MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS BIOINDICADORES DE QUALIDADE DE ÁGUA: subsídios para a vazão ecológica no baixo rio São Francisco

Marcos Callisto[1]; Déborah Regina[1] & Victor Gomes[1]

RESUMO --- No Programa CT-Hidro/CNPq edital 45/2006, 9 projetos de 8 Universidades realizam estudos integrados visando definir a vazão ecológica no baixo São Francisco. Considerando a importância das lagoas marginais como áreas de refúgio e berçário para a biota aquática, foram estudados os macroinvertebrados bentônicos bioindicadores de qualidade de água e seu papel como alimento de peixes. Nosso objetivo foi avaliar a distribuição, composição e estrutura em grupos tróficos funcionais de comunidade de macroinvertebrados bentônicos e suas interações com a ictiofauna (análise do conteúdo estomacal de espécies bentófagas) em lagoas marginais do baixo curso do rio São Francisco. A riqueza taxonômica em ambos os períodos amostrais foi baixa (11 *taxa*), com predomínio de Chironomidae e Oligochaeta (64-90% seca, 79-99% chuva). Maior diversidade (H'=1,26), equitabilidade (J'=0,65), e densidade foram encontradas na Lagoa do Morro no período chuvoso. Foram analisados os conteúdos estomacais das espécies de peixes *Moenkhausisa costae* (N=503), *Triportheus guentheri* (N=115) e *Hoplosternum littorale* (N=24), cujos dados foram analisados quanto a diferenças espaço-temporais. Os resultados obtidos evidenciaram que as lagoas marginais são refúgios ecológicos importantes para a biota aquática e o enfoque de macroinvertebrados bentônicos bioindicadores é parte da definição de metodologia de vazão ecológica no baixo rio São Francisco.

ABSTRACT --- In the Programa CT-Hidro/CNPq edital 45/2006, 9 projects from 8 Universities are developing integrated studies to define the ecological discharge in the low São Francisco river. Considering the importance of the marginal lagoons for as refuge area and fish growing, we have studied the benthic macroinvertebrates bioindicators of water quality and their importance as fish food. Our objective was to assess the distribution, composition, and functional feeding groups of benthic macroinvertebrates and their interactions with fish fauna. The richness was low with the predominance of Chironomids and Oligochaets. Greater diversity, evenness, and density were found in Lagoa do Morro during the rainy season. Stomach content of *M. costae, T. guentheri* and *H. littorale* were assessed to evaluate temporal and spatial items. The results stressed that the marginal lagoons are important as ecological refuge for freshwater biota and the benthic macroinvertebrate bioindicators are important tool for the definition of ecological discharge in the low São Francisco river.

Palavras-chave: vazão ecológica, rio São Francisco, gestão ambiental.

1) Universidade Federal de Minas Gerais, ICB, Depto Biologia Geral, Lab Ecologia de Bentos, CP. 486, CEP. 30.161-970, Belo Horizonte, MG – www.icb.ufmg.br/big/benthos, callistom@ufmg.br

INTRODUÇÃO

Um dos conceitos chave utilizados em projetos de pesquisa que visam definir metodologias para a determinação de vazões ecológicas é o de integridade do hábitat. Esta integridade é avaliada com base em parâmetros físicos, químicos, geomorfológicos e biota aquática. As condições de habitat, a biota aquática e os processos ecológicos mantenedores da biodiversidade são elementos importantes para avaliar a integridade do hábitat, King *et al*.(2000). Idealmente, o conceito de vazão ecológica deve ser ampliado para vazão ambiental, devido à inclusão de aspectos sócio-econômicos e que descrevem o papel dos impactos antrópicos sobre as demandas e necessidades de água em bacias hidrográficas.

Para o estudo de comunidades bentônicas é de fundamental importância mensurar parâmetros físicos e químicos de coluna d'água, composição granulométrica e teores de matéria orgânica dos sedimentos. Sinteticamente, o fundo da coluna d'água e a interface água-sedimento – até cerca de 10-15 cm de profundidade -, representam os habitats colonizados por macroinvertebrados bentônicos, Bonada *et al*.(2006).

Dentre os aspectos que contribuem negativamente para a perda da biodiversidade destacam-se a construção de barragens e represamentos hidrelétricos, resultando na alteração da vazão a jusante, modificando o regime hidrológico natural dos cursos d'água, reduzindo a vazão média anual e a variação sazonal da vazão, alterando a ocorrência de vazões extremas, reduzindo a magnitude das cheias e/ou impondo descargas não naturais, Alves & Bernardo (2000).

Planícies de inundação são áreas periodicamente alagadas seja por aumento do nível da água no rio adjacente, por precipitação ou via lençol freático, resultando em ecossistemas peculiares, com comunidades biológicas altamente especializadas, Junk & Wantzen (2004). Nestes locais é freqüente o aparecimento de várzeas e lagoas marginais formadas pelo preenchimento de depressões durante as cheias do rio, Sperling (1999). Estes ambientes são amplamente reconhecidos pela sua importância na manutenção e integridade da biodiversidade aquática, Agostinho *et al*.(2000), além de um grande valor ecológico e econômico, por funcionarem como local de desenvolvimento inicial das espécies de piracema, Pompeu & Godinho (2003).

Em águas tropicais, a produção é proveniente, em grande parte, de áreas com vegetação que são inundadas sazonalmente e onde as larvas de peixes se refugiam. A regularidade do pulso de inundação permite uma maior eficiência na sobrevivência de ovos e larvas dos peixes que se reproduzem a montante, Daget *et al*. (1966), além de permitir um incremento de recursos alimentares através de um aumento da heterogeneidade de habitats, tendo algumas condições desfavoráveis como, por exemplo, certas oscilações de concentração de oxigênio, capazes de produzir condições sazonais de hipóxia ou anóxia, Yamamoto *et al*. (2004).

Os macroinvertebrados bentônicos participam da conversão de material vegetal e detritos em tecidos animais na cadeia de decomposição aquática e em zonas ripárias, sendo fundamentais nas teias alimentares aquáticas, cuja desestruturação pode causar alterações no fornecimento de energia para todo o ecossistema com reflexos potenciais em escala de bacias hidrográficas, Vannote *et al*. (1980).

Devido à oferta de alimento nas áreas alagáveis, uma grande quantidade e diversidade de invertebrados utilizam estas áreas como fonte de recursos e acabam, por sua vez, sendo uma importante fonte nutricional para os peixes, Claro-Jr *et al*. (2004). O estudo da dieta de peixes possibilita neste contexto a compreensão das relações entre a ictiofauna e os demais componentes do ecossistema aquático, servindo de base para o entendimento do papel ecológico desempenhado pelos peixes e fornecendo subsídios para a conservação dos ambientes aquáticos, Tupinambás *et al*. (2007).

O objetivo deste estudo foi avaliar a distribuição, composição e estrutura em grupos tróficos funcionais de comunidades de macroinvertebrados bentônicos e suas interações com a ictiofauna (análise do conteúdo estomacal de espécies bentófagas) em lagoas marginais no baixo curso do rio São Francisco. Nossas principais perguntas foram: (i) Existe diferença sazonal entre os períodos de chuvas e seca, em cada lagoa marginal?; (ii) Há grupos de macroinvertebrados bentônicos bioindicadores que esperaríamos encontrar nas lagoas?; (iii) Qual o papel bioindicador dos grupos de macroinvertebrados bentônicos?; (iv) Qual a importância dos macroinvertebrados bentônicos como alimento para os peixes?; (v) Se a cheia do rio São Francisco fosse maior, quais seriam as respostas dos macroinvertebrados?; (vi) Qual a importância dos detritos orgânicos (p.ex. macrófitas aquáticas, folhas e partículas finas) como fonte alimentar para os macroinvertebrados bentônicos? Estas informações contribuirão para desenvolver a metodologia de parametrização de vazão ecológica (ambiental) no trecho baixo da bacia do Rio São Francisco, em colaboração com os parceiros da rede CT-Hidro CNPq.

ÁREA DE ESTUDO

Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco

Com uma extensão de aproximadamente 2.800 km, o Rio São Francisco nasce no Parque Nacional da Serra da Canastra, no sudoeste do Estado de Minas Gerais e desemboca nas águas do oceano Atlântico, na divisa dos estados de Alagoas e Sergipe. Ao longo de seu percurso drena os estados de Minas Gerais, Bahia, Pernambuco, Alagoas, Sergipe e Distrito Federal, cortando três biomas: Cerrado, Caatinga e Mata Atlântica.

Foram estudas quatro lagoas marginais pertencentes à planície de inundação do baixo curso do rio São Francisco nos períodos de outubro/2007 (seca) e junho/2008 (chuvas): lagoa do Morro

(10°13’34,6” S; 36°49’23,8”W), lagoa Pindoba (10°16’22,0” S; 36°42’50,5”W), lagoa Várzea Matias de Souza (10°15’59,3” S; 36°37’27,5”W) e lagoa Várzea Marituba do Peixe (10°19’29,7”S; 36°37’27,5”W).

A lagoa do Morro encontra-se próxima à calha principal do rio. No seu entorno, comunidades ribeirinhas utilizam a lagoa para pesca e como área de lazer. A vegetação de entorno é ausente e as margens da lagoa encontram-se moderadamente erodidas. Além da intensa atividade pesqueira que ali ocorre, foi possível detectar também a retirada de argila. Na lagoa foram introduzidas espécies exóticas de peixes. Bancos de macrófitas espalhados pelo espelho d’água e também nas margens**.**

A Lagoa Pindoba encontra-se em uma planície inteira e melhor preservada. Não há ocupação humana no seu entorno, a vegetação é bem preservada e a erosão é ausente. Não foi detectada nenhuma espécie exótica de peixe. A atividade pesqueira é reduzida, limitada a poucos pescadores de vara. Há presença de macrófitas flutuantes e submersas por toda a margem da lagoa.

A lagoa Várzea Matias de Souza encontra-se em uma planície inteira, seca em sua maioria, com algumas pequenas porções com espelho d’água. Não há lançamentos de esgotos domésticos. A vegetação é rasteira e arbustiva, parcialmente preservada. Há presença de pequenos bancos de macrófitas nas áreas alagadas. As principais atividades antrópicas são retirada de argila, pesca e pastoreio.

A lagoa Várzea Marituba do Peixe é uma grande área de várzea com inúmeras lagoas. Não há despejo de esgotos. A vegetação é rasteira com predomínio de gramíneas. A margem é preservada e não há erosão. No entorno da lagoa, comunidades ribeirinhas desenvolvem atividades de pesca e pasto. A lagoa possui bancos isolados de macrófitas aquáticas.

MATERIAL E MÉTODOS

Variáveis físicas e químicas

Em cada lagoa foram mensurados na coluna d’água: temperatura (°C), condutividade elétrica (µS/cm), pH e turbidez (UTN) utilizando um multi-probe HORIBA, modelo U10, oxigênio dissolvido (método de Winkler por titulação com tiossulfato de sódio) e alcalinidade total. Amostras de água foram conduzidas ao laboratório na UFMG para análises das frações de nutrientes P-total, Strickland & Parsons (1960) e N-total, Mackereth (1978).

Composição granulométrica e teores de matéria orgânica no sedimento

Amostras de sedimento foram coletadas em cada lagoa para determinação da composição granulométrica segundo metodologia de Suguio (1973), modificada por Callisto & Esteves (1996). Para a determinação dos teores de matéria orgânica, alíquotas de 0,3g foram calcinadas a 550º C em forno mufla (gravimetria) por 4 horas.

Macroinvertebrados Bentônicos

Foram coletadas sete amostras quantitativas de sedimento em cada lagoa nos períodos de seca e chuvas levando-se em consideração habitats disponíveis e características geomorfológicas, permitindo comparação entre as comunidades de macroinvertebrados bentônicos encontradas em cada lagoa. Foi utilizada uma draga de Eckman-Birge com área amostral de 0.0225 m².

As amostras de sedimento coletadas foram lavadas no laboratório de Ecologia de Bentos da UFMG sobre peneira de 0.50 mm de malha e acondicionadas em potes plásticos contendo álcool 70%, posteriormente triadas em bandejas e identificadas sob microscópio estereoscópico (Zeiss, 20x), com o auxílio de chaves de identificação de Pérez (1988) e Merritt & Cummins (1998), até a menor categoria taxonômica possível. Os exemplares coletados foram depositados na Coleção de Referência de Macroinvertebrados Bentônicos do ICB/UFMG, segundo metodologia de França & Callisto (2007).

Para avaliar a estrutura das comunidades de macroinvertebrados bentônicos foram calculados o índice de diversidade de Shannon-Wiener, Odum (1998), o índice de equitabilidade de Pielou, densidade total e riqueza utilizando o software PRIMER (2004, version 6 Beta, PRIMER-E Ltda, Plymouth, UK; 2004).

Para verificar quais famílias foram mais importantes na estruturação das comunidades de macroinvertebrados bentônicos nos períodos amostrais, foi realizada uma análise de espécies indicadoras, Dufrêne & Legendre (1997), utilizando o software PC-Ord (versão 3.11, 1997). Esta análise confere a cada *taxon* valores de indicação que variam de 0 a 100 segundo a abundância e a frequência relativa de cada um nos grupos definidos previamente que neste caso foram as estações chuvosa e seca. Quando para um dado *taxon* o valor de indicação entre os grupos é significativo ($p<0,05$, teste de Monte Carlo), então este *taxon* pode ser considerado como um indicador para o dado grupo.

A densidade total e a riqueza total de macroinvertebrados bentônicos em cada lagoa foram comparadas entre os tratamentos por meio de Análise de Variância (ANOVA, two-way), utilizando como fatores a estação amostral e as diferentes lagoas. Estes testes foram seguidos pelo Teste de Tukey HSD, Zar (1999), para discriminar as diferenças entre os tratamentos. Os dados de invertebrados foram logaritmizados (log 10x + 1) e os cálculos foram realizados no software Statistica 6.0 (StatSoft Inc., Tulsa, USA).

Ictiofauna

Foram realizadas coletas quantitativas através de redes de emalhar com tamanhos de 3 a 8, 10, 12, 14 e 16 cm entre nós opostos, que foram dispostas à tarde e retiradas pela manhã, permanecendo cerca de 16 horas na coluna d´água. Para as amostragens qualitativas foram utilizadas peneiras com tela mosqueteira com malha de 1 mm.

Todos os exemplares foram fixados em formol 10% logo após a captura e conservados em álcool 70%. A identificação foi realizada pela equipe da Universidade Federal de Lavras (UFLA) e os exemplares foram medidos (comprimento padrão), pesados e eviscerados no Laboratório de Ecologia de Bentos da UFMG. Os estômagos foram, então, conservados em álcool 70% e seu conteúdo, posteriormente, analisado em microscópio estereoscópico (Zeiss, 20x). Os estômagos que encontravam-se vazios ou rompidos foram descartados e não foram considerados em nossas análises.

Os itens foram classificados até o menor nível taxonômico possível, de acordo com o seu estado de conservação utilizando as chaves taxonômicas de Pérez (1988), Merritt & Cummins (1998).

Para cada item alimentar *i* foram calculadas a Freqüência de Ocorrência (número de estômagos que apresentaram o item *i* x 100/número total de estômagos), proposto por Hyslop (1980), e o volume de cada item *i* foi determinado através do método volumétrico, Hyslop (1980). Aplicou-se, então, o Índice Alimentar ($IAi = FiVi / \sum FiVi$) proposto por Kawakami & Vazzoler (1980), para as espécies que apresentaram no mínimo 10 estômagos repletos de itens alimentares.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Variáveis físicas e químicas

A lagoa do Morro apresentou os maiores valores para a maioria dos parâmetros abióticos mensurados nos dois períodos amostrados (Tabela 1). Os teores de oxigênio dissolvido foram menores no período de seca do que no de chuvas nas lagoas Pindoba, Várzea Matias de Souza e Várzea Marituba do Peixe. Os teores de matéria orgânica nos sedimentos na coleta de seca variaram de 7,7 a 11,67%, e no período de chuvas de 6,47 a 17,17%. Na Lagoa Pindoba, esta variação foi mais acentuada (10,12 – 17,17%), acompanhada também de aumento na turbidez, P-total e N-total e diminuição do oxigênio dissolvido. Neste local foi visível o efeito da regularização da vazão liberada pelos reservatórios a montante, pois esta lagoa não apresentou alterações de nível d'água ou alterações hidrológicas em sua planície de inundação e, como conseqüência, macrófitas aquáticas ocuparam praticamente todo o espelho d'água da lagoa, alterando a estrutura do ecossistema.

A análise da composição granulométrica dos sedimentos revelou a predominância de frações mais finas de areia nas lagoas em ambos os períodos amostrais, composição típica de ambientes lênticos onde é intensa a sedimentação de partículas. Ainda assim pode-se observar uma ligeira variação de um período sazonal para o outro com aumento de partículas mais grossas e diminuição das partículas mais finas no sedimento. Portanto, houve diferenças sazonais entre os períodos de chuvas e seca nas lagoas marginais.

Tabela 1: Caracterização de parâmetros físicos e químicos na coluna d'água e sedimento nas águas nas lagoas marginais no baixo trecho da bacia do rio São Francisco de temperatura, pH, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido, turbidez, alcalinidade total, Nitrogênio Total, Fósforo Total, percentual de matéria orgânica e frações granulométricas.

	L. do Morro		L. Pindoba		V. Matias de Souza		V. Marituba do Peixe	
	Seca	Chuva	Seca	Chuva	Seca	Chuva	Seca	Chuva
Coluna d'água								
Temperatura (ºC)	29,3	28	28	25,2	31	27,8	31	27,9
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	3,6	8,4	4,2	1,5	4,4	1,9	3,5	3,8
pH	7,19	7,23	6,49	5,89	6,24	6,05	6,66	5,45
Condutividade elétrica (µS/cm)	1061	919	83,8	89	586	475	227	157
Alcalinidade Total (µEq/L CO_2)	957,5	1387	320	637	321,9	609,9	126,3	109,1
Turbidez (UNT)	524	439	5,8	304	109	10,4	255	3,5
Fósforo Total (mg/L)	0,178	0,13	0,032	0,063	0,032	0,012	0,032	0,069
NitrogênioTotal (mg/L)	0,392	0,294	0,077	0,217	0,084	0,154	0,119	0,203
Sedimento								
Matéria Orgânica (%)	11,67	9,88	10,12	17,17	7,7	6,47	7,77	10,45
Composição Granulométrica (%)								
Seixos	11,3	0	0	0	0	0	0	0
Cascalhos	6,7	4,6	0,2	0	0	4,8	1,8	0,6
Areia muito grossa	4,9	17,3	2,5	3,3	5,3	7,6	5,8	3,8
Areia grossa	9,7	21,7	8,4	15,3	13,4	15,7	12,3	11,9
Areia média	20	19,7	18,4	23,6	20,5	14,4	17,1	24,6
Areia fina	12,3	10,4	11,1	10,8	12,3	8	17,1	21,8
Areia muito fina	21,2	17	26,4	21,2	20,3	37	27,6	24,8
Siltes+Argilas	14	10,3	32,3	25,6	27,7	12,7	18,3	12,4

Comunidades de Macroinvertebrados Bentônicos

A composição taxonômica das comunidades de macroinvertebrados bentônicos nas quatro lagoas marginais amostradas nos períodos de seca e chuvas foi de onze *taxa*, distribuídos em três filos (Mollusca, Annelida e Arthropoda), três classes (Gastropoda, Oligochaeta e Insecta), cinco ordens (Odonata, Ephemeroptera, Coleoptera, Heteroptera e Diptera) e nove famílias (Polymitarcyidae, Gomphidae, Libellulidae, Pleidae, Hydrophilidae, Ceratopogonidae, Chironomidae, Chaoboridae e Simuliidae) (Tabelas 2 e 3).

No período de seca, de um total de nove *taxa* encontrados nas quatro lagoas, oito foram amostrados na Lagoa do Morro. Oligochaeta e larvas de Chironomidae e Ceratopogonidae foram amostrados nas quatro lagoas. Na Lagoa do Morro, Lagoa Pindoba e na Várzea Marituba do Peixe, os taxa Chironomidae e Oligochaeta predominaram (representando c. 90%); enquanto que na Várzea Matias de Souza apenas a família Chironomidae representou 88% da comunidade. A lagoa do Morro destacou-se das demais apresentando maior riqueza (oito *taxa*), maior densidade total

(882,54 ind/m²) e maior diversidade de Shannon-Wiener (H'=1,13). No período de chuvas o percentual de Oligochaeta e Chironomidae foi de 75-99% das comunidades em cada lagoa.

Tabela 2. Composição taxonômica, densidade total (ind.m-^{2}), riqueza total, equitabilidade e diversidade de Shannon-Wiener, no período de seca nas quatro lagoas marginais amostradas no trecho baixo do rio São Francisco.

	Lagoa do Morro	Lagoa Pindoba	V. Matias de Souza	V. Marituba do Peixe
Gastropoda	1.14±1.35	0.29±0.49		
Annelida				
Oligochaeta	10.14±8.43	2.14±4.81	0.43±1.13	10.71±12.13
Arthropoda				
Insecta				
Ephemeroptera				
Polymitarcyidae	0.29±0.49			
Odonata				
Gomphidae			0.14±0.38	
Libellulidae	0.14±0.38			
Heteroptera				
Pleidae	0.14±0.38			
Coleoptera				
Hydrophilidae	0.14±0.38			0.14±0.38
Díptera				
Ceratopogonidae	0.43±1.13	0.29±0.49	1.14±1.21	1.86±1.86
Chironomidae	7.43±10.72	3.29±2.56	12±10.13	4±3.56
Riqueza Total	8	4	4	4
Densidade Total	882.54	266.67	609.52	742.86
Equitabilidade	0.54	0.71	0.35	0.66
Diversidade de Shannon-Wiener	1.13	0.99	0.48	0.91

A análise de espécies (*taxa*) indicadoras identificou grupos de bioindicadores em cada lagoa nos diferentes períodos amostrais ($p<0,05$). Na lagoa do morro a família Polymitarcyidae foi indicadora nas chuvas (valor de indicação = 68). Na Várzea Marituba do Peixe as famílias Chironomidae (71) e Ceratopogonidae (71) foram indicadores para o período de seca. Na Várzea Matias de Souza a classe Oligochaeta foi indicadora no período de chuvas (82) e Chironomidae no período de seca (73). Estes bioindicadores bentônicos refletem as condições ecológicas atuais nas lagoas marginais no baixo São Francisco. Estas condições são resultado da regularização de vazão dos empreendimentos hidrelétricos de montante, uso e ocupação do solo na planície de inundação por atividades de agricultura intensiva.

Tabela 3. Composição taxonômica, densidade total (ind.m-^{2}), riqueza total, equitabilidade e diversidade de Shannon-Wiener, no período de chuvas nas quatro lagoas marginais amostradas no trecho baixo do rio São Francisco.

	Lagoa do Morro	Lagoa Pindoba	V. Matias de Souza	V. Marituba do Peixe
Gastropoda	1.14±1.86	0.43±0.79		
Annelida				
Oligochaeta	14.86±12.35	6.86±8.90	9.57±8.72	20.71±39.98
Arthropoda				
Insecta				
Ephemeroptera				
Polymitarcyidae	5.14±5.87			
Odonata				
Libellulidae		0.14±0.38		
Coleoptera				
Hydrophilidae	0.14±0.38			0.14±0.38
Díptera				
Ceratopogonidae	0.86±1.21		0.43±0.79	
Chironomidae	12.86±20.10	6.57±4.31	2.14±1.86	0.86±1.14
Chaoboridae	0.14±0.38			
Simuliidae			0.14±0.38	
Riqueza Total	7	4	4	3
Densidade Total	1561.90	622.22	546.03	965.08
Equitabilidade	0.65	0.62	0.48	0.19
Diversidade de Shannon-Wiener	1.26	0.46	0.67	0.21

Pôde-se observar pouca variação na riqueza taxonômica (Figura 1) e densidade de organismos (Figura 2) de um período sazonal para outro. Em lagoas marginais como estas, considerando a disponibilidade de habitats físicos e recursos alimentares disponíveis, seriam esperados outros grupos de macroinvertebrados bentônicos, notadamente aqueles capazes de alimentarem-se de detritos de macrófitas aquáticas e que vivem no perifíton. Em lagoas marginais, sujeitas a flutuações de nível d'água em planícies de inundação, esperaríamos encontrar outros grupos de macroinvertebrados bentônicos bioindicadores, tais como ninfas e larvas de insetos sensíveis à poluição de Ephemeroptera e Trichoptera. No entanto, o regime de variações no nível d'água nesta planície de inundação tem sido regularizado pelos empreendimentos hidrelétricos de montante no médio curso do rio São Francisco. Consequentemente, a biodiversidade bentônica atual é reduzida nas lagoas marginais, devido à alteração do ciclo natural do pulso de cheias comprometendo a inundação natural das áreas alagáveis. Nestes ecossistemas, há provavelmente uma redução nas relações tróficas entre as guildas bentônicas devido à alteração na quantidade e qualidade de recursos alimentares disponíveis, Cowx *et al*. (1984), Wood *et al*. (2000). Em alguns períodos, seria possível observar um aumento na densidade diante de um episódio de baixas vazões, Dewson *et al*. (2007), pois a diminuição do fluxo reduz a área molhada e com isso os

macroinvertebrados tendem a se concentrar em uma menor área dos ecossistemas aquáticos, Wright & Berrie (1987).

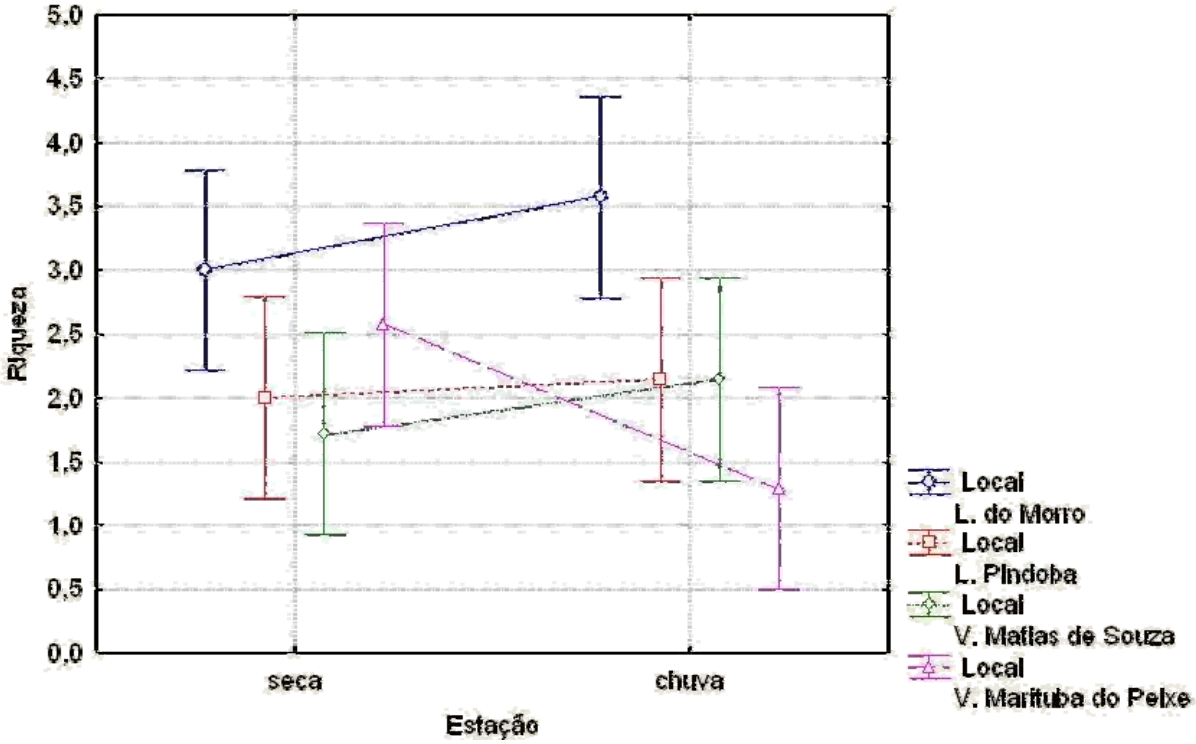

Figura 1. Variação da riqueza taxonômica entre lagoas e períodos amostrais (estação = $F_{(1,48)}$ = 0,01648 p = 0,89838; local = $F_{(3,48)}$ = 5,5989, p = 0,00225).

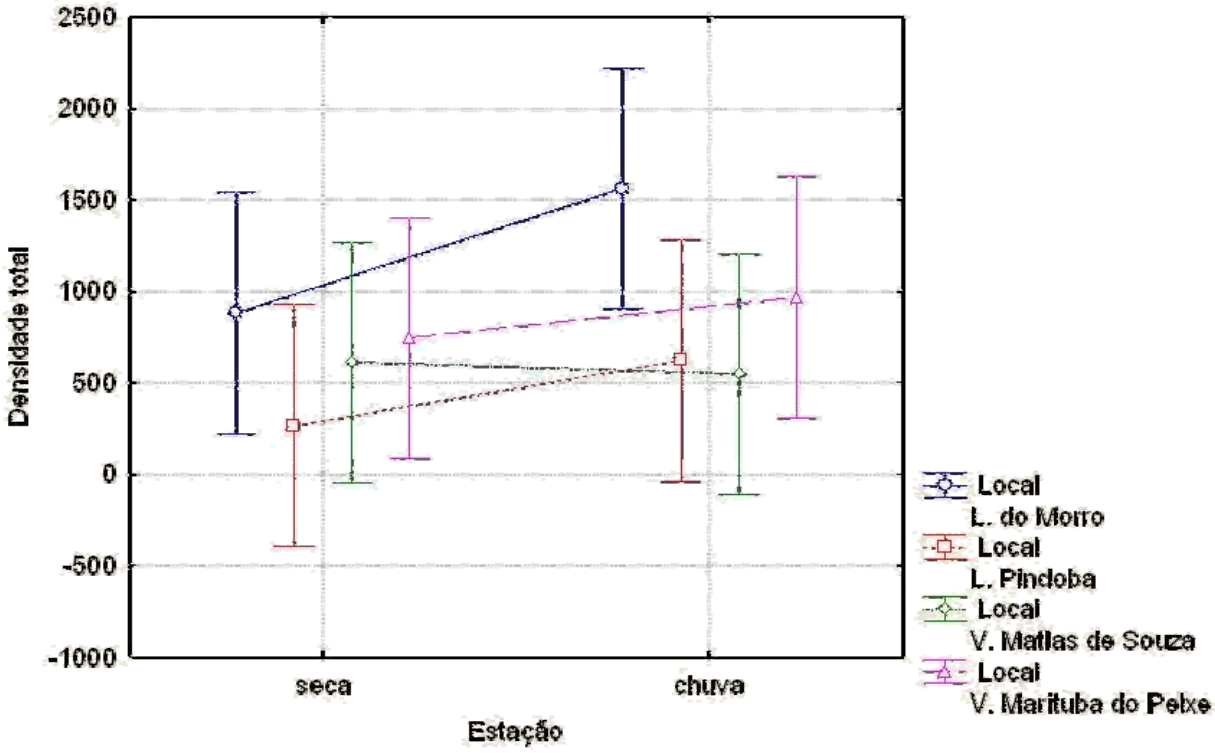

Figura 2. Variação da densidade total entre lagoas e períodos amostrais (estação = $F_{(1,48)}$ = 1,6566, p = 0,20424; local = $F_{(3,48)}$ = 2,1977, p = 1,0046).

Ictiofauna

Foram analisados os conteúdos estomacais de três espécies de peixes: *Moenkhausisa costae (*STEINDACHNER, 1907) (Characiformes, Characidae) (N=361), *Triportheus guentheri (*GARMAN, 1890) (Characiformes, Characidae) (N=117) e *Hoplosternum littorale (*HANCOCK, 1828) (Callichthyidae, Siluriformes) e os dados foram analisados quanto a diferenças temporais e espaciais. A lista de espécies e o número de exemplares capturados por lagoas estão descritos na Tabela 4.

Foi possível observar uma mudança significativa na dieta de *Moenkhausisa costae* (N=82) na várzea da Marituba do Peixe, onde o item predominante durante a estação seca foi detrito (IAi=62%) e os macroinvertebrados apresentaram IAi=23%; e nas chuvas, Microcrustacea (IAi=48%) foi o item mais abundante e macroinvertebrados representaram IA=4,95%. Apesar do menor consumo de macroinvertebrados na estação chuvosa, percebeu-se um aumento significativo do consumo de insetos em geral (fragmentos de formas aquáticas e terrestres), alcançando IAi=40%. Portanto, a dieta de *M. costae* na várzea Marituba do Peixe foi diferente entre os dois períodos sazonais de amostragens, passando de detritívora na estação de seca a zooplanctívora na estação chuvosa.

Na várzea Matias de Souza a dieta alimentar de *M. costae* (N=193) não foi significativamente diferente entre as estações amostrais, e o item mais consumido nos dois períodos foi Microcrustacea (90% e 60%, respectivamente), sendo sua dieta, portanto predominantemente zooplanctívora. Na Lagoa do Morro a espécie demonstrou dieta completamente zooplanctívora (microcrustacea IAi=100%) durante a seca e detritívora (50%) com tendência zooplanctívora (43%) na chuva.

Os *Triportheus guentheri* (N=117) coletados na Lagoa do Morro apresentaram reduzida predação sobre macroinvertebrados em ambas as estações amostrais (3,6% e 0,8%, respectivamente), com o predomínio de Microcrustacea (81% no período de chuvas) e detritos na seca (81%).

Indivíduos de *Hoplosternum littorale (N=24)* na lagoa Morro Chaves apresentaram dieta predominantemente zooplanctívora. Os detritos foram o item de maior importância na alimentação desta espécie em ambas as estações (45 % na seca, 95% na chuva, respectivamente). Além disso, no período de seca fragmentos de insetos e detritos vegetais representaram cerca de 20% da dieta da espécie. Os Índices Alimentares, Freqüência de Ocorrência e o volume de todos os itens alimentares estão listados na Tabela 5.

Segundo Wantzen *et al*. (2002) em estudo realizado em planícies de inundação no Pantanal, classificou *Moenkhausia* spp. esta espécie como onívora. Em outros estudos nas lagoas marginais no baixo rio São Francisco por Pompeu & Godinho (2003), esta espécie foi incluída no grupo

trófico insetívoro, diferindo de nossos dados, uma vez que *M. costae* apresentou dieta zooplanctívora.

Gomes & Verani (2003) observaram que os indivíduos de *T. guentheri* coletados no reservatório de Três Marias, apresentaram dieta insetívora, com predominância de fases imaturas de insetos. Godinho (1997) classificou-a como insetívora de insetos alóctones em estudos no mesmo reservatório, não corroborando, da mesma maneira, com os dados aqui apresentados, onde *T. guentheri* evidenciou dieta variando de zooplanctívora na seca a detritívora durante a estação úmida.

Em estudo realizado por Santos *et al.* (2008) em planícies de inundação dos rios Amazonas e Negro na Amazônia Central, *H. littorale* foi classificada como uma espécie invertívora e, em estudos de Pompeu & Godinho (2003), como insetívora. Os dados encontrados pelo trabalho em questão divergem dos nossos bem como das espécies anteriormente estudadas. *H. littorale* foi classificada como uma espécie predominantemente detritívora.

Nas lagoas que estudamos estas espécies não apresentaram preferência pelos macroinvertebrados (os Índices Alimentares de todos os *taxa* estão relacionados na Tabela 6). Provavelmente as baixas densidades de organismos bentônicos e sua baixa riqueza taxonômica representam o empobrecimento deste recurso alimentar para as espécies de peixes, comprometendo o funcionamento das cadeias alimentares aquáticas nas lagoas marginais no baixo rio São Francisco. Potencialmente, as comunidades de macroinvertebrados bentônicos poderiam apresentar maior riqueza taxonômica e alimentarem-se de detritos orgânicos, incluindo macrófitas aquáticas, detritos foliares e partículas finas.

Em síntese, a regularização do pulso de inundação, a retirada de água resultante das atividades de agricultura e geração de energia elétrica e a intensa evaporação na região do semiárido têm contribuído negativamente para a redução da planície de inundação no baixo rio São Francisco. As lagoas marginais possuem reduzida riqueza taxonômica e densidade de macroinvertebrados bentônicos bioindicadores de qualidade de água, como resultado dos impactos sobre a estrutura nestes ecossistemas. Estes organismos, além de participarem ativamente na cadeia de detritos, degradando matéria orgânica alóctone e autóctone, são potenciais recursos alimentares para peixes. As 3 espécies de peixes estudadas não utilizam significativamente os macroinvertebrados bentônicos como recurso alimentar, o que evidencia conseqüências para o funcionamento destes ecossistemas lacustres.

AGRADECIMENTOS

Os autores são especialmente gratos ao financiamento do Programa CT-Hidro/CNPq e apoio da CAPES, FAPEMIG e US Fish & Wildlife Service. Agradecemos aos colegas do Laboratório de

Ecologia de Bentos da UFMG por todo apoio e colaboração durante nossas campanhas de coletas de campo e à equipe do Prof. Paulo Pompeu (UFLA) pelo apoio nas coletas de campo e identificação dos peixes.

BIBLIOGRAFIA

AGOSTINHO, A.A., THOMAZ, S.M., MINTE-VERA, C.V. & WINEMILLER, K.O. (2000). *"Biodiversity in the high Paraná River floodplain"*. In: GOPAL, B.; JUNK, W.J. & DAVIS, J.A. Biodiversity in wetlands: assessment, function and conservation. Backhuys Publishers: Leiden, The Netherlands. p.89-118.

ALVES, M. H. & BERNARDO, J. M. (2000). *"Contribuição para uma metodologia de Determinação do caudal ecológico em cursos e água temporários"*. 5° Congresso da Água, Lisboa, Portugal.

BONADA, N., PRAT, N., RESH, V.H. & STATZNER, B. (2006).*"Developments in Aquatics Insect Biomonitoring: A Comparative Analysis of Recent Approaches"*. *Annu. Rev. Entomol*. 51: 495-523.

CALLISTO, M. & ESTEVES, F. (1996). "*Composição granulométrica do sedimento de um lago amazônico impactado por rejeito de bauxita e um lago natural"*. Acta Limnologica Brasiliensis. 8: 115-126.

CLARO-JR, L., FERREIRA E., ZUANON, J. & ARAÚJO-LIMA, C. (2004). *"O efeito da floresta alagada na alimentação de três espécies de peixes onívoros em lagos de várzea na Amazônia Central, Brasil."* Acta Amazônica 34(1): 133-137.

COWX, I. G., YOUNG, W. O. & HELLAWELL, J. M. (1984*). "The influence of drought on the fish and invertebrate populations of an upland stream in Wales"*. Freshwater Biology, 4: 165–177.

DAGET, J., LEMASSON, I & VIBERT, R. (1996).*"Aménagement des pêches continentale. Lacs et rivières"*. In S. Gerking (Ed.): The biological basis of freshwater fish production. Oxford: Blackwell Scientific Publ: 429-451.

DEWSON, Z. S., JAMES, A. B. W. & DEATH, R. G. (2007). *"A review of the consequences of decreased flow for instream habitat and macroinvertebrates"*. J. N. Am. Benthol. Soc. 26 (3): 401–415.

DUFRÊNE, M. & LEGENDRE, P. (1997). *"Species assemblages and indicator species: the need for flexible asymmetrical approach"*. Ecological Monographs 67: 345-366.

FRANÇA, J.S. & CALLISTO, M. (2007). *"Coleção de macroinvertebrados bentônicos: ferramenta para o conhecimento da biodiversidade em ecossistemas aquáticos continentais"*. Neotropical Biology and Conservation. 2(1): 3-10.

GODINHO, A. L., 1997, Weight-length relationship and condition of the characiform *Triportheus guentheri*. *Environmental Biology of Fishes,* 50: 319–330.

GOMES, J. H. C. & J. R. VERANI. Alimentação de espécies de peixes do reservatório de Três Marias, p. 195- 227. In: H. P. GODINHO & A. L. GODINHO (org.). *Águas, peixes e pescadores do São Francisco das Minas Gerais*. Belo Horizonte: PUC Minas, 2003. 468p.

HYSLOP, E.M.S. (1980). *"Stomach contents analysis - a review of methods and their application"*. J. Fish. Biol. 17:411-429.

KAWAKAMI, E. & G. VAZZOLER, 1980, Método gráfico e estimativa de índice alimentar aplicado no estudo da alimentação de peixes, Bol. Inst. Oceanogr. 29: 205-207.

KING, J.M., THARME, R.E. & M.S. de VILIERS (eds). (2000). "*Environmental flow assessments for rivers: manual for the building block methodology.*" Freshwater Research Unit, University of Cape Town, WRC Report No. TT 131/00.

JUNK, W. J. & WANTZEN, K. M. (2004). "*The Flood Pulse Concept: New Aspects, Approaches, and Application - an update".* In: Proceedings of the Second International Symposium on the Management of Large Rivers for Fisheries. Bangkok, Thailand : Food and Agriculture Organization & Mekong River Commission, 2004. v. 2. p. 117-149

MACKERETH, F. J. H., (1978). *Water analysis: some revised methods for limnologists.* Kendal. Titus Wilson & Sons LTDA.

MERRITT R.W. & CUMMINS, K.W. (1998). *An introduction to the aquatic insects of North America*. 2nd. ed., Kendall/Hunt.Iowa, 750p.

ODUM, E. P. (1988). *Ecologia.* Rio de Janeiro: Interamericana, 434p.

PÉREZ, G. R. (1988). *Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia*. Fondo Fen Colombia, Colciencias, Universidad de Antioquia, Bogotá. 217p

POMPEU, P. S. & GODINHO, H. P. (2003). *"Dieta e estrutura trófica das comunidades de peixes de três lagoas marginais do médio São Francisco"*. p. 183-194. In: H. P. Godinho & A. L. Godinho (org.). Águas, peixes e pescadores do São Francisco das Minas Gerais. Belo Horizonte: PUC Minas. 468p.

SANTOS, R.N.; FERREIRA E. J. G. & AMADIO S. 2008, "Effect of seasonality and trophic group on energy acquisition in Amazonian fish", Ecology of Freshwater Fish, 17: 340–348.

SPERLING, E. Von. (1999). *Morfologia de lagos e represas*, Belo Horizonte: DESA/UFMG, 138 p.

STRICKLAND, J.D.H. & PARSONS, T.R. (1960). "*A manual of seawater analysis".* Bull. Fish. Res. Board Can. 125: 1 18.

SUGUIO, K. (1973). *"Introdução à Sedimentologia"*. Ed. Edgard Blucher Ltda. Edusp. 317pp.

TUPINAMBÁS, T. H., CALLISTO, M. & SANTOS, G. B. (2007). *"Benthic Macroinvertebrate assemblage structure in two headwater streams, south eastern, Brazil"*. Revista Brasileira de Zoologia 24 (4): 887-897.

VANNOTE, R. L.; MINSHALL, G. W.; CUMMINS, K. W.; SEDELL, J. R. & CUSHING, C. E., 1980, The river continuum concept. Can. J. Fish. Aquat. Sc. 37: 130-137.

WANTZEN, K M;. MACHADO, F. A.; VOSS M.;.BORISS, H &. JUNK, W. J., 2002, Seasonal isotopic shifts in fish of the Pantanal wetland, Brazil. Aquat. Sci. 64: 239–251.

WOOD, P. J., AGNEW, M. D. & PETTS, G. E. (2000). *"Flow variations and macroinvertebrate community responses in a small groundwater-dominated stream in south-east England"*. Hydrological Processes. 14: 3133–3147.

WRIGHT, J. F. & BERRIE, A. D. (1987). *"Ecological effects of groundwater pumping and a natural drought on the upper reaches of a chalk stream"*. Regulated Rivers: Research and Management. 1: 145–160.

YAMAMOTO, K. C., SOARES, M. G. M. & FREITAS, C. E. C. (2004), "*Alimentação de Triportheus angulatus (Spix & Agassiz, 1829) no lago Camaleão, Manaus, AM, Brasi"l.* Acta Amazônica, 34(4): 653 – 659.

ZAR, J.H. (1999). *Biostatistical analysis.* 4ªed. New Jersey, Prentice-Hall, Inc., 663p +212App.

Anexos

Tabela 4. Relação dos indivíduos capturados por lagoa e amplitude do comprimento padrão (ACP) de cada espécie.

Espécie	Nome Popular	ACP(cm)	L. Morro		L. Pindoba		V. M. Souza		V. M. Peixe	
			Seca	Chuva	Seca	Chuva	Seca	Chuva	Seca	Chuva
Characiformes										
Characidae										
*Moenkhausia costae (*STEINDACHNER, 1907)	Piaba	2,0-5,8	8	194	-	7	180	70	88	96
*Triportheus guentheri (*GARMAN, 1890)	Piaba-facão	5,1-7,0	41	110	-	-	7	-	-	6
Siluriformes										
Callichthyidae										
*Hoplosternum littorale (*HANCOCK, 1828)	Tamboata	11,8-18,3	25	18	-	-	1	-	3	1
Total			**74**	**322**		**7**	**188**	**70**	**91**	**103**

1) Universidade Federal de Minas Gerais, ICB, Depto Biologia Geral, Lab Ecologia de Bentos, CP. 486, CEP. 30.161-970, Belo Horizonte, MG – www.icb.ufmg.br/big/benthos, callistom@ufmg.br

Tabela 5. Relação dos Índices Alimentares, Freqüência de Ocorrências e Volume dos itens encontrados em cada espécie de peixe de acordo com a lagoa de captura. Alga = Algas Filamentosas; Veg. Sup. = Vegetal Superior; Frag. i. = Fragmentos de insetos; I. Ter. = Insetos Terrestres; I. Aq. = Insetos Aquáticos; Detr = Detrito; Crus. = Crustácea; Mcrus. = Microcrustacea; Peixe = peixes, restos de peixes, escamas, nadadeiras; M. N. id. = Material Não Identificado.

L. MORRO

Espécie	Índices	N	seca										N	chuva									
			Alga	Veg. S.	Frag. i.	I.Ter.	I. Aq.	Detr.	Crus.	Mcrus.	Peixe	M. N. id.		Alga	Veg. S.	Frag.i	I.Ter.	I. Aq.	Detr.	Crus.	Mcrus.	Peixe	M. N. id.
T. guentheri	Volume	**36**	-	2,25	2	2,5	19,3	22		52,1	0,5	5	**83**	-	171	21,5	0,5	1048	435	-	2	-	-
	Frequência		-	4	3	2	5	21	-	20	1	3		-	34	8	1	5	69	-	1	-	-
	IAi		-	0,016	0,011	0,016	0,035	0,077	-	0,81	0,0009	0		-	0,17	0,0049	0	0,008	0,81	-	0	-	-
M. costae	Volume	**8**	-	-	-	-	-	-	-	62	-	-	**160**	-	63,1	20,9	-	26	292	-	325	-	-
	Frequência		-	-	-	-	-	-	-	8	-	-		-	26	40	-	7	122	-	95	-	-
	IAi		-	-	-	-	-	-	-	1	-	-		-	0,062	0,003	-	0,11	0,005	-	0,43	-	-
H. littorale	Volume	**14**	1	59,3	108	-	42,4	1311	-	0,3	-	-	**10**	-	2	-	-	168	501	-	-	-	-
	Frequência		1	9	8	-	11	12	-	1	-	-		-	10	-	-	30	90	-	-	-	-
	IAi		0	0,030	0,0494	-	0,009	0,909	-	0	-	-		-	0	-	-	0,045	0,954	-	-	-	-

V. MATIAS DE SOUZA

Espécie	Índices	N	seca										N	chuva									
			Alga	Veg. S.	Frag. i.	I.Ter.	I. Aq.	Detr.	Crus.	Mcrus.	Peixe	M. N. id.		Alga	Veg. S.	Frag.i	I.Ter.	I. Aq.	Detr.	Crus.	Mcrus.	Peixe	M. N. id.
M. costae	Volume	**134**		36,4	7,3	-	3,8	38,6	-	296	8,8	2	**59**	2	-	-	-	4,8	40,7	-	68	-	-
	Frequência		-	44	7	-	4	59	-	59	18	2		1	-	-	-	7	47	-	43	-	-
	IAi		-	0,074	0,0023	-	0,0004	0,010	-	0,809	0,0073	0		0	-	-	-	0,0043	0,39	-	0,60	-	-

V. MARITUBA DO PEIXE

Espécie	Índices	N	seca										N	chuva									
			Alga	Veg. S.	Frag. i.	I.Ter.	I. Aq.	Detr.	Crus.	Mcrus.	Peixe	M. N. id.		Alga	Veg. S.	Frag.i	I.Ter.	I. Aq.	Detr.	Crus.	Mcrus.	Peixe	M. N. id.
M. costae	Volume	**46**	-	19,7	17,5	-	51,9	43,4	-	0,6	2	-	**96**	-	19,7	17,5	-	104	43,4	-	0,6	-	-
	Frequência		-	12	4	-	12	59	-	59	18	-		-	12	4	-	64	32	-	2	-	-
	IAi		-	0,107	0,0317	-	0,227	0,62	-	0	0	-		-	0,023	0,40	-	0,0495	0,04	-	0,48	-	-

1) Universidade Federal de Minas Gerais, ICB, Depto Biologia Geral, Lab Ecologia de Bentos, CP. 486, CEP. 30.161-970, Belo Horizonte, MG – www.icb.ufmg.br/big/benthos, callistom@ufmg.br

Tabela 6. Índice Alimentar dos itens alimentares encontrados e dos *taxa* dos macroinvertebrados.

	seca (M. de Souza) *M. costae (134)*	**chuva** (M. de Souza) *M. costae (59)*	**seca** (M. Chaves) *H. littorale* (14)	**chuva** (M. Chaves) *H. littorale(10)*	**seca** (M. Chaves) *T. guentheri* (36)	**chuva** (M. Chaves) *T. guentheri* (81)	**seca** (Marituba do Peixe) *M. costae(46)*	**chuva** (Marituba do Peixe) *M. costae(36)*	**seca** L. do Morro *M. costae (8)*	**chuva** L. do Morro *M. costae (160)*
Alga		0,0004	0,0001				0,1070			
Veg. Sup.	0,0740		0,0308	0,0004	0,0160	0,166	0,031	0,0230		0,062
Detrito	0,0011	0,39	0,919	0,96	0,077	0,81	0,0005	0,04		0,50
Crustacea							0,003			
Microcrustacea	0,81	0,60	0,00		0,81	>0,0001	0,0009	0,48	100%	0,43
Peixe	0,0073				0,0009					
Fragm. Inseto	0,0023		0,0494		0,022	0,0049	0,62	0,40		0,003
Diptera	0,0001									
Chironomidae	0,0001	0,0043	0,0026	0,0120	0,0009	<0,0001		0,04,5		0,0008
Ceratopogonidae			0,0006	0,0036				<0,0001		
Culicidae					0,0004			<0,0001		
Tipulidae			0,0002							
Ephemeroptera								<0,0001		
ovos				0,001		0,0031				<0,0001
Polymitarcyidae				0,002			0,0042			<0,0001
Caenidae								0,0026		
Odonata										
Gomphidae								<0,0001		
Libellulidae										<0,0001
Heteroptera			0,0004			<0,0001				0,0003
Pleidae								0,0007		
Coleoptera	<0,0001		0,0001		0,029	0,0002				
Hidrophilidae			0,0020					0,0012		
Scirtidae			0,0002		0,005					
Dytiscidae			<0,0001							
Trichoptera										
Hidroptilidae										
Oligochaeta	<0,0001						0,22			
Acari		0,0015						0,0009		
Insetos terr.					0,016					
Mat. N id.	0,0001				0,016					