

Universidade Federal de Juiz de Fora
Programa de Pós-Graduação em Ecologia

Rafael Santos de Azevedo

**Ecologia alimentar de *Characidium vidali* Travassos, 1967
no Rio Macaé (RJ) revelada através de quatro ferramentas
complementares**

Juiz de Fora, MG

2011

Rafael Santos de Azevedo

**Ecologia alimentar de *Characidium vidali* Travassos, 1967
no Rio Macaé (RJ) revelada através de quatro ferramentas
complementares**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia da Universidade Federal de Juiz de Fora, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Ecologia Aplicada a Conservação e Manejo de Recursos Naturais.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Miriam Pilz Albrecht

Juiz de Fora, MG

2011

Rafael Santos de Azevedo

Ecologia alimentar de *Characidium vidali* Travassos, 1967 no Rio Macaé (RJ) revelada através de quatro ferramentas complementares

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia da Universidade Federal de Juiz de Fora, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Ecologia Aplicada a Conservação e Manejo de Recursos Naturais.

Defendida em 15 de setembro de 2011

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Dr^a. Miriam Pilz Albrecht (orientadora)
Universidade Federal do Rio de Janeiro

Prof. Dr: Alexandre Miranda Garcia (titular)
Fundação Universidade do Rio Grande

Prof^a. Dr^a. Rosana Mazzoni (titular)
Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Prof^a. Dr^a. Érica Pellegrini Caramaschi (suplente)
Universidade Federal do Rio de Janeiro

Prof^a. Dr^a. Maria Carolina S. Soares (suplente)
Universidade Federal de Juiz de Fora

Azevedo, Rafael Santos de.

Ecologia alimentar de *Characidium vidali* Travassos, 1967 no Rio Macaé (RJ) revelada através de quatro ferramentas complementares / Rafael Santos de Azevedo. – 2011.

78 f. : il.

Dissertação (Mestrado em Ecologia)—Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2011.

1. Ecologia aquática. 2. Ecomorfologia. 3. Isótopos estáveis.
4. Peixes. I. Título.

CDU 574.5

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pela força e sabedoria na realização do trabalho.

Ao programa de Pós-graduação em Ecologia (PGECOL-UFJF) pela infra-estrutura que permitiu a realização do trabalho.

Aos professores Alexandre M. Garcia (FURG) e Rosana Mazzoni (UERJ) por terem aceitado participar da banca examinadora, e pelas ótimas contribuições dadas ao trabalho. Também às profs. Érica P. Caramaschi (UFRJ) e Maria Carolina Soares (UFJF) por terem aceitado participar como suplentes da banca.

À professora Miriam Pilz Albrecht pela orientação, paciência e dedicação frente às dificuldades que enfrentei, pela confiança, amizade, atenção e ao aprendizado que me foi passado nesses dois anos e alguns meses. (Muito Obrigado professora!)

À professora Érica P. Caramaschi que me deu a oportunidade de ingressar no labeco possibilitando meu desenvolvimento até aqui, sempre incentivando e passando confiança.

À minha ex-orientadora Carla Rezende, que me apresentou a ecologia trófica e me ajudou com algumas dúvidas desse trabalho mesmo estando lá no Ceará.

Ao meu amigo Vitão que por tantas vezes perturbei, com estatística, correções e etc. e principalmente pelo seu apoio e incentivo desde a iniciação científica (Valeu brother!). Aos amigos Nathan por varias estadias em seu apt, Raquel pela ajuda no entendimento dos isótopos, as amigas Daniela e Bianca pela ajuda e apoio ao longo da caminhada.

A todos os membros do labeco em especial aos amigos Cláudio Jacaré nas sessões de mergulho, Vitinho pela companhia em todos os campos, Xaxim pela ajuda com isótopos e (Clarissa, Andrezão, Ellen, Juju, Mayara, Gisa, Sequela, Rafael Bon Jovi, Rafael chuva, Vanessinha, Kiko, Sergio, Pedro, Gabriel, Daniel, Maira, Luisa, Jean) pelas contribuições e apoio.

Aos amigos da Engevix, Maicon, Boca, Luisa, Rosinha e Julio, e em especial a Luis Augusto e André Deberdt que desde o inicio do mestrado me apoiaram, incentivaram e me liberaram por diversas vezes para disciplinas e campos.

À minha linda esposa Roberta pelo seu carinho e dedicação e por ouvir minhas lamentações, me ajudando a levantar a cabeça quando necessário. A nossa filhinha Nicole que já chegou contribuindo com a alegria e incentivo que eu precisava.

Aos meus queridos irmãos Tiago e Mariana que quando deles precisei estavam sempre prontos para ajudar, juntamente com os amigos Tatui, Mariana e Playboy.

Gostaria de agradecer em especial aos meus pais Juarez e Ana Maria (*in memorian*) por tudo que eles fizeram por mim desde a infância até aqui, sempre me dando carinho,

incentivo, direcionamento e apoio financeiro em todos os momentos da minha vida, sou muito orgulhoso de ser filho de vocês. OBRIGADOOOOO A TODOS!!!

DEDICO

A minha filha, esposa, irmãos, pai e em especial
a minha Mãe **Ana Maria Santos de Azevedo** (*in memorian*)

**“As pessoas entram e saem de nossas vidas;
Mas elas não vão sós, sempre levam um
Pouco de nós e deixam um pouco de si...
Você, porém, levou muito de nós e deixou
Tudo de si...”**

RESUMO

A ecologia trófica do peixe *Characidium vidali* Travassos 1967 (Characiformes; Crenuchidae) no rio Macaé (RJ) é descrita através de análise de conteúdo estomacal (ACE), análise de isótopos estáveis de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ (AIE), ecomorfologia (EMorf) e observação subaquática (OSub). Os exemplares analisados foram coletados entre março/2004 e março/ 2005 (ACE e EMorf), e entre março/2009 e novembro/2010 (ACE e AIE) em três localidades distribuídas nos trechos alto e médio do rio Macaé (RJ). Além dos peixes, para AIE foram coletados recursos basais (perilíton, perifíton, plantas terrestres e macrófitas) e insetos aquáticos. Os itens identificados no conteúdo estomacal foram medidos, contados e quantificados por análise volumétrica. Para caracterização da dieta foi utilizado o Índice de Importância Relativa (IRI), amplitude de nicho (Simpson) e estratégia alimentar (método gráfico). Foi identificado um total de 36 itens na dieta, sendo 35 de origem autóctone. A espécie consome grande riqueza de insetos aquáticos em proporções similares, tanto espacial (ao longo do rio) quanto sazonalmente (Índice de Pianka). Chironomidae, Simuliidae e Baetidae foram os itens mais importantes de acordo com IRI. A dieta de *C. vidali* foi classificada como generalista, com ampla largura de nicho. Os itens mais assimilados em músculo de *C. vidali* e nos insetos aquáticos foram determinados por um modelo de mistura (Programa IsoSource 1.3.1). O carbono de origem autóctone é o mais importante para os insetos aquáticos e conseqüentemente, para *C.vidali*. As assinaturas de ^{13}C no tecido dos peixes foram significativamente diferentes entre as localidades, indicando assimilação espacial diferente. O grau de palatabilidade, estimado pela razão C:N, foi maior para perifíton e Lepidoptera. Chironomidae foi o item mais abundante, porém não foi o mais assimilado em todas as localidades. A posição trófica (PT) foi calculada com base nos dados de conteúdo estomacal e resultados de $\delta^{15}\text{N}$, sendo que ambos os métodos indicaram *C. vidali* como consumidor secundário. Foram selecionadas 16 medidas morfológicas e calculados 11 índices a fim de verificar a relação entre morfologia e comportamento trófico. Os resultados dos índices são semelhantes aos encontrados para outras espécies congênicas. A regressão linear entre tamanho de *C. vidali* e de dois dos itens mais abundantes na sua dieta, apontou que não há seleção de presas maiores conforme os peixes crescem de tamanho; no entanto, indivíduos menores consomem somente presas de menor porte, provavelmente por restrições morfológicas, provavelmente relacionadas a Largura relativa da boca (LRB) e Altura relativa da boca (ARB). A observação subaquática foi realizada através do método "Animal-focal", revelando que *C. vidali* é uma espécie mais bentônica, que vive em ambientes de correnteza moderada a forte, substrato pedregoso, afastado das margens e utiliza a tática "Sit-and-wait predation" para se alimentar. Os quatro métodos aplicados em conjunto se mostraram satisfatórios para caracterizar a ecologia alimentar de *C. vidali*.

Palavras Chave: dieta, isótopos estáveis, ecomorfologia, peixes

ABSTRACT

The trophic ecology of *Characidium vidali* Travassos 1967 (Characiformes; Crenuchidae) from Macaé River (Rio de Janeiro State, Southeastern Brazil), is described through stomach contents analysis (SCA), analysis of $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$ stable isotopes (SIA), ecomorphology (EM) and underwater observations (UWO). Specimens were collected between March/2004 and March/2005 (SCA and EM), and between March/2009 and November/2010 (SCA and SIA) in three sites located within the upper and intermediate stretches of Macaé River. For SIA, basal resources (epilithon, periphyton, terrestrial plants and macrophytes) and aquatic insects were also sampled. Food items identified in the stomach contents were counted and had the length and volume measured. The diet was characterized using the Index of Relative Importance (IRI), niche breadth (Simpson) and feeding strategy (graphical inspection method). A total of 36 food items were identified, being 35 autochthonous. *Characidium vidali* consumed a high richness of aquatic insects in similar proportions, both in the spatial (along the river) and temporal (seasonal) axes (Pianka Overlap Index). Chironomidae, Simuliidae and Baetidae were the most important items according to IRI. The species was classified as a generalist, with a large niche breadth. A mixing model (IsoSource 1.3.1) was used to determine the most assimilated food items by *C. vidali* and aquatic insects. Autochthonous Carbon was revealed as the most important for the aquatic insects, hence for *C.vidali*. ^{13}C signatures in fish muscle were significantly different among sites, indicating different assimilation along the river. Palatability, estimated by C:N ratio, was higher for periphyton and Lepidoptera. Despite Chironomidae was the most abundant item, it was not the most assimilated in all sampling sites. Trophic position (TP), calculated on the basis of SAI and $\delta^{15}\text{N}$ results, indicated that *C. vidali* is a secondary consumer. Sixteen morphological measurements and 11 related indices were selected in order to determine the relation between morphology and trophic behavior. The indices values obtained are similar to those found for other congeneric species. The linear regression between fish length and length of the two most abundant prey showed no selection of larger prey as fish grow larger; however, smaller individuals consume only smaller-sized prey, probably due to morphological constraints, probably related to mouth opening size. For underwater observations the focal animal sampling was employed, revealing *C. vidali* as a rather benthic species that lives in riffles of moderate to strong flow, on rocky substrates further from the margins, and uses the “*Sit-and-wait predation*” foraging tactic. The four methods employed were satisfactory to characterize the feeding ecology of *C. vidali*.

Key words: diet, stable isotopes, ecomorphology, fish

SUMÁRIO

	págs.
1 Introdução.....	14
2 Objetivo Geral.....	20
2.1 Objetivos Específicos.....	20
3 Material e Métodos.....	21
3.1 Área de Estudo.....	21
3.2 Coletas.....	22
4 Análises.....	26
4.1 Análises de Conteúdo Estomacal.....	26
4.2 Isótopos Estáveis.....	28
4.3 Posição Trófica.....	29
4.4 Ecomorfologia.....	29
4.5 Observação Subaquática.....	32
5 Resultados.....	34
6 Discussão.....	50
7 Conclusões.....	60
8 Referências Bibliográficas.....	62
9 Anexos.....	77

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Relação das localidades amostradas no rio Macaé, localização geográfica e cota altimétrica.....	26
Tabela 2. Média, desvio padrão, valores mínimos e máximos das variáveis ambientais mensuradas nas localidades: RM3, RM4 e RM7.....	34
Tabela 3. Abundância relativa (%N), Volume relativo (%V), Frequência relativa (%F) e Índice de importância relativa (IRI) nas três localidades e nos dois períodos sazonais.....	36
Tabela 4. Sobreposição de nicho alimentar entre as três localidades e entre os dois períodos.....	38
Tabela 5. Amplitude de nicho demonstrada através do Índice de Simpson (D), Riqueza (S) de itens e número de itens exclusivos da dieta.....	38
Tabela 6. Autovetores dos eixos 1 e 2 da Análise de Correspondência (CA) para os dados da dieta de <i>Characidium vidali</i> no Rio Macaé (RJ), em três localidades e duas estações do ano.....	40
Tabela 7. Valores obtidos para posição trófica em cada localidade, calculados com base no Análise de conteúdo estomacal (ACE) e Isótopos de ¹⁵ N.....	47
Tabela 8. Média (M) e desvio padrão (DP) dos índices morfológicos selecionados para <i>C. vidali</i>	47
Tabela 9. Média, desvio padrão, mínima e máxima das variáveis profundidade e fluxo coletados durante a observação subaquática em RM7.....	49

ANEXOS

Anexo I. Números de amostras isotópicas por localidade e valores brutos de ^{13}C e ^{15}N e relação C:N para cada amostra.....	77
--	-----------

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa com as localidades amostradas no rio Macaé.....	22
Figura 2. Exemplar de <i>Characidium vidali</i> do rio Macaé.....	24
Figura 3. Localidades amostras no rio Macaé RM3, RM4 e RM7.....	25
Figura 4. Prática de captura de peixes “ <i>Kicking</i> ” no rio Macaé.....	24
Figura 5. Variáveis morfológicas registradas para cada exemplar.....	31
Figura 6. Sessão de observação subaquática no ponto RM7.....	33
Figura 7. Análise de Correspondência (CA) baseada nas proporções volumétricas de itens alimentares consumidos por <i>Characidium vidali</i> no rio Macaé (RJ).....	39
Figura 8. Diagrama de Costello (1990) modificado por Amundsen et al., (1996) para representação da estratégia alimentar de <i>Characidium vidali</i> no rio Macaé.....	41
Figura 9. Assinaturas isotópicas de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ dos organismos amostrados no rio Macaé.....	42
Figura 10. Representação da mediana de valores isotópicos de ^{13}C em tecido muscular de <i>C. vidali</i> nas três localidades amostradas do rio Macaé.....	41
Figura 11. Faixa de contribuição dos recursos basais (Produtores primários) assimilados ao tecido das presas (Insetos aquáticos) de <i>C. vidali</i> através do Programa IsoSource 1.3.1 nas três localidades.....	44
Figura 12. Faixa de contribuição das presas (Insetos aquáticos) assimilados ao tecido de <i>C. vidali</i> através do Programa IsoSource 1.3.1 em duas das três localidades.....	45
Figura 13. Palatabilidade de insetos aquáticos demonstrada pela razão C/N.....	46
Figura 14. Palatabilidade de recursos basais demonstrada pela razão C/N.....	46
Figura 15. Regressão linear entre comprimento padrão de <i>C. vidali</i> (eixo X) e comprimento Total de Chironomidae (eixo Y).....	48
Figura 16. Regressão linear entre comprimento padrão de <i>C. vidali</i> (eixo X) e comprimento Total de Baetidae (eixo Y).....	48
Figura 17. Exemplares de <i>Characidium vidali</i> forrageando no leito do rio Macaé, RJ.....	49

1. Introdução

A aquisição de energia via alimentação afeta diretamente o desempenho dos organismos. Assim, a determinação da dieta tem sido apontada como essencial para o entendimento da ecologia de peixes (MICHELETTI & UIEDA, 1996) e seu papel nos processos ecossistêmicos (RESETARITS & CHALCRAFT, 2007). A aquisição de alimento pelos peixes é um processo que usualmente envolve procura, detecção, captura e ingestão (KEENLEYSIDE, 1979).

Segundo GERKING (1994), a ecologia trófica de peixes pode englobar vários aspectos: do que os organismos se alimentam (hábitos alimentares), como obtém seu alimento (hábito de forrageamento) e, em menor extensão, onde forrageiam (habitat de forrageamento). No entanto, a maior parte dos estudos de ecologia trófica de peixes busca identificar os hábitos alimentares através da análise dos principais itens consumidos pelas espécies, uma vez que o crescimento dos peixes depende da qualidade e quantidade de recursos consumidos (GERKING, 1994). A ecologia trófica de peixes pode ser estudada utilizando-se diversas ferramentas, como análise de conteúdo estomacal, relações ecomorfológicas, observações subaquáticas de comportamento e, mais recentemente, análise de isótopos estáveis, especialmente de carbono ($\delta^{13}\text{C}$) e nitrogênio ($\delta^{15}\text{N}$).

Grande parte dos trabalhos sobre alimentação de peixes é realizada através da análise de conteúdo estomacal, por meio de métodos que quantificam os itens alimentares presentes: numérico, gravimétrico, volumétrico e/ ou de pontos (HYSLOP, 1980). Segundo HAHN & DELARIVA (2003), para estudos de dieta tem sido empregados de um a três desses métodos que, combinados, formarão diversos índices. No Brasil, o índice mais utilizado é o Índice Alimentar (IA_i) de KAWAKAMI & VAZZOLER (1980), ao passo que em revistas internacionais, o Índice de Importância Relativa (IRI - PINKAS *et al.*, 1971) é mais frequente (HAHN & DELARIVA, 2003). No entanto, os índices têm sido recentemente substituídos pelo uso de um ou dois métodos separadamente. A quantificação dos itens alimentares consumidos pelos indivíduos permite não somente a identificação dos hábitos alimentares de determinada espécie, mas também que sejam explorados outros aspectos importantes para o entendimento de sistemas ecológicos, como variações espaciais e temporais relacionadas ao ciclo hidrológico (LOWE-McCONNELL, 1987; FERRETI *et al.*, 1996; CORRÊA *et al.*, 2009) ou a impactos ambientais (e.g. AGOSTINHO *et al.*, 1992; ALBRECHT & CARAMASCHI, 2003; HANN & FUGI, 2007), bem como abordar outras questões de interesse para a teoria ecológica, como amplitude de nicho, estratégia alimentar (AMUNDSEN *et al.*, 1996), especialização individual (e.g. SVANBÄCK &

PERSON, 2004; BRAZIL-SOUSA, 2010), especialistas vs. generalistas (e.g. GERKING, 1994; ABELHA *et al.*, 2001) e posição trófica (e.g. WINEMILLER, 1990).

Por outro lado, as análises de conteúdo estomacal podem se mostrar limitadas quando utilizadas em estudos abordando o fluxo de energia em ecossistemas, uma vez que apenas quantificam e qualificam os itens consumidos anteriormente à sua captura, não identificando a fonte real assimilada pelo consumidor (MANETTA & BENEDITO-CECILIO, 2003).

As fontes de matéria orgânica que sustentam as teias alimentares e a posição trófica dos organismos estão entre as duas questões mais frequentemente abordadas em estudos de ecologia trófica em ambientes aquáticos (e.g. RYBCZYNSKI *et al.*, 2008; GARCIA *et al.*, 2007; WINEMILLER *et al.*, 2011). uma vez que os ambientes lóticos são dependentes de duas fontes de energia, uma que entra no sistema através dos autótrofos e a segunda proveniente da matéria orgânica alóctone (VANNOTE *et al.*, 1980), e que nem todos os itens ingeridos pelos animais são assimilados na mesma proporção em que são consumidos (MANETTA & BENEDITO-CECILIO, 2003; CARVALHO, 2008), estas questões se tornam de especial relevância. Por outro lado, embora o fluxo de energia seja central para o entendimento do funcionamento do ecossistema, pode ser inapropriado se o foco é a comunidade e a dinâmica das populações, em parte porque o fluxo de energia e produção de biomassa são propriedades emergentes das interações dentro da teia (POLIS & STRONG, 1996). Para resolver essas questões, pesquisadores têm utilizado o uso combinado das análises de conteúdo estomacal com análises de isótopos estáveis (e.g. MANETTA *et al.*, 2003; MANETTA & BENEDITO-CECILIO, 2003; RYBCZYNSKI *et al.*, 2008; FÁDEL & ALBRECHT, 2009) pois, em conjunto, fornecem uma visão mais completa do papel dos organismos nas teias alimentares.

Isótopos estáveis, reconhecidos como átomos de um mesmo elemento com o mesmo número de prótons mas diferente número de nêutrons, têm sido usados de forma crescente nas últimas décadas em diferentes campos da ciência. Porém, somente a partir dos anos 80 os ecólogos têm aplicado essa ferramenta (PEREIRA & BENEDITO, 2007), que pode ser usada para traçar padrões e verificar mecanismos fisiológicos em organismos, traçar fluxos energéticos em cadeias alimentares, entender paleodietas e acompanhar o ciclo de elementos em ecossistemas terrestres e aquáticos (LAJTHA & MICHENER, 1994). Isótopos estáveis de carbono ($\delta^{13}\text{C}$) e nitrogênio ($\delta^{15}\text{N}$) são os mais utilizados em estudos ecológicos, especialmente aqueles relacionados à ecologia trófica (MANETTA & BENEDITO-CECILIO, 2003; CARVALHO, 2008). A diferença entre o sinal isotópico do tecido animal e do tecido de sua dieta é denominado fracionamento isotópico, sendo resultante dos processos

ocorridos durante a digestão, a absorção, a assimilação e excreção dos nutrientes (DENIRO & EPSTEIN, 1978)

Em trabalhos de ecologia trófica, o uso de $\delta^{13}\text{C}$ como marcador baseia-se no fato de que o consumidor reflete isotopicamente sua dieta (DENIRO & EPSTEIN, 1978; MARTINELLI *et al.*, 1988; FRY, 1991) com enriquecimento de 1‰ por nível trófico, evidenciado pelo valor isotópico do carbono no animal em relação ao valor na dieta (PETERSON & FRY, 1987). Segundo DENIRO & EPSTEIN (1978), a transferência das assinaturas isotópicas de carbono ao longo da cadeia é conservativa, permitindo assim traçar o fluxo de energia em ambientes onde existem vários itens com diferentes valores de ^{13}C , dados pelas plantas C3, C4 e CAM. Enquanto que o isótopo estável de nitrogênio, por ser fracionado consistentemente ao longo da cadeia alimentar, permite inferências sobre as relações tróficas dos organismos, apresentando um enriquecimento médio de 3,4 ‰ por nível trófico em animais (MINAGAWA & WADA, 1984; PETERSON & FRY, 1987; VANDER-ZANDEN *et al.*, 1997). Desta forma, o isótopo do carbono é utilizado para distinguir as fontes de energia terrestres, aquáticas ou marinhas, enquanto o isótopo do nitrogênio é utilizado para a determinação do nível trófico na teia alimentar (FRY, 2006; MARTINELLI *et al.*, 2009).

A razão carbono: nitrogênio (C:N) provê uma indicação geral sobre a qualidade dos produtores primários para os organismos heterótrofos (MICHENER & LAJTHA, 2007). Assim, tem sido usada como uma medida do quanto determinado item é potencialmente aproveitável pelos organismos, sendo muitas vezes denominada como 'grau de palatabilidade'. Recursos que apresentam valores menores, ou seja, taxas maiores de nitrogênio do que de carbono, são teoricamente mais lábeis, sendo mais facilmente assimiláveis. Recursos com maiores quantidades de carbono, como as plantas, são mais refratários.

O uso de recursos tróficos e sua correlação entre morfologia e forma de exploração em ambiente natural vêm sendo reportadas em trabalhos com peixes de água doce (e.g. WINEMILLER *et al.*, 1995; COSTA & CATAUDELLA, 2007; CASSATI & CASTRO, 2006; TEIXEIRA & BENNEMANN, 2007; MAZZONI *et al.*, 2010). Dessa forma, os caracteres externos ou internos das espécies podem fornecer informações a respeito de sua ecologia trófica (MAZZONI *et al.*, 2010). Ecomorfologia pode ser definida como um ramo da ecologia que procura as relações existentes entre a morfologia (i.e., fenótipo) e aspectos ecológicos (i.e., variação no uso de recursos) entre indivíduos, populações, guildas e comunidades (PERES-NETO, 1999). CASSATI & CASTRO (2006) correlacionaram resultados ecomorfológicos com dados de dieta e observação subaquática para investigar a congruência entre padrões morfológicos e a

ecologia de 14 espécies em um rio no sudeste do Brasil e encontraram fortes evidências em favor da hipótese ecomorfológica, de que a diversificação morfológica prediria a estruturação trófica e a distribuição espacial das assembléias de peixes.

Characidium vidali Travassos, 1967 é uma espécie de peixe de pequeno porte pertencente à família Crenuchidae (BUCKUP, 2003), distribuída em drenagens ao nordeste da Baía de Guanabara, no estado do Rio de Janeiro (REIS *et al.*, 2003). De acordo com a descrição de TRAVASSOS (1967), a espécie apresenta corpo com formato alongado, cabeça pequena e cônica, dentes fortes, nadadeiras curtas e fortes. A ausência de bexiga natatória, característica também observada por BRAGA (2004) ao estudar duas espécies do gênero, aliadas às características como formato do corpo e tamanho das nadadeiras peitorais, são evidências que podem explicar sua ocupação junto ao substrato pedregoso de rios e riachos em trechos encachoeirados. De acordo com BUCKUP (2000), a maioria das espécies da família podem até escalar cachoeiras.

Riachos brasileiros apresentam características físicas favoráveis aos métodos de observação direta de peixes, podendo ser enfocados aspectos de comportamento alimentar, reprodutivo e defensivo (SABINO, 1999). Apesar disso, ainda são poucos os trabalhos que utilizam observações diretas para influir aspectos da dieta de peixes nesses ambientes continentais (SABINO, 1999), entre os quais podemos citar SAZIMA & CARAMASCHI (1989), SABINO & CASTRO (1990) e CASATTI (2002). Trabalhos incluindo o gênero *Characidium* descrevem dois tipos de comportamento: “husting by speculation” (CURIO, 1976), onde o indivíduo fica inclinado obliquamente ao substrato arenoso enterrando o focinho a procura de alimento e “Sit-and-wait predation” (SAZIMA, 1986) onde o peixe fica estacionário ao substrato disparando curtos botes em direção as presas. LEITÃO *et al.* (2007), por meio de observações subaquáticas no córrego do Ouro, bacia do rio Macaé, identificaram um tipo de associação alimentar, onde *Characidium* sp. abocanha partículas deslocadas pelo pastejo do cascudinho *Parotocinclus maculicauda*.

O rio Macaé é situado na região norte do estado do Rio de Janeiro e pertence à região biogeográfica das Bacias do Leste (RJ). É considerado um rio de tamanho médio (6° ordem na foz) com 137 km de extensão que corre no sentido oeste-leste (COSTA, 2001) em meio ao Bioma Mata Atlântica em vários graus de preservação. A Mata Atlântica é um dos mais ameaçados biomas brasileiros, estando exposto a diversas pressões antrópicas. Em levantamento realizado entre março/2004 e março/2005, foram identificadas aproximadamente 50 espécies de peixes ao longo do leito do rio (CARAMASCHI *et al.*, 2006). As populações de *C. vidali* estão distribuídas entre o trecho superior e médio do rio, em altitudes entre 810 e 180m (BRITO, 2007),

ao passo que, no trecho baixo, outras duas espécies do gênero foram coletadas por JARAMILLO-VILLA (2010).

Characidium vidali tem seu período reprodutivo compreendido entre os meses de setembro a março (BRITO, 2007) e sua dieta foi classificada como invertívora no estudo de PEREIRA (2010) sobre as teias tróficas ao longo do curso longitudinal do rio Macaé. Por se tratar de um estudo no âmbito de comunidades, não foram enfocados padrões sazonais ou outras possíveis variações na dieta da espécie, avaliada somente com base em análise de conteúdo estomacal. Mudanças na dieta de peixes são geralmente reconhecidas como sendo de origem ontogenética, espacial e/ ou sazonal (ZAVALA-CAMIN, 1996). Mudanças sazonais na dieta estão relacionadas com a disponibilidade de recursos da estação, podendo afetar a interação predador-presa dentro das populações (WINEMILLER, 1989).

Na região do rio Macaé são reconhecidas duas estações relacionadas ao regime pluviométrico: uma estação seca, de maio a outubro e uma estação chuvosa de novembro a abril.. Com as chuvas, o carreamento de material alóctone para o ambiente aquático é aumentado, acrescentando recursos no sistema para consumidores em vários níveis tróficos. Ambientes lóticos são estreitamente associados com o ambiente terrestre adjacente, o qual fornece recursos basais para a teia alimentar (HILDREW, 1992) ou também recursos diretos para consumidores em posições mais altas na cadeia trófica, como insetos (NAKANO *et al.*, 1999; BAXTER *et al.*, 2005). Muitos peixes usam uma grande diversidade de invertebrados terrestres como uma importante fonte de alimento, mesmo que sazonalmente (GOULDING, 1980; WINEMILLER, 1990). Assim, o ambiente terrestre adjacente é de suma importância para as teias tróficas aquáticas ao longo do rio.

De acordo com o Conceito de Rio Contínuo (RCC) (VANNOTE *et al.*, 1980), em ambientes lóticos, os trechos superiores e inferiores apresentam uma menor produtividade devido às suas características físicas (pouca largura, grande declive e cobertura vegetal e, conseqüentemente, pouca penetração de luz), tornando os recursos alóctones provenientes do trecho montante a principal fonte de energia para comunidade aquática, enquanto que no trecho médio a principal fonte é autóctone. Em contrapartida ao RCC, o Modelo de Produtividade Fluvial (RPM) de THORP & DELONG (1994) prevê que a maior parte do carbono orgânico assimilado pelos organismos em grandes rios é derivada da combinação da produção autóctone local (fitoplâncton, algas, macrófitas e musgos) e, em menor taxa, das entradas de recursos da zona ripária local (folhas, ramos e frutos). Mesmo em grandes quantidades, o material alóctone da montante teria menos importância para as teias alimentares, uma

vez que a produção local e as entradas provenientes da zona ripariana são mais lábeis e melhor assimiladas pelos heterótrofos.

Numerosos estudos com isótopos estáveis identificaram algas como a principal fonte de carbono em rios tropicais, ao passo que poucos demonstraram que plantas terrestres eram uma fonte importante para as teias tróficas (LAU *et al.*, 2009). No entanto, esta questão permanece ainda em aberto. FÁDEL & ALBRECHT (2009) identificaram gramíneas terrestres (C4) como o principal item assimilado em tecido de duas espécies de *Rineloricaria*, peixes detritívoros encontrados no trecho médio do Rio Macaé.

Grande número de espécies de peixes apresenta plasticidade alimentar. Particularmente, os peixes tropicais sujeitos à sazonalidade do ambiente, apresentam tendência de modificar rapidamente suas dietas, ampliando ou alterando seus nichos, em situações que possam levar à queda da disponibilidade de seus recursos usuais e ao aumento de outros (LOWE-McCONNELL, 1987; GERKING, 1994; ABELHA *et al.*, 2001). Espécies onívoras e carnívoras usualmente apresentam grande variação sazonal na dieta e assimilação de recursos (e.g. WANTZEN *et al.*, 2002), bem como nos estoques corporais (JUNK, 1985; ARRINGTON *et al.*, 2006). Peixes carnívoros podem também ser denominados como invertívoros (consumidores de invertebrados) ou insetívoros (quando os invertebrados consumidos são principalmente insetos). No presente estudo, os três termos são utilizados indistintamente. A grande diversidade de animais aquáticos que pode ser utilizada como alimento pelos peixes carnívoros está associada a características morfológicas (GATZ, 1979) e comportamentais das espécies (SAZIMA, 1986). Os carnívoros são normalmente predadores visuais que selecionam a presa em relação ao tamanho e sua abundância no ambiente (REZENDE & MAZZONI, 2006).

A teoria do forrageamento ótimo (OFT – *Optimum Foraging Theory*) é utilizada para explicar porque animais fazem certas escolhas de recursos em suas dietas. Mais especificamente, como o peixe escolhe entre fontes alternativas de alimento ao ponderar os custos e benefícios de capturar uma presa em relação a outra (GERKING, 1994). A OFT prevê que os peixes procurarão a maior relação custo-benefício com menos desperdício de energia líquida em termos de procura e ingestão de itens mais proveitosos. Assim, espera-se que as espécies apresentem uma dieta mais generalista (com maior amplitude) em ambientes improdutivos, ou seja, com menores densidades de sua presa, o que o levaria a ingerir itens de mais baixo proveito, e mais especialista em ambientes produtivos, onde poderia selecionar suas presas preferenciais e/ ou mais proveitosas. Da mesma forma, poderia-se esperar que, para um mesmo tipo de presa, os peixes escolham indivíduos maiores. Por outro lado, o

tamanho de itens ingeridos também pode ser relacionado com limitações morfológicas do indivíduo (GATZ, 1979).

O presente estudo objetiva integrar as abordagens energética, populacional e de interações, na caracterização da ecologia trófica de *Characidium vidali* no Rio Macaé, através de quatro ferramentas complementares: análises de conteúdo estomacal (ACE), isótopos estáveis (AIE), ecomorfologia (EMorf) e observações subaquáticas de comportamento alimentar (OSub). Também pretende explorar possíveis variações nos eixos espacial (gradiente longitudinal do rio) e temporal (variação sazonal) na ecologia da espécie. Dentro deste contexto, pretende-se ainda testar as seguintes hipóteses específicas:

(i) A principal fonte de carbono (AIE) para *C. vidali* no trecho mais superior (810 m) é de origem alóctone, enquanto que no trecho médio (180 m), é de origem autóctone;

(ii) Itens alóctones são mais consumidos (ACE) na época de chuvas e no trecho superior;

(iii) A amplitude de nicho (ACE) será maior na época de chuvas e no trecho inferior;

(iv) A presa mais abundante na dieta (ACE) é o item mais assimilado no tecido muscular do peixe (AIE);

(v) Indivíduos de *C. vidali* com tamanho maior selecionam presas maiores (ACE e EMorf).

2. Objetivo geral

Descrever a ecologia alimentar de *Characidium vidali* Travassos, 1967 em três localidades do rio Macaé (RJ) em dois períodos do ano (seco e chuvoso) utilizando quatro ferramentas: análise de conteúdo estomacal, isótopos estáveis de ^{13}C e ^{15}N , ecomorfologia e observação subaquática.

2.1 Objetivos específicos

- Caracterizar e comparar a alimentação de *C. vidali* em três localidades do rio Macaé;
- Comparar a dieta sazonalmente (período seco e chuvoso);
- Identificar as principais fontes de carbono para a espécie;
- Identificar os itens mais palatáveis;
- Identificar a posição trófica de *C. vidali* na cadeia alimentar;
- Calcular a amplitude de nicho alimentar;

- Comparar resultados da análise de conteúdo estomacal com os resultados obtidos pelos isótopos estáveis;
- Verificar se existe relação entre tamanho dos indivíduos e tamanho das presas;
- Verificar correlações entre morfologia, recursos consumidos e forma de exploração dos recursos;
- Caracterizar seu comportamento alimentar através de observações subaquáticas.

3. Material e Métodos

3.1 Área de Estudo

A bacia do rio Macaé é uma das principais bacias hidrográficas do estado do Rio de Janeiro que desemboca diretamente no Oceano Atlântico, estando localizada em sua totalidade na região norte do estado (**Fig. 1**). Encontra-se entre os paralelos 22° 21' e 22° 28' S e os meridianos 42° 27' e 42° 35' W, limitada ao norte pela bacia do rio Macabu, a leste pelo Oceano Atlântico, ao sul pela bacia do rio São João e a oeste pelas bacias dos rios Macacu e Paraíba do Sul. Sua bacia apresenta área de drenagem de 1.765 km². Abrange grande parte do município de Macaé (1448 km²) e partes de Nova Friburgo (142 km²), Casimiro de Abreu (83 km²), Conceição de Macabu (70 km²), Rio das Ostras (11 km²) e Carapebus (11 km²) (SEMADS, 1999). Sua vazão média, estimada próximo à foz, é de 30 m³/s, correspondendo a uma contribuição específica média aproximada de 17 l/s/km². Seus principais tributários são os rios Bonito, das Flores, Sana e São Pedro.

O rio Macaé esta inserido no bioma Mata Atlântica, e sua situação é semelhante às demais regiões fragmentadas deste bioma. Em relação à área total da bacia, restam 40% de remanescentes florestais. As regiões que apresentam Mata Atlântica em melhor estado de conservação estão situadas nas porções altas do rio Macaé e de alguns de seus tributários como rio Bonito, das Flores e Sana. A fração correspondente à parte extirpada de Mata Atlântica foi substituída, no trecho alto do rio Macaé, por monocultura, principalmente banana e tubérculos.

Na região mais próxima à cabeceira, o rio apresenta trechos de grande declividade, terminando em um grande trecho de baixada. Variações nas características bióticas e abióticas podem ser observadas ao longo do seu percurso em direção ao Oceano Atlântico, passando de um rio estreito com leito pedregoso a um rio largo de fundo arenoso, sendo ainda retificado no trecho inferior devido a obras de dragagem e alargamento do leito do rio.

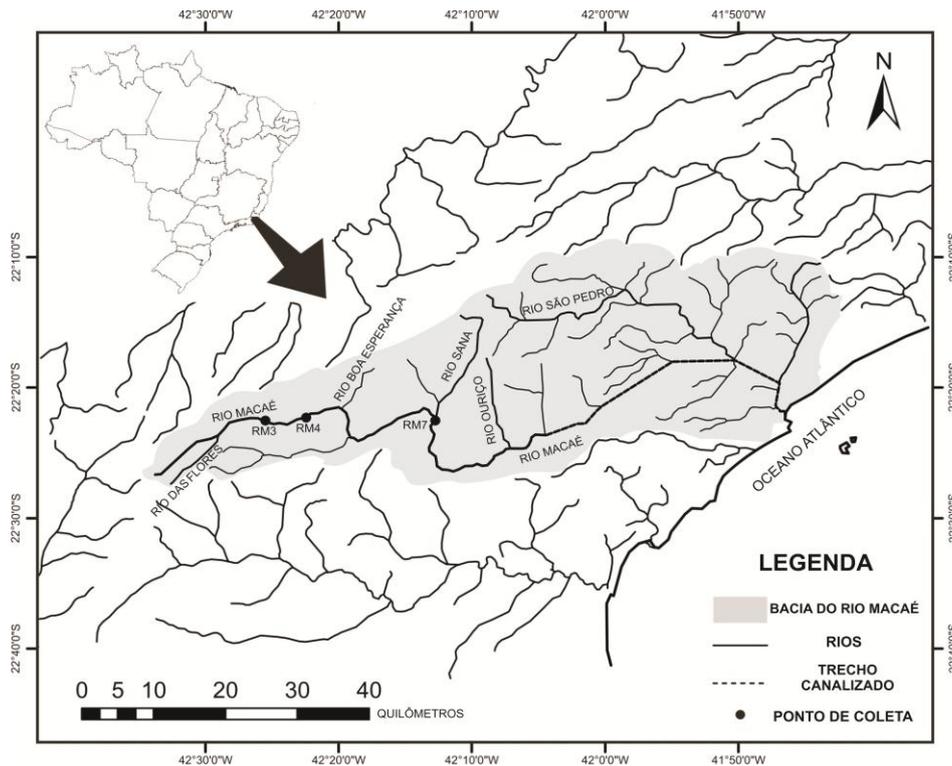


Figura 1. Localidades RM3, RM4 e RM7 amostradas no rio Macaé. Modificado de BRITO (2007).

3.2 Coletas

Os exemplares de *Characidium vidali* (**Fig. 2**) foram coletados em três dos doze pontos amostrais estabelecidos por BRITO (2007) durante o projeto Ictiofauna do rio Macaé, que vão desde 810m a 180m de altitude (**Tab. 1**). Os pontos foram escolhidos em virtude de *Characidium vidali* ser mais abundante nessas localidades.

A localidade RM3 se encontra na parte superior do rio Macaé, a uma altitude de 810m, apresentando mata adjacente bem preservada, com trechos encachoeirados e um substrato composto por rochas, pedras soltas, areia e folhiço se intercalando (**Fig. 3a**). Já em RM4 (670m), considerando as condições da mata adjacente, que não é tão preservada, e o substrato com predomínio de trechos arenosos, essa localidade se diferencia bastante das demais (**Fig.3b**). Situada no trecho médio, a localidade RM7 (180m) possui mata ciliar e composição do substrato similar a RM4. Porém, diferenças marcantes são observadas na altitude, já se aproximando a um trecho com menos declividade e com maior largura e volume d'água. Esta localidade esta inserida na APA do Sana, sendo um lugar de interesse turístico (**Fig. 3c**).

Para análise da ecologia trófica foram feitas análises de conteúdo estomacal, isótopos estáveis de carbono e nitrogênio, observações subaquáticas e medidas ecomorfológicas de estruturas relacionadas à alimentação. Parte dos estômagos de *Characidium vidali* analisados é oriundo do projeto “Ictiofauna do rio Macaé” (CNPq, edital universal 479257/2004-3), no qual as coletas dos peixes foram realizadas bimestralmente no período de março de 2004 a março de 2005. Foram realizadas ainda quatro coletas em 2009/2010 visando obter exemplares de *C. vidali* para retirada de estômago para análise de conteúdo e de músculo para análise isotópica. Foram coletados também recursos basais (algas, briófitas, perilíton, perifíton e plantas terrestres) e macroinvertebrados bentônicos. Duas coletas foram feitas no período seco (julho/2009 e agosto/2010) e duas no período chuvoso (janeiro/2009 e dezembro/2010).

Em campo, foram registrados localização geográfica e altitude (GPS Garmin / Etrex), além de dados de temperatura da água e condutividade (YSI Model 30), velocidade da água (fluxômetro Global Flow Probe FP101), substrato do leito do rio e cobertura do dossel (quadrat 40cm x 40cm), largura e profundidade do rio (trena).

Os peixes foram coletados com redes de arrasto (malha de 10 mm) através de *kicking* na calha do rio, prática de captura que consiste no deslocamento de pedras e substrato em frente da rede manual (**Fig. 4**). Os indivíduos capturados foram mantidos em gelo e posteriormente levados ao laboratório de campo, onde foram medidos, pesados e dissecados para retirada do trato digestório (estômago e intestino) e parte de músculo dorsal, desprovidos de pele, escamas e ossos. Os intestinos foram medidos com auxílio de régua e os estômagos pesados em balança e armazenados em potes com álcool 70%.

Os macroinvertebrados bentônicos (insetos) foram coletados com rede de súber (20 cm X 20 cm; malha de 250 µm em pedras, areia e folhiço. Os insetos eram triados vivos e colocados em um saco plástico com água durante uma hora para que eliminasse as excretas com o objetivo de não interferirem nas assinaturas isotópicas.

Foram coletadas folhas das plantas terrestres mais abundantes nas margens (capim, bambu e árvores), além de plantas aquáticas coletadas manualmente com auxílio de uma colher. O perilíton (algas do substrato rochoso) e o perifíton (algas coletadas de substrato vegetal) foram coletados por raspagem com escovas.

Para as análises isotópicas, as amostras de músculo de *C. vidali*, assim como os recursos autóctones e alóctones coletados, foram embrulhadas em papel alumínio, devidamente identificadas e preservadas em gelo e posteriormente transferidos para um freezer. No Laboratório de Ecologia de Peixes da UFRJ, após descongelar, as amostras foram lavadas com água destilada e secas em estufa a 60°C por 72 horas, e

posteriormente maceradas com pilão e cadinho para homogeneização. Depois de processadas, as amostras foram encaminhadas para o Laboratório de Ecologia Isotópica, CENA/USP – Piracicaba (SP) para a quantificação dos isótopos de ^{13}C e ^{15}N . O número de amostras analisadas consta no Anexo I.



Figura 2. Exemplar de *Characidium vidali* de 8 cm do rio Macaé. Foto: Victor Trivério Cardoso.



Figura 4. Prática de captura de peixes “Kicking” no rio Macaé.



Figura 3. Foto das localidades amostras no rio Macaé (a) RM3, (b) RM4 e (c) RM7.

Tabela 1. Relação das localidades amostradas no rio Macaé, localização geográfica e cota altimétrica.

Trecho	Localidade	Nome	Coordenada	Altitude (m)
Superior	RM3	Foz do rio Macuco	S 22°21', W 42°25'	810
Superior	RM4	Foz do rio Santiago	S 22°21', W 42°21'	670
Médio	RM7	Foz do rio Sana	S 22°22', W 42°12'	180

4. Análises

4.1 Análises de Conteúdo Estomacal

O conteúdo estomacal foi analisado com utilização de microscópio estereoscópico e os itens encontrados foram identificados até o menor nível taxonômico possível com utilização de bibliografia especializada (MUGNAI *et al.*, 2010; OLIVEIRA PES *et al.*, 2005). Os itens identificados no conteúdo estomacal foram medidos, contados e quantificados por análise volumétrica através de uma placa e vidro quadrada (10 cm de lado) com bordas de 1mm de altura e uma escala milimetrada colocada em baixo, conforme descrito em ALBRECHT & CARAMASCHI (2003).

Para caracterização da dieta foi utilizado o Índice de Importância Relativa (IRI) modificado de PINKAS *et al.* (1971) conforme a fórmula (HYSLOP, 1980):

$$IRI = (\%N + \%V) \cdot \%F$$

Onde:

$\%N$ = porcentagem numérica;

$\%V$ = porcentagem volumétrica; e

$\%F$ = porcentagem da frequência de ocorrência.

Para todas as demais análises relacionadas ao conteúdo estomacal, foram utilizados os dados de porcentagem volumétrica.

Para comparar a dieta das populações de *C. vidali* entre os três pontos de coleta e entre dois períodos (seco e chuvoso), foi utilizado o índice simétrico de sobreposição de nicho de PIANKA (1973), segundo a fórmula:

$$\theta_{jk} = \frac{\sum_{i=1}^n p_{ij} p_{ik}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n p_{ij}^2 + \sum_{i=1}^n p_{ik}^2}}$$

Onde:

θ_{jk} mede a sobreposição de nicho entre as espécies **j** e **k**,

P_{ij} é a proporção do recurso **i** consumido pela espécie **j**,

P_{ik} é a proporção do recurso **i** consumido pela espécie **k**,

n é o número total de recursos

A amplitude de nicho foi calculada através do índice de diversidade de Simpson (KREBS, 1999).

A estratégia alimentar foi analisada por meio do método gráfico proposto por COSTELLO (1990) e modificado de AMUNDSEN *et al.* (1996), sendo os eixos do gráfico obtido através da abundância presa-específica (P_i) e sua frequência de ocorrência (F_i), calculados a partir das seguintes equações:

$$\% P_i = (\sum S_i / \sum St_i) \times 100$$

Onde: P_i é a abundância da presa específica i , S_i é o volume da presa específica i no conteúdo estomacal, St_i é volume total do conteúdo estomacal somente de indivíduos onde ocorre a presa específica i .

$$\% F_i = (N_i / N) \times 100$$

Onde: N_i = número de indivíduos com a presa i no estômago; N = total de indivíduos com conteúdo estomacal.

Para observar possíveis padrões espaciais e temporais no consumo de recursos por *C. vidali*, foi realizada uma Análise de Correspondência (CA – LEPS & ŠMILAUER, 2003) no programa PC-Ord 4.14 (McCUNE & MEFFORD, 1999) e o gráfico plotado no programa Statistica 6.0 (STAT-SOFT, INC., 2001). Para testar diferenças entre as localidades e estações do ano, os escores derivados do primeiro eixo foram testados. Uma vez que os dados não atingiram os pré-requisitos de normalidade (Kolmogorov-Smirnov) e homogeneidade de variâncias (Levene) foi aplicado um teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis com teste *post hoc* de Dunn. Entre os dois períodos sazonais (seco e chuvoso) foi aplicado o teste de Mann-Whitney.

4.2 Isótopos Estáveis

A razão isotópica da amostra é mensurada através do espectrômetro de massa, que mede a razão entre o isótopo pesado e o leve de uma amostra, em comparação a um padrão (OLIVEIRA, 2003; CARVALHO, 2008; MARTINELLI *et al.*, 2009). O padrão para o carbono é o PDB, um fóssil de *Belemnitella americana* da formação *Peedee* da Carolina do Sul (EUA), e, para o nitrogênio, N₂ atmosférico (LAJTHA & MICHENER, 1994). As razões isotópicas foram expressas pela notação delta “ δ ” em partes por mil (‰), conforme a fórmula:

$$\delta^{13}\text{C ou }^{15}\text{N} = [(R_{\text{amostra}} / R_{\text{padrão}})] \times 10^3$$

onde: $R = {}^{13}\text{C} / {}^{12}\text{C}$ ou ${}^{15}\text{N} / {}^{14}\text{N}$

Além de identificar os caminhos tróficos das substâncias em teias alimentares, os isótopos estáveis também permitem uma análise quantitativa da contribuição de cada fonte de alimento para um determinado consumidor (CARVALHO, 2008).

Para determinar as faixas de contribuição de cada item consumido por *C. vidali*, e pelos insetos aquáticos no rio Macaé foram aplicados os valores isotópicos no Programa IsoSource 1.3.1. O Programa utiliza um modelo de mistura para calcular as amplitudes de contribuição de cada item alimentar para uma mistura baseado em assinaturas isotópicas, quando o número de fontes é grande (nº de fontes > nº de isótopos do sistema + 1). Para tal, são fornecidos os graus de tolerância (0,1‰) e um valor de incremento (*i.e.* 1%), onde são calculadas todas as combinações possíveis de fontes de contribuição de 0-100% em incrementos de 1% (PHILLIPS & GREGG, 2003). O programa não gera um resultado único, mas uma amplitude de valores mínimos, médios e máximos, que podem variar conforme itens são adicionados ou retirados.

Uma vez que essas assinaturas isotópicas podem variar espacial- e/ ou sazonalmente, após os testes de normalidade e homogeneidade de variâncias, foram aplicados os testes: não-paramétrico de Kruskal-Wallis, para testar se houve diferença significativa na média das assinaturas isotópicas de $\delta^{13}\text{C}$ para *C. vidali* entre as localidades e o teste *post hoc* de Dunn, e o Teste *t* de Student para verificar se houve diferença significativa entre as médias das assinaturas por ponto entre os dois períodos estudados (seco e chuvoso).

O grau de palatabilidade das fontes alimentares foi estimado através da relação C:N, através da qual valores mais altos indicam substâncias mais refratárias, e valores

mais baixos, substâncias mais lábeis. Para cada fonte alimentar, foi considerado o valor médio da relação C:N entre as três localidades de estudo.

4.3 Posição Trófica

A posição trófica com base no conteúdo estomacal foi calculada para os três pontos através do algoritmo de ADAMS *et al.* (1983) dado pela fórmula:

$$T_i = 1.0 + \sum_{j=1}^n T_j (P_{ij})$$

Onde: T_i = Posição Trófica (PT) da espécie i ;

T_j é posição trófica do item j ; P_{ij} é a proporção do item j na dieta da espécie i .

Os valores de posição trófica dos itens consumidos foram estipulados em 0,0 para produtores; 1,0 para consumidores primários; e 2,0 para consumidores secundários. Os valores de PT atribuídos a cada item foram estimados através dos hábitos alimentares de cada família ou grupo próximo, descrito na bibliografia existente (BORROR *et al.*, 1992; MERRIT & CUMMINS, 1996; ALBRECHT, 2005).

A posição trófica calculada com base nos resultados $\delta^{15}\text{N}$ através da fórmula adaptada de CABANA & RASMUSSEN (1996):

$$TP = [({}^{15}\text{N}_{\text{Peixe}} - {}^{15}\text{N}_{\text{RecursosBasás}}) / 2,5 + 1]$$

Assumindo-se um valor de fracionamento médio de 2,5‰ em $\delta^{15}\text{N}$ a cada nível trófico superior, esse valor foi proposto por VANDERFLIFT & PONSARD (2003) para animais que excretam amônia, pois eles verificaram que há variações no incremento de ^{15}N com relação a grupos tróficos, grupos taxonômicos e na forma de excreção de nitrogênio.

A classificação em nível trófico foi baseada em WINEMILLER (1990): herbívoros (T = 1.0 a 1.5), onívoros (T = 1.5 a 2.0), carnívoros primários (2.0 a 2.5) e carnívoros secundários e terciários (T > 2.5).

4.4 Ecomorfologia

Para análise ecomorfológica foram tomados aleatoriamente 20 exemplares. Baseando-se no trabalho de GATZ (1979) foram selecionadas 16 medidas morfológicas associadas ao habitat e a alimentação, a fim de verificar a relação entre morfologia e comportamento trófico: **(1) CP:** comprimento padrão; **(2) ALC:** altura do

corpo; **(3) LC:** largura do corpo; **(4) CCa:** comprimento da cabeça; **(5) ALCa:** altura da cabeça; **(6) CPe:** comprimento do pedúnculo; **(7) ALPe:** Altura do pedúnculo, **(8) LPe:** largura do pedúnculo; **(9) ALO:** altura do olho; **(10) DO:** diâmetro do olho; **(11) CNP:** comprimento da nadadeira peitoral; **(12) LNP:** largura da nadadeira peitoral; **(13) LB:** largura da boca; **(14) ALB:** altura da boca; **(15) OB:** orientação da boca 1 = dorsal, 2 = terminal, 3 = oblíquo, 4 = ventral, **(16) CI:** Comprimento do intestino. A partir dessas medidas foram obtidos 11 índices morfológicos apresentados e discutidos em WATSON & BALON (1984):

(a) Índice de compressão: altura máxima do corpo dividido pela largura máxima do corpo. Altos valores podem indicar um peixe comprimido lateralmente, habitando ambientes lênticos (WATSON & BALON, 1984).

(b) Altura relativa: altura máxima do corpo dividido pelo comprimento padrão. Os valores mais baixos estão diretamente relacionados com peixes que habitam águas rápidas (GATZ, 1979).

(c) Comprimento relativo do pedúnculo caudal: comprimento do pedúnculo caudal dividido pelo comprimento padrão (GATZ, 1979). Pedúnculos longos estão relacionados com a capacidade de ocupar águas turbulentas e tem boa capacidade de natação (WATSON & BALON, 1984).

(d) Índice de compressão do pedúnculo caudal: altura do pedúnculo caudal dividido pela largura do pedúnculo (GATZ, 1979). Altos valores indicam pedúnculos comprimidos, que são típicos de nadadores menos ativos (GATZ, 1979).

(e) Proporção da nadadeira peitoral: Comprimento máximo da nadadeira peitoral dividido pela largura máxima da nadadeira peitoral. Altos valores indicam nadadeiras longas, típicas de peixes que nadam longas distâncias, ou peixes pelágicos que nadam constantemente (WATSON & BALON, 1984).

(f) Comprimento relativo da cabeça: comprimento da cabeça dividido pelo comprimento padrão (GATZ, 1979). Altos valores indicam peixes capazes de se alimentar de presas relativamente maiores (GATZ, 1979).

(g) Posição relativa do olho: altura do olho dividido pela altura da cabeça (WATSON & BALON, 1984). Este índice está associado à posição relativa de forrageamento na coluna d'água. Valores elevados indicam peixes bentônicos (olhos localizados dorsalmente), enquanto que baixos valores indicam peixes nectônicos (olhos laterais) (GATZ, 1979).

(h) Diâmetro relativo do olho: diâmetro do olho dividido pelo comprimento da cabeça. Este índice está relacionado à detecção do alimento e fornece informações sobre a acuidade visual das espécies. Pode também indicar o posicionamento relativo

na coluna d'água, na medida em que espécies que habitam áreas profundas apresentam olhos menores (GATZ, 1979).

(i) Largura relativa da boca: largura boca dividida pelo comprimento padrão (GATZ, 1979). Altos valores podem indicar peixes capazes de se alimentar de presas grandes (GATZ, 1979).

(j) Altura relativa da boca: altura da boca dividida pelo comprimento padrão (GATZ, 1979). Altos valores podem indicar peixes capazes de se alimentar de presas grandes (GATZ, 1979).

(l) Orientação da boca: Essa característica é codificada de acordo com um plano, o qual é tangencial aos lábios do espécime quando este se encontra com a boca aberta. 1 = dorsal, se o plano for orientado verticalmente para cima; 2 = terminal, se o plano for vertical; 3 = oblíquo, se o plano for obliquamente orientado para baixo e 4 = ventral, se o plano for horizontal. A posição da boca indica a posição do alimento em relação ao peixe (WATSON & BALON, 1984; GATZ, 1979).

(m) Comprimento relativo do intestino: comprimento do intestino distendido dividido pelo comprimento padrão.

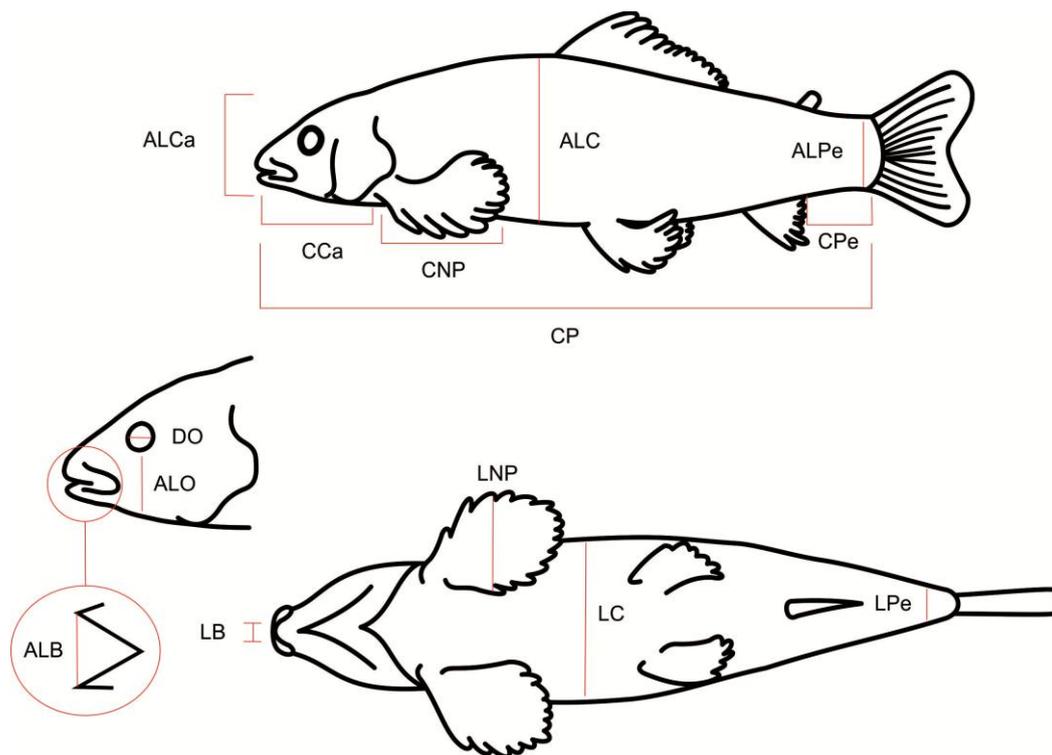


Figura 5. Variáveis morfológicas registradas para cada exemplar (CP: comprimento padrão, ALC: altura do corpo, LC: largura do corpo, CCa: comprimento da cabeça, ALCa: altura da cabeça, CPe: comprimento do pedúnculo, LPe: largura do pedúnculo; ALO: altura do olho, DO: diâmetro do olho, CNP: comprimento da nadadeira peitoral; LNP: largura da nadadeira peitoral, LB: largura da boca, ALB: altura da boca).

O resultado dos atributos encontrados para *C. vidali* foram comparados com outros resultados disponíveis em literatura para espécies congêneras de rios tropicais.

Com objetivo de verificar se existe relação entre o tamanho do predador e o tamanho das presas consumidas, ou seja, se quanto maior for o predador, maiores serão as presas selecionadas. Foi aplicada uma regressão linear entre o comprimento padrão dos indivíduos de *C. vidali* e o comprimento de dois dos itens mais abundantes e constantes na sua dieta.

4.5. Observação subaquática

A observação foi realizada com intuito de complementar as informações da ecologia trófica de *C. vidali*, além de comparar o comportamento alimentar de espécies do mesmo gênero como descrito na literatura (e.g. SABINO & CASTRO, 1990; CASSATI, 2002; CASSATI & CASTRO, 1998; SABINO & ZUANON, 1998; LEITÃO *et al.*, 2007).

Foi escolhido apenas um (RM7) dos três pontos da área de estudo em virtude de apresentar características favoráveis de observação subaquática, como profundidade e velocidade da correnteza.

A observação ocorreu em um único dia do mês de abril no período diurno, utilizando *snorkel* e uma placa acrílica branca de PVC para anotações (**Fig. 6**). Foram realizadas três sessões de cinco minutos em cada margem e seis sessões no canal central do rio em um trecho de 20 metros, através do método “Animal-focal”. Nesse método, o indivíduo é foco das observações durante um determinado tempo amostral (ALTMANN, 1974). Foi observado um total de seis indivíduos, um em cada sessão. As táticas empregadas para captura de alimento foi classificada de acordo com SAZIMA (1986). Foram também verificadas variáveis relacionadas ao microhabitat preferencial no local da observação: velocidade da água (fluxômetro), distância relativa da margem (trena), tipo de fundo (areia, cascalho e pedras), além da posição que o peixe ocupava na coluna de água.



Figura 6. Sessão de observação subaquática no ponto RM7.

5. Resultados

Na tabela 2 são apresentados os valores médios, desvio padrão e mínimos / máximos das variáveis abióticas mensuradas no momento das coletas, além da porcentagem de tipos de substrato em cada um dos três pontos de amostragem.

Tabela 2. Média, desvio padrão (entre parênteses), valores mínimos e máximos das variáveis ambientais mensuradas nas localidades RM3, RM4 e RM7 do Rio Macaé (RJ), onde foram coletados os exemplares de *Characidium vidali*. M.E (margem esquerda), M.D (margem direita).

Variável	RM3	RM4	RM7
Largura (m)	19.70	22.82	40.03
	(3.43)	(3.02)	(3.45)
	16.2 / 25.0	21.0 / 27.3	38.0 / 44.0
Profundidade (cm)	38.66	32.71	65.22
	(14.20)	(9.59)	(20.37)
	9 / 70	15 / 51	31 / 98
Fluxo (m/seg)	0.55	0.70	0.60
	(0.30)	(0.33)	(0.30)
	0.02 / 1.2	0.1 / 1.26	0.13 / 1.05
Temperatura (°C)	19.73	20.03	22.85
	(1.95)	(2.05)	(4.73)
	17.5 / 21.1	17.7 / 21.6	19.5 / 26.2
Condutividade (µS)	17.80	18.90	24.45
	(1.66)	(1.47)	(3.32)
	16.6 / 19.7	18.0 / 20.6	22.1 / 26.8
Substrato (%)	80 pedra	75 pedra	70 pedra
	10 areia	20 areia	15 areia
	10 cascalho	05 cascalho	15 cascalho
Cobertura do dossel (%)	M. E 100 e 95	M. E 95 e 70	M. E 100 e 85
	M. D 100 e 90	M. D 100 e 75	M.D 100 e 70
	Canal 50 e 40	Canal 20 e 10	Canal 5 e 0

Análise de conteúdo estomacal

Com base nos 176 indivíduos (119 no período seco e 57 no chuvoso) que tiveram o conteúdo estomacal analisado, ficou evidenciado que *C. vidali* tem uma dieta baseada em macroinvertebrados bentônicos, sendo os insetos aquáticos o item predominante (**Tab. 3**).

Foram identificados 36 itens na dieta. Com exceção de Diptera terrestre, todos os itens são de origem autóctone, sendo 26 famílias de insetos aquáticos (itens predominantes), além de outros 9 itens (itens raros): sedimento, abrigo de Trichoptera, material vegetal, macrófita, pupa de Diptera, Nematoda, Mollusca, Acari e fragmentos de insetos aquáticos. Alguns táxons foram exclusivos para determinadas localidades e/ ou determinada estação do ano.

Em RM3 foram exclusivos os itens Hydrophilidae, Calopterigidae, Diptera terrestre e abrigo de Trichoptera; para RM4 foram Ceratopogonidae, Gripopterygidae, Corydalidae, Planorbidae, Nematoda e material vegetal, e em RM7, os itens Muscidae, Calamoceratidae e Leptoceridae. Entre os períodos sazonais, foram exclusivos da estação seca os itens Ceratopogonidae, Muscidae, Calamoceratidae, Polycentropodidae, Calopterigidae, Libellulidae, Gripopterygidae, Corydalidae, Díptera terrestre, Nematoda e material vegetal, enquanto que no chuvoso, Leptoceridae, Hydrophilidae, Planorbidae, abrigo de Trichoptera e macrófita (**Tab. 3**).

De acordo com o Índice de Importância Relativa (IRI) (PINKAS *et al.*, 1971) calculado para as localidades e para os dois períodos, observa-se que em RM3 os itens considerados mais importantes foram Baetidae, Chironomidae e Simuliidae, para RM4, Chironomidae, Baetidae e Hydropsychidae, e para RM7 foram Chironomidae, Baetidae e Simuliidae (**Tab.3**). Em ambos os períodos (seco e chuvoso) os itens Chironomidae, Baetidae e Simuliidae foram os mais importantes, seguindo a mesma ordem (**Tab. 3**). Mesmo o item “Fragmentos” tendo apresentado valores altos, este não será considerado para efeitos de discussão, uma vez que representa uma mistura de vários táxons de insetos aquáticos.

Tabela 3. Abundância relativa (%N), Volume relativo (%V), Frequência relativa (%F) e Índice de importância relativa (IRI) dos itens identificados na dieta de *Characidium vidali* nas três localidades e nos dois períodos sazonais. As letras entre parênteses indicam a ordem a que cada família pertence: C = Coleoptera; D = Diptera; E = Ephemeroptera; M = Megaloptera; O = Odonata; P = Plecoptera e T = Trichoptera. Valores em negrito indicam os três itens mais importantes de acordo com os métodos, Itens em negrito indicam os táxons exclusivos por localidade, em itálico são os itens exclusivos por período sazonal, Valores de IRI preenchidos com cinza mais representam os itens mais importantes, enquanto cinza mais claro representa os menos importantes.

Taxon	RM3 (N= 80)				RM4 (N= 33)				RM7 (N= 63)				Seco (N=119)				Chuvoso (N= 57)			
	%N	%V	%F	IRI%	%N	%V	%F	IRI%	%N	%V	%F	%IRI	%N	%V	%F	%IRI	%N	%V	%F	%IRI
Chironomidae (D)	31,24	6,12	67,53	2522,86	42,38	5,06	70,97	3367,13	49,14	9,09	86,67	5046,67	44,36	6,40	67,23	3412,37	36,20	7,60	89,47	3918,39
Baetidae (E)	33,97	22,26	58,44	3286,14	24,87	12,20	61,29	2271,76	20,72	16,05	68,33	2512,17	24,72	17,47	60,50	2552,61	26,86	15,66	63,16	2685,13
Simuliidae (D)	18,40	8,38	48,05	1286,59	9,46	2,43	32,26	383,30	10,92	5,91	55,00	925,60	12,72	6,66	44,54	862,97	17,26	5,97	50,88	1182,05
Hydropsychidae (T)	3,19	3,53	24,68	165,80	5,95	13,48	58,06	1128,50	7,85	8,77	55,00	914,44	7,03	8,49	38,66	599,78	3,42	6,40	49,12	482,13
Pylalidae (L)	1,09	4,72	18,18	105,74	1,93	8,77	25,81	276,12	1,35	7,00	11,67	97,37	0,97	4,95	15,97	94,67	1,92	7,83	19,30	188,11
Philopotamidae (T)	1,73	2,83	20,78	94,84	0,88	2,71	19,35	69,41	1,12	2,00	20,00	62,44	1,23	2,55	17,65	66,80	1,33	2,17	24,56	86,09
Leptophlebiidae (E)	1,18	5,01	14,29	88,49	0,88	1,07	9,68	18,83	1,12	3,59	16,67	78,55	0,56	2,17	9,24	25,25	1,83	5,12	24,56	170,73
Hydroptilidae (T)	1,64	0,62	18,18	41,01	0,35	0,14	6,45	18,83	0,67	0,36	13,33	13,82	0,51	0,23	7,56	5,64	1,75	0,70	28,07	68,75
Glossosomatidae (T)	1,64	0,57	11,69	25,88	0,70	0,36	9,68	10,23	0,60	0,36	13,33	12,83	0,82	0,36	9,24	10,92	1,17	0,50	15,79	26,39
Hydrophilidae (C)	1,46	2,55	3,90	15,60													1,33	2,40	5,26	19,67
Pupa de Diptera (D)	1,18	0,66	7,79	14,35	0,88	0,36	12,90	15,90	1,72	1,27	26,67	79,81	1,08	0,67	10,92	19,09	1,83	1,05	24,56	70,77
Leptohiphidae (E)	0,64	0,82	6,49	9,47	6,13	5,56	41,94	490,35	1,20	0,73	16,67	32,07	2,31	2,50	21,01	101,07	1,42	0,89	10,53	24,31
Perlidae (P)	0,46	0,86	6,49	8,56	0,70	3,28	9,68	38,53	0,07	0,09	1,67	0,28	0,62	3,12	9,24	34,55	0,17	0,35	3,51	1,81
Hydrobiosidae (T)	0,36	0,37	5,19	3,81	0,18	0,29	3,23	3,18	0,07	0,18	1,67	0,43	0,26	0,39	4,20	2,70	0,08	0,16	1,75	0,42
Elmidae larva (C)	0,46	0,12	3,90	2,25	1,05	0,43	9,68	14,31	0,82	0,64	16,67	24,32	0,72	0,41	7,56	8,55	0,67	0,27	12,28	11,53
Acari	0,18	0,08	2,60	0,69					0,22	0,09	3,33	1,05	0,05	0,03	0,84	0,06	0,33	0,12	5,26	2,37
Calopterigidae (O)	0,27	0,25	1,30	0,67									0,15	0,15	0,84	0,26				
Elmidae adulto (C)	0,27	0,08	1,30	0,46	2,10	1,21	9,68	32,07	0,52	0,50	5,00	5,12	0,05	0,03	0,84	0,06	1,75	1,12	5,26	15,13
Trichoptera (abrigo)	0,18	0,04	1,30	0,29													0,17	0,04	1,75	0,36
Macrófita	0,00	0,16	1,30	0,21					0,00	0,91	1,67	1,52					0,00	0,93	3,51	3,26
Sedimento	0,00	0,16	1,30	0,21	0,00	0,57	12,90	7,36	0,00	0,82	11,67	9,55	0,00	0,46	4,20	1,95	0,00	0,58	12,28	7,14

Taxon	RM3 (N= 80)				RM4 (N= 33)				RM7 (N= 63)				Seco (N=119)				Chuvoso (N= 57)			
	%N	%V	%F	%IRI	%N	%V	%F	%IRI	%N	%V	%F	%IRI	%N	%V	%F	%IRI	%N	%V	%F	%IRI
Ceratopogonidae (D)					0,18	0,14	3,23	1,03					0,05	0,05	0,84	0,09				
Empididae (D)	0,09	0,04	1,30	0,17	0,18	0,07	3,23	0,80	0,07	0,05	1,67	0,20	0,10	0,05	1,68	0,26	0,25	0,08	3,51	1,15
<i>Muscidae (D)</i>									0,07	0,05	1,67	0,20	0,05	0,03	0,84	0,06				
<i>Calamoceratidae (T)</i>									0,07	0,05	1,67	0,20	0,05	0,03	0,84	0,06				
Helycopsychidae (T)	0,09	0,04	1,30	0,17					0,15	0,27	5,00	2,11	0,10	0,15	2,52	0,65	0,08	0,04	1,75	0,21
<i>Leptoceridae (T)</i>									0,15	0,36	3,33	1,71					0,17	0,31	3,51	1,67
<i>Polycentropodidae (T)</i>					0,18	0,21	3,23	1,26	0,15	0,09	3,33	0,80	0,15	0,13	2,52	0,71				
<i>Libellulidae (O)</i>					0,18	0,07	3,23	32,07	0,07	0,68	1,67	1,26	0,10	0,41	1,68	0,87				
Gripopterygidae (P)					0,18	0,64	3,23	2,64					0,05	0,23	0,84	0,24				
Corydalidae (M)					0,18	0,43	3,23	1,95					0,05	0,15	0,84	0,17				
Planorbidae					0,18	0,07	3,23	0,80									0,08	0,04	1,75	0,21
Diptera terrestre	0,09	0,04	1,30	0,17									0,05	0,03	0,84	0,06				
Nematoda					0,18	0,07	3,23	0,80					0,05	0,03	0,84	0,06				
Materia vegetal					0,00	0,29	3,23	0,92					0,00	0,10	0,84	0,09				
Fragmentos	0,00	39,67	84,42	3348,89	0,00	40,09	90,32	3620,63	0,00	40,09	85,00	3407,73	0,00	41,55	84,03	3491,46	0,00	39,69	92,98	3690,47

O índice de Pianka, utilizado como uma medida de similaridade para comparação da dieta das populações de *C. vidali* entre as três localidades e entre os dois períodos, revelou uma elevada sobreposição em todas as comparações entre pares, indicando um consumo similar de itens (valor máximo = 1) em altitudes diferentes do rio Macaé e entre os dois períodos (seco e chuvoso) (**Tab. 4**).

Tabela 4. Sobreposição de nicho alimentar entre as três localidades e entre os dois períodos.

θ	RM3	RM4	RM7	Chuvoso
RM3	-	0,93	0,97	-
RM4	0,93	-	0,97	-
RM7	0,97	0,97	-	-
Seco	-	-	-	0,98

A amplitude de nicho calculada através do índice de Simpson variou de 4,44 (RM3) a 4,76 (RM4). Entre os períodos sazonais a variação também foi baixa (**Tab. 5**).

Tabela 5. Amplitude de nicho demonstrada através do Índice de Simpson (D), Riqueza (S) de itens e número de itens exclusivos da dieta.

Localidades & Períodos	Simpson (D)	Riqueza (S)	Nº de itens exclusivos
RM3	4,44	25	4
RM4	4,76	26	6
RM7	4,69	26	3
Seco	4,46	31	12
Chuvoso	4,86	25	5

Na Análise de Correspondência (**Fig. 7**) escores extremos positivos no eixo 1 foram associados ao consumo de Chironomidae, Hydroptilidae, Acari e Helycopsychidae, enquanto escores negativos foram associados ao consumo de Leptophlebiidae, Perlidae e Pyralidae (**Tab. 6**). No segundo eixo, os maiores escores positivos foram associados ao consumo de Libellulidae e Hydrophiliidae, e os negativos a Baetidae e Simuliidae.

A análise sugere sobreposição da dieta entre localidades e períodos do ano, com a maior parte dos indivíduos agrupados na região central do gráfico. Indivíduos das localidades RM7 seca e RM3 seca e cheia foram os que ocuparam o espaço mais amplo em relação a ambos os eixos, ao passo que aqueles de RM4 (seca e cheia) ocuparam um espaço restrito no eixo 1 a mais amplo no eixo 2 (**Fig. 7**).

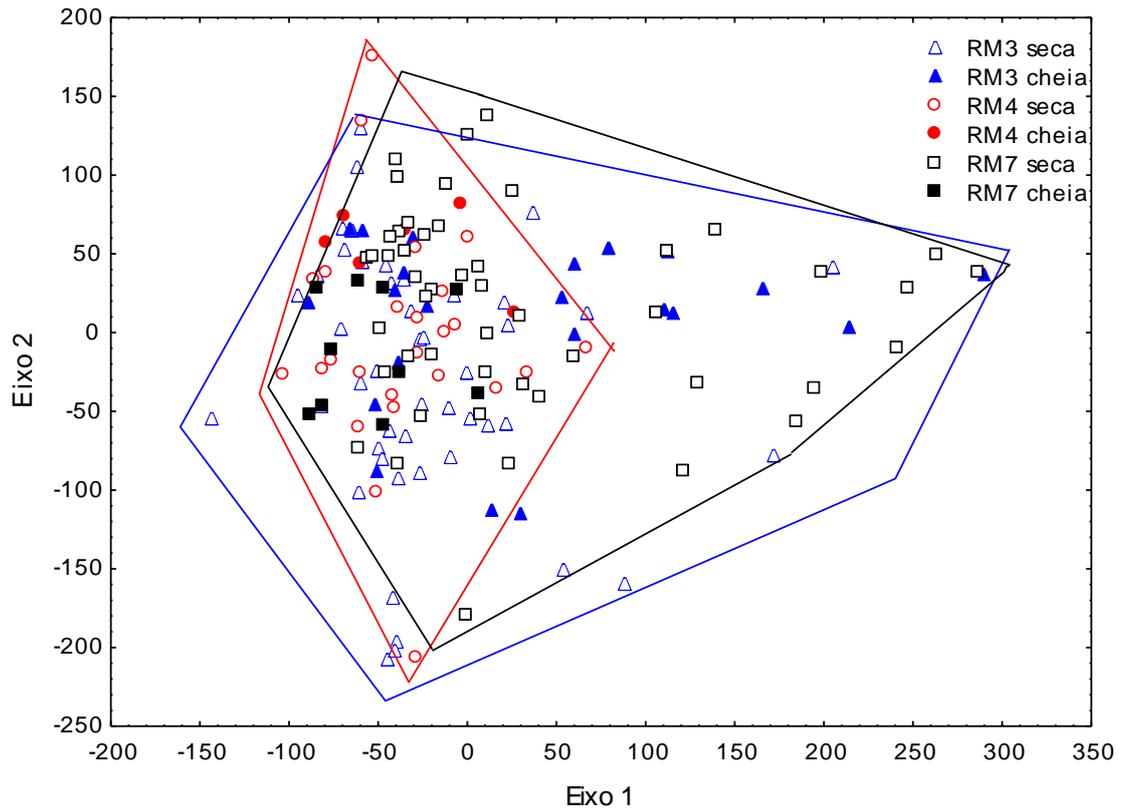


Figura 7. Análise de Correspondência (CA) baseada nas proporções volumétricas de itens alimentares consumidos por *Characidium vidali* no rio Macaé (RJ). Símbolos diferentes designam distintas localidades, símbolos vazados correspondem aos meses de seca, e símbolos cheios aos meses de cheia. Eigenvalues: 0,407 (eixo 1) e 0,329 (Eixo 2)

Foi verificada uma diferença significativa ($H = 33,85$; $p = 0,003$) para os escores do primeiro eixo entre as localidades por período sazonal através do teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis. As estações seca e chuvosa de RM3 ($p = 0,02$) e de RM7 ($p = 0,003$) foram significativamente diferentes entre si (teste *post hoc* de Dunn). RM3, tanto na seca ($p = 0,001$) quanto na chuvosa ($p = 0,01$), diferiu de RM7 chuvosa. RM4 e RM7 no período de seca também diferiram ($p = 0,007$). Considerando apenas as duas estações (seca e chuvosa) agrupando as localidades, não houve diferença significativa ($p = 0,94$).

Tabela 6. Autovetores dos eixos 1 e 2 da Análise de Correspondência (CA) para os dados da dieta de *Characidium vidali* no Rio Macaé (RJ), em três localidades e duas estações do ano. Os escores estão organizados do maior para o menor no eixo 1.

Item	Eixo 1	Eixo 2
Chironomidae	290	37
Hydroptilidae	233	44
Acari	217	37
Helycopsychidae	204	-26
Glossosomatidae	173	-21
Elmidae larva	151	4
Pupa de Díptera	99	-73
Simuliidae	98	-168
Leptohyphidae	-19	1
Polycentropodidae	-26	-17
Leptoceridae	-27	22
Philopotamidae	-42	31
Hydropsychidae	-54	194
Baetidae	-57	-214
Elmidae adulto	-63	164
Fragmentos	-65	65
Sedimento	-68	55
Libellulidae	-101	345
Macrófita	-141	-16
Hydrophilidae	-148	200
Hydrobiosidae	-151	83
Pyralidae	-157	-123
Perlidae	-179	12
Leptophlebiidae	-209	-15

O diagrama de AMUNDSEN *et al.* (1996) revela que a população de *C. vidali* apresenta uma estratégia generalista com uma ampla largura de nicho, com a maior parte da população se alimentando de muitos itens, porém em pequenas quantidades. Baetidae e Chironomidae também foram consumidos em pequenas quantidades, porém foram consumidos por mais de 50% da população. O item Hydrophilidae foi consumido em grandes quantidades por alguns poucos indivíduos, representando casos de especialização individual em relação ao restante da população (**Fig. 8**).

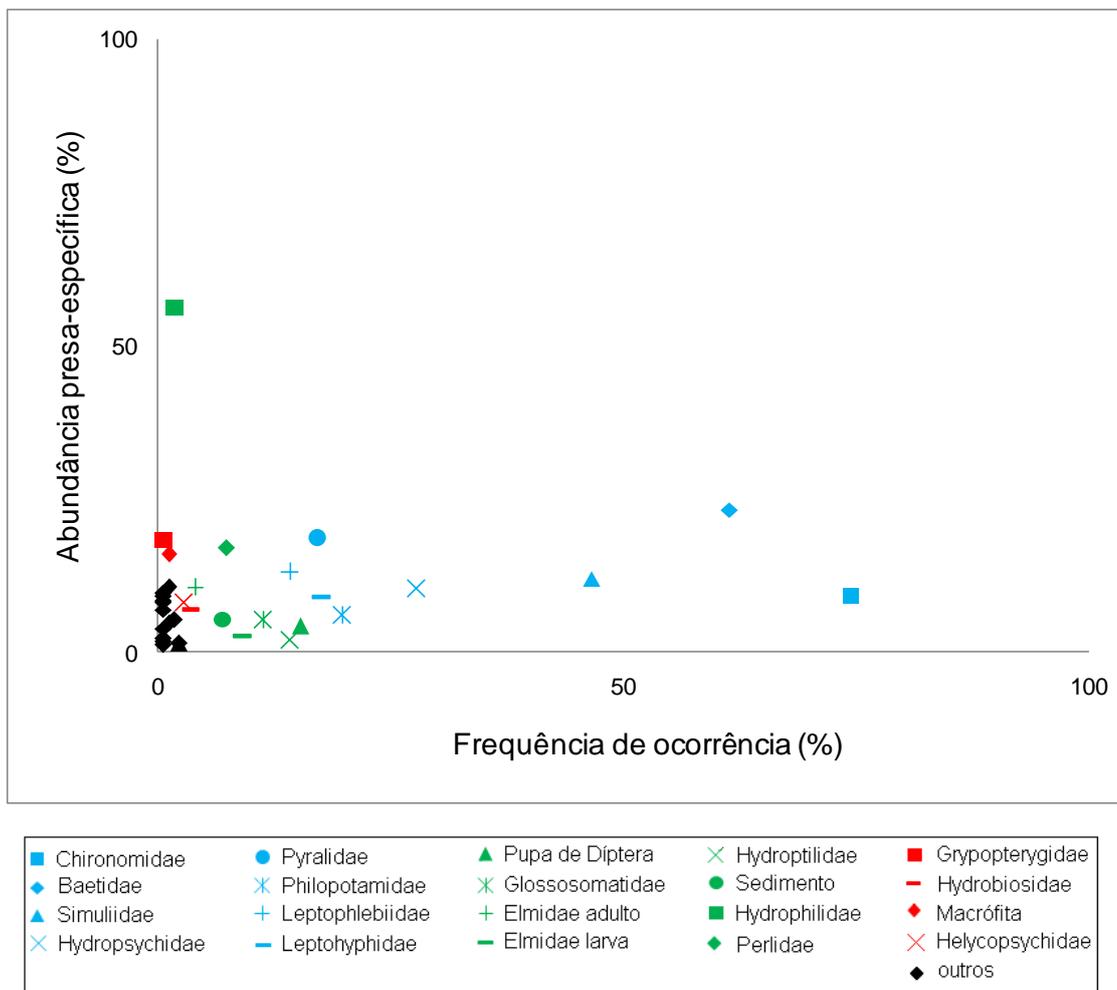


Figura 8. Diagrama de Amundsen *et al.*, (1996) para representação da estratégia alimentar de *Characidium vidali* no rio Macaé.

Análise de isótopos estáveis

A Figura 9 mostra os gráficos *biplot* das assinaturas de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ dos diferentes recursos basais, insetos aquáticos e tecido muscular de *C. vidali* considerando-se as três localidades separadamente (Figs. 9 a-c) e também agrupadas (Fig. 9d). Observa-se que com relação às assinaturas de $\delta^{15}\text{N}$ *C. vidali* é consumidor secundário, pois suas assinaturas de $\delta^{15}\text{N}$ são mais enriquecidas em relação aos demais organismos da cadeia. Com relação ao $\delta^{13}\text{C}$ observa-se uma diferença entre as assinaturas dos indivíduos das localidades RM3 e RM4 com relação aos indivíduos de RM7, onde as assinaturas foram mais enriquecidas. Ainda com relação ao $\delta^{13}\text{C}$, na localidade RM4 é possível verificar que provavelmente *C. vidali* não esteja assimilando Plecoptera e Lepdoptera. Nas demais localidades não é possível determinar itens não assimilados.

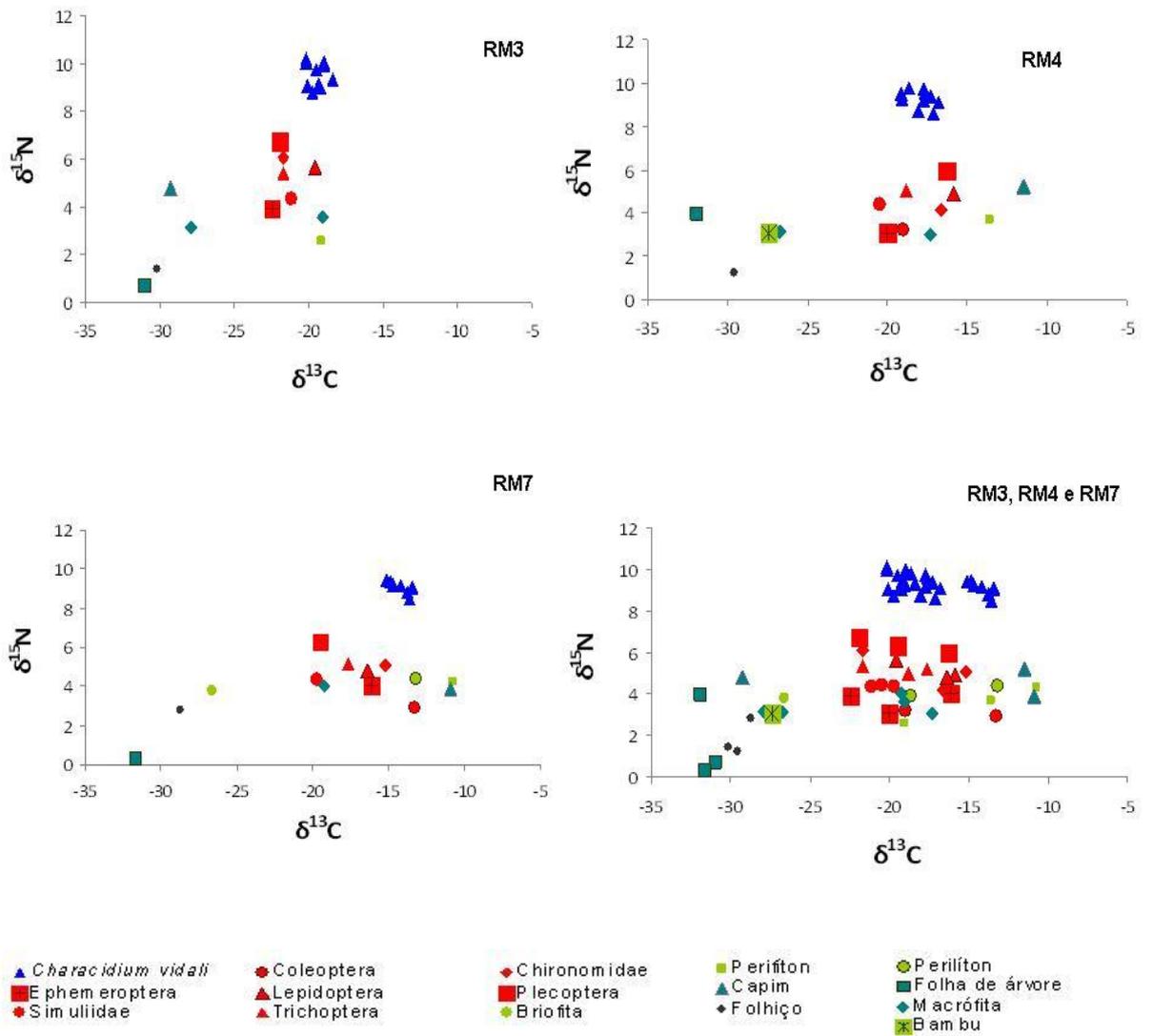


Figura 9. Assinaturas isotópicas de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ dos organismos amostrados no rio Macaé.

Foi verificada diferença significativa entre as medianas das assinaturas de $\delta^{13}\text{C}$ em *C. vidali* de RM7 quando comparadas com RM3 ($p = 0,0001$) e RM4 ($p = 0,0387$). Entre RM3 e RM4 não houve diferença significativa ($p = 0,058$). Para apresentação gráfica, os valores das assinaturas de $\delta^{13}\text{C}$ foram considerados positivos (**Fig. 10**). Não foi detectada diferença significativa entre as medianas das assinaturas isotópicas $\delta^{13}\text{C}$ em *C. vidali* entre os dois períodos (seco e chuvoso) em nenhuma das localidades (Teste t): RM3 ($p = 0,631$), RM4 ($p = 0,540$) e RM7 ($p = 0,076$). Os valores brutos de ^{13}C e ^{15}N constam no Anexo I.

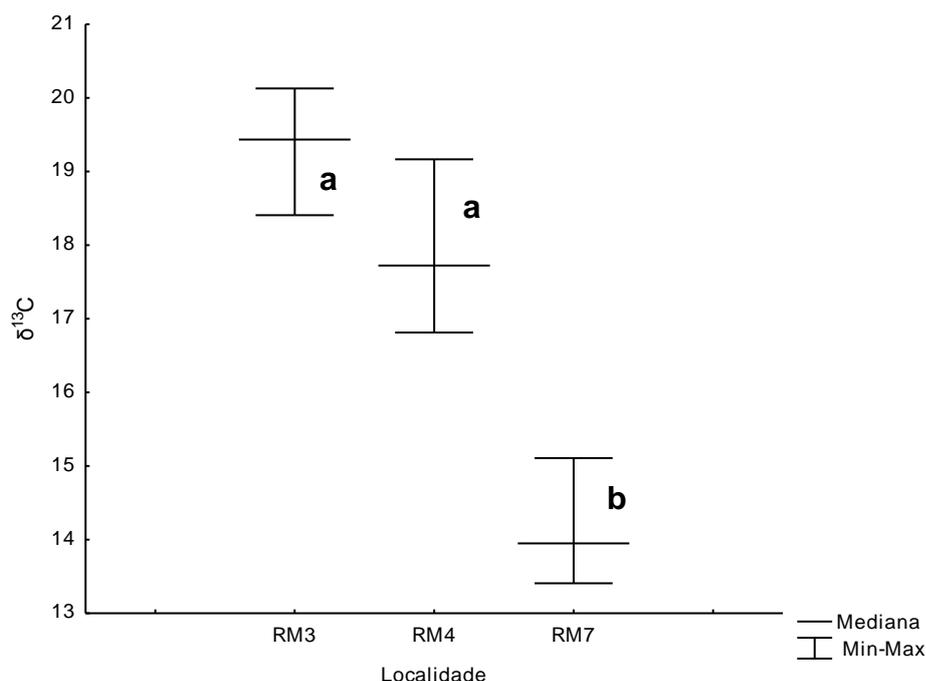


Figura 10. Representação das medianas de valores isotópicos de ^{13}C em tecido muscular de *C. vidali* nas três localidades amostradas do rio Macaé. Letras diferentes indicam medianas significativamente diferentes (Kruskal Wallis $p < 0,05$).

De acordo com as faixas de contribuição calculadas pelo Programa IsoSource 1.3.1 foi possível verificar que o carbono de origem autóctone é mais importante para *C. vidali*, pois suas presas diretas (insetos aquáticos) assimilaram mais, em seus tecidos, algas do periflton e periflton, além de macrófitas (**Fig. 11**). A contribuição de capim também pode ser considerada importante, tendo sido maior inclusive que macrófitas em RM7. No entanto, outras plantas de origem terrestre (folhas de árvores) tiveram baixa contribuição (**Fig. 11**).

Na localidade RM7, o item mais assimilado no tecido muscular de *C. vidali* foi Coleoptera, evidenciado pelos valores mínimo, médio e máximo (**Fig. 12b**). Já em RM4, embora Chironomidae tenha apresentado um valor médio de contribuição levemente maior, os valores das assinaturas de $\delta^{13}\text{C}$ são muito semelhantes entre todas as presas, gerando percentuais de contribuição que podem variar de zero (mínimo) até mais de 60% (máximo) ou mesmo 90%, no caso de Chironomidae, Coleoptera e Trichoptera (**Fig. 12a**). Assim, não se pode afirmar qual é a presa que está sendo mais assimilada por *C. vidali* nesta localidade. Da mesma forma, em RM3, os valores foram muito semelhantes. Porém, nesse caso o programa IsoSource não conseguiu calcular as faixas de contribuição que expliquem os valores encontrados no tecido muscular de *C. vidali*, provavelmente porque não foram coletadas fontes de alimento com assinaturas de carbono mais enriquecidas que -20. (**Fig. 9**).

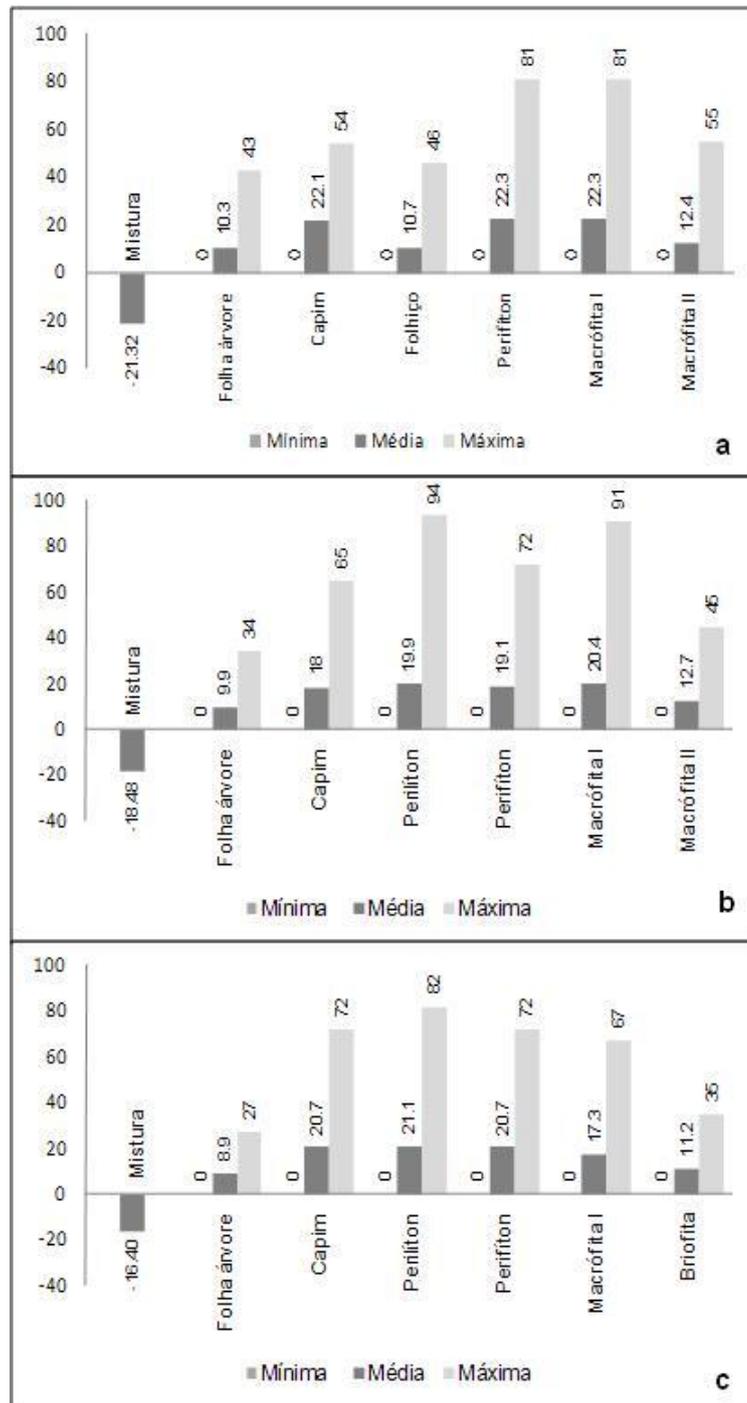


Figura 11. Faixas de contribuição dos recursos basais (Produtores primários) assimilados ao tecido das presas (Insetos aquáticos) de *C. vidali*, obtidas através do Programa IsoSource 1.3.1 nas três localidades, sendo **a** = RM3, **b** = RM4 e **c** = RM7.

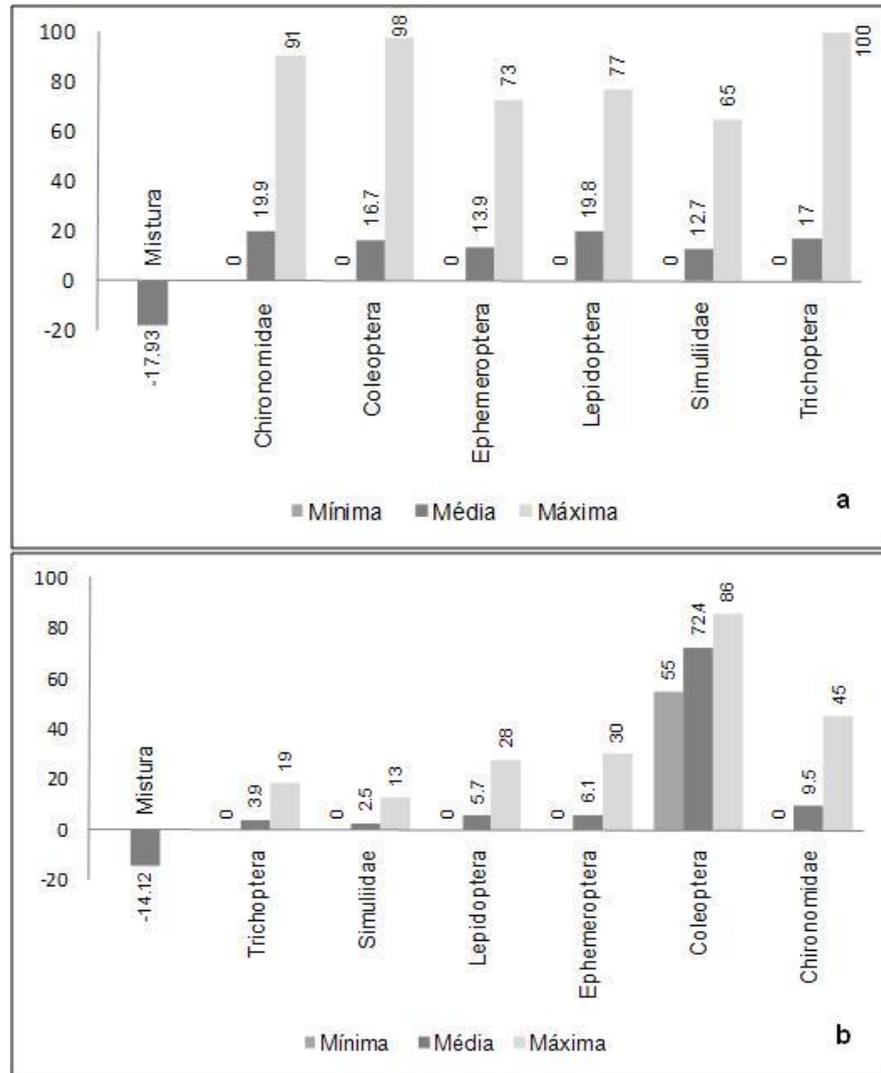


Figura 12. Faixa de contribuição das presas (Insetos aquáticos) assimilados ao tecido de *C. vidali* através do Programa IsoSource 1.3.1 em duas das três localidades, sendo **a** = RM4 e **c** = RM7.

O maior grau de palatabilidade, entre os insetos aquáticos, foi apresentado por Lepidoptera, seguido de perto por Simuliidae (**Fig. 13**). Entre os recursos basais consumidos pelos insetos aquáticos, perífiton foi o que apresentou maior palatabilidade (**Fig. 14**).

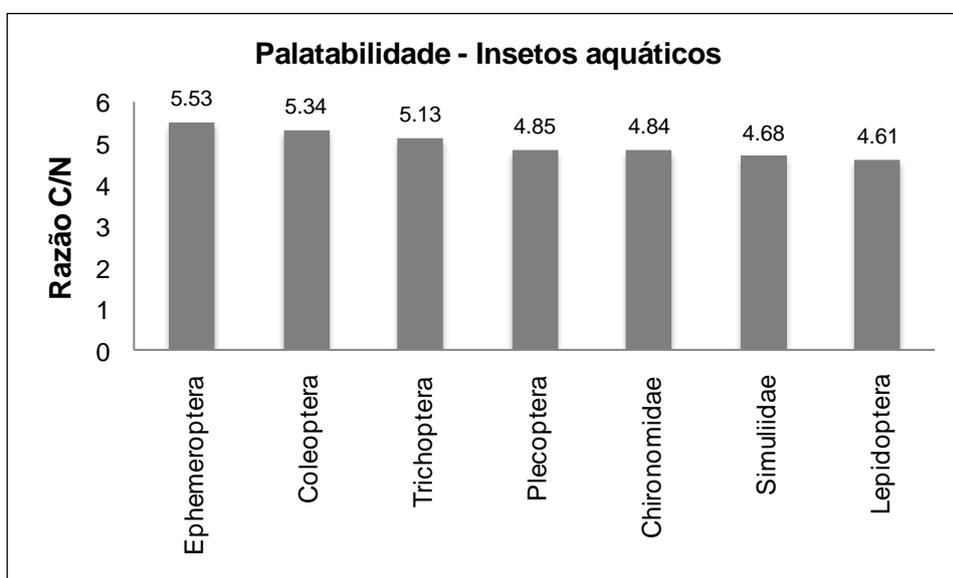


Figura 13. Palatabilidade de insetos aquáticos demonstrada pela razão C/N.

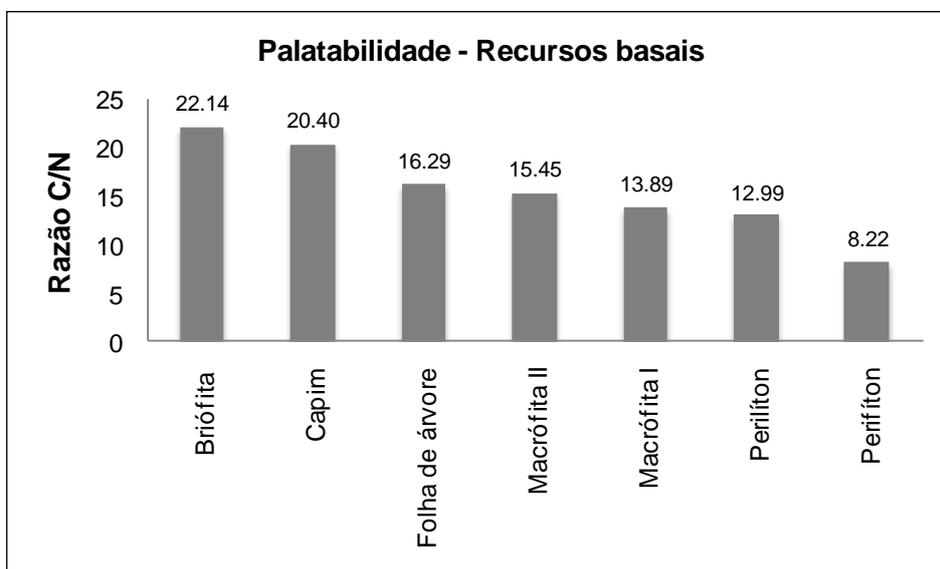


Figura 14. Palatabilidade de recursos basais demonstrada pela razão C/N.

A posição trófica calculada através do algoritmo de ADAMS *et al.*, (1983) variou de 2,57 a 2,59 e através da fórmula de CABANA & RASMUSSEN (1996) variou de 3,29 a 3,73, ambos os resultados indicam que a espécie é consumidora secundária (**Tab. 7**).

Tabela 7. Valores obtidos para posição trófica em cada um dos pontos, calculados com base no Análise de conteúdo estomacal (ACE) e Isótopos de ^{15}N .

	P. trófica - ACE	P. trófica - δ ^{15}N
RM3	2,59	3,35
RM4	2,58	3,73
RM7	2,57	3,29
Média	2,58	3,46

Ecomorfologia

Na tabela 8, são apresentados os resultados dos 11 índices morfológicos calculados para *C. vidali* no rio Macaé.

A variável “Orientação da Boca” não consta na tabela, porém foi identificado o plano vertical, que corresponde a uma posição terminal da boca.

Tabela 8. Média (M) e desvio padrão (DP) dos índices morfológicos selecionados para *C. vidali*. Sendo, (IC) índice de compressão, (AR) altura relativa, (CRPC) Comprimento relativo do pedúnculo caudal, (ICPC) Índice de compressão do pedúnculo caudal, (PNP) proporção da nadadeira peitoral, (CRC) comprimento relativo da cabeça, (PRO) posição relativa do olho, (Diâmetro relativo do olho), (LRB) largura relativa da boca, (ARB) altura relativa da boca e (CRI) comprimento relativo do intestino.

	IC	AR	CRPC	ICPC	PNP	CRC	PRO	DRO	LRB	ARB	CRI
M	1,40	0,20	0,05	5,51	1,57	0,21	0,46	0,17	0,02	0,02	0,39
DP	0,20	0,02	0,01	1,26	0,24	0,01	0,04	0,01	0,01	0,01	0,07

A regressão linear entre comprimento padrão de *C. vidali* e comprimento total de Chironomidae apresentou relação nula para os dois períodos, com $R^2 = 0,001$ (**Fig. 15**). Com relação a Baetidae a relação também foi nula ($R^2 = 0,001$) (**Fig. 16**). Tais resultados mostram que a variação do tamanho da presa consumida não depende do tamanho do predador, porém é possível observar que indivíduos de *C. vidali* com comprimento padrão (Cp) até 4,5 cm só consumiram o item Baetidae de no máximo 3 mm de comprimento total (Ct) (**Fig. 16**).

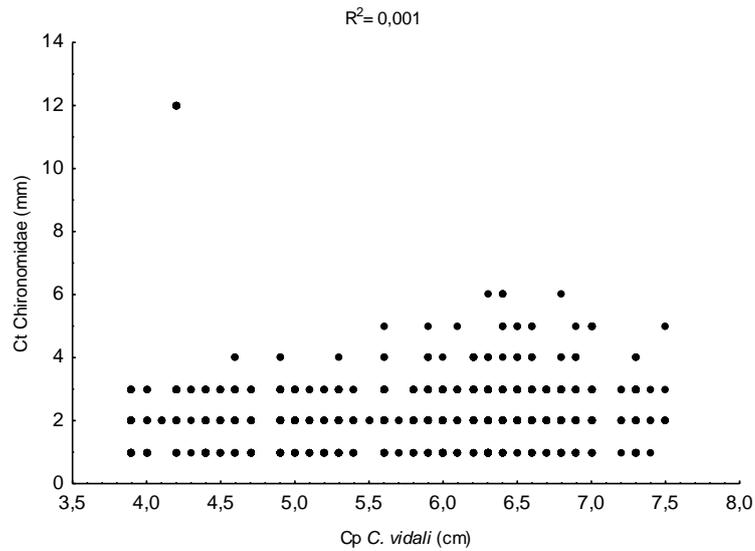


Figura 15. Regressão linear entre comprimento padrão de *C. vidali* (eixo X) e comprimento Total de Chironomidae (eixo Y).

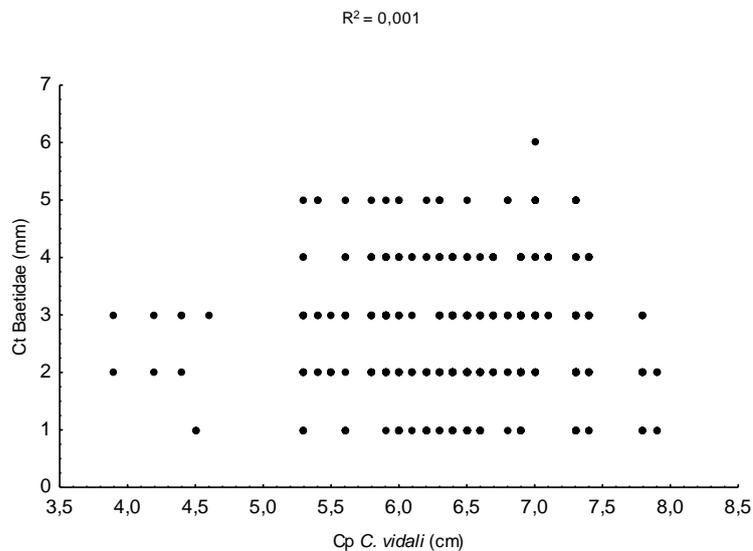


Figura 16. Regressão linear entre comprimento padrão de *C. vidali* (eixo X) e comprimento Total de Baetidae (eixo Y).

Observações subaquáticas

Foram observados diretamente seis indivíduos de *Characidium vidali*. Todos os indivíduos estavam no canal central a uma distância relativa de 80 cm das margens, sempre ocupando o leito do rio, sendo observado raramente no substrato de cascalho e predominantemente em pedras, em ambiente de correnteza moderada a forte (**Fig. 17; Tab. 9**).

Os indivíduos dispararam botes curtos para capturar suas presas, em uma média de seis botes no substrato durante o período de 5 minutos, porém não foi possível verificar se a cada bote consegue capturar a presa (**Fig. 17**). Não foi observado nenhum tipo de comportamento alimentar em grupo, mesmo quando o indivíduo observado não era o único no momento da observação.

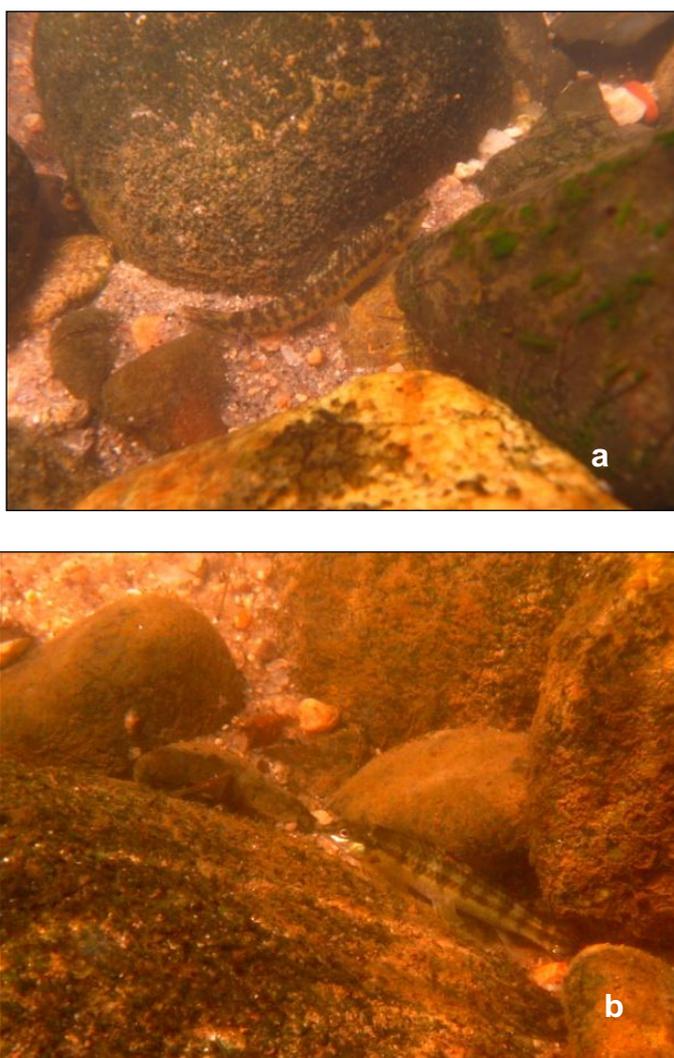


Figura 17. Exemplos de *Characidium vidali* forrageando no leito do rio Macaé, RJ. **(a)** estacionado no substrato arenoso; **(b)** estacionado no substrato pedregoso.

Tabela 9. Média, desvio padrão, mínima e máxima das variáveis profundidade e fluxo observados em RM7 durante as sessões de observação aquática.

RM7	Profund. (cm)	Fluxo (m/s)
Média	51.36	0.86
Desv. Padrão	10.50	0.16
Min./ Máx.	31 / 63	0.45 / 1.05

6. Discussão

No rio Macaé, *Characidium vidali* foi classificado como consumidor secundário, insetívoro, com predominância de insetos aquáticos em proporções semelhantes na dieta, tanto espacialmente (gradiente longitudinal) quanto sazonalmente (períodos secos e chuvosos). Chironomidae, Simuliidae e Baetidae foram os recursos alimentares mais importantes em todas as localidades e períodos. No entanto, nem sempre coincidiram com os itens mais assimilados. Na localidade mais a jusante (RM7), Coleoptera foi o item mais assimilado ao tecido muscular de *C. vidali*, enquanto nos trechos superior e médio-superior (RM3 e RM4, respectivamente), não foi possível identificar uma fonte única de maior contribuição para a dieta. A principal fonte basal de carbono, estimada pela assinatura isotópica de suas presas, foi proveniente de perílton, perifíton e macrófitas, ou seja, de origem autóctone. Porém, a contribuição de capim (alóctone) também não pode ser desprezada. Indivíduos maiores de *C. vidali* consomem suas presas sem preferência por tamanho, e os menores provavelmente apresentam restrição morfológica para presas maiores. Atributos ecomorfológicos corroboraram a ocupação do hábitat de *C. vidali* (substrato pedregoso de fundo com correnteza moderadamente forte) e a tática de forrageamento (*Sit-and-wait predation*) observados através do mergulho livre.

A hipótese de que haveria diferenças no consumo de itens alóctones nos eixos temporal e espacial, sendo mais consumidos na época de chuvas e no trecho superior, não foi corroborada. As análises de conteúdo estomacal (ACE) revelaram que *C. vidali* tem uma dieta composta exclusivamente por insetos aquáticos, sendo a única exceção o item Diptera terrestre, provavelmente consumido de modo acidental, pois foi observado em um único estômago. Outras espécies do gênero também foram reportadas consumindo uma grande riqueza de insetos aquáticos (e.g. ARANHA *et al.* 2000; ROMÁN-VALENCIA *et al.* 2006).

Da mesma forma, a principal fonte de carbono assimilado pelas presas de *C. vidali* no rio Macaé são provenientes principalmente da produtividade primária interna do sistema (macrófitas, perifíton e perílton) nas três localidades ao longo do rio e em ambos os períodos. A profundidade da água, concentração de nutrientes, cobertura do dossel e largura dos corpos d'água são reportados como principais fatores que influenciam a disponibilidade de recursos autóctones e alóctones para a cadeia alimentar (DOI, 2009). Sendo essas características variáveis no curso longitudinal do rio, com trechos superiores com metabolismo predominantemente heterotróficos devido à baixa produtividade primária e maior aporte de recursos alóctones (VANNOTE *et al.*, 1980) esperava-se então que *C. vidali* refletisse essa disponibilidade de recursos no rio Macaé. Ao contrário, a hipótese de que carbono de origem alóctone seria mais assimilado no trecho superior, não foi confirmada.

O *Riverine Productivity Model* (THORP & DELONG, 1994) enfatiza a conexão entre a paisagem (entorno) e os processos do rio, porém sustenta que o carbono transferido a níveis tróficos mais altos passa pela cadeia de produção primária autóctone ao invés da cadeia de detritivoria, mesmo em ambientes com grande aporte alóctone. Os recursos autóctones seriam mais importantes, por serem mais facilmente assimiláveis pelos consumidores primários (THORP & DELONG, 1994). De fato, outros estudos em corpos d'água tropicais e sub-tropicais verificaram que a principal fonte de carbono para os consumidores foi de origem autóctone, com as algas sendo os produtores mais assimilados (e.g. FUENTES *et al.*, 2006, em um córrego na região sudeste do Brasil; BUNN *et al.*, 2003, em drenagens de um lago na Austrália; MOULTON, 2006, em córregos de Mata Atlântica). O presente estudo sustenta esse padrão, desta forma refutando a hipótese inicial de que nos trechos superiores, itens alóctones seriam mais importantes. Ao contrário, a hipótese sobre o trecho intermediário é aceita, já que o carbono basal de origem autóctone foi mais importante em todos os trechos.

Os altos valores do Índice de Pianka indicam alta similaridade no consumo de recursos ao longo do gradiente do rio Macaé e entre os dois períodos analisados, resultado que já havia sido parcialmente observado por Pereira (2010) para *C. vidali* no Rio Macaé. No entanto, o teste dos escores da CA revelaram diferenças significativas entre as estações em duas das três localidades. Variações sazonais na dieta dos peixes podem acompanhar a variação sazonal na disponibilidade de recursos (SCHLOSSER, 1982). Vários estudos no Brasil têm verificado diferenças sazonais na dieta de peixes, tanto de ordem quantitativa como qualitativa (e.g. ARANHA *et al.* 2000; MAZZONI & REZENDE, 2003; MOTTA & UIEDA, 2004; BARRETO & ARANHA, 2006; ROMÁN-VALENCIA *et al.*, 2006, PINTO & UIEDA, 2007, MANNA, 2010). Para *C. vidali* no Rio Macaé esperava-se que amplitude de nicho seria maior na época de chuvas e no trecho inferior (hipótese iii). De fato, a amplitude de nicho foi maior no período chuvoso, porém essa hipótese não foi corroborada, pois as chuvas não foram responsáveis por essa maior amplitude de nicho, uma vez que a espécie só se alimentou de itens autóctones, isto é o carreamento de recursos pelas chuvas não foram diretamente aproveitados por *C. vidali*, e no trecho mais inferior a amplitude não foi maior.

A riqueza de itens alimentares e o número de itens exclusivos foram maiores no período de seca do que no chuvoso. Essa diferença pode ser atribuída à maior estabilidade do ambiente devido a estiagem, que reduz a velocidade da água, aumenta os íons na água e favorece um acúmulo de detritos no sedimento, ao contrário do período chuvoso, quando o aumento da vazão e do fluxo pode causar a remoção desses organismos, reduzindo a riqueza e abundância dos recursos alimentares (KIKUCHI & UIEDA 1998).

Os itens Chironomidae, Baetidae e Simuliidae foram os mais importantes para dieta de *C. vidali* de acordo com IRI – PINKAS *et al.* (1971), seguidos por Hydropsychidae e Peralyidae. Comparando-se os três métodos que compõem o IRI (abundância, volume e frequência de ocorrência relativos) foi possível observar que em um ranking de 1 a 3, essas três famílias também foram as mais importantes, independente do método. BRAZIL-SOUZA *et al.* (2009), comparando métodos e índices aplicados a dieta de *Auchenipterus nuchalis* (Siluriformes; Auchenipteridae), um siluriforme também insetívoro, verificaram que os itens dominantes continuavam ocupando o mesmo *ranking*, independente do método ou combinação de métodos empregados, havendo maior variação entre os itens secundários. Assim, para peixes insetívoros, a escolha do método ou índice mais adequado, dependerá dos outros objetivos específicos do trabalho além da simples caracterização da dieta. No presente estudo, o IRI foi selecionado por se tratar, a princípio, de um índice mais completo, pois combina número e volume, além da frequência de consumo pela população; Mostrou-se satisfatório para caracterizar a dieta de *C. vidali* e também comparar com outros trabalhos sobre espécies do mesmo gênero, apesar de utilizarem, usualmente, outros índices (HAHN & DELARIVA, 2003).

Chironomidae, Baetidae e Simuliidae também estiveram entre os itens mais importantes na dieta de outras espécies congêneras em riachos de Mata Atlântica: *C. lanei* e *C. pterostictum* (ARANHA *et al.*, 2000), *C. schubarti* (MOTTA & UIEDA, 2004) e *Characidium* sp (REZENDE, 2009). Essas três famílias de insetos aquáticos são consideradas os táxons mais abundantes em estudos de comunidades de macroinvertebrados bentônicos de riachos de Mata Atlântica (e.g. BUENO *et al.*, 2003, CARVALHO & UIEDA 2004, RIBEIRO & UIEDA 2005, REZENDE, 2009). A distribuição de insetos aquáticos em sistemas lóticos é resultante da interação entre o hábito, condições físicas que caracterizam o habitat, e a disponibilidade alimentar (MERRIT & CUMMINS, 1996; GREWOOD & COULET, 1996; CARVALHO & UIEDA, 2004), onde a velocidade da correnteza, temperatura e oxigênio dissolvido são as variáveis abióticas mais importantes (ALLAN, 1995).

Alguns táxons foram exclusivos na dieta de *C. vidali* em cada localidade, porém as localidades do trecho superior apresentaram um número maior de táxons exclusivos. Isto pode ser explicado pelo fato de que, nos trechos superiores do Rio Macaé, a diversidade e abundância de insetos aquáticos é maior, segundo BAPTISTA *et al.* (2001). Essa exclusividade também pode estar relacionada à própria distribuição diferenciada desses táxons ao longo do rio, porém, para estabelecer essa relação, seria necessário conhecer a guilda funcional a que pertence cada um. De acordo VANNOTE *et al.* (1980), as comunidades bióticas se ajustam de acordo com as características físicas do rio, com as guildas específicas mais comuns a cada trecho. No entanto, dentro do nível taxonômico de

família (utilizado no presente trabalho) podem haver mais de uma guilda (MERRITT & CUMMINS, 1996), o que dificulta explicar as exclusividades encontradas em cada localidade.

Apesar de Chironomidae ter sido o item mais abundante e mais importante (IRI) no conteúdo estomacal de *C. vidali*, o modelo de mistura não indicou esse item como o mais assimilado no tecido muscular em nenhuma das localidades amostradas, não corroborando assim a hipótese IV, que previa que os itens mais abundantes na dieta seriam os mais assimilados.

As principais causas de variações na composição isotópica ($\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$) de peixes são: tamanho dos indivíduos, fracionamento isotópico, tipos de tecidos analisados, qualidade da dieta e *turn over* isotópico (FRY *et al.*, 1999; POST, 2002). Independente destas características individuais, a composição isotópica do animal pode variar com a sazonalidade e o local onde os animais exploram suas fontes alimentares (SMITH *et al.* 1996). No rio Macaé, as assinaturas de $\delta^{13}\text{C}$ não variaram significativamente entre as estações do ano (períodos seco e chuvoso). Em termos espaciais, ao contrário, foi encontrada diferença significativa entre os valores de $\delta^{13}\text{C}$ das populações do ponto localizado no trecho médio (RM7) e aqueles dos pontos situados a montante (RM3 e RM4), evidenciando que as populações de *C. vidali* estão assimilando fontes diferentes no gradiente longitudinal do rio.

O fato de os peixes coletados em RM7 terem um enriquecimento maior de $\delta^{13}\text{C}$ pode ser atribuído a uma maior contribuição de gramíneas para as presas mais assimiladas por de *C. vidali* nesse ponto (Coleoptera). Esse resultado também parece estar de acordo com as características fito-fisionômicas do trecho médio, onde é possível observar com mais frequência a substituição da mata de galeria por capim, nas margens. BENEDITO-CECILIO *et al.* (2000) verificaram variações sazonais (período de cheia e seca) e espaciais (ao longo dos rios Solimões e Amazonas) na contribuição das fontes de $\delta^{13}\text{C}$ para o tambaqui (*Colossoma macropomum*), sendo as assinaturas de $\delta^{13}\text{C}$ mais enriquecidas no sentido montante-jusante.

Existe uma grande variação na composição isotópica de cada indivíduo, seja planta ou animal, e que pode ser maior do que a variação exibida entre diferentes organismos (OLIVEIRA, 2003). Indivíduos com dieta similar podem exibir diferentes composições isotópicas, devido a intrínseca variabilidade na eficiência de assimilação, na incorporação de nutrientes e entre outros processos internos do metabolismo dos nutrientes (BEN-DAVID & SCHELL, 2001). Essa variabilidade intra-específica pode reduzir a precisão do método isotópico na determinação das fontes alimentares (POST, 2002).

Uma medida indireta do quanto determinado item é potencialmente aproveitável, é o grau de palatabilidade, medido pela relação C:N. Recursos que apresentam valores

menores, ou seja, taxas maiores de nitrogênio do que de carbono, são teoricamente mais lábeis, sendo mais facilmente assimiláveis. Recursos com maiores quantidades de carbono, como as plantas, são mais refratários. FÁDEL & ALBRECHT (2009) encontraram que gramíneas (plantas C4) foram o item mais refratário, mas também o mais assimilado em músculo de duas espécies de *Rineloricaria* do rio Macaé. Como este é um peixe detritívoro, acredita-se que possa apresentar associação com microorganismos que auxiliam na digestão em seu longo intestino, como já demonstrado para outros loricariídeos (e.g. NELSON *et al.*, 1999). Para os recursos consumidos por *C. vidali*, o item Pyralidae foi o que apresentou grau de palatabilidade mais alto (baixa razão C/N), enquanto que para Ephemeroptera, foi baixo. Dados sobre a relação C:N para produtores aquáticos dulcícolas são escassos. THORP *et al.* (1998) relataram valores de C: N que variam de cerca de 8 a 10 para algas bentônicas e 11 e 12 para macrófitas no rio Ohio (EUA), sendo os valores das algas semelhantes aos valores encontrados para relação C:N das algas perifíticas do Rio Macaé, sendo elas os produtores mais palatáveis e Briófitas, menos palatável.

Informações sobre a importância da presa e estratégia alimentar do predador podem ser obtidas através do exame da distribuição dos pontos ao longo dos eixos e diagonais do diagrama de AMUNDSEN *et al.* (1996). Ficou evidenciado que a população de *C. vidali* apresenta uma estratégia generalista, com uma ampla largura de nicho, pois se alimenta de um grande número de itens, porém em pequenas quantidades, demonstrado pela maior parte dos pontos na parte inferior do gráfico. Foi verificado também um possível caso de especialização por parte de alguns indivíduos de *C. vidali* pela presa Hydrophilidae, sendo este um dos itens exclusivos da localidade RM3, no trecho superior. Esta família é a segunda mais abundante dentre os membros aquáticos da ordem Coleoptera (MERRITT & CUMMINS, 1996). Por esta característica, seriam presas potenciais para os peixes; no entanto, são bons nadadores e mais restritos a ambientes de remanso com vegetação (MERRITT & CUMMINS, 1996), de modo que somente alguns indivíduos de *C. vidali* capturaram essas presas. Isto demonstra que alguns indivíduos são capazes de explorar ambientes e recursos que se diferenciam do restante da população, caracterizando casos de especialização individual (BRAZIL-SOUSA, 2010) dentro de uma população generalista.

Os generalistas são potencialmente capazes de utilizar todos os recursos alimentares que sejam adequados a sua tática alimentar, morfologia e capacidade digestiva (GERKING, 1994). A mesma estratégia generalista foi observada para duas espécies de carnívoros no rio Macaé, com suas dietas variando desde itens raros a muito freqüentes, porém consumidos em pequenas quantidades (BRAZIL-SOUZA *et al.* 2009). Segundo LOWE-McCONNELL (1999), o hábito generalista é predominante em sistemas lóticos, onde a maioria das espécies pode mudar de um recurso para outro, tão logo ocorram alterações na abundância relativa do recurso alimentar em uso, motivadas por alterações espaciais e

sazonais (GERKING, 1994; ABELHA *et al.*, 2001) ou mesmo imprevisíveis, como enxurradas.

A exploração e o uso do habitat pelos peixes estão fortemente relacionados com a disponibilidade dos recursos alimentares e dos parâmetros físicos, como velocidade da correnteza, tipo de substrato e profundidade da coluna d'água (RINCÓN, 1999). *Characidium vidali* é uma espécie bentônica, que vive em ambientes de correnteza moderada a forte, substrato pedregoso e afastado das margens.

Em águas rápidas, os peixes podem encontrar mais presas por unidade de tempo, porém isso demanda um maior gasto com natação (RINCÓN, 1999). Usualmente, o substrato de pedra do canal é mais homogêneo, apresentando um maior grau de estabilidade que o arenoso, com relação a alimento e abrigo (KIKUCHI & UIEDA, 2005). Indivíduos de *C. vidali* foram observados sempre mantendo uma distância relativa das margens, sugerindo que essa característica possa estar relacionada com a disponibilidade desses dois fatores (águas rápidas e escolha do substrato) ou ainda com o risco de predação, sendo esse um dos principais aspectos que podem levar os peixes a selecionar micro-habitats (RINCÓN & LOBÓN-CERVIÁ, 1993). *Hoplias malabaricus*, *H. lacerdae* e *Oligosarcus hepsetus* são os principais piscívoros encontrados ao longo do rio Macaé (PEREIRA, 2010) e poderiam estar influenciando esta ocupação de *C. vidali* mais distante da margem, especialmente as espécies de *Hoplias*, que possuem uma estratégia de captura do tipo emboscada, ocultando-se próximo à vegetação.

As preferências de habitat de *C. vidali* corroboram com as observadas por SABINO & CASTRO (1990) e FOGAÇA *et al.* (2003) para espécies de *Characidium* em riachos de Mata Atlântica, porém a classificação da tática alimentar foi diferente no estudo de SABINO & CASTRO (1990), onde os pesquisadores observaram duas táticas alimentares, uma denominada “*husting by speculation*” (CURIO, 1976), onde o indivíduo fica inclinado obliquamente ao substrato arenoso enterrando o focinho a procura de alimento, e a segunda, “*Sit-and-wait predation*” (SAZIMA, 1986), na qual o peixe fica estacionário ao substrato disparando curtos botes em direção as presas. Somente esta segunda tática foi observada para *C. vidali* no rio Macaé, assim como o observado para *C. fasciatum* e *C. zebra* por CASATTI & CASTRO (2006).

Em escalas mais amplas, análises ecomorfológicas procuram investigar se variações interespecíficas em determinadas características surgem de forma aleatória ao longo da divergência evolutiva, ou se são correlacionadas com função ecológica (WINEMILLER, 1992). Por outro lado, análises ecomorfológicas de espécies filogeneticamente próximas podem explicar algumas diferenças sutis entre ocupação de habitat e/ ou dieta dessas espécies. Atributos ecomorfológicos são expressos geralmente em índices e descrevem hábitos de vida, indicando adaptações à utilização de diferentes recursos e ocupação de

diferentes habitats (GATZ, 1979; WATSON & BALON, 1984). Para efeitos de discussão e comparação com outras espécies congênicas, é apresentada uma tabela com valores obtidos por outros estudos publicados (abaixo).

Espécies	Área de estudo	Referência	Índices (hábitat)						Índices (alimentação)				
			IC	AR	CRPC	ICPC	PNP	PRO	CRC	DRO	LRB	ARB	CRI
<i>C. vidali</i>	rio Macaé, RJ	Pessoal	1,40	0,20	0,05	5,51	1,56	0,46	0,21	0,17	0,02	0,02	0,39
<i>C. fasciatum</i>	rio São Francisco, MG	Casatti & Castro (2006)	1,41	0,21	0,21	3,26	2,09	0,79	0,26	-	0,03	0,02	-
<i>C. zebra</i>			1,47	0,22	0,15	2,77	2,14	0,8	0,23	-	0,02	0,02	-
<i>Characidium</i> sp.	Córrego Cavallo, GO	Mazzoni <i>et al.</i> (2010)	0,22	-	-	-	-	-	0,22	0,06	-	0,05	0,38
<i>C. lanei</i>	rio Morato, PR	BARRETO (2005)	2,23	0,36	0,11	3,85	-	0,18	0,33	-	0,09	0,02	-
<i>C. interruptum</i>	rio Mato Grosso, RJ	Silva (2009)	1,89	0,25	-	-	2,13	0,58	0,28	-	-	-	-

Os resultados encontrados para *Characidium vidali* com relação ao índice de compressão (IC) e Altura relativa (AR) foram diferentes dos resultados encontrados para *C. lanei* no rio Morato (PR) por BARRETO (2005), e similares aos valores de IC e AR encontrados para *C. zebra* e *C. fasciatum* no curso superior do rio São Francisco (MG) por CASATTI & CASTRO (2006) e *C. interruptum* na microbacia do rio Mato Grosso (RJ) por SILVA (2009). Esses valores sugerem que *C. vidali*, *C. zebra*, *C. fasciatum* e *C. interruptum* são melhor adaptados para viverem em águas rápidas do que *C. lanei*, uma vez que valores de IC mais altos são comuns em peixes que habitam águas lênticas, enquanto que valores mais baixos de AR são diretamente relacionados com peixes de águas rápidas (GATZ, 1979; WATSON & BALON, 1984).

De acordo com os dois atributos relativos ao pedúnculo caudal, *C. vidali* tem menor capacidade de natação em relação às outras espécies (exceto para *C. interruptum*, para a qual esses atributos não foram verificados). Os atributos proporção da nadadeira peitoral (PNP) e posição relativa do olho (PRO) apresentaram resultados muito próximos, porém PNP indica que *C. vidali* nada distâncias curtas em relação às outras espécies mencionadas, enquanto que, baseado na PRO, *C. vidali* possui hábito mais bentônico que *C. lanei*, apenas.

Para os atributos que explicam a relação entre morfologia e dieta, comparando-se as quatro espécies (*C. zebra*, *C. fasciatum*, *C. interruptum* e *C. lanei*), o comprimento relativo da cabeça (CRC) teve o menor valor para *C. vidali* e o maior para *C. lanei*. Segundo GATZ (1979) altos valores de CRC indicam peixes capazes de se alimentar de presas relativamente maiores. Já o diâmetro relativo do olho (DRO) revela a importância da visão na alimentação e também pode indicar a posição vertical na coluna d'água, sendo os olhos menores característicos de espécies que habitam águas mais profundas

(WIKRAMANAYAKE, 1990). Para *C. vidali* DRO foi maior do que para *Characidium* sp, sugerindo uma maior importância da visão para *C. vidali*.

Ainda em relação à dieta, em outros trabalhos o comprimento relativo do intestino (CRI) é representando como quociente intestinal (QI), os valores desse índice podem contribuir para a classificação das espécies em categorias tróficas amplas (BARBIERI *et al.*, 1994), na qual altos valores de CRI ou QI agrupam herbívoros e detritívoros, valores intermediários são relacionados aos onívoros, enquanto que baixos valores a carnívoros e piscívoros (KRAMER & BRYANT, 1995) O resultado encontrado para CRI de *C. vidali* é semelhante ao encontrado para o carnívoro (insetívoro) *Gymnotus carapo* (BARBIERI *et al.*, 1994) e inferior aos valores encontrados para outras duas espécies de carnívoros (*Rhamdia quelem* e *Rhamdioglanis transfasciatus*, Heptapteridade) no rio Macaé (BRASIL-SOUZA *et al.*, 2009). Apesar de pertencerem à mesma guilda, os itens vegetais foram muito raros na dieta de *C. vidali* e mais frequentes na dieta de *R. transfasciatus*. *Rhamdia quelem*, ao contrário, apresenta tendência à piscivoria e, mesmo assim, teve CRI menor. Isto reforça a afirmação de que valores de CRI podem ser úteis para classificar espécies de peixe em amplas categorias tróficas, porém não são capazes de determinar o grau de especialização em determinado item dentro de uma dieta (ALBRECHT *et al.*, 2001)

Para *C. vidali* o resultado encontrado para o índices largura relativa da boca (LRB) foi mais distante de *C. lanei*, e para o índice altura relativa da boca (ARB) variou mais em relação a *Characidium* sp.. Em comparação com as demais espécies, foram praticamente idênticos (diferença de 0,01) ou não variaram). De acordo com GATZ (1979) altos valores encontrados para esses índices podem indicar peixes com capacidade utilizar presas maiores. No entanto, os outros trabalhos não incluem dados sobre o tamanho das presas consumidas pelas espécies de *Characidium*.

O trabalho seminal de WENER & HALL (1974) demonstrou que *Lepomis macrochirus* Rafinesque, 1819 (Perciformes; Centrarchidae) teve uma dieta muito semelhante àquela esperada pelos modelos de forrageamento ótimo, ao preda diferentes classes de tamanho de *Daphnia* spp. quando estas estiveram em diferentes densidades. Em densidades mais altas, o peixe selecionou uma maior quantidade de presas grandes, incluindo também presas médias em densidades médias e consumiu indistintamente todas as classes de tamanho quando a densidade de *Daphnia* era muito baixa. Segundo a OFT, isto se dá pelas maiores taxas de encontro em altas densidades de presas, permitindo a seleção daquelas que apresentam a maior relação custo-benefício, com menos desperdício de energia líquida em termos de procura e ingestão de itens mais proveitosos.

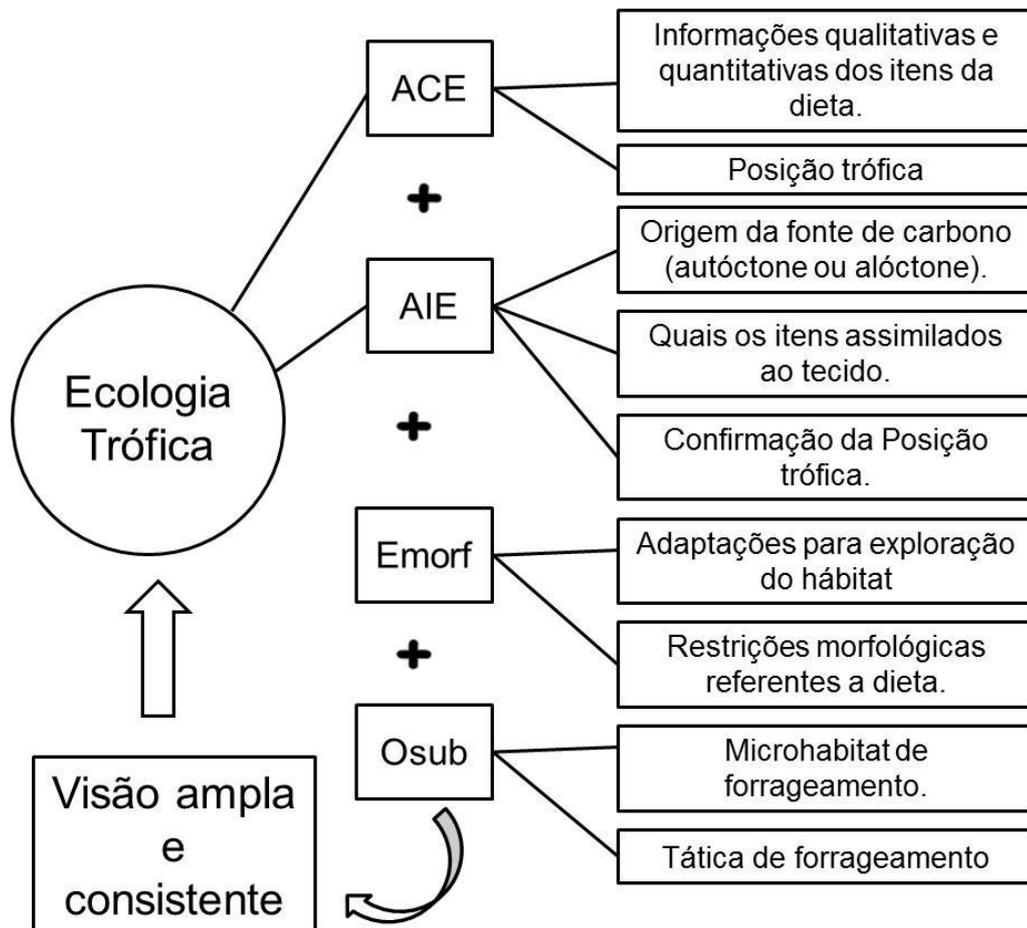
No entanto, a hipótese de seleção de presas maiores por indivíduos maiores não foi corroborada no presente trabalho, uma vez que a análise de regressão linear não apontou relação significativa entre o comprimento padrão de *C. vidali* e o tamanho das presas mais

abundantes no conteúdo estomacal. Isto indica que os indivíduos consomem suas presas independentes do tamanho, pois tanto os jovens quanto os adultos não apresentaram preferência ou restrição para um tamanho específico de presa. No entanto, peixes menores consumiram somente presas de menor porte, o que pode ser devido a restrições morfológicas, principalmente abertura (largura e altura) da boca. Da mesma forma, juvenis de *Bryconamericus microcephalus* (Miranda-Ribeiro, 1908) (Characiformes; Characidae) selecionam presas menores em um córrego na Ilha Grande, ao passo que indivíduos adultos consomem as presas independente do seu tamanho (REZENDE & MAZZONI, 2006). Esta relação já foi bem reportada para peixes piscívoros (e.g. MITTELBACH & PERSSON, 1998; PACHECO *et al.*, 2009), porém poucos trabalhos a demonstraram para peixes insetívoros.

Ambas as ferramentas utilizadas para se estimar a posição trófica, indicaram que *C. vidali* é consumidor secundário (segundo critério de WINEMILLER, 1990), porém os valores obtidos foram bem discrepantes entre os métodos (PT=2,58 pela ACE e PT=3,46 pela AIE). RYBCZYNSKI *et al.*, (2008), comparando os resultados obtidos por análise de conteúdo estomacal e $\delta^{15}\text{N}$, não verificaram diferença significativa. No entanto, esse resultado pode ser atribuído ao fato de esses autores terem utilizado 3,4‰ como valor de enriquecimento de $\delta^{15}\text{N}$ por nível trófico, na fórmula proposta por VANDER ZANDEN & RASMUSSEN (1996). Este valor é o mais citado na literatura, (MINAGAWA & WADA 1984; PETERSON & FRY, 1987; VANDER-ZANDEN *et al.*, 1997, MANETTA *et al.*, 2003, CARVALHO, 2008;), sendo o mais amplamente utilizado por tratar-se de um valor médio. No presente trabalho, assim como em JEPSEN & WINEMILLER (2002), foram utilizados outros valores de enriquecimento por nível trófico, baseados na revisão feita por VANDERFLIFT & PONSARD (2003). Os autores apontam para diversas fontes de variação no processo de enriquecimento $\delta^{15}\text{N}$, como diferenças entre classes taxonômicas, grupos tróficos e diferenças ambientais, e sugerem que o mais importante delas é excreção de nitrogênio e estado nutricional, então estipularam um enriquecimento de 2,5‰ para amoniotéticos, que é o caso dos peixes.

O uso combinado das quatro ferramentas utilizadas no presente trabalho contribuiu para tornar mais robusto o entendimento da ecologia trófica de *C. vidali* no rio Macaé. Um esquema do uso compartilhado dessas ferramentas é apresentado na figura abaixo. As observações subaquáticas permitiram complementar as informações da ecologia trófica de *C. vidali*, como estratégia alimentar e ocupação espacial. Foi possível observar que mesmo contribuindo para o presente estudo os dados obtidos através dos exames ecomorfológicos, podem ser mais úteis quando o objetivo é identificar possíveis diferenças entre espécies. Através das análises de conteúdo estomacal foram obtidas informações qualitativas e quantitativas da dieta de *C. vidali*, permitindo identificar os itens mais abundantes e

frequentes na dieta e classificar seu nível trófico, facilitando assim o uso da ferramenta dos isótopos estáveis, que foi importante na identificação das principais fontes de energia para espécie e para confirmação do nível trófico. A importância do uso combinado dessas duas ferramentas já havia sido reportada na literatura (MANETTA & BENEDITO-CECILLIO, 2003; MANETTA *et al.*, 2003; RYBCZYNSKI *et al.*, 2008; FÁDEL & ALBRECHT, 2009) e foi fundamental para atingir os objetivos do presente estudo.



Os peixes são os principais componentes das teias tróficas de rios tropicais, funcionando como condutores do fluxo de energia e matéria através dos ecossistemas (WINEMILLER & JEPSEN, 1998), e sua biomassa e mobilidade têm grande representatividade nesses processos. Além disso, constituem um recurso natural de importância econômica, estética e cultural para as populações do entorno de qualquer curso d'água, formando um patrimônio do ambiente aquático que é dependente do estado de conservação da bacia. Sendo assim, estudos sobre a ecologia das espécies são fundamentais para entender e promover a manutenção desse ecossistema (ARANHA *et al.*, 2000). Especialmente os que ressaltam a importância da alimentação de peixes em ambientes lóticos considerando flutuações ambientais, distribuição espacial, partilha de recursos e seus aspectos comportamentais (e.g. ESTEVES & ARANHA, 1999), são

importantes para o entendimento das variações no fluxo energético ao longo do rio, já que este está diretamente relacionado como o aproveitamento dos alimentos consumidos e assimilados pelos consumidores.

No estudo sobre as teias tróficas no gradiente longitudinal do Rio Macaé, PEREIRA (2010) identificou que a guilda trófica mais representativa foi a dos invertívoros, a qual inclui *C. vidali*. No presente trabalho, sua a ecologia trófica foi abordada em diversos aspectos, fornecendo informações que poderão ser usadas futuramente para o entendimento do funcionamento das teias tróficas não apenas do rio Macaé, mas também de outros rios tropicais, contribuindo assim para manutenção e preservação das comunidades aquáticas. Estudos futuros no local deveriam abordar a ecologia alimentar das demais espécies com intuito de determinar as relações tróficas entre as espécies e desvendar as principais fontes de carbono para as teias tróficas ao longo do Rio Macaé.

7. Conclusões

- *Characidium vidali* no Rio Macaé é uma espécie carnívora (insetívora) que consome exclusivamente insetos aquáticos, principalmente nas formas imaturas;
- Chironomidae, Baetidae e Simuliidae são recursos mais importantes na dieta de *C. vidali* ao longo do Rio Macaé e em ambos os períodos sazonais (seco e chuvoso);
- Riqueza de itens e itens exclusivos variaram entre as localidades e os períodos sazonais;
- *C. vidali* apresenta estratégia generalista com ampla largura de nicho;
- As assinaturas $\delta^{13}\text{C}$ do tecido de *C. vidali* apresentaram diferenças significativas entre localidades do trecho superior e médio, indicando diferença na assimilação de recursos;
- O item mais abundante na dieta não foi o mais assimilado ao tecido de *C. vidali* nas três localidades;
- A principal fonte de carbono para presas de *C. vidali* são de origem autóctone, proveniente de macrófitas, perifíton e perílíton;
- Os dois métodos utilizados (análise de conteúdo estomacal e de isótopos estáveis de $\delta^{15}\text{N}$) para identificar a posição trófica apresentaram resultados diferentes, porém ambos classificam a espécie como consumidor secundário;
- Indivíduos maiores de *C. vidali* consomem suas presas independente do tamanho, já indivíduos menores consomem somente presas de menor porte, sugerindo restrições morfológicas, como abertura da boca;

- De acordo com as análises ecomorfológicas e com as sessões de mergulho, *C. vidali* é uma espécie bentônica que habita preferencialmente o substrato pedregoso e águas rápidas;

- *C. vidali* emprega como tática de forrageamento "*Sit-and-wait predation*", na qual o peixe fica estacionário ao substrato disparando curtos botes em direção as presas.

8. Referências Bibliográficas

- ABELHA, M. C. F., AGOSTINHO, A. A. & E. GOULART. 2001. "Plasticidade trófica em peixes de água doce". **Acta Scientiarum** 23(2): 425-434.
- ADAMS, S. M., KIMMEL, B. L. & PLOSKEY, G. R. 1983. "Sources of organic matter for reservoir fish production: a trophic dynamics analysis". **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, 40: 1480-1495.
- AGOSTINHO, A. A., JÚLIO JR, H. F. & BORGHETTI, J. R. 1992. Considerações sobre os impactos dos represamentos na ictiofauna e medidas para sua atenuação. Um estudo de caso: reservatório de Itaipu. **Revista Unimar**, Maringá, 14: 89-107.
- ALLAN, J. D. 1995. **Stream Ecology: Structure and function of running water**. Chapman & Hall, London.
- ALBRECHT, M. P., FERREIRA, M. F. N. & CARAMASCHI, E. P. 2001. "Anatomical features and histology of the digestive tract related neotropical omnivorous fishes (Characiformes, Anostomidae)". **Jornal Fish Biology**, 58: 419-430.
- ALBRECHT, M. P. & CARAMASCHI, E. P. 2003. Feeding ecology of *Leporinus friderici* (Teleostei, Anostomidae) in the upper Tocantins river, central Brazil, before and after installation of a hydroelectric plant. **Studies on Neotropical Fauna and Environment**, 38: 33-40.
- ALBRECHT, M. P. 2005. **Estrutura trófica da ictiofauna do rio Tocantins na região sob influência da usina hidrelétrica Serra da Mesa, Brasil Central**. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- ALTMANN, J. 1974. "Observational study of behavior: sampling methods". **Behavior**, 49: 227 – 265.
- AMUNDSEN, P. A., GABLER, H. M. & STALDVIK, F. J. 1996. "A new approach to graphical analysis of feeding strategy from stomach contents data: modification of the Costello (1990) method". **Jornal Fish Biology**, 48: 607-614.

- ARANHA, J. M. R., GOMES, J. H. C. & FOGAÇA, F. N. O. 2000. "Feeding of *Characidium lanei* and *C. pterostictum* in a coastal stream of Atlantic Forest (Southern Brazil)". **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.43.
- ARRINGTON, D. A., DAVIDSON, B.K., WINEMILLER, K.O. & LAYMAN, C.A. 2006. Influence of life history and seasonal hydrology on lipid storage in three Neotropical fish species. **Journal of Fish Biology**, 68:1-16.
- BAPTISTA, D. F.; BUSS, D. F.; DORVILLÉ, L. F. M. & NESSIMIAN, J. L.. 2001. "Diversity and habitat preference of aquatic insects along the longitudinal gradient of the Macaé river basin, Rio de Janeiro, Brazil". **Revista Brasileira de Biologia**, 61(2): 249-258.
- BARBIERI, G., PERET, A. C. & VERANI, J. R. 1994. "Notas sobre a alimentação do trato digestivo ao regime alimentar em peixes da região de São Carlos (SP), I Quociente Intestinal". **Revista Brasileira de Biologia** 54: 63-69.
- BARRETO, P. B. 2005. **Características ecomorfológicas relacionadas à alimentação e ao uso do microhabitat em quatro espécies de Characiformes no Rio Morato - Guaraqueçaba, PR**. Tese de D.Sc., Universidade Federal do Paraná, Brasil.
- BARRETO, P. B. & ARANHA, J. M. R. 2006. "Alimentação de quatro espécies de Characiformes de um riacho da Floresta Atlântica, Guaraqueçaba, Paraná, Brasil". **Revista Brasileira de Zoologia**, 23 (3): 779-788.
- BAXTER, C. V.; FAUSCH, K. D. & SAUNDERS, W. C. 2005. "**Tangled webs: reciprocal flows of invertebrate prey link streams and riparian zones**". *Freshwater Biology*, 50: 201–220.
- BEN-DAVID, M. & SCHELL, D. M. 2001. "Mixing model in analyses of diet using multiple stable isotopes: a response". **Oecologia**, 7: 180-184.
- BENEDITO-CECILIO, E., ARAÚJO-LIMA, C. A. R. M., FORSBERG, B. R., BITTENCOURT, M. M. & MARTINELLI, L. C. 2000. "Carbon sources of Amazonian fisheries". **Fisheries Management and Ecology**, (7): 305-315.
- BORROR, D. J., TRIPLEHORN, C. A. & JOHNSON, N. F. 1992. **An introduction to the study of insects**. Orlando, USA: Harcourt Brace College Publishers.

- BUCKUP, P. A., C. ZAMPROGNO, F. VIEIRA & R. L. TEIXEIRA. 2000. "Waterfall climbing in Characidium (Crenuchidae: Characidiinae) from eastern Brazil". **Ichthyological Exploration of Freshwaters**, 11: 273–278.
- BUCKUP, P. A. 2003. "Family Crenuchidae (South American darters)". Pp. 87-88. In: REIS, R. E., KULLANDER, S. O., & FERRARIS Jr, C. J. (Eds.). **Check List of the Freshwater Fishes of South and Central America**. Porto Alegre, Edipucrs, 742p.
- BUENO, A. A. P., BUCKUP, G.B & FERREIRA, B. D. P. 2003. "Estrutura da comunidade de invertebrados bentônicos em dois cursos d'água do Rio Grande do Sul, Brasil". **Revista Brasileira de Zoologia**, 20 (1): 115-125.
- BUNN, S. E, DAVIES, P. M. & WINNING, M. 2003. "Sources of organic carbon supporting the food web of an arid zone floodplain river". **Freshwater Biology** 48, 619–635.
- BRAGA, F. M. S. 2004. "Habitat, distribuição e aspectos adaptativos de peixes da microbacia do Ribeirão Grande, Estado de São Paulo, Brasil. 2004. **Acta Scientiarum**, Biological Sciences, Maringa, 26: 31-36.
- BRAZIL-SOUSA, C., MARQUES, R. M. & ALBRECHT, M. P. 2009a. "Segregação alimentar entre duas espécies de Heptapteridae no Rio Macaé, RJ". **Biota Neotropica**, v. 9 (3).
- BRAZIL-SOUSA, C., BESERRA, D. A., SANTOS, A. P. M. & ALBRECHT, M. P. 2009b. "Comparação de medidas e índices para avaliação da dieta de peixes insetívoros: *Auchenipterus nuchalis* (Siluriformes, Auchenipteridae) como exemplo". In: **X Simpósio Colombiano de Ictiologia** Vol.31: pp106. Colômbia.
- BRAZIL-SOUSA, C. 2010. **O Papel da Especialização Individual na Estruturação do Nicho das Espécies: Peixes tropicais Como Modelo**. Dissertação de M. Sc., PPGE-UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil.
- BRITO, E. F., MOULTON, T. P., SOUZA, M. L. & BUNN, S. E. 2006. Stable isotope analysis indicates microalgae as the predominant food source of fauna in a coastal forest stream, south-east Brazil. **Austral Ecology**, 31: 623–633.

- BRITO, M. F. G. 2007. **Atividade reprodutiva dos peixes do rio Macaé (RJ) em função do gradiente longitudinal**. Tese de D.Sc., Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil.
- CABANA, G. & RASMUSSEN, J.B. 1996. "Comparison of aquatic food chains using nitrogen isotopes". **Proceedings of the National Academy of Science of the United States of America** 93: 10844–10847.
- CARAMASCHI, E. P., BRITO, M. F. G. & ALMEIDA, H. L. 2006. "Fish assemblage variations along the environmental gradient of a Neotropical stream: Rio Macaé (Rio de Janeiro, South Eastern Brazil)". In: **Ecology of Stream Fish: state of the art and future prospects II**. Leon, Spain.
- CARVALHO, E. M. C & UIEDA, V.S. 2004. "Colonização por macroinvertebrados bentônicos em substrato artificial e natural em um riacho da serra de Itatinga, São Paulo, Brasil". **Revista Brasileira de Biologia**, 21 (2): 287-293.
- CARVALHO, M. C. 2008. "Uso dos isótopos estáveis de carbono, nitrogênio e enxofre em estudos de ecologia costeira". **Oecologia Brasiliensis**, 12 (4): 694-705.
- CASATTI, L. 2002. "Alimentação dos peixes em um riacho do Parque Estadual Morro do Diabo, bacia do Alto Rio Paraná, sudeste do Brasil". **Biota Neotropica** 2: <http://www.biotaneotropica.org.br/v2n2/pt/abstract?article+BN02502022002>.
- CASATTI, L. & CASTRO, R. M. C. 1998. "A fish community of the São Francisco River headwaters riffles, southeastern Brazil". **Ichthyological Exploration of Freshwaters**, 9: 229-242.
- CASATTI, L. & CASTRO, R. M. C. 2006. "Testing the ecomorphological hypothesis in a headwater riffles fish assemblage of the rio São Francisco, southeastern Brazil". **Neotropical Ichthyology**, 4(2): 203-214.
- COSTA, C. & CATAUDELLA, S. 2007. "Relationship between shape and trophic ecology of selected species of Sparids of the Caprolace coastal lagoon (Central Tyrrhenian sea)". **Environmental Biology of Fishes**, 78: 115–123.
- COSTELLO, M.J. 1990. Predator feeding strategy and prey importance: a new graphical analysis. **Jornal Fish Biology**, 36: 261-263.

- CORRÊA, C. E., PETRY, A. C. & HAHN, N. S. 2009. Influência do ciclo hidrológico na dieta e estrutura trófica da ictiofauna do rio Cuiabá, Pantanal Mato-Grossense. **Iheringia, Série Zoologia**, 99(4):456-463.
- CURIO, E. 1976. **The ethology of predation**. Springer, Berlin.
- DENIRO, M. J. & EPSTEIN, S. 1978. "Influence of the diet on the distribution of carbon isotopes in animals". **Geochimica et Cosmochimica Acta**. 42: 495-506.
- DOI, H. 2009. Spatial patterns of autochthonous and allochthonous resources in aquatic food webs. **Population Ecology**, 51: 57-64.
- FÁDEL, R. P. & ALBRECHT, M. P. 2009. "Fontes de carbono e posição trófica de duas espécies novas de Rineloricaria (Siluriformes: Loricariidae), em um rio de Mata Atlântica (Sudeste) Brasil". **Actualidades Biológicas**, 31(1): 106-107.
- FERRETI, C. M. L., ADRIAN, I. F. & TORRENTE, G. 1996. Dieta de duas espécies de Schizodon (Characiformes, Anostomidae), na planície de inundação do alto rio Paraná e sua relação com aspectos morfológicos. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 23, p. 171-186.
- FOGAÇA, F. N. O., ARANHA, J. M. R. & ESPER, M. L. P. 2003. "Ictiofauna do rio do Quebra (Antonina, PR, Brasil): Ocupação espacial e hábito alimentar". **Interciência**, Rio de Janeiro (28) 3: 168-173.
- FRY, B. 1991. Stable isotope of freshwater food webs. **Ecology**, 72 (6): 2293-2297.
- FRY, B. 2006. **Stable Isotope Ecology**. Springer-Verlag.
- FRY, B., MUNFORD, P. L., FOX, D. D., WARREN, G. L. HAVENS, K. E. & STEINMAN, A. D. 1999. Trophic position and individual feeding histories of fish from lake Okeechobee, Florida. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, 56: 590-560.

- GARCIA, A. M., HOEINGHAUS, D. J., VIEIRA, J. P. & WINEMILLER, K. O. 2007. Isotopic variation of fishes in freshwater and estuarine zones of a large subtropical coastal lagoon. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, 73: 399-408.
- GATZ, A.J. 1979. "Ecological morphology of freshwater stream fishes". **Tulane Studies in Zoology and Botany**, New Orleans, 21: 91-124.
- GERKING, S. D. 1994. **Feeding ecology of fish**. California, Academic Press.
- GOULDING, M. 1980. **The fishes and the forest. Explorations in Amazonian Natural History**. University of California Press. Berkeley, USA.
- GREENWOOD, M. T. & RICHARD-COULET, M. 1996. "Aquatic invertebrates". In: PETTS, G. E., & AMOROS, C. **Fluvial Hydrosystems**. Chapman & Hall, London, p. 137-164.
- HAHN, N. S. & DELARIVA, L. 2003. "Métodos para avaliação da alimentação natural de peixes: o que estamos usando?" **Interciencia**, 28: 100-104.
- HAHN, N. S. & FUGI, R. 2007. Alimentação de peixes em reservatórios brasileiros: Alterações e conseqüências nos estágios iniciais do represamento. **Oecologia Brasiliensis**, 11(4): 469-480.
- HILDREW, A. G. 1992. Food webs and species interactions. In: P. Calow & G.E. Petts (Eds) **The Rivers Handbook**, Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- HYSLOP, E. J. 1980. "Stomach contents analysis – a review of methods and their application". **Journal of Fish and Biology**, 17: 411-29.
- JARAMILLO-VILLA, U. 2010. **Efeito da retificação de rios sobre as taxocenoses de peixes: Estudo em rios costeiros de Mata Atlântica no Estado do Rio de Janeiro, Brasil**. Dissertação de M. Sc., PPGE-UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil.
- JEPSEN, D. B. & WINEMILLER, K. O. 2002. "Structure of tropical river food webs revealed by stable isotope ratios". **Oikos**, 96: 46-55.

- JUNK, W.J. 1985. "Temporary fat storage, an adaptation of some fish species to the water level fluctuations and related environmental changes of the Amazon river". **Amazoniana**, 9(3): 315-351.
- KAWAKAMI, E. & VAZZOLER, G. 1980. "Método gráfico e estimativa de índice alimentar aplicado no estudo de alimentação de peixes". **Boletim Instituto Oceanográfico**, 29:205-207.
- KEENLEYSIDE, M. H. A. 1979. **Diversity and adaptation in fish behavior**. Springer Verlag, Berlin, 208p.
- KIKUCHI, R. M., & UIEDA, V. S. 1998. "Composição da comunidade de invertebrados de um ambiente lótico tropical e sua variação espacial e temporal". Pp 157-173. In: NESSIMIAN, J. L., & CARVALHO, A. L. **Ecologia de Insetos Aquáticos**. Series Oecologia Brasilienses, PPGE – UFRJ – RJ, vol. V.
- KIKUCHI, R. M. & UIEDA, V. S. 2005. Composição e distribuição dos macroinvertebrados em diferentes substratos de fundo de um riacho no município de Itatinga, São Paulo, Brasil. **Entomologia y Vectores**, 12 (2): 193-231.
- KRAMER, D. L. & BRYANT, M. J. 1995. "Intestine length in the fishes of a tropical stream 2. Relationships to diet: the long and short of a convoluted issue". **Environmental Biology of Fishes**, 42:129-141.
- KREBS, C. J. 1999. **Ecological Methodology**. Addison Wesley Educational Publishers, Menlo Park, pp 654.
- LAJTHA, K. & MICHENER, R. H. 1994. **Stable isotopes in Ecology and environmental science**. Blackwell Scientific Publications.
- LAU, D. C. P., LEUNG, K. M. Y. & DUDGEON, D. 2009. What does stable isotope analysis reveal about trophic relationships and the relative importance of allochthonous and autochthonous resources in tropical streams? A synthetic study from Hong Kong. **Freshwater Biology**, 54: 127-141.

- LEITÃO, R. P., CARAMASCHI, E. P. & ZUANON, J. 2007. Following food clouds: feeding association between a minute loricariid and a characidiin species in an Atlantic Forest stream, Southeastern Brazil. **Neotropical Ichthyology**, 5(3): 307-310.
- LEPŠ, J., ŠMILAUER, P. 2003. **Multivariate Analysis of Ecological Data using CANOCO**. Cambridge: Cambridge University Press, 269 p.
- LOWE-McCONNELL, R. H. 1987. **Ecological studies in tropical fish communities**. Cambridge, University Academic Press. 382 p.
- MANNA, L. R. 2010. **Ecologia de *Astyanax taeniatus* na Bacia do Rio Mato Grosso, Saquarema – RJ: Dieta, uso do micro-habitat e uma breve análise comportamental**. Dissertação de M. Sc., PPGEU-UERJ, Rio de Janeiro, Brasil.
- MANETTA, G. I. & BENEDITO-CECILIO, E. 2003. “Aplicação da técnica de isótopos estáveis na estimativa da taxa de turnover em estudos ecológicos: uma síntese”. **Acta Scientiarum**, 25(1): 121-129.
- MANETTA, G. I., BENEDITO-CECILIO, E. & MARTINELLI, M. 2003. “Carbon sources and trophic position of the main species of fishes of Baía River, Paraná River floodplain, Brazil”. **Brazilian Journal of Biology**, 63(2): 283-290.
- MARTINELLI, L. A., VICTÓRIA, R. L., MATSUI, E., FORSBERG, B. R. & MOZETO, A. A. 1988. Utilização das variações naturais de $d^{13}C$ no estudo de cadeias alimentares em ambientes aquáticos: princípios e perspectivas. **Acta Limnologica Brasiliensia**, Botucatu, 1: 859-882.
- MARTINELLI, L. A., OMETTO, J. P. H. B., FERRAZ, E. S., VICTORIA, R. L., CAMARGO, P. B. C. & MOREIRA, Z. 2009. **Desvendando questões ambientais com isótopos estáveis**. São Paulo, Oficina de Textos, 130p.
- MAZZONI, R. & REZENDE, C. F. 2003. “Seasonal diet shift in a Tetragonopterinae (Osteichthyes, Characidae) from the Ubatiba river, RJ, Brazil”. **Brazilian Journal of Biology**, 63(1): 69-74.
- MAZZONI, R., MORAES, M., REZENDE, C. F. & MIRANDA, J. C. 2010. Alimentação e padrões ecomorfológicos das espécies de peixes de riacho do alto rio Tocantins, Goiás, Brasil. **Iheringia. Série Zoologia**, 100(2): 162-168.

- McCUNE, B. & MEFFORD, M. J., 1997. **Multivariate analysis of ecological data. Version 3.0. MjM Software**, Gleneden Beach, Oregon, USA.
- MERRITT, R.W. & CUMMINS, K.W. 1996. **An introduction to the Aquatic Insects of North America**. 3^o edição. Iowa, EUA, Kendall/Hunt Publishing Company.
- MICHELETTI, C.V. & UIEDA, V.S. 1996. "Food resources partitioning among Sciaenid fishes (Perciformes: Sciaenidae) of the Flamengo bay, Ubatuba, southeastern Brazil". **Brazilian Archives of Biology and Technology**, 39(3):639-649.
- MINAGAWA, M. & WADA, E. 1984. "Stepwise enrichment of ^{15}N along food chains: further evidence and the relation between $\delta^{15}\text{N}$ and animal age. **Geochimica et Cosmochimica Acta**, 48: 1135-1140.
- MITTELBACH, G. G. & PERSSON, L. 1998. The ontogeny of piscivory and its ecological consequences. **Canadian Journal of fisheries and Aquatic sciences**, 55: 1454 – 1465.
- MOTTA, R. L. & UIEDA, V. S. 2004. Dieta de duas espécies de peixes do Ribeirão do Atalho, Itatinga, SP. **Revista Brasileira de Zootecias** 6 (2): 191-205.
- MOULTON, T. P. 2006. Why the world is green, the waters are blue and the food webs in small streams in the atlantic rainforest are predominantly driven by microalgae? Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Centro Biomédico, Departamento de Ecologia. **Oecologia Brasiliensis**, 10 (1): 78-79.
- MUGNAI, R., NESSIMIAN, J. L., BAPTISTA, D. F. 2010. **Manual de identificação de macroinvertebrados aquáticos do estado do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro, Technical Books, 174 p.
- NAKANO, S.; MIYASAKA, H. & KUHARA, N. 1999. "Terrestrial-aquatic linkages: riparian arthropod inputs alter trophic cascades in a stream food web". *Ecology*, 80: 2435–2441.

- NELSON, J. A., WUBAH, D. A., WHITMER, M. E., JOHNSON, E. A. & STEWART, D. J. 1999. Wood-eating catfishes of the genus *Panaque*: gut microflora and cellulolytic enzyme activities. **Journal of Fish Biology**, 54: 1069-1082.
- OLIVEIRA, A. C. B. 2003. **Isótopos estáveis de C e de N como indicadores qualitativos e quantitativos da dieta do tambaqui (*Colossoma macropomum*) da Amazônia Central**. Tese de D. Sc., Universidade Estadual de São Paulo, 102p.
- OLIVEIRA PES, A. M., HAMADA, N. & NESSIMIAN, J. L. 2005. “Chaves de identificação de larvas para famílias e gêneros de trichoptera (insecta) da Amazônia Central, Brasil”. **Revista Brasileira de Entomologia**, 49 (2): 181-204.
- PACHECO, A.C.G.; BARTOLETTE, R.; CALUCA, J.F.; CASTROL, A.L.M.; ALBRECHT, M.P.; CARAMASCHI 2009. Dinâmica alimentar de *Rhaphiodon vulpinus* Agassiz, 1829 (Teleostei, Cynodontidae) no alto Rio Tocantins (GO) em relação ao represamento pela UHE Serra da Mesa. **Biota Neotropica**, 9(3): 1 – 9.
- PERES-NETO, P. R. 1999. “Alguns Métodos e Estudos em Ecomorfologia de Peixes de Riachos”, p. 209-236. In: CARAMASCHI, E. P., MAZZONI, R. & PERES NETO, P. R. **Ecologia de Peixes de Riachos**. Série Oecologia Brasiliensis, Rio de Janeiro, PPGE-UFRJ, v. 6.
- PEREIRA, L. P & BENEDITO, E. 2007. “Isótopos estáveis em estudos ecológicos: métodos, aplicações e perspectivas”. **Revista Biociência**, 13(1-2): 16-27.
- PEREIRA, J. R. 2010. **Caracterização das conexões tróficas da ictiofauna no curso longitudinal do rio Macaé, RJ**. Dissertação de Mestrado. PPGE-UFRJ, Rio de Janeiro.
- PETERSON, B. J. & FRY, B. 1987. “Stable isotopes in ecosystem studies”. **Annual Review of Ecology and Systematics**. 18: 293-320.
- PHILLIPS, D. L. & GREGG, J. W. 2003. “Source partitioning using stable isotopes: coping with too many sources”. **Oecologia**, 136: 261–269

- PINKAS, L., OLIPHANT, M. S. & IVERSON, I. L. K. 1971. "Food habits of albacore, bluefin tuna and bonito in Californian waters". **California Fish and Game**, 152:1-105.
- PINTO, T. L. F. & UIEDA, V. S. 2007. "Aquatic insects selected as food for fishes of a tropical stream: Are there spatial and seasonal differences in their selectivity?" **Acta Limnologica Brasiliensia**, 19(1): 67-78.
- POLIS, G. A. & STRONG, D. R. 1996. "Food web complexity and community dynamics". **The American Naturalist**, 147: 813-846.
- POST, D. M. 2002. "Using stable isotopes estimate trophic position: models, methods, and assumptions". **Ecology**, 83(3): 703-718.
- REIS, R. E., KULLANDER, A. O. & FERRARIS Jr, C. J. 2003. **Check List of the Freshwater Fishes of South and Central America**. Porto Alegre: Edipucrs.
- RESETARITS, W. J. & CHALCRAFT, D. R. 2007. "Functional diversity within a morphologically conservative genus of predators: implications for functional equivalence and redundancy in ecological communities". **Functional Ecology**, 21:793-804.
- REZENDE, C. F. & MAZZONI, R. 2006. "Disponibilidade e uso de recursos alóctones por *Bryconamericus microcephalus* (Miranda-Ribeiro) (Actinopterygii-Characidae), no córrego Andorinha, Ilha Grande, Rio de Janeiro, Brasil". **Revista Brasileira de Zoologia**, 23(1): 218-222.
- REZENDE, C. F. 2009. **Ritmo alimentar, dieta e seleção de presas em três espécies de peixes de um riacho costeiro, Rio Mato Grosso-RJ**. Tese de D.Sc. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil.
- RIBEIRO, L. O & UIEDA, V. S. 2005. "Estrutura da comunidade de macroinvertebrados bentônicos de um riacho de serra em Itatinga, São Paulo, Brasil". **Revista brasileira de zoologia**, 22 (3): 613-618.
- RINCÓN, P.A. & J. LOBÓN-CERVIÁ. 1993. "Microhabitat use by stream-resident brown trout: bioenergetic consequences". **Transactions of American Fisheries Society**, 122: 575-587.

- RINCÓN, P. A. 1999. "Uso do micro-habitat em peixes de riachos: métodos e perspectivas". In: CARAMASCHI, E. P., MAZZONI, R. & PERES NETO, P. R. **Ecologia de Peixes de Riachos**. Série Oecologia Brasiliensis, Rio de Janeiro, PPGE-UFRJ.
- RYBCZYNSKI, S. M., WALTERS, D. M., FRITZ, K. M. & JOHNSON, B. R. 2007. "Comparing trophic position of stream fishes using stable isotope and gut contents analyses". **Ecology of Freshwater Fish**, 17: 199–206.
- ROMÁN-VALENCIA, C., HERNÁNDEZ, J. H. & SAMUDIO, H. F. 2006. "Sobre ecologia de *Characidium caucanum* (Pisces: Crenuchidae) em el alto Río Cauca, Colômbia". **Dahlia (Rev. Asoc. Colomb. Ictiol.)** 9: 33-42
- SABINO, J. & CASTRO, R. M. C. 1990. "Alimentação, período de atividade e distribuição espacial dos peixes de um riacho da Floresta Atlântica (sudeste do Brasil)". **Revista Brasileira de Biologia**, 50(1): 23 – 36.
- SABINO, J. & ZUANON, J. A. 1998. A stream fish assemblage in Central Amazonia: distribution, activity, patterns and feeding behavior. **Ichthyological Explorations of freshwaters**, 8: 201 – 210.
- SABINO, J. 1999. "Comportamento de Peixes em Riachos: métodos de estudo para uma abordagem naturalística". In: CARAMASCHI, E. P., MAZZONI, R. & PERES NETO, P. R. **Ecologia de Peixes de Riachos**. Série Oecologia Brasiliensis, Rio de Janeiro, PPGE-UFRJ, v.6.
- SAZIMA, I. 1986. "Similarities in feeding behavior between some marine and freshwater fishes in two tropical communities". **Journal of Fish Biology**, 29: 53-65.
- SAZIMA, I. & CARAMASCHI, E. P. 1989. "Comportamento alimentar de duas espécies de Curimata sintópicas no Pantanal de Mato Grosso (Osteichthyes, Characiformes)". **Revista Brasileira de Biologia**, 49: 325-333.
- SEMADS, 1999. **Subsídios para gestão dos recursos hídricos das bacias hidrográficas dos rios Macacu, São João, Macaé e Macabu**. Projeto PLANAGUA SEMADS/GTZ.
- SILVA, J. C. M. 2009. **Estrutura e padrões ecomorfológicos de comunidades de peixes de uma microbacia do Atlântico Leste, Rio de Janeiro**. Tese de D.Sc. Universidade Estadual do Rio de Janeiro, Brasil.

- SCHLOSSER, I. J. 1982. Fish community structure and function along two habitat gradients in a headwater stream. **Ecological Monographs**, 52(4): 395-414.
- SMITH, R. J., HOBSON, K. A., KOOPMAN, H. N., LAVIGNE, D. M. 1996. "Distinguishing between populations of fresh and saltwater harbor seals (*Phoca vitulina*) using stable-isotope ratios and fatty acid profiles". **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 53, p. 272-279.
- SVANBÄCK, R. & PERSSON, L. 2004. Individual diet specialization, niche width and population dynamics: implications for trophic polymorphisms. **Journal of Animal Ecology**, 73: 973–982.
- TEIXEIRA, I. & BENNEMANN, S. T. 2007. "Ecomorfologia refletindo a dieta dos peixes em um reservatório no sul do Brasil". **Biota Neotropica**, 7(2): 67-77.
- THORP, J. H. & DELONG, M. D. 1994. The riverine productivity model: an heuristic view of carbon sources and organic matter processing in large river ecosystems. **Oikos**, 70: 305–308.
- THORP, J. H., DELONG, M. D., GREENWOOD, K. S. & CASPER, A. F. 1998. Isotopic analysis of three food web theories in constricted and floodplain regions of a large river. **Oecologia**, 117: 551–563.
- TRAVASSOS, H., 1967, "Três novas espécies do gênero *Characidium* REINHARDT, 1866 (Actinopterygii, Characoidei)", **Papeis Avulsos de Zoologia**, v. 20, n. 4 (Mar), pp. 45-53.
- VANDER-ZANDEN, M. J., CABANA, G. & RASMUSSEN, J. B., 1997, Comparing trophic position of freshwater fish calculated using stable nitrogen isotope ratios ($\delta^{15}\text{N}$) and literature dietary data. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, 54: 1142-1158.
- VANDERFLIFT, A. M. & PONSARD, S. 2003. Sources of variation in consumer-diet $\delta^{15}\text{N}$ enrichment: a meta-analysis. **Oecologia**, 136:169–182.

- VANNOTE, R. L., MINSHALL, G. W., CUMMINS, K. W., SEDELL, J. R. & CUSHING, C. E. 1980. "The river continuum concept". **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, 37: 130–137.
- WANTZEN, K.M., WAGNER, R., SÜTFELD, R. e JUNK, W. J. 2002. "How do plant-herbivore interactions of tree influence coarse detritus processing by shredders in aquatic ecosystems of different latitudes?". **Verhandlungen der Internationalen Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie**, 28:815-821.
- WATSON, D. J. & BALON, E. K. 1984. Ecomorphological analysis of fish taxocenes in rainforest stream of northern Borneo. **Journal of Fish Biology**, 25(3): 371-384.
- WERNER, H. H. & HALL, D. J. 1974. Optimal foraging and the size selection of prey by the bluegill sunfish *Lepomis macrochirus*. **Ecology**, 55: 1042-1052.
- WINEMILLER, K. O. 1990. "Spatial and temporal variation in tropical fish trophic networks". **Ecological Monographs**, 60(3): 331-367.
- WINEMILLER, K. O. 1992. Ecomorphology of freshwater fishes. **National Geographic Research & Exploration**, 8(3): 308-327.
- WINEMILLER, K. O. & JEPSEN, D. B. 1998. "Effects of seasonality and fish movement on tropical river food webs". **Journal of Fish Biology**, 53: 267–296.
- WINEMILLER, K. O., KELSO-WINEMILLER, L. C., BRENKERT, A. L. 1995. "Ecomorphological diversification and convergence in fluvial cichlid fishes". **Environmental Biology of Fishes**, 44: 235-261.
- WINEMILLER, K. O., ZEUG, S. C., ROBERTSON, C. R., WINEMILLER, B. K. & HONEYCUTT, R. L. 2011. Food-web structure of coastal streams in Costa Rica revealed by dietary and stable isotope analyses. **Journal of Tropical Ecology**, 27:463–476.
- WIKRAMANAYAKE, E. D. 1990. Ecomorphology and biogeography of a tropical stream fish assemblage: evolution of assemblage structure. **Ecology**, 71(5):1756-1764.

ZAVALA-CAMIN, L. A. 1996. **Introdução aos estudos sobre alimentação natural em peixes**. Maringá, EDUEM.

9. Anexos

Anexo I. Números de amostras isotópicas por localidade e valores brutos de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ para cada amostra e relação C:N para cada amostra.

Código	Amostra	Localidade	$\delta^{15}\text{N}$	%N	$\delta^{13}\text{C}$	%C	C:N
MPA-270	<i>Characidium vidali</i>	RM3	10,14	11,20	-20,13	45,85	4,10
MPA-271	<i>Characidium vidali</i>	RM3	9,72	12,37	-19,52	48,26	3,90
MPA-272	<i>Characidium vidali</i>	RM3	9,93	13,00	-19,01	46,88	3,61
MPA-273	<i>Characidium vidali</i>	RM3	10,02	11,69	-20,13	48,05	4,11
MPA-274	<i>Characidium vidali</i>	RM3	10,01	12,62	-18,97	46,85	3,71
MPA-275	<i>Characidium vidali</i>	RM3	9,05	13,01	-20,07	47,10	3,62
MPA-276	<i>Characidium vidali</i>	RM3	8,76	13,04	-19,77	45,70	3,51
MPA-277	<i>Characidium vidali</i>	RM3	9,13	13,37	-19,35	46,00	3,44
MPA-278	<i>Characidium vidali</i>	RM3	9,31	13,04	-18,41	47,52	3,64
MPA-279	<i>Characidium vidali</i>	RM3	9,01	12,91	-19,21	47,38	3,67
MPA-280	Folha de árvore	RM3	0,67	3,11	-30,97	47,20	15,17
MPA-281	Capim	RM3	4,80	2,50	-29,27	43,49	17,41
MPA-282	Folhicho	RM3	1,43	1,94	-30,21	48,45	24,95
MPA-283	Perifiton	RM3	2,56	4,56	-19,11	33,65	7,37
MPA-284	Algas I	RM3	3,57	2,55	-19,10	31,61	12,40
MPA-285	Algas II	RM3	3,13	1,69	-27,89	26,12	15,44
MPA-286	Trichoptera	RM3	5,37	9,19	-21,70	49,83	5,42
MPA-287	Simullidae	RM3	4,37	8,95	-21,15	44,05	4,92
MPA-289	Pyralidae	RM3	5,65	10,02	-19,58	49,39	4,93
MPA-290	Ephemeroptera	RM3	3,89	9,36	-22,46	49,82	5,32
MPA-291	Plecoptera	RM3	6,71	10,01	-21,92	51,58	5,15
MPA-292	Diptera	RM3	6,07	9,82	-21,69	49,26	5,02
MPA-293	<i>Characidium vidali</i>	RM4	9,37	10,98	-17,32	51,35	4,67
MPA-294	<i>Characidium vidali</i>	RM4	9,81	11,27	-18,66	50,40	4,47
MPA-295	<i>Characidium vidali</i>	RM4	9,58	11,14	-17,63	51,18	4,59
MPA-296	<i>Characidium vidali</i>	RM4	9,50	11,98	-19,17	50,40	4,21
MPA-297	<i>Characidium vidali</i>	RM4	9,71	12,06	-17,70	49,77	4,13
MPA-298	<i>Characidium vidali</i>	RM4	9,19	12,93	-17,75	44,82	3,47
MPA-299	<i>Characidium vidali</i>	RM4	8,58	12,99	-17,10	46,04	3,54
MPA-300	<i>Characidium vidali</i>	RM4	9,11	13,16	-16,81	44,83	3,41
MPA-301	<i>Characidium vidali</i>	RM4	9,23	13,25	-19,07	45,67	3,45
MPA-302	<i>Characidium vidali</i>	RM4	8,74	13,22	-18,06	44,14	3,34
MPA-303	Folha de árvore	RM4	3,94	2,56	-31,84	46,96	18,36
MPA-304	Capim	RM4	5,22	2,39	-11,48	41,60	17,43
MPA-305	Folhicho	RM4	1,25	1,77	-29,64	46,56	26,24
MPA-306	Perifiton	RM4	3,71	1,96	-13,56	15,97	8,16
MPA-307	Algas I	RM4	3,14	2,31	-26,74	35,67	15,45
MPA-308	Algas II	RM4	3,02	2,44	-17,30	29,31	12,03
MPA-309	Bambu	RM4	3,08	2,52	-27,42	41,66	16,53
MPA-310	Periliton	RM4	3,91	3,52	-18,68	27,67	7,85

MPA-311	Lepdoptera	RM4	4,92	10,08	-15,85	44,87	4,45
MPA-312	Ephemeroptera	RM4	3,07	8,05	-20,04	47,39	5,89
MPA-313	Coleoptera	RM4	3,20	9,38	-18,99	49,91	5,32
MPA-314	Trichoptera	RM4	5,01	10,51	-18,86	51,52	4,90
MPA-315	Plecoptera	RM4	5,96	10,97	-16,27	49,91	4,55
MPA-316	Diptera	RM4	4,16	7,44	-16,61	35,72	4,80
MPA-317	Simullidae	RM4	4,46	9,92	-20,55	42,52	4,29
MPA-329	<i>Characidium vidali</i>	RM7	9,21	12,83	-14,68	47,19	3,68
MPA-330	<i>Characidium vidali</i>	RM7	9,42	12,57	-14,84	49,17	3,91
MPA-331	<i>Characidium vidali</i>	RM7	9,17	12,25	-14,14	48,44	3,95
MPA-332	<i>Characidium vidali</i>	RM7	9,45	12,78	-15,11	47,77	3,74
MPA-333	<i>Characidium vidali</i>	RM7	9,02	13,24	-13,44	47,06	3,55
MPA-334	<i>Characidium vidali</i>	RM7	9,07	12,45	-13,41	46,24	3,72
MPA-335	<i>Characidium vidali</i>	RM7	8,46	12,56	-13,58	47,38	3,77
MPA-336	<i>Characidium vidali</i>	RM7	8,81	12,44	-13,76	49,22	3,96
MPA-337	Folha de árvore	RM7	0,26	3,19	-31,61	48,99	15,35
MPA-338	Capim	RM7	3,89	1,79	-10,89	41,73	23,37
MPA-339	Periliton	RM7	4,39	2,12	-13,19	38,35	18,12
MPA-340	Perifiton	RM7	4,27	1,60	-10,72	14,63	9,14
MPA-341	Folhico	RM7	2,84	1,73	-28,75	43,65	25,29
MPA-342	Briofita (musgos)	RM7	3,82	1,08	-26,63	23,98	22,14
MPA-343	Algas	RM7	4,00	2,08	-19,21	35,85	17,25
MPA-344	Coleoptera	RM7	2,90	9,19	-13,25	49,22	5,35
MPA-345	Ephemeroptera	RM7	4,02	9,30	-16,15	50,13	5,39
MPA-346	Trichoptera	RM7	5,18	9,49	-17,66	48,16	5,07
MPA-347	Diptera	RM7	5,06	9,72	-15,18	45,67	4,70
MPA-348	Lepdoptera	RM7	4,81	9,59	-16,37	42,57	4,44
MPA-349	Plecoptera	RM7	6,30	10,49	-19,49	50,86	4,85
MPA-350	Simullidae	RM7	4,36	9,03	-19,77	43,61	4,83