em dados primários indica que estes são melhores preditores do hábito alimentar do “pool” de espécies de peixes utilizado no presente estudo, se comparado aos dados secundários do Fishbase. Apesar de Fishbase ser um banco de dados utilizado globalmente (BAPTISTA et al., 2015; MINDEL et al., 2016; YANG et al., 2016), assim como outras bases de dados secundários (GOLDSTEIN e MEADOR, 2005; KECK et al., 2014), para nossos resultados não permitiu prever a dieta das espécies este fato pode ser atribuído ao agrupamento em guildas tróficas que leva à perda de informação funcional (LOREAU et al., 2002). Outra questão que deve ser destacada refere-se aos ecossistemas de regiões tropicais serem altamente biodiversos, onde as espécies utilizam uma alta variedade de recursos alimentares que pode não ser definida quando agrupamos em guildas tróficas. Como resultado, haverá uma subestimação na dimensionalidade do nicho (MANFRIN et al., 2016).

Além disso, se compararmos dados primários qualitativos e quantitativos, este último deve ser preferencialmente utilizado devido a variações nos atributos de hábito alimentar das espécies que somente podem ser percebidas com maior detalhamento como, por exemplo, dos itens alimentares (LAURETO et al., 2015). Por outro lado, quando o foco de estudo é a diversidade funcional como indicadora de processos ecossistêmicos, verificamos que o impacto do nível de resolução de atributos de hábito alimentar pode alterar a nossa interpretação sobre os padrões de DF. No presente estudo somente os dados quantitativos ponderados pelo peso e importância do item alimentar foram capazes de discriminar diferentes ecossistemas em termos de diversidade funcional.

A correlação entre atributos ecomorfológicos e de hábitos alimentares tanto qualitativo quanto quantitativo foi fraca. Isto reforça a ideia de que em estudos de diversidade funcional temos que obter um maior detalhamento sobre os atributos ecomorfológicos a serem escolhidos. Melhorias na resolução dos atributos morfológicos que trazem informações sobre o tipo de alimentação podem ser obtidas com a incorporação de

informação sobre tipo de dentição, número de arcos branquiais, órgão sensoriais para a percepção de presas, tamanho do trato digestivo, entre outros. No entanto, para a maioria das espécies essas informações não estão disponíveis, embora possam ser obtidas de forma mais fácil se comparado as análises estomacais que demandam maior esforço e tempo (ALBOUY et al., 2011). Atributos morfológicos são mais “conservativos” do que a dieta de uma espécie, logo como menos indivíduos é possível representar a espécie dentro de uma comunidade. Assim se propõe a construção de um banco de dados com informações mais detalhadas para contribuir positivamente com futuros estudos da diversidade funcional. Podendo estas informações ser incorporadas inclusive ao Fishbase. Além disso, a escolha dos atributos funcionais é crucial para a compreensão das comunidades (MCGILL et al., 2006) e para estimativas corretas da diversidade funcional (MICHELI e HALPERN, 2005).

Atributos funcionais de hábito alimentar e filogenia também mostraram uma correlação fraca. O esperado é que espécies congêneras sejam mais similares funcionalmente (DINIZ-FILHO et al., 2011), mas isso nem sempre ocorre devido à plasticidade alimentar das espécies (VITT e PIANKA, 2005), levando a divergência de atributos funcionais. Por isso, alguns estudos envolvendo estrutura filogenética e atributos funcionais são independentes da história filogenética das espécies (GIBB et al., 2015). Essa questão, no entanto, ainda permanece aberta para assembleias de peixes de ambientes marinhos tropicais.

Nossos resultados suportam a idéia de que diferentes resoluções de atributos de hábito alimentar de peixes tropicais influenciam sobre nossa capacidade de enxergar os padrões distintos da diversidade funcional. Atualmente alguns trabalhos tem relatados forte relação positiva (POUILLY et al., 2003; IBÁÑEZ et al., 2007;) com atributos morfológicos e dieta das espécies, embora que para assembleias de peixes isto não está bem definido. Nossos resultados mostraram que padrões diferenciados de diversidade funcional em ecossistemas só podem ser observados se utilizarmos dados mais detalhados como dados quantitativos de importância alimentar sem agruparmos em guildas tróficas. Isto nos leva a crer que estudos cada vez mais detalhados serão necessários para de fato representar a diversidade funcional de um pool de espécies

em escala local. Isto está diretamente relacionada a uma maior dimensionalidade do nicho das espécies e para poder assim responder melhor a questões que envolvam processos ecossistêmicos e conseqüentemente prever mudanças no ambiente.

REFERÊNCIAS

- ALBOUY, C., GUILHAUMON, F., VILLÉGER, S., MOUCHET, M., MERCIER, L., CULIOLI, J. M., MOUILLOT, D. Predicting trophic guild and diet overlap from functional traits: Statistics, opportunities and limitations for marine ecology. **Marine Ecology Progress Series**. 436, 17–28. <http://doi.org/10.3354/meps09240>. 2011.
- BAPTISTA, J., MARTINHO, F., NYITRAI, D., PARDAL, M. A., & DOLBETH, M. Long-term functional changes in an estuarine fish assemblage. **Marine Pollution Bulletin**. 97(1-2), 125–134. <http://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2015.06.025>. 2015.
- DINIZ-FILHO, J. A. F., CIANCIARUSO, M. V., RANGEL, T. F., & BINI, L. M. Eigenvector estimation of phylogenetic and functional diversity. **Functional Ecology**. 25, 735–744. <http://doi.org/10.1111/j.1365-2435.2011.01836.x>. 2011.
- GIBB, H.; STOKLOSA, J.; WARTON, D. I.; BROWN, A. M.; ANDREW, N. R.; CUNNINGHAM, S. A. Does morphology predict trophic position and habitat use of ant species and assemblages? **Oecologia**. 519–531. <http://doi.org/10.1007/s00442-014-3101-9>. 2015.
- GOLDSTEIN, R. M., & MEADOR, M. R. Multilevel Assessment of Fish Species Traits to Evaluate Habitat Degradation in Streams of the Upper Midwest. **North American Journal of Fisheries Management**. 25(1), 180–194. <http://doi.org/10.1577/M04-042.1>. 2005.
- KECK, B. P., MARION, Z. H., MARTIN, D. J., KAUFMAN, J. C., HARDEN, C. P., SCHWARTZ, J. S., & STRANGE, R. J. Fish functional traits correlated with environmental variables in a temperate biodiversity hotspot. **PLoS ONE**. 9(3). <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0093237>. 2014.
- LAURETO, L. M. O., CIANCIARUSO, M. V., & SAMIA, D. S. M. Functional diversity: An overview of its history and applicability. **Natureza e Conservacao**. 13(2), 112–116.

<http://doi.org/10.1016/j.ncon.2015.11.001>. 2015.

LOREAU, MICHEL; NAEEM, SHAHID; INCHAUSTI, P. *Biodiversity and Ecosystem Functioning*. **Oxford University Press**. 2002.

MANFRIN, A., TRAVERSETTI, L., PILOTTO, F., LARSEN, S., & SCALICI, M. Effect of spatial scale on macroinvertebrate assemblages along a Mediterranean river. **Hydrobiologia**. 765(1), 185–196. <http://doi.org/10.1007/s10750-015-2412-0>. 2016.

MCGILL, B. J., ENQUIST, B. J., WEIHER, E., & WESTOBY, M. Rebuilding community ecology from functional traits. **Trends in ecology & evolution**. 21(4), 178–85. <http://doi.org/10.1016/j.tree.2006.02.002>. 2006.

MICHELI, F., & HALPERN, B. S. Low functional redundancy in coastal marine assemblages. **Ecology Letters**. 8(4), 391–400. <http://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2005.00731.x>. 2005.

MINDEL, B. L., WEBB, T. J., NEAT, F. C., & BLANCHARD, J. L. A trait-based metric sheds new light on the nature of the body size-depth relationship in the deep sea. **Journal of Animal Ecology**. 85(2), 427–436. <http://doi.org/10.1111/1365-2656.12471>. 2016.

YANG, Z., TANG, H. Y., QUE, Y. F., XIONG, M. H., ZHU, D., WANG, X., & QIAO, Y. Length-weight relationships and basic biological information on 64 fish species from lower sections of the Wujiang River, China. **Journal of Applied Ichthyology**. 32(2), 386–390. <http://doi.org/10.1111/jai.13016>. 2016.

VITT, L. J., & PIANKA, E. R. Deep history impacts present-day ecology and biodiversity. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**. 102(22), 7877–7881. <http://doi.org/10.1073/pnas.0501104102>. 2005.

7 CONCLUSÕES

Diferentes resoluções de atributos de habito alimentar revelam diferentes padrões de diversidade funcional. O aumento da similaridade dos grupos funcionais em relação à resolução máxima (dados quantitativos de Índice de Importância Alimentar) é concordante com o aumento da resolução.

A ecomorfologia e filogenia não apresentaram poder preditivo da dieta do “pool” de espécies de peixes utilizado no presente estudo. Esses resultados sugerem que a escolha de atributos ecomorfológicos pode ser determinante na relação entre a dieta e morfologia. Além disso, diferentes espécies em uma assembleia podem ser agrupadas funcionalmente independente da filogenia devido ao grau de divergência que possam ocorrer dentro dessas comunidades.

Os resultados mais significativos mostraram que dados quantitativos (resolução máxima) foram os únicos capazes de detectar diferenças entre ecossistemas (Recifal, Lagunar e Estuarino) tendo como indicador a diversidade funcional.

Estudos de diversidade funcional em ecossistemas tropicais, baseados em atributos funcionais do tipo habito alimentar, devem preferencialmente incluir matrizes com dados quantitativos baseados no peso dos diversos itens alimentares sem agrupar em guildas tróficas.

8 APÊNDICE

Índice alimentar (IA_i) de cada item alimentar por espécie.

Feeding index (FI_i) from food item by species in this study.

SPECIES	DET	SED	OVO	POR	SIP	NEM	GAST	BIV	SCA	CEP	POL	OST	ANT	ECH	OPH	AST	TRE	DEC	ISO	AMP	ESC
<i>Albula vulpes</i>	0,001	0,001	0,001	0,001	0,914	0,001	0,001	0,007	0,001	0,001	0,001	0,002	0,005	0,001	0,001	0,001	0,001	0,072	0,001	0,001	0,001
<i>Aluterus monoceros</i>	0,567	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,238	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,194	0,001	0,001	0,001
<i>Bagre bagre</i>	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,175	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,825	0,001	0,001	0,001
<i>Bagre marinus</i>	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,919	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,081	0,001	0,001	0,001
<i>Bothus ocellatus</i>	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,728	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,272	0,001	0,001	0,001
<i>Canthorops spixii</i>	0,001	0,001	0,001	0,008	0,003	0,001	0,001	0,038	0,001	0,027	0,001	0,602	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,286	0,001	0,001	0,001
<i>Carangoides bartholomaei</i>	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	1,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
<i>Caranx crysos</i>	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,173	0,001	0,827	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
<i>Caranx hippos</i>	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,945	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,055	0,001	0,001	0,001
<i>Cetengraulis edentulus</i>	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,996	0,001	0,001	0,001	0,001	0,004	0,001	0,001	0,001	0,001
<i>Chloroscombrus chrysurus</i>	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,149	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,851	0,001	0,001	0,001
<i>Conodon nobilis</i>	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,141	0,102	0,750	0,001	0,001	0,001	0,001	0,006
<i>Cynoscion jamaicensis</i>	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	1,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
<i>Cynoscion virescens</i>	0,001	0,005	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,821	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,173	0,001	0,001	0,001
<i>Dactylopterus volitans</i>	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	1,000	0,001	0,001	0,001
<i>Diapterus rhombeus</i>	0,261	0,692	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,040	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,006	0,001	0,001	0,001
<i>Eucinostomus gula</i>	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	1,000	0,001	0,001	0,001
<i>Eucinostomus jonesii</i>	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	1,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
<i>Euthynnus alletteratus</i>	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,347	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,653	0,001	0,001	0,001
<i>Fistularia tabacaria</i>	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	1,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
<i>Haemulon aurolineatum</i>	0,686	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,314	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
<i>Larimus breviceps</i>	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	1,000	0,001	0,001	0,001
<i>Lutjanus analis</i>	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	1,000	0,001	0,001	0,001

SPECIES	DET	SED	OVO	POR	SIP	NEM	GAST	BIV	SCA	CEP	POL	OST	ANT	ECH	OPH	AST	TRE	DEC	ISO	AMP	ESC
<i>Lutjanus synagris</i>	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,613	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,387	0,001	0,001	0,001
<i>Lycengraulis grossidens</i>	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,659	0,001	0,001	0,001	0,001	0,341	0,001	0,001	0,001	0,001
<i>Menticirrhus americanus</i>	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	1,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
<i>Menticirrhus littoralis</i>	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	1,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
<i>Micropogonias furnieri</i>	0,091	0,042	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,006	0,001	0,001	0,001	0,386	0,013	0,295	0,001	0,001	0,001	0,167	0,001	0,001	0,001
<i>Oligoplites saurus</i>	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,322	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,678	0,001	0,001	0,001
<i>Opisthonema oglinum</i>	0,046	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,269	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,684	0,001	0,001	0,001
<i>Orthopristis ruber</i>	0,861	0,001	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,124	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,012	0,001	0,001	0,001
<i>Polydactylus virginicus</i>	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,794	0,001	0,008	0,001
<i>Pomadasys corvinaeformes</i>	0,060	0,860	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,008	0,045	0,001	0,026	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
<i>Prionotus punctatus</i>	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	1,000	0,001	0,001	0,001
<i>Pseudupeneus maculatus</i>	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,499	0,001	0,001	0,108	0,001	0,007	0,001	0,001	0,001	0,001	0,386	0,001	0,001	0,001
<i>Rhinobatos percellens</i>	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,341	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,659	0,001	0,001	0,001
<i>Rhizoprionodon lalandii</i>	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,004	0,001	0,979	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,017	0,001	0,001	0,001
<i>Scomberomorus brasiliensis</i>	0,001	0,001	0,001	0,001	0,030	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,946	0,001	0,021	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
<i>Scomberomorus cavalla</i>	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	1,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
<i>Selene setapinnis</i>	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,859	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,141	0,001	0,001	0,001
<i>Sphyaena guachancho</i>	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	1,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
<i>Stellifer brasiliensis</i>	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	1,000	0,001	0,001	0,001
<i>Syacium micrurum</i>	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,816	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,184	0,001	0,001	0,001
<i>Syacium papillosum</i>	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001	0,998	0,001	0,001	0,001
<i>Synodus intermedius</i>	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	1,000	0,001	0,001	0,001
<i>Umbrina coroides</i>	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	1,000	0,001	0,001	0,001