



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CAMPUS I
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E CONSERVAÇÃO**

WILMA IZABELLY ANANIAS GOMES

**FILTROS AMBIENTAIS E TRAITS: MECANISMOS PARA ENTENDIMENTO DA
DINÂMICA ECOLÓGICA DE CHIRONOMIDAE (DIPTERA) EM
RESERVATÓRIOS NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO**

**CAMPINA GRANDE-PB
2016**

WILMA IZABELLY ANANIAS GOMES

**FILTROS AMBIENTAIS E TRAITS: MECANISMOS PARA ENTENDIMENTO DA
DINÂMICA ECOLÓGICA DE CHIRONOMIDAE (DIPTERA) EM
RESERVATÓRIOS NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO**

Trabalho de Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Ecologia e Conservação da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ecologia e Conservação.

Área de concentração: Ecologia aquática

Orientador: Prof^a. Dr^a. Joseline Molozzi

CAMPINA GRANDE-PB

2016

É expressamente proibida a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano da dissertação.

G633f Gomes, Wilma Izabelly Ananias.

Filtros ambientais e Traits [manuscrito] : mecanismos para entendimento da dinâmica ecológica de Chironomidae (Diptera) em reservatórios no semiárido brasileiro / Wilma Izabelly Ananias Gomes. - 2016.

91 p.

Digitado.

Dissertação (Programa de Pós Graduação em Ecologia e Conservação) - Universidade Estadual da Paraíba, Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa, 2016.

"Orientação: Profa. Dra. Joseline Molozzi, Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa".

1. Ecossistemas aquáticos. 2. Macroinvertebrados bentônicos. 3. Filtro ambiental. 4. Traits. I. Título.

21. ed. CDD 577.6

WILMA IZABELLY ANANIAS GOMES

**FILTROS AMBIENTAIS E TRAITS: MECANISMOS PARA ENTENDIMENTO DA
DINÂMICA ECOLÓGICA DE CHIRONOMIDAE (DIPTERA) EM
RESERVATÓRIOS NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO**

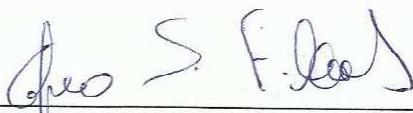
Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Ecologia e Conservação da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre.

Aprovado em: 29/02/2016

BANCA EXAMINADORA:



Prof. Dra. Joceline Molozzi
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Prof. Dr. Elvio Sérgio Figueiredo Medeiros
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Prof. Dr. Paulo Jorge Parreira dos Santos
Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)

*A Deus, que concebeu o dom da vida e que me
sustenta nos momentos de aflições.*

Agradecimentos

Ao Programa de Pós-graduação em Ecologia e Conservação-UEPB e aos Professores que se empenharam em partilhar seus conhecimentos e experiências no decorrer do curso.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) pela concessão da bolsa de estudos.

Aos Profs. Dr. Paulo Jorge Parreira dos Santos e Dr. Elvio Sérgio Figueiredo Medeiros, por terem aceitado o convite para compor a banca examinadora da defesa da dissertação.

A melhor orientadora do mundo, Josi! Muito obrigada pela oportunidade de trabalhar contigo, pela confiança depositada no meu trabalho, pelos ensinamentos transmitidos, conselhos partilhados e desafios lançados! Serei sempre grata por tudo!

A minha amiga e companheira de todas as horas, Daniele! Você foi peça fundamental para o desenvolvimento desta dissertação, muito obrigado por tudo!

A Silvia Milese pela colaboração no desenvolvimento do segundo capítulo desta dissertação.

A Silvana e ao Prof. Diógenes pela atenção e acolhimento nas coletas realizadas no Estado do Rio Grande do Norte.

Ao barqueiro POP que esteve presente alegrando todas as coletas!

Aos motoristas da UEPB: Srs. Nino, Clécio, Antônio, Diassis que sempre estiveram dispostos a ajudar!

Aos Profs. André e Luciana pelo empréstimo do barco!

Aos técnicos do laboratório, em especial a Adriano que sempre esteve disposto a ajudar nas análises físicas e química da água. Agradeço também a Clímelia pela colaboração!

A minha amiga chorona Carlinda, que sempre esteve comigo enfrentando os desafios no decorrer do mestrado, muito obrigado!

A todos do Laboratório de Ecologia de Bentos, em especial a Valéria, Daniel, Pablo, Moacir e Franciele que me ajudaram no processamento das amostras, muito obrigada a todos vocês! Agradeço também a Evaldo, Tamires, Lorrana, Kelly, Monalisa, Erika e Shakira que fazem parte do laboratório.

Aos meus pais Washington Alves Gomes (In memoriam) e Luzia Borges Ananias Gomes que não mediram esforços para me educar, que me transmitiram princípios e valores que levo sempre junto comigo, pelo seu jeito particular de me amar, sou eternamente grata.

Ao meu namorado Fábio Cavalcante que sempre esteve ao meu lado no decorrer dessa caminhada, sendo paciente e compreensível nos momentos em que estive ausente. Obrigada pelo carinho, respeito e atenção que tens por mim, sou muito feliz por ter você ao meu lado!

As minhas irmãs Larissa Izabella pelo convívio diário e Wiliane Izabel que mesmo distante sei que torce pelo meu sucesso.

Aos meus sobrinhos Maria Izabel e João Victor que chegaram para trazer alegria a nossa família.

A minhas tias, Mariza, Lourdes e Inez que sempre torceram pelo meu sucesso.

Aos meus queridos primos André, Samira, Luciana, Priscila e Artur, que juntos vivemos momentos inesquecíveis, regados a muitos risos.

Aos meus amigos da graduação em especial a Vanessa, Bárbara e Gabriela pela nossa amizade que se fortalece a cada dia.

Aos meus amigos do Mestrado pelo espírito de equipe no decorrer do curso.

Portanto, muito obrigado pelo apoio de todos vocês!

*Sonhos determinam o que você quer.
Ação determina o que você conquista.*

Aldo Novak

RESUMO

Há décadas pesquisadores reúnem esforços para compreender os processos ecológicos responsáveis pela distribuição dos organismos. Em ambientes modificados, a exemplo de reservatórios, os níveis de alteração antrópica atuam como os principais fatores responsáveis pela estruturação do “pool” e seleção dos atributos das espécies. Esta dissertação é composta por dois capítulos que têm como principais objetivos: 1) avaliar a atuação independente e compartilhada dos filtros ambientais na seleção das assembleias de Chironomidae (Insecta: Diptera) e 2) verificar se os atributos baseados em grupos de alimentação das larvas de Chironomidae refletem melhor as características ambientais locais, que os atributos baseados em características morfológicas. A pesquisa foi realizada em duas bacias hidrográficas: bacia do rio Paraíba, Estado da Paraíba, nos reservatórios Cordeiro, Poções e Sumé e bacia do rio Piranhas-Assu, Estado do Rio Grande do Norte, nos reservatórios Cruzeta, Passagem das Traíras e Sabugí. Os parâmetros biológicos, físicos e químicos, composição do substrato e características da paisagem foram mensurados na região litorânea de cada reservatório. As larvas de Chironomidae foram identificadas ao nível de gênero. No primeiro capítulo foram utilizados dados referentes aos 112 locais de amostragem, em coletas realizadas nos meses de Junho e Setembro de 2014. Os locais de amostragem foram classificados *a posteriori* quanto ao seu nível de influência antrópica, utilizando variáveis relacionadas a impacto antrópico. Os principais resultados obtidos para o primeiro capítulo, sugerem que diferenças nas características ambientais presentes em cada bacia hidrográfica selecionam diferentes assembleias de Chironomidae, independentemente de serem locais com maior ou menor nível de impacto, indicando a relevância de considerar fatores em escala regional. Para o segundo capítulo foram considerados 83 locais de amostragem referentes à primeira coleta (Junho de 2014). Os principais resultados obtidos para o segundo capítulo enfatizam que os atributos relacionados às características morfológicas das larvas foram mais sensíveis as condições ambientais locais que os atributos relacionados aos grupos de alimentação. Como principal conclusão desta dissertação, destacamos que as diferenças entre as características ambientais das bacias hidrográficas, contribuíram para a seleção de diferentes “pool” de espécies e as complexas relações ecológicas presentes em ambientes modificados, interferiram na resposta dos atributos que refletem informações sobre os grupos de alimentação.

Palavras chaves: Assembléia. Atributo. Chironomídeo. Ecossistemas aquáticos. “Pool”.

ABSTRACT

During decades the researchers gather efforts to know the ecological processes responsible by distribution of the organisms. In modified environments, reservoirs by exemple, the levels of anthropic alterations operate as the main factors responsible by structuration of the pool and selection of the traits of local species. This dissertation is composed for two chapters, which has as main aims: 1) evaluate the performance of the environmental filters on selection of assemblages Chironomidae (Insecta: Diptera) in different ecorregions; 2) check the relationship between traits of the larvae of Chironomidae (Insecta: Diptera) and the environmental characteristics of reservoirs on the Neotropical semi-árid. The research was realized in two watershed, localized in different ecorregions: watershed Paraíba river, Paraíba State, on the reservoirs Cordeiro, Poções and Sumé; and watershed Piranhas-Assu, Rio Grande do Norte State, on the reservoirs Cruzeta, Passagem das Traíras and Sabugí. the biological parameters, physical and chemical, substrate composition and landscape characteristics were measured in the littoral region of each reservoir. The larvae of Chironomiade were identified in level of genus. In the first chapter was used dataset referent 112 sites per period of sampling , being the period of sampling between June and Setember of 2014. The sites of sampling were classified the posteriori regarding level of anthropic influence, used variables related at environmental impacts. The mains results obtained in the first chapper suggests that differences in the environmental characteristics of the ecoregions select differents assemblages of Chironomidae, independently of be local with lower or higher level of impact, indicating the rellevance of consider factors in regional scale. In the second chapper were considered 83 sites sampling, corresponding at only the dataset of the first sampling (Junho, 2014). The main results of the second chapter confirm the vision of that the traits of the larvae of Chironomidae are directed partially by environmental conditions, being at formation of the groups of traits driven by different environmental local characteristics. How main conclusion this dissertation, we highlighted that the locals submitted to higher level of impact conduct to complexes behavior.

Key-words: Assemblage. Trait. Chironomidae. Aquatic ecosystems. “Pool”.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

CAPÍTULO I

Mapa 1- Localização dos reservatórios e respectivos locais de amostragem. Figuras de A-C correspondem aos reservatórios localizados na bacia do rio Paraíba (BPB), onde A = Poções, B = Cordeiro e C= Sumé. Figuras de D-F correspondem aos reservatórios localizados na bacia do rio Piranhas-Assu (BRN), onde D = Cruzeta, E = Passagem das Traíras e F = Sabugi..... 28

Gráfico 2- Principal Components Analysis (PCA) com base nos dados das variáveis estressoras de 60 locais de amostragem na bacia hidrográfica do rio Paraíba, Estado da Paraíba (ver tabela 2). Apenas as variáveis com correlação de Pearson acima de 0.7 estão apresentadas na figura. Onde: MEI (Menos impactado), MAI (Mais impactado). (IET = Índice de estado trófico; PT = Fósforo total; Clo- α = Clorofila- α ; NT = Nitrogênio total; STD = Sólidos totais dissolvidos)..... 35

Gráfico 3- Principal Components Analysis (PCA) com base em dados das variáveis estressoras de 52 locais de amostragem na bacia hidrográfica do rio Piranhas-Assu, Estado do Rio Grande do Norte (ver tabela 2). Apenas as variáveis com correlação de Pearson acima de 0.7 estão apresentadas na figura. Onde: MEI (Menos impactado), MAI (Mais impactado). (IET, Índice de estado trófico; PT, Fósforo total; NT, Nitrogênio total; STD, Sólidos totais dissolvidos; PO₄, Fósforo solúvel reativo)..... 36

Figura 4- Proporção da explicabilidade independente e compartilhada da variação explicada pela abundância de Chironomidae em função dos filtros ambientais (físico e químico, habitat e paisagem). As análises foram realizadas separadamente entre os grupos menos impactado e mais impactado e entre as bacias hidrográficas, bacia do rio Paraíba (BPB) e bacias do rio Piranhas-Assu (BRN), sendo: (A) Menos impactado- BPB; (B) Mais impactado- BPB; (C) Menos impactado- BRN; (D) Mais impactado-BRN (ver também Tabela 5)..... 43

CAPÍTULO II

Mapa 1- Localização dos reservatórios e respectivos locais de amostragem, onde: R1= Reservatório Sabugí, R2= Reservatório Cruzeta, ambos localizados na bacia do rio Piranhas-Assu, Estado do Rio Grande do Norte e R3= Reservatório Cordeiro, R4= Reservatório Sumé e R5= Reservatório Poções, localizados na bacia do rio Paraíba, estado da Paraíba, nordeste do Brasil..... 56

Gráfico 2- Gráficos da análise RLQ definidos pelos 1º e 2º eixos, onde: (A) Características ambientais; (B) Abundância; (C) Atributos (D) Composição taxonômica (Tabelas 3 e 4). O valor de d no canto superior direito corresponde a escala do gráfico..... 65

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I

Tabela 1- Caracterização e média do volume hídrico nos meses de Junho e Setembro de 2014, dos reservatórios Poções, Cordeiro e Sumé localizados na bacia hidrográfica do rio Paraíba, e os reservatórios Cruzeta, Passagem das Traíras e Sabugí localizados na bacia hidrográfica do rio Piranhas-Assu. Fonte: Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESÁ, 2015) e Departamento Nacional de Obras contra a Seca- DNOCS (DNOCS, 2015). (x = dados não registrados)..... 29

Tabela 2- Valores de correlação das variáveis estressoras referentes ao Primeiro eixo e Segundo eixo das “Principal Components Analysis” (PCA) realizadas para a classificação dos locais menos impactados e mais impactados nas bacias hidrográficas do rio Paraíba, Estado da Paraíba e do rio Piranhas-Assu, Estado do Rio Grande do Norte..... 37

Tabela 3- Valores médios, mínimos e máximos das variáveis físicas e químicas e da composição do habitat, selecionadas para caracterizar os locais menos impactados e mais impactados e compor os conjuntos de filtros ambientais (físicos e químico, habitat). As variáveis foram mensuradas na bacia hidrográfica do rio Paraíba, Estado da Paraíba e bacia hidrográfica do rio Piranhas-Assu, Estado do Rio Grande do Norte durante os meses de Junho e Setembro de 2014, Nordeste do Brasil. (*Variáveis que não foram utilizadas para caracterizar os locais menos impactados e mais impactados)..... 38

Tabela 4- Lista dos gêneros de Chironomidae coletados na bacia hidrográfica do rio Paraíba, Estado da Paraíba e bacia hidrográfica do rio Piranhas-Assu, Estado do Rio Grande do Norte, nos meses de Junho e Setembro de 2014, nordeste do Brasil. Onde: Nº ind= Número de indivíduos e Ab.rel= Abundância relativa..... 40

Tabela 5- Resultados das “Canonical Correspondence Analysis” (CCAs) e (pCCAs), utilizadas para a partição da variância canônica da abundância de Chironomidae em função dos filtros ambientais (físico e químico, habitat e paisagem), mensurados na bacia hidrográfica do rio Paraíba, Estado da Paraíba e bacia hidrográfica do rio Piranhas-Assu, Estado do Rio Grande do Norte..... 42

CAPÍTULO II

Tabela 1- Caracterização dos reservatórios Sabugí e Cruzeta localizados na bacia do rio Piranhas-Assú, Estado do Rio Grande do Norte e os reservatórios Cordeiros, Sumé e Poções localizados na bacia do Rio Paraíba, Estado da Paraíba. Onde: R1= Reservatório Sabugí, R2= Reservatório Cruzeta, R3= Reservatório Cordeiro, R4= Reservatório Sumé e R5= Reservatório Poções. Fonte: Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESÁ 2015) e Departamento Nacional de Obras contra a Seca- DNOCS (DNOCS 2015). (x: dados não registrados)..... 57

Tabela 2- Relação de Atributos, Categorias e Códigos das larvas de Chironomidae coletadas na bacia do rio Piranhas-Assu, Estado do Rio Grande do Norte e bacia do rio Paraíba, Estado da Paraíba Estado da Paraíba, nordeste do Brasil..... 59

Tabela 3- Relação de Atributos, Categorias e Códigos das larvas de Chironomidae coletadas na bacia do rio Piranhas-Assu, Estado do Rio Grande do Norte e bacia do rio Paraíba, Estado da Paraíba Estado da Paraíba, nordeste do Brasil..... 62

Tabela 4- Códigos, valores médios e desvio padrão das variáveis ambientais mensurada nos reservatórios localizados na bacia do rio Piranhas-Assu, Estado do Rio Grande do Norte, onde: R1= Reservatório Sabugí e R2=Reservatório Cruzeta e na bacia do rio Paraíba, Estado da Paraíba, onde: R3= Reservatório Cordeiro, R4= Reservatório Sumé e R5=Reservatório Poções, Junho de 2014..... 63

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL.....	14
1.1 O SEMIÁRIDO BRASILEIRO E A COMUNIDADE DE MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS EM ECOSISTEMAS AQUÁTICOS.....	14
1.2 CONDIÇÃO ECOLÓGICA DE ECOSISTEMAS AQUÁTICOS CONTINENTAIS.....	14
1.3 FILTRO AMBIENTAL E O SEU PAPEL NA SELEÇÃO DAS ESPÉCIES.....	16
1.4 “TRAITS” DE MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS.....	18
2 OBJETIVOS.....	21
2.1 OBJETIVO GERAL.....	21
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	21
3 PERGUNTAS E HIPÓTESES.....	22
3.1 PERGUNTA PRIMEIRO CAPÍTULO.....	22
3.2 HIPÓTESE PRIMEIRO CAPÍTULO.....	22
3.1 PERGUNTA SEGUNDO CAPÍTULO.....	22
3.2 HIPÓTESE SEGUNDO CAPÍTULO.....	22
 PRIMEIRO CAPÍTULO.....	 23
RESUMO.....	24
1 INTRODUÇÃO.....	25
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	27
2.1 ÁREA DE ESTUDO.....	27
2.2 LOCAIS E PERÍODOS DE AMOSTRAGEM.....	28
2.3 CLASSIFICAÇÃO DOS LOCAIS DE AMOSTRAGEM.....	29
2.4 CARACTERIZAÇÃO DOS FILTROS AMBIENTAIS.....	30
2.4.1 Filtro físico e químico.....	30
2.4.2 Filtro do habitat.....	30
2.4.3 Filtro da paisagem.....	31
2.5 COLETA E IDENTIFICAÇÃO DAS LARVAS DE CHIRONOMIDAE.....	31
3 ANÁLISE DE DADOS.....	31
3.1 CLASSIFICAÇÃO A POSTERIORI DOS LOCAIS DE AMOSTRAGEM.....	31
3.2 CARACTERIZAÇÃO BIOLÓGICA E AMBIENTAL DOS LOCAIS (MENOS IMPACTADOS E MAIS IMPACTADOS).....	32
3.3 PARTICIONAMENTO DOS FILTROS AMBIENTAIS.....	33
4 RESULTADOS.....	34
4.1 CLASSIFICAÇÃO A POSTERIORI E CARACTERIZAÇÃO DOS LOCAIS DE AMOSTRAGEM.....	34
4.2 ASSEMBLEIA DE CHIRONOMIDAE ENTRE LOCAIS MENOS IMPACTADOS E MAIS IMPACTADOS.....	39
4.3 PARTICIONAMENTO DOS FILTROS AMBIENTAIS NA SELEÇÃO DAS LARVAS DE CHIRONOMIDAE.....	41
5 DISCUSSÃO.....	43

6 CONCLUSÃO.....	45
7 REFERÊNCIAS.....	46
SEGUNDO CAPÍTULO.....	52
RESUMO.....	53
1 INTRODUÇÃO.....	54
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	56
2.1 ÁREA DE ESTUDO.....	56
2.2 LOCAIS E PERÍODO DE AMOSTRAGEM.....	56
2.3 ASSEMBLEIAS DE CHIRONOMIDAE.....	58
2.3.1 Coleta e identificação das larvas de Chironomidae.....	58
2.3.2 Seleção dos atributos.....	58
2.4. CARACTERÍSTICAS AMBIENTAIS.....	60
2.4.1 Variáveis físicas e químicas da água	60
2.4.2 Composição granulométrica e matéria orgânica do sedimento.....	61
3 ANÁLISE DE DADOS.....	61
4 RESULTADOS.....	62
4.1 ASPECTOS ESTRUTURAIS E ECOLÓGICOS DE ASSEMBLEIES DE CHIRONOMIDAE.....	62
4.2 CARACTERÍSTICAS AMBIENTAIS.....	63
4.3 ATRIBUTOS VERSUS CARACTERÍSTICAS AMBIENTAIS.....	64
5 DISCUSSÃO.....	65
6 CONCLUSÃO.....	67
7 REFERÊNCIAS.....	70
4 REFERÊNCIAS DA INTRODUÇÃO GERAL.....	76
APÊNDICE- FUZZY-CODED REFERENTE AOS SETE ATRIBUTOS AVALIADOS DAS LARVAS DE CHIRONOMIDAE.....	84
ANEXO- PROTOCOLO DE DIVERSIDADE DE HABITATS FÍSICOS.....	85

1 INTRODUÇÃO GERAL

1.1 O SEMIÁRIDO BRASILEIRO E A COMUNIDADE DE MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS EM ECOSISTEMAS AQUÁTICOS CONTINENTAIS

No Brasil aproximadamente 969.589,4 km² são classificados como região semiárida, considerada a mais populosa do mundo, além possuir um dos climas mais complexos (MALTCHIK, 1999; MALTCHIK; MEDEIROS, 2006; ASA, 2014). Os ecossistemas aquáticos inseridos nesta região estão submetidos a eventos periódicos de estresse hídrico, decorrente de estiagens prolongadas, chuvas irregulares, altas temperaturas e elevadas taxas de evaporação (MALTCHIK, 1999; CHELLAPPA et al., 2009).

Devido às características climáticas da região a construção de reservatórios surgiu como alternativa para minimizar os efeitos decorrentes da seca, pois são considerados uma das principais formas de armazenamento de água para a população (MALTCHIK, 1999; BRAVO; COLLISCHONN; PILAR, 2005; LIMA et al., 2012). Além disso, possibilitam o desenvolvimento de atividades de irrigação, piscicultura e lazer (CHELLAPPA et al., 2009).

Os reservatórios são ecossistemas complexos e dinâmicos que apresentam características intermediárias entre rios e lagos (CHELLAPPA et al., 2009; BEGHELLI et al., 2014). A sua construção e seu uso múltiplo promovem modificação e destruição de habitats, alterações na composição química da água e aceleram o processo de eutrofização (PRADO; NOVO, 2007; TUNDISI, 2008; SIMAIKA; SAMWAYS, 2011). Estes fatores associados afetam a dinâmica natural das comunidades biológicas, promovendo perda da biodiversidade, alterações na qualidade ecológica e dos serviços ecossistêmicos (PRADO; NOVO, 2007; PEREIRA, 2011).

A maioria dos organismos aquáticos que ocorrem em regiões semiáridas é resistente as condições impostas pelo ambiente, a exemplo da comunidade de macroinvertebrados bentônicos (LYTLE; POFF, 2004; ROCHA; MEDEIROS; ANDRADE, 2012). Essa comunidade é composta por espécies que vivem no sedimento durante todo o seu ciclo de vida ou parte dele, associados a substratos orgânicos ou inorgânicos (MORETTI; CALLISTO, 2005). São organismos de grande importância ecológica, pois atuam como decompositores da matéria orgânica e participam da transferência de energia (BEZERRA; BRIGUENTI; PINTO, 2009; CALLISTO; ESTEVES, 2010).

A comunidade de macroinvertebrados bentônicos é comumente utilizada na avaliação ecológica dos ecossistemas aquáticos por apresentam as seguintes características: i)

os organismos são sésseis ou de pouca mobilidade; ii) com ciclo de vida relativamente longo; iii) sensíveis a diferentes concentrações de poluentes e iv) grupo taxonomicamente e funcionalmente diversificado (CALLISTO; MORENO; BARBOSA, 2001; BONADA et al., 2005; BAPTISTA, 2008).

Pertencendo à comunidade de macroinvertebrados bentônicos a família Chironomidae (Insecta: Diptera) se destaca dos demais grupos por apresentar organismos que se distribuem entre os mais variados habitats, por possuírem diversos hábitos alimentares (MORAIS et al., 2010). Alguns gêneros pertencentes a esta família são sensíveis a alterações na qualidade da água, enquanto outros apresentam estratégias adaptativas capazes de tolerar baixas taxas de oxigênio (ODUME; MULLER, 2011). Esta plasticidade ecológica está relacionada ao desenvolvimento de adaptações morfológicas, fisiológicas ou comportamentais (FERRINGTON, 2008). Geralmente os Chironomídeos são os primeiros colonizadores de novos habitats e estão entre os organismos mais abundantes presente em reservatórios (ABÍLIO et al., 2007, 2005; JORCIN; NOGUEIRA, 2008; MORAIS et al., 2010).

Devido à importante contribuição ecológica que estes organismos desempenham nos ecossistemas aquáticos, o entendimento sobre sua dinâmica e os fatores que influenciam sua distribuição, independente ou em conjunto, poderá auxiliar na compreensão dos mecanismos que atuam na estruturação das comunidades nos ecossistemas aquáticos. A importância desse entendimento está relacionada à necessidade de contribuir com informações que possam auxiliar na implementação de futuros programas de biomonitoramento de ecossistemas aquáticos inseridos no semiárido brasileiro.

1.2 CONDIÇÃO ECOLÓGICA DE ECOSISTEMAS AQUÁTICOS CONTINENTAIS

Os ecossistemas aquáticos continentais estão entre os mais ameaçados do mundo devido à forte pressão antrópica a qual estão submetidos, ocasionada principalmente pela intensa exploração de seus recursos, destruição de habitats, modificações na morfologia das bacias hidrográficas e no uso do solo (ABELL, 2002). Frente a esse processo de degradação é fundamental a proposição de medidas eficientes e eficazes para sua gestão e biomonitoramento (OLIVEIRA; CASTRO; BAPTISTA, 2008).

Alguns países já estabeleceram critérios baseados em indicadores biológicos para biomonitorar a qualidade de seus recursos hídricos (SAITO; SIQUEIRA; FONSECA-GESSNER, 2015). No Brasil a resolução CONAMA 357 de 17 de março de 2005 estabelece que quando apropriado a qualidade dos ecossistemas aquáticos pode ser avaliada através de

indicadores biológicos. Apesar da indicação do uso de indicadores biológicos, essa resolução não estabelece nenhum critério para avaliação ecológica desses ecossistemas, associando parâmetros físicos, químicos e biológicos.

Com a ausência de critérios pré estabelecidos pela legislação brasileira, esse tipo de avaliação têm sido realizada a partir de metodologias desenvolvidas principalmente em países da Europa. Estas metodologias são aprimoradas a fim de atender às necessidades e peculiaridades da região tropical em riachos (CALLISTO; MORENO; BARBOSA, 2001; FEIO et al., 2015; BAPTISTA et al., 2013) e reservatórios (MOLOZZI et al., 2011; 2012; 2013; AZEVÊDO et al., 2015; MARTINS et al., 2015).

Entre as abordagens utilizadas para uma avaliação ecológica dos ecossistemas aquáticos, destacamos as baseadas na Condição de Referência. Este tipo de abordagem utiliza como base comparativa os desvios das comunidades biológicas em ambientes sob influência humana, a partir dos valores observados em locais com o mínimo de influência antrópica (COMISSÃO EUROPÉIA, 2000; MCGOFF et al., 2013). A condição de referência também pode estar relacionada à melhor condição existente em ambiente sob forte influência antrópica (STODDARD et al., 2006).

Em reservatórios, o termo condição de referência foi substituído por Máximo Potencial Ecológico (MPE) e se refere à melhor condição ecológica que estes ecossistemas podem atingir (COMISSÃO EUROPÉIA, 2000). No Brasil, a abordagem MPE já foi considerada por Molozzi et al. (2013) ao avaliar reservatórios na região sudeste, o estudo objetivou classificar os locais em “Menos impactados” a partir de informações sobre variáveis relacionadas a impacto antrópico. No presente estudo utilizamos a metodologia proposta por Molozzi et al. (2013) para classificar os locais “Menos impactados” em reservatórios no semiárido brasileiro.

Abordagens que objetivam compreender a seleção de organismos em locais com menor e maior influência antrópica (aqui denominados como: “Menos impactados” e “Mais impactados”) poderão auxiliar na identificação dos fatores que exercem maior influência sobre os organismos, contribuindo para o entendimento da relação entre a biota e as características ambientais.

1.3 FILTRO AMBIENTAL E O SEU PAPEL NA SELEÇÃO DAS ESPÉCIES

Um forte debate entre os pesquisadores vem sendo traçado há décadas com intuito de compreender os processos ecológicos responsáveis pela distribuição dos organismos e

estruturação das populações e comunidades biológicas (CONNELL, 1961; SOUTHWOOD, 1977; 1988; TOWNSEND; HILDREW, 1994; STATZNER; DOLÉDEC; USSEGLIO-POLATERA, 2001; STATZNER; BECHE, 2010). Apesar do longo tempo de discussão, o debate acerca dos processos responsáveis pela seleção das comunidades em multi-escalas está longe de ser entendido, principalmente nos dias atuais em que os ecossistemas estão submetidos a frequente ação de fatores antrópicos (NILMAN; KORHOLA; BROOKS, 2005).

Por muito tempo, o foco de estudos sobre processos em atuam na seleção das espécies, esteve centrado nas relações competitivas (CONNELL, 1961; HOLT, 1977). Posteriormente a ideia foi ampliada e passou a considerar que as espécies que compõem o “pool” local, são selecionadas a partir do “pool” regional por um conjunto de processos que podem incluir: processos filogeográficos (históricos de especiação e migração) e ecológicos (interações de fatores bióticos e abióticos) (KEDDY, 1992; VERGNON; DULVY; FRECKLETON, 2009). Entre os processos que atuam na seleção das espécies e formação das assembleias biológicas, destacamos a atuação dos filtros ambientais.

Filtro ambiental é um fator ambiental que atua selecionando as espécies que podem se estabelecer e sobreviver em determinado local (KEDDY, 1992; POFF, 1997). Este processo de seleção age sobre características intrínsecas das espécies restringindo seu potencial biológico, e por isso, apenas as espécies que possuem características adequadas são selecionadas pelos filtros (naturais e antrópicos) e capazes de sobreviver sob condições específicas, refletindo as condições ambientais (HUGHES; FERREIRA; CORTES, 2008; MENEZES; BAIRD; SOARES, 2010).

A abordagem que relaciona as características ambientais como um filtro para as comunidades aquáticas foi proposta inicialmente por Forbes (1887) e posteriormente outros pesquisadores avançaram nesta perspectiva (SOUTHWOOD, 1977, 1988; KEDDY, 1992; TOWNSEND; HILDREW, 1994; POFF, 1997; CHESSMAN; ROYAL, 2004; STATZNER; DOLÉDEC; HUGUENY, 2004; CORNWELL; SCHWILK; ACKERLY, 2006; HEINO et al., 2007; 2008; HEINO; MYKRA, 2008; LEIBOLD; ECONOMO; PERES-NETO, 2010; BODOYA; MANOLAKOS; NOVOTNY, 2011). A relação entre os filtros ambientais e as escalas hierárquicas em ecossistemas lóticos foi proposta por Poff (1997) que também elencou os principais filtros que atuam nestes ecossistemas, a exemplo da área, características estruturais do habitat, variáveis relacionadas ao estado trófico e interações biológicas.

A modificação nas características da paisagem exerce um “efeito cascata” sobre os processos ecológicos que atuam sobre as comunidades biológicas, promovendo modificações nos habitats locais e perda da qualidade da água (ALLAN, 2004; BÜRCHER; VALETT;

BENFIELD, 2007; KAIL; WOLTER, 2013). Apesar da influência dos parâmetros abióticos sobre os organismos, mudanças na abundância dos táxons podem refletir a atuação de fatores bióticos e abióticos (MCGILL et al., 2006).

A identificação dos principais fatores que atuam sobre a seleção dos organismos ou comunidades biológicas são complexos e difíceis de serem interpretados, devido à influência de múltiplos fatores que atuam simultaneamente em diferentes escalas espaciais e temporais (CUSHMAN; MCGARIGAL, 2002; MYKRA; HEINO; MUOTKA, 2007). Por isso, estudos que pretendem investigar a influência de diferentes fatores que atuam sobre a seleção dos organismos, devem utilizar abordagens que quantifiquem os efeitos independentes e compartilhados do conjunto de variáveis testadas, para assim auxiliar na compreensão desses processos (CUSHMAN; MCGARIGAL, 2002).

A abordagem proposta por Borcard; Legendre e Drapeau (1992) e adaptada por Cushman e McGarigal (2002) utiliza a técnica de ordenação canônica para particionar a variação do conjunto de dados multivariados e explicar os efeitos independentes e compartilhados do conjunto de variáveis. A técnica de ordenação canônica poderá auxiliar na identificação das relações entre os filtros ambientais que exercem maior influência na seleção dos organismos.

1.4 “*TRAITS*” DE MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS

“*Traits*” ou atributos representam características mensuráveis utilizadas para refletir informações relacionadas à morfologia, características comportamentais e de história de vida dos organismos (MCGILL et al., 2006; POFF et al., 2006; VERBERT; SIEPEL; ESSELINK, 2008b). As discussões com abordagem embasada nesta perspectiva envolvem diversas comunidades: plantas (DÍAZ; CABIDO; CASANOVES, 1998; SCHWOERTZIG et al., 2016), mamíferos, (SAITO; KOIKE, 2015), aves (AMANO; YAMAURA, 2007), peixes, (LAMOUROUX et al., 2002; BRACCIALI et al., 2016), zooplâncton (TANAKA; MANO, 2012) e macroinvertebrados bentônicos (POFF, 1997; DÍAZ; ALONSO; GUTIÉRREZ, 2008; DEDIEU et al., 2015).

Entre os atributos utilizados em estudos com macroinvertebrados bentônicos estão: comprimento do corpo, duração do ciclo de vida, tipo de reprodução, modo de dispersão, formas de resistência, respiração, tipo de locomoção, tipo de alimentação e hábitos alimentares, preferência ao tipo de substrato, estado trófico, salinidade, temperatura, velocidade da correnteza, pH (USSEGLIO-POLATERA et al., 2000).

Para Tomanova (2008) a utilização de atributos é mais eficiente na detecção de impactos antrópicos que os métodos tradicionais. Essa abordagem é menos sensível a: i) variabilidade sazonal, ii) esforço amostral e iii) diferenças taxonômicas quando consideradas simultaneamente grandes escalas espaciais. Além de permitir uma previsão a priori das respostas de comunidades às condições ambientais (FEIO; DOLÉDEC, 2012).

A abordagem que relaciona atributos dos organismos e características ambientais é baseada em teorias ecológicas desenvolvidas ao longo das últimas décadas (CULP et al, 2011). A principal base teórica é o modelo “habitat template” proposto por Southwood (1977, 1988) e adaptado para ecossistemas aquáticos por Townsend e Hildrew (1994). Este modelo prevê que as espécies possuem um conjunto de atributos adequados às características locais e que estes devem convergir além das fronteiras biogeográficas. A teoria concentra-se na premissa de que o habitat oferece condições para a evolução das estratégias de vida dos organismos, selecionando características que permitem às espécies sobreviver e reproduzir.

Por se tratar de atributos que estão inter relacionados por forças evolutivas, não é indicada uma avaliação independente dessas características (POFF et al. 2006). Quando a análise é feita em conjunto, os resultados podem contribuir para o entendimento dos mecanismos que moldam as relações espécie-ambiente, além de fornecer informações sobre a capacidade de uma espécie em suportar os impactos ambientais (VERBERK; SIEPEL; ESSELINK, 2008a; 2008b).

Quando avaliamos em conjunto os atributos relacionados aos hábitos alimentares e preferência alimentar, estes fornecem informações sobre a distribuição de energia no ambiente, disponibilidade e utilização de recursos alimentares (FEIO; DOLÉDEC, 2012). Com relação às características morfológicas, o comprimento do corpo é considerado um dos atributos mais importantes, pois é conhecido por variar de acordo com a perturbação ambiental (BASSET; ANGELIS, 2007; BOETS et al., 2013). Associado ao comprimento do corpo outras peculiaridades morfológicas podem ser utilizadas para refletir as características ambientais locais, a exemplo do tamanho dos pseudópodos e formato da cabeça (TRIVINHO-STRIXINO, 2011).

Embora tenha sido observado um aumento nas abordagens ecológicas que utilizam atributos de macroinvertebrados, a maioria desses estudos são realizados na Europa excluindo as larvas de Chironomidae (DOLÉDEC; STATZNER; BOURNARD, 1999; USSEGLIO-POLATERA et al., 2000; STATZNER; DOLÉDEC; HUGUENY, 2004; ARCHAIBAULT; USSEGLIO-POLATERA; BOSSCHE, 2005; BASSET; ANGELIS, 2007; STATZNER, BECHE, 2010; DOLÉDEC; PHILLIPS; TOWNSEND, 2011), alguns utilizam atributos em

nível de família ou subfamília (TOMANOVA MOYA; OBERDORFF, 2008; FEIO; DOLÉDEC, 2012; SHIEH et al., 2012; FEIO et al., 2015), poucos utilizam em nível de gênero (POFF et al., 2006; SERRA et al., 2016).

Na região neotropical ainda são escassos as informações e os estudos sobre atributos de macroinvertebrados (a exemplo POFF et al., 2006; TOMANOVA; USSEGLIO-POLATERA, 2007; TOMANOVA; MOYA; OBERDORFF, 2008; TUPINAMBÁS et al., 2014; DEDIEU et al., 2015). O presente trabalho é pioneiro ao envolver atributos das larvas de Chironomidae e características ambientais locais de reservatórios na região neotropical. O desenvolvimento de estudo que utilize abordagem baseada em atributos de larvas de Chironomidae, poderá auxiliar na compreensão dos fatores responsáveis pela distribuição das espécies. Este tipo de informação é de grande importância para ampliar o conhecimento sobre a ecologia desse grupo, além de contribuir com informações para futuros estudos que envolvam atributos na região neotropical.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar a atuação independente e compartilhada dos filtros ambientais na seleção das assembleias de Chironomidae (Insecta: Diptera) em diferentes bacias hidrográficas, e verificar a relação entre atributos das larvas de Chironomidae e as características ambientais locais de reservatórios no semiárido Neotropical.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estabelecer locais menos impactados e mais impactados nos reservatórios;
- Inventariar a biodiversidade das larvas de Chironomidae nos reservatórios;
- Analisar e comparar a influência individual e compartilhada dos filtros ambientais (físicos e químicos, composição do habitat e paisagem) sobre a abundância de Chironomidae em locais menos impactados e mais impactados e entre bacias hidrográficas;
- Avaliar se a relação entre os atributos baseados em características morfológicas das larvas de Chironomidae refletem melhor as características ambientais locais que os atributos relacionados aos grupos de alimentação.

3 PERGUNTAS E HIPÓTESES

3.1 PERGUNTA PRIMEIRO CAPÍTULO

Qual filtro ambiental (físico e químico, composição do habitat ou paisagem) exerce maior influência sobre a seleção das assembleias de Chironomidae (Insecta: Diptera) entre os locais menos impactados e mais impactados em reservatórios, e entre diferentes bacias hidrográficas no semiárido?

3.2 HIPÓTESE PRIMEIRO CAPÍTULO

O filtro da paisagem exerce maior influência sobre a seleção das assembleias de Chironomidae nos locais menos impactados, ao contrário de locais mais impactos, nos quais acreditamos ser o filtro físico e químico. Além disso, esperamos que os filtros responsáveis pela determinação das assembleias de Chironomidae em reservatórios neotropicais sejam diferenciados entre ecorregiões.

3.3 PERGUNTA SEGUNDO CAPÍTULO

Os atributos baseados em grupos de alimentação das larvas de Chironomidae (Insecta: Diptera) refletem melhor as características ambientais locais, que os atributos baseados em características morfológicas das larvas em reservatórios na região semiárida Neotropical?

3.4 HIPÓTESE SEGUNDO CAPÍTULO

Os atributos baseados em características morfológicas refletem melhor as características ambientais locais que os atributos baseados em grupos de alimentação das larvas de Chironomidae em reservatórios na região semiárida Neotropical.

PRIMEIRO CAPÍTULO

Filtros e gradientes ambientais: explicação particionada do processo de seleção de assembleias de Chironomidae (Insecta: Diptera) na região Neotropical

Wilma Izabelly Ananias Gomes¹; Joseline Molozzi²

¹Pós-Graduação em Ecologia e Conservação - Universidade Estadual da Paraíba- UEPB.e-mail:
wilmaizabelly@hotmail.com

²Universidade Estadual da Paraíba.e-mail: jmolozzi@gmail.com



Resumo

Vem sendo realizado um intenso debate a respeito dos processos seletivos que atuam sobre as comunidades biológicas. A questão central é se as comunidades são constituídas de tipos discretos ou de combinações de espécies que respondem aos gradientes ambientais. O objetivo principal do estudo foi avaliar a influência independente e compartilhada dos filtros ambientais que selecionam assembleias de Chironomidae (Insecta: Diptera) entre locais com menor e maior influência antrópica em reservatórios localizados no semiárido Neotropical. O estudo foi realizado em duas bacias hidrográficas: Bacia do rio Paraíba (BPB) nos reservatórios Cordeiro, Poções e Sumé Estado da Paraíba e na Bacia do rio Piranhas-Assu (BRN) nos reservatórios Cruzeta, Passagem das Traíras e Sabugí, Estado do Rio Grande do Norte, Nordeste-Brasil. As coletas foram realizadas nas regiões litorânea dos reservatórios, em 60 pontos na BPB e 52 BRN, nos meses de Junho e Setembro de 2014. Foram amostrados parâmetros físicos, químicos, biológicos, da composição do habitat e da paisagem. Os locais de amostragem foram classificados *a posteriori* com base em 22 variáveis indicadoras de impacto, e os locais foram classificados em Menos impactado (MEI) e Mais impactado (MAI). O método de particionamento da variância canônica pela (CCA) foi utilizado para calcular o percentual de explicação independente e compartilhado de cada filtro. Os resultados encontrados demonstram que os filtros que atuaram na seleção de Chironomidae diferiram apenas entre as bacias hidrográficas. A relação entre os filtros físico e químico, habitat e paisagem exerceu maior influência na BPB, enquanto apenas a atuação independente do filtro físico e químico atuou com maior intensidade sobre BRN. Os grupos classificados com maior e menor impacto diferiram apenas entre o percentual de explicabilidade. Estes resultados sugerem que as diferenças nas características ambientais de cada bacia hidrográfica selecionam diferentes assembleias de Chironomidae, independentemente de serem locais com maior ou menor nível de impacto. A maior explicabilidade dos filtros nos locais classificados como MEI refletem uma condição ambiental mais estável, onde as espécies flutuam em uma tendência de equilíbrio, enquanto nos locais classificados como MAI os organismos exibiram comportamentos complexos impulsinados pelo conjunto de distúrbios aos quais estão submetidos.

Palavras-chaves: assembleia; ecossistemas aquáticos; chironomídeos; particionamento.

1 INTRODUÇÃO

Desde o século passado, há um forte debate a respeito dos processos seletivos que atuam sobre as espécies que constituem as comunidades ecológicas (BERRYMAN; MILLSTEIN, 1989). A questão fundamental é se as comunidades são constituídas de tipos discretos ou de combinações de espécies que respondem aos gradientes ambientais. Como resposta, duas vertentes elencam os fatores que explicariam os padrões de formação das comunidades: os eventos determinísticos e estocásticos. O primeiro, proposto por Clements (1916), atribui que a formação das comunidades não é determinada por processos ao acaso, mas sim pela combinação de uma série de fatores que viabilizam a existência das espécies em dado local. Por outro lado, a ideia das forças estocásticas, considera que a formação das comunidades se dá pela combinação de eventos que ocorrem meramente ao acaso (GLEASON, 1926).

Apesar do longo tempo de discussão, o debate acerca dos processos responsáveis pela variação das comunidades em multi-escalas está longe de ser compreendido, principalmente nos dias atuais, em que os ecossistemas estão submetidos a frequentes mudanças de origem antrópica (NYMAN; KORHOLA; BROOKS 2005). Inicialmente, o foco de estudos sobre os fatores que atuavam na seleção das espécies (primeiramente chamado de “assembly rules” por Diamond em 1975) estava nas relações competitivas (DIAMOND, 1975; HOLT, 1977; TILMAN, 1982). Posteriormente a ideia foi ampliada e passou a considerar outros processos além da competição como responsáveis pela seleção do “pool” de espécies local, a partir do “pool” regional e isto inclui: processos filogeográficos (históricos de especiação e migração) e ecológicos (interações de fatores bióticos e abióticos) (KEDDY, 1992; VERGNON; DULVY; FRECKLETON 2009), sendo que esses processos atuam como filtros na seleção das espécies.

Os filtros ambientais atuam hierarquicamente em diferentes escalas espaciais, selecionando as espécies capazes de se dispersar e se estabelecer em determinado local (KEDDY, 1992; POFF, 1997; GÖTZENBERGER et al., 2012). Este processo de seleção age sobre características intrínsecas das espécies, restringindo seu potencial biológico e por isso, apenas as espécies que possuem características adequadas às condições ambientais específicas são selecionadas pelos filtros (HEINO et al., 2007; POFF ,1997; WEIHER et al., 2011). Podemos assim dizer, que as comunidades são organizadas por uma hierarquia de filtros, de forma que os organismos são mais especializados às condições do habitat e, por isso, refletem

as condições ambientais (POFF, 1997; COSTA; MELO, 2008; BEDOYA; MANOLAKOS; NOVOTNY 2011).

Quando tratamos de filtros ambientais, considerar a escala espacial para observação é especialmente importante. Por exemplo, em grandes escalas espaciais os fatores filogeográficos podem atuar com maior intensidade sobre a seleção do “pool” regional de espécies, enquanto que fatores ecológicos atuam mais fortemente sobre o “pool” local de espécies (HEINO et al., 2007; VELLEND, 2010). É importante ressaltar que sucessivos fatores abióticos também atuam sobre a seleção do “pool” regional e local, embora apresentem maior influência em menores escalas espaciais (COSTA; MELO, 2008; CHALMANDRIER et al., 2013). Os diferentes níveis de alterações antropogênicas também podem atuar como um dos principais fatores responsáveis pela estruturação do “pool” de espécies local (BONADA et al., 2005; BRUNO et al., 2014).

Apesar da ampla importância da atuação dos filtros ambientais na seleção das espécies que compõem assembleias e comunidades, os efeitos dos filtros ambientais são complexos e difíceis de serem interpretados, devido à influência de múltiplos fatores que atuam simultaneamente em diferentes escalas espaciais e temporais (CUSHMAN; MCGARIGAL, 2002; MYKRA; HEINO; MUOTKA, 2007). Por isso, estudos que pretendem avaliar a influência de diferentes fatores sobre a seleção dos organismos, devem utilizar abordagens que quantifiquem tanto os efeitos independentes, quanto os compartilhados do conjunto de variáveis testadas, para assim auxiliar na compreensão geral dos processos responsáveis pela formação das comunidades locais e regionais (CUSHMAN; MCGARIGAL, 2002).

A abordagem proposta por Borcard et al. (1992) e adaptada por Cushman e McGarigal (2002) utiliza técnicas de ordenação canônica para explicar os efeitos independentes e compartilhados do conjunto de variáveis. Estudos que utilizam esse tipo de abordagem são mais desenvolvidos em ecossistemas naturais na região temperada (WEIGEL et al., 2003; BONADA et al., 2005; FELD; HERING, 2007; HEINO et al., 2007; HEINO; MYKRÄ, 2008; HUGHES; FERREIRA; CORTES, 2008), sendo escassos na região Neotropical especialmente em ecossistemas artificiais, a exemplo de reservatórios. Em nosso estudo utilizaremos essa abordagem como ferramenta que auxiliará no entendimento das relações entre filtros ambientais e assembleias de Chironomidae (Diptera).

A família Chironomidae é representada por organismos de grande importância ecológica para os ecossistemas aquáticos continentais e estão entre os táxons mais abundantes presentes em reservatórios (ABÍLIO et al., 2007; JORCIN; NOGUEIRA, 2008; MORAIS et

al., 2010). Devido a sua amplitude ecológica, estes organismos são encontrados em locais com diferentes graus de impacto (FERRINGTON, 2008), representados por gêneros sensíveis a alterações na qualidade da água e por outros com estratégias adaptativas capazes de tolerar diferentes níveis de poluição e baixas taxas de oxigênio (MORAIS et al., 2010; ODUME; MULLER, 2011).

Assim, nosso principal objetivo foi avaliar a relação dos filtros ambientais (físico e químico, habitat e paisagem) de forma independente e compartilhada na seleção das larvas de Chironomidae entre locais com menor e maior influência antrópica (aqui chamamos de menos impactados e mais impactados, respectivamente) em reservatórios no semiárido Neotropical. Testamos a hipótese de que o filtro da paisagem exerce maior influência sobre a seleção das larvas de Chironomidae nos locais menos impactados, ao contrário de locais mais impactados, nos quais acreditamos ser o filtro físico e químico o mais importante. Além disso, esperamos que os filtros responsáveis pela seleção das larvas de Chironomidae em reservatórios neotropicais sejam diferenciados entre as bacias hidrográficas.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 ÁREA DE ESTUDO

Duas bacias hidrográficas foram selecionadas neste estudo: bacia hidrográfica do rio Paraíba, Estado da Paraíba ($6^{\circ}51'31''$; $8^{\circ}26'2''S$ e $34^{\circ}48'35''$; $37^{\circ}2'15''W$) e bacia hidrográfica do Rio Piranhas-Assu, Estado do Rio Grande do Norte ($5^{\circ}25'17''$; $7^{\circ}52'14''S$ e $36^{\circ}8'4,6''$; $38^{\circ}47'32,6''W$), nordeste do Brasil. A bacia hidrográfica do rio Paraíba é a segunda maior do estado da Paraíba com área de $20.071,83\text{ km}^2$, correspondendo a 38% do seu território, abrangendo 52% da população do Estado. A bacia hidrográfica do rio Piranhas-Assu está inserida entre os estados da Paraíba e Rio Grande do Norte, possui uma área de $43.681,50\text{ km}^2$, sendo $26.183,00\text{ Km}^2$ no estado da Paraíba e $17.498,50$ no estado do Rio Grande do Norte e contempla uma população de 1.363,802 habitantes, destes 67% encontram-se no estado da Paraíba e 33% no estado do Rio Grande do Norte (AESÁ, 2015).

Os trechos das bacias hidrográficas selecionados neste estudo estão inseridos em diferentes ecorregiões, estando à bacia do rio Paraíba na Depressão Sertaneja Meridional e a bacia do rio Piranhas-Assu na Depressão Sertaneja Setentrional (VELLOSO; SAMPAIO, PAREYN, 2002). O clima predominante nas regiões de acordo com a classificação de Köppen, é o BSh, com estação seca atingindo um período de 9 a 10 meses e precipitações

médias em torno de 400 mm para a região da Paraíba e 800 mm ao ano para a região do Rio Grande do Norte (ALVARES et al., 2013). Os remanescentes de vegetação são da caatinga, composta por floresta decidual aberta arbórea/arbustiva e espécies xerófitas apenas para região do Rio Grande do Norte. O solo é geralmente superficial com baixa permeabilidade inibindo o acúmulo de água subterrânea (MALTCHIK, 1999; LEAL; SILVA, 2003).

2.2 LOCAIS E PERIODOS DE AMOSTRAGEM

Em cada bacia hidrográfica selecionamos três reservatórios: Poções, Cordeiro e Sumé (bacia do rio Paraíba) e Cruzeta, Passagem das Traíras e Sabugí (bacia do rio Piranhas-Assu) (Mapa 1) (ver Tabela 1). Na bacia do rio Paraíba (BPB) foram selecionados no total 60 locais de amostragens, enquanto na bacia do rio Piranhas-Assu (BRN) foram selecionados no total 52 locais, para cada período de amostragem. Todos os locais de amostragens estão situados na região litorânea dos reservatórios, e a escolha dessa região está relacionada à forte influência da zona ripária e por comumente apresentar uma maior riqueza e abundância de táxons da comunidade de macroinvertebrados bentônicos (ABÍLIO et al., 2007). As amostragens ocorreram entre os meses de Junho e Setembro de 2014.

Mapa 1- Localização dos reservatórios e respectivos locais de amostragem. Figuras de A-C correspondem aos reservatórios localizados na bacia do rio Paraíba (BPB), onde A = Poções, B = Cordeiro e C= Sumé. Figuras de D-F correspondem aos reservatórios localizados na bacia do rio Piranhas-Assu (BRN), onde D = Cruzeta, E = Passagem das Traíras e F = Sabugi.

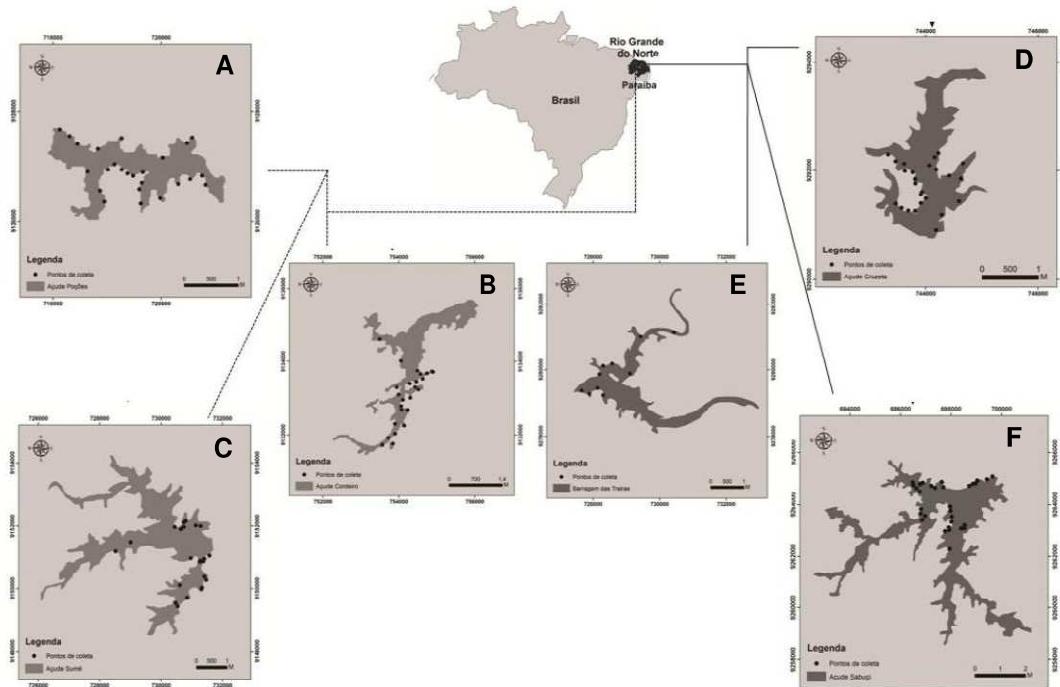


Tabela 1- Caracterização e média do volume hídrico nos meses de Junho e Setembro de 2014, dos reservatórios Poções, Cordeiro e Sumé localizados na bacia hidrográfica do rio Paraíba, e os reservatórios Cruzeta, Passagem das Traíras e Sabugí localizados na bacia hidrográfica do rio Piranhas-Assu. Fonte: Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESÁ, 2015) e Departamento Nacional de Obras contra a Seca- DNOCS (DNOCS, 2015). (x = dados não registrados).

Características/ Reservatórios	Cordeiro	Poções	Sumé	Cruzeta	Passagem das traíras	Sabugí
Localização geográfica	7°47'38.00"S e 36°40'14.04"W	7°53'38"S e 37°0'30"W	7°29'8"S e 37°12'20"W	06°24'42"S e 36°47'23"W	06°27'16"S e 36°52'29"W	06°43'06"S e 37°12'02"W
Município	Congo	Monteiro	Sumé	Cruzeta	São José do Seridó	São João do Sabugí
Altitude (m)	480	596	500	231	196	187
Capacidade máxima (m³)	69.965.95	29.861.56	44.864.10	23.545.745	48.858.100	65.334.880
Volume hídrico (m³)	9.439.54	6.027.93	16.828.73	5.009.34	x	17.064.588
Ano de construção	x	1982	1953	1929	1994	1965
Principal finalidade	Abastecimento e irrigação	Abastecimento e irrigação	Abastecimento e irrigação	Abastecimento e irrigação	Abastecimento e irrigação	Abastecimento

2.3 CLASSIFICAÇÃO DOS LOCAIS DE AMOSTRAGEM

Após o levantamento das variáveis físicas e químicas, do habitat e da paisagem, os locais de amostragens foram classificados em menos impactados e mais impactados por influência antrópica, conforme a classificação proposta por Molozzi et al. (2013). Esta classificação utiliza 30 variáveis relacionadas a impacto antrópico, contudo, selecionamos apenas 22 entre variáveis físicas e químicas, composição do habitat e características da paisagem, devido às diferenças nas variáveis incluídas nos protocolos adotados (Tabela 2).

Em cada local de amostragem calculamos o Índice de Estado Trófico (IET) proposto por Carlson (1977) e modificado por Toledo et al. (1983). Vale ressaltar que este índice apresentou resultados satisfatórios na avaliação ecológica de reservatórios inseridos no semiárido brasileiro, como enfatizado por Azêvedo et al. (2015). Este índice é estimado com base nas concentrações de fósforo total (PT µg/L); fósforo solúvel reativo (PO₄⁻ µg/L), clorofila-a (Chlo-a µg/L), além de valores da transparência pelo disco de secchi.

Ao final, os locais classificados em “Menos impactados” (MEI) foram aqueles que apresentaram os menores níveis de perturbação para o conjunto de variáveis utilizadas.

2.4 CARACTERIZAÇÃO DOS FILTROS AMBIENTAIS

2.4.1 Filtro físico e químico

Os filtros físicos e químicos foram caracterizados com base nos parâmetros abióticos da água. Em cada ponto de amostragem foram mensurados os seguintes parâmetros: pH, oxigênio dissolvido (mg/L), % de sólidos totais dissolvidos (STD g/L) e salinidade (ppm), todos utilizando sonda multi-analisadora (Horiba/ U-50). A transparência da água foi avaliada através do desaparecimento do disco de Secchi (Cole, 1994) e a profundidade estimada por um sensor sonar portátil. Para análises químicas, um litro de água foi coletado na sub-superfície para que em laboratório fossem estimadas as concentrações de fósforo total (PT $\mu\text{g}/\text{L}$), fósforo solúvel reativo ($\text{PO}_4^{3-} \mu\text{g}/\text{L}$) e nitrogênio total (NT $\mu\text{g}/\text{L}$) de acordo com “Standart Methods for the Examination of Water and Wasterwater” (APHA, 2005). A concentração da clorofila-a (Chlo-a $\mu\text{g}/\text{L}$) foi estimada pela extração em acetona 90%, de acordo com Lorenzen (1967).

2.4.2 Filtro do habitat

O habitat foi caracterizado com base na composição granulométrica e nos teores de matéria orgânica do sedimento. As amostras de sedimento foram coletadas em cada ponto de amostragem com draga Eckman-Birge (área $0,225\text{m}^2$). A composição granulométrica foi estimada seguindo a metodologia proposta por Suguio (1973) e modificada por Callisto e Esteves (1996). As amostras de sedimento foram secas em estufa a 60°C durante 72 horas, fragmentadas e agitadas em peneiras para a classificação das partículas em: cascalho ($> 2,000\text{mm}$); areia grossa ($2,000 - 0,500\text{mm}$); areia média ($0,500 - 0,250\text{mm}$); areia fina ($0,250 - 0,125\text{mm}$); silte/ argila ($< 0,125\text{mm}$).

Os teores de matéria orgânica foram estimados utilizando o método de gravimetria, onde duas réplicas com alíquotas de 3g de sedimento foram calcinadas em forno mufla a 550°C durante quatro horas. O percentual de matéria orgânica foi calculado a partir da diferença entre o peso inicial e o peso após a calcinação.

2.4.3 Filtro da paisagem

Para caracterizar cada local de amostragem de acordo com o nível de ocupação antropogênica foi aplicado um protocolo de diversidade de habitats físicos, proposto por Rowan et al. (2006) e adaptado para a utilização em reservatórios do semiárido (Anexo 1). Entre os diversos itens de avaliação propostos no protocolo, foram selecionados apenas dois: i) uso da paisagem com 5 metros da margem ripária e ii) uso da paisagem com 50 metros da margem ripária. Consideramos o critério de ausência e presença para os seguintes tipos de usos: desenvolvimento urbano (presença de residências, cercas e linhas de transmissão) e atividades agropecuárias (área de pastagem e agricultura).

2.5 COLETA E IDENTIFICAÇÃO DAS LARVAS DE CHIRONOMIDAE

As larvas de Chironomidae foram coletadas na região litorânea em todos os pontos de amostragem com auxílio de draga Eckman-Birge (área 0,225m²) e fixados em campo com formol a 10%. Em laboratório, as amostras foram lavadas em peneiras com malha de 1,00 e 0,50 mm, posteriormente os organismos foram triados e as larvas identificadas até nível de gênero com auxílio de microscópio e chaves de identificação especializadas (PETERSON, 1960; TRIVINHO-STRIXINO; STRIXINO, 1995; EPLER, 2001; TRIVINHO-STRIXINO, 2011).

3 ANÁLISE DE DADOS

3.1 CLASSIFICAÇÃO A POSTERIORI DOS LOCAIS DE AMOSTRAGEM

Para verificar se existem diferenças significativas entre as variáveis utilizadas na classificação dos locais entre os períodos de amostragem e bacias hidrográficas, foi realizada “Permutational Multivariate Analysis of Variance” (PERMANOVA) (ANDERSON, 2001; ANDERSON; GORLEY; CLARKE, 2008). Dois fatores foram considerados: período de amostragem (fixo: Junho, Setembro) e bacias hidrográficas (fixo: BPB, BRN). Foram utilizados testes com 9999 permutações e nível de significância em $\alpha \leq 0,05$. Os dados físicos e químicos foram transformados em \log_{x+1} e os granulométricos em arco-seno, posteriormente

todos os dados foram normalizados e como medida de similaridade foi utilizada Distância Euclidiana.

Para determinar quais locais são menos impactados por atividades antrópicas, foi realizada “Principal Components Analysis” (PCA). A existência de diferenças significativas entre os grupos formados pela PCA foi avaliada através de análises de significância PERMANOVA (ANDERSON, 2001; ANDERSON; GORLEY; CLARKE, 2008). O fator grupo foi considerado (randômico: menos impactado, mais impactado) e realizado testes com 9999 permutações e nível de significância em $\alpha \leq 0,05$. Por fim, foi estabelecida a amplitude de cada variável estressora e os intervalos aceitáveis dentro de cada grupo. Todas as análises foram realizadas utilizando o software PRIMER + PERMANOVA 6.0 (2006).

3.2 CARACTERIZAÇÃO BIOLÓGICA E AMBIENTAL DOS LOCAIS (MENOS IMPACTADOS E MAIS IMPACTADOS)

A abundância dos organismos, riqueza e diversidade de Shannon-Wiener (SHANNON; WIENER, 1963) foram estimadas para os grupos menos impactado (MEI) e mais impactado (MAI). Para calcular a dissimilaridade e verificar quais organismos são mais representativos entre os grupos, foi realizada análise de “Similarity Percentage” (SIMPER). A SIMPER utiliza uma matriz de similaridade Bray-Curtis para calcular a dissimilaridade média entre todos os pares de amostras intergrupos (CLARKE; WARWICK, 2001).

Para verificar se existem diferenças para a abundância dos organismos, riqueza e diversidade entre os grupos e bacias hidrográficas, foram realizadas análises de variância PERMANOVA (ANDERSON, 2001; ANDERSON; GORLEY; CLARKE, 2008). Dois fatores foram considerados: grupos (randômico: MEI, MAI) e bacias (randômico: BPB, BRN) considerando testes com 9999 permutações e nível de significância em $\alpha \leq 0,05$. Os dados de abundância foram transformados em raiz quadrada e Bray-Curtis foi utilizada como medida de similaridade. Para os dados univariados (riqueza e diversidade) foi utilizada como medida de similaridade Distância Euclidiana.

Para verificar se existem diferenças para os parâmetros físicos e químicos, composição do habitat e paisagem entre os grupos MEI e MAI, foi realizada análise de variância PERMANOVA (ANDERSON, 2001; ANDERSON; GORLEY; CLARKE, 2008) considerando testes com 9999 permutações e nível de significância em $\alpha \leq 0,05$. Os dados físicos e químicos foram transformados em \log_{x+1} e os granulométricos em arcoseno, posteriormente todos os dados foram normalizados. Para o conjunto de dados da paisagem foi

utilizado o critério de ausência e presença, através da utilização do índice de Jaccard. Todas as análises foram realizadas utilizando o software PRIMER + PERMANOVA 6.0 (2006).

3.3 PARTICIONAMENTO DOS FILTROS AMBIENTAIS

Para a execução do método do particionamento que utiliza técnicas de ordenação para particionar a variação dos conjuntos de dados multivariados, foi utilizada a “Canonical Correspondence Analysis” (CCA), por se tratar de uma análise que envolve técnicas de ordenação e de regressão (BORCARD; LEGENDRE; DRAPEAU, 1992; HEINO et al., 2007). Antes da execução das CCAs foi realizado teste de colinearidade entre as variáveis explicativas utilizando o fator de inflação da variância (VIF) considerando valores inferiores a 10. O teste mostrou que não existem variáveis altamente correlacionadas, com isso, todas as variáveis previamente selecionadas foram mantidas. Sendo assim, foram realizadas uma série CCAs e pCCAs para isolar todos os componentes de variação necessários para o particionamento (CUSHMANN; MCGARIGAL, 2002), de forma que estas análises foram realizadas separadamente para cada grupo (menos impactado e mais impactado) pertencente a cada bacia hidrográfica.

Foram utilizadas seis combinações de matrizes para avaliar a explicabilidade independente, compartilhada e total para cada filtro: A: Físico e químico; B: Habitat; C: Paisagem; D: Físico e químico + Paisagem; E: Físico e químico + Habitat e F: Habitat + Paisagem. Estas matrizes foram relacionadas com uma matriz biológica com dados de abundância transformados em \log_{x+1} . Para cada CCA e pCCA foram obtidos os valores da inércia total, a soma dos valores canônicos e a variação explicada que é obtida com a soma dos valores canônicos dividido pelo valor total da inércia (CUSHMANN; MCGARIGAL, 2002).

Para calcularmos o percentual de explicação independente e compartilhado de cada filtro, utilizamos os valores da variação explicada das CCAs e pCCAs, e aplicamos estes valores a equações matemáticas simples (CUSHMANN; MCGARIGAL, 2002). A significância estatística das análises foi obtida através de testes de permutação Monte Carlo com 1000 permutações de todos os eixos canônicos. Os resultados do particionamento foram visualizados pelo diagrama de Venn. As análises estatísticas foram realizadas utilizando o pacote *Vegan* (OKSANEN et al., 2010) do programa R (R CORE TEAM, 2014).

4 RESULTADOS

4.1 CLASSIFICAÇÃO A POSTERIORI E CARACTERIZAÇÃO DOS LOCAIS DE AMOSTRAGEM

Não foram observadas diferenças significativas para as variáveis que indicam impacto antrópico entre os períodos de amostragem

(PERMANOVA: Pseudo- $F_{1,223} = 0,3272$; $p = 0,9782$). Por isso, utilizamos os valores médios para as demais análises.

Entre os 60 locais de amostragem na bacia do rio Paraíba, 19 foram classificados como menos impactado formando o grupo MEI, e 41 locais classificados como mais impactados formando o grupo MAI (Gráfico 2). Diferenças significativas foram observadas entre os grupos MEI e MAI para a bacia do rio Paraíba (PERMANOVA: Pseudo- $F_{1,59} = 21,167$; $p = 0,0001$). Os valores médios, mínimos e máximos referentes às variáveis estressoras utilizadas para a classificação dos locais e formação dos grupos menos impactado e mais impactado estão apresentados na (Tabela 3). Do conjunto de dados obtidos na bacia do rio Paraíba, observamos que 36,2% da variabilidade foram explicadas no primeiro eixo da PCA, estando este principalmente correlacionado com variáveis do habitat: silte (-0,376), areia grossa (0,347), areia média (-0,341) e argila (-0,341). Enquanto o segundo eixo com 22,2% de explicabilidade na variação dos dados esteve correlacionado com variáveis indicativas de impacto, como: clorofila (-0,52), fósforo total (-0,443), nitrogênio total (-0,388) e IET (-0,328) (Tabela 2).

Quando consideramos a caracterização dos locais na bacia do rio Piranhas-Assu temos que de 52 locais amostrados 23 foram classificados como menos impactados formando o grupo MEI, e 29 locais considerados mais impactados formando o grupo MAI (Gráfico 3). Diferenças significativas foram observadas entre os grupos MEI e MAI para a bacia do rio Piranhas-Assu (PERMANOVA: Pseudo- $F_{1,51} = 13,624$; $p = 0,0001$). Do conjunto de dados obtidos na bacia do rio Piranhas-Assu, observamos que 39,9% da variabilidade dos dados foram explicadas no primeiro eixo da PCA, estando este correlacionado com as variáveis: fósforo total (-0,379), IET (-0,376), nitrogênio total (-0,342) e argila (0,349). Enquanto o segundo eixo explicou 20,2% da variabilidade dos dados e esteve associado principalmente com: cascalho (-0,535), areia média (0,418), fósforo solúvel reativo (0,373) e areia fina (0,343) (Tabela 2).

Gráfico 2- Principal Components Analysis (PCA) com base nos dados das variáveis estressoras de 60 locais de amostragem na bacia hidrográfica do rio Paraíba, Estado da Paraíba (ver tabela 2). Apenas as variáveis com correlação de Pearson acima de 0.7 estão apresentadas na figura. Onde: MEI (Menos impactado), MAI (Mais impactado). (IET = Índice de estado trófico; PT = Fósforo total; Clo- α = Clorofila- α ; NT = Nitrogênio total; STD = Sólidos totais dissolvidos).

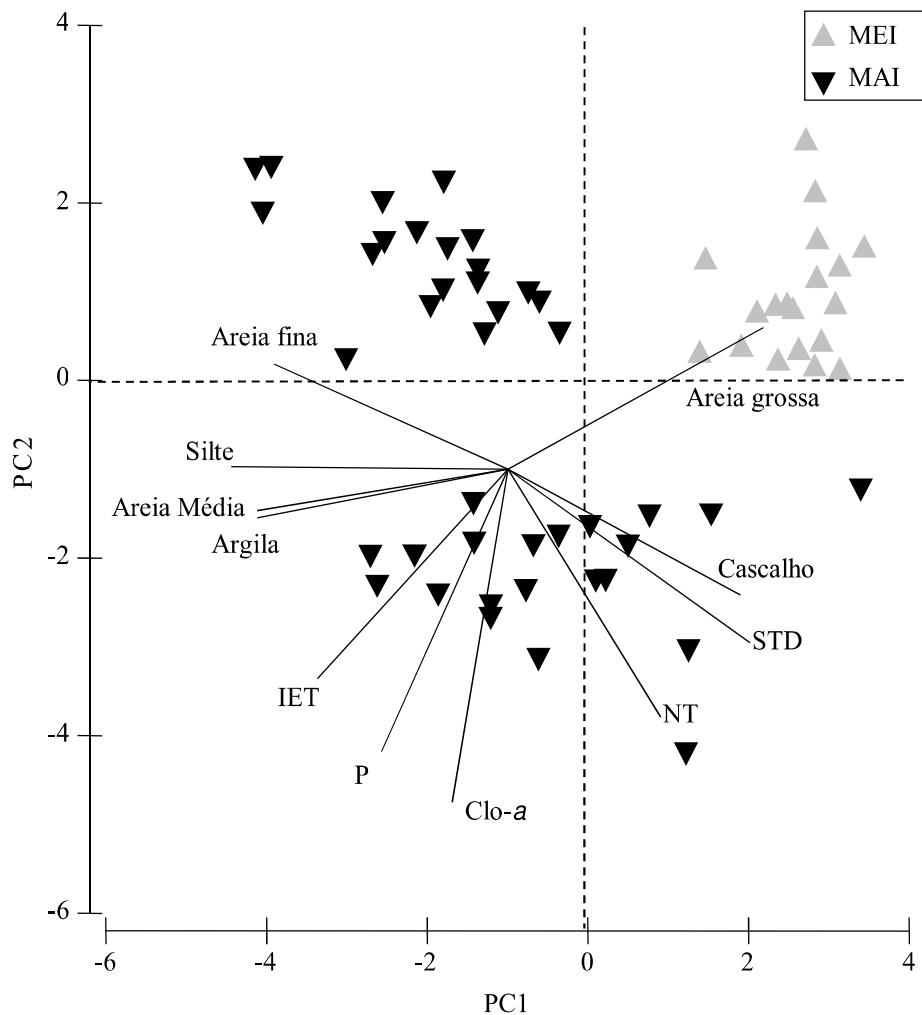


Gráfico 3- Principal Components Analysis (PCA) com base em dados das variáveis estressoras de 52 locais de amostragem na bacia hidrográfica do rio Piranhas-Assu, Estado do Rio Grande do Norte (ver tabela 2). Apenas as variáveis com correlação de Pearson acima de 0.7 estão apresentadas na figura. Onde: MEI (Menos impactado), MAI (Mais impactado). (IET, Índice de estado trófico; PT, Fósforo total; NT, Nitrogênio total; STD, Sólidos totais dissolvidos; PO₄, Fósforo solúvel reativo.

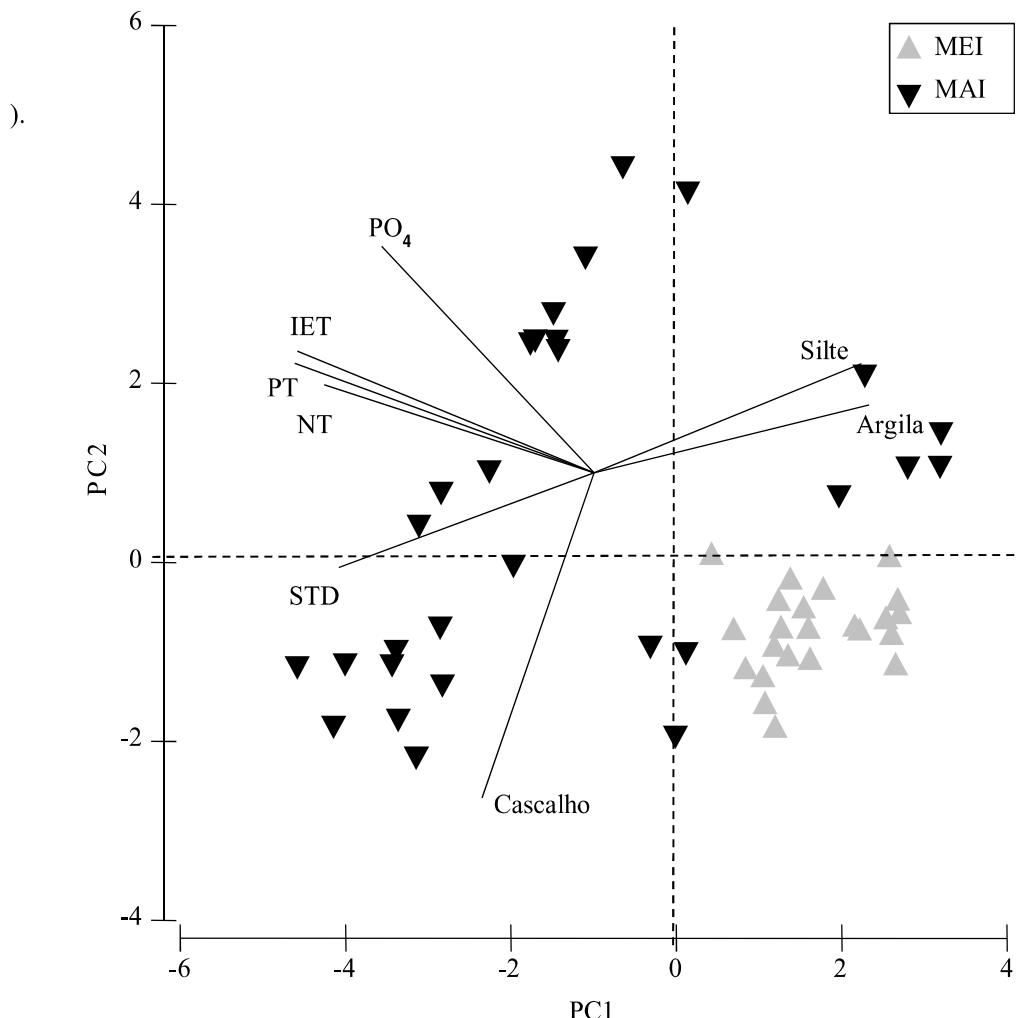


Tabela 2- Valores de correlação das variáveis estressoras referentes ao Primeiro eixo e Segundo eixo das “Principal Components Analysis” (PCA) realizadas para a classificação dos locais menos impactados e mais impactados nas bacias hidrográficas do rio Paraíba, Estado da Paraíba e do rio Piranhas-Assu, Estado do Rio Grande do Norte.

Variáveis	Bacia do rio Paraíba		Bacia do rio Piranhas-Assu	
	1º eixo	2º eixo	1º eixo	2º eixo
STD ($\mu\text{m/L}$)	0,329	-0,272	-0,324	-0,156
Clorofila-a ($\mu\text{m/L}$)	-0,076	-0,522	-0,211	-0,259
Fósforo total ($\mu\text{m/L}$)	-0,172	-0,443	-0,379	0,181
Fosfato solúvel reativo ($\mu\text{m/L}$)	-0,170	0,249	-0,269	0,373
Nitrogênio total ($\mu\text{m/L}$)	0,207	-0,388	-0,342	0,145
IET	-0,259	-0,328	-0,376	0,201
Cascalho %	0,316	-0,197	-0,142	-0,535
Areia grossa %	0,347	0,223	-0,249	0,200
Areia Média %	-0,341	-0,065	-0,004	0,418
Areia fina %	-0,318	0,165	0,169	0,343
Silte %	-0,376	0,004	0,339	0,18
Argila %	-0,341	-0,076	0,349	0,112
Residência 5 metros	-0,029	-0,011	-0,086	0,015
Linhos de transmissão 5 metros	0	0	0	0
Cerca 5 metros	-0,124	-0,021	0,011	-0,063
Pastagem 5 metros	-0,004	-0,047	-0,052	-0,039
Agricultura 5 metros	-0,071	-0,029	-0,075	-0,055
Residência 50 metros	0,005	-0,064	-0,018	0,011
Linhos de transmissão 50 metros	-0,025	0,007	0,069	-0,012
Cerca 50 metros	-0,038	0,043	0	0
Pastagem 50 metros	-0,009	0,005	-0,05	-0,053
Agricultura 50 metros	0,009	-0,023	-0,068	-0,009

Tabela 3 - Valores médios, mínimos e máximos das variáveis físicas e químicas e da composição do habitat, selecionadas para caracterizar os locais menos impactados e mais impactados e compor os conjuntos de filtros ambientais (físicos e químico, habitat). As variáveis foram mensuradas na bacia hidrográfica do rio Paraíba, Estado da Paraíba e bacia hidrográfica do rio Pianhas-Assu, Estado do Rio Grande do Norte durante os meses de Junho e Setembro de 2014, Nordeste do Brasil. (*Variáveis que não foram utilizadas para caracterizar os locais menos impactados e mais impactados).

Parâmetros	Bacia do rio Paraíba						Bacia do rio Pianhas-Assu					
	Menos impactado			Mais Impactado			Menos impactado			Mais Impactado		
	Média	Mínimo	Máximo		Média	Mínimo	Máximo		Média	Mínimo	Máximo	
STD (µm/L)	1,14 ± 0,10	0,87	1,26	0,72 ± 0,31	0,38	1,23	0,23 ± 0,004	0,22	0,23	1,10 ± 1,02	0,30	3,02
Clorofila-a (µm/L)	7,53 ± 7,24	2,02	13,47	36,35 ± 39,06	2,47	170,33	9,95 ± 4,66	2,92	21,12	18,18 ± 16,24	2,69	57,97
Fósforo total (µm/L)	48,77 ± 14,89	29,50	67,00	120,84 ± 121,59	40,75	813,25	62,16 ± 10,99	40,75	78,25	156,43 ± 63,57	43,25	315,75
Fosfato solúvel reativo (µm/L)	23,73 ± 17,85	4,00	56,50	40,34 ± 46,50	1,50	229,00	7,36 ± 2,88	1,50	11,50	83,31 ± 88,99	1,50	236,5
Nitrogênio total (µm/L)	219,52 ± 46,38	153,53	279,34	201,18 ± 91,21	75,86	493,31	109,29 ± 14,88	90,92	141,52	167,10 ± 55,66	82,28	344,94
IET	49,36 ± 8,77	39,91	56,46	58,74 ± 5,49	46,56	67,93	48,85 ± 2,49	44,44	52,66	60,70 ± 8,77	41,57	71,62
pH*	8,52 ± 0,27	7,84	9,05	8,15 ± 0,39	7,62	9,02	8,08 ± 1,07	7,62	12,97	7,90 ± 0,54	20,26	28,75
Salinidade (%)*	0,08 ± 0,006	0,07	0,10	0,05 ± 0,02	0,02	0,08	0,01 ± 0	0,01	0,01	0,07 ± 0,06	0,01	0,17
Turbidez (NTU)*	23,06 ± 15,77	7,00	49,60	38,72 ± 29,67	7,17	86,75	6,17 ± 6,04	2,00	27,00	49,85 ± 45,80	1,35	111,05
Oxigênio dissolvido (mg/L)*	5,75 ± 0,94	54,10	104,30	12,94 ± 41,04	52,60	116,2	4,13 ± 0,66	2,08	4,76	6,81 ± 1,87	44,60	105,25
Matéria orgânica (%P.S.)*	0,43 ± 0,07	0,27	0,53	0,21 ± 0,10	0,07	0,72	0,06 ± 0,05	0,02	0,21	0,18 ± 0,14	0,03	0,46
Cascalho %	1,12 ± 1,75	0	5,71	18,83 ± 16,33	0	55,98	21,40 ± 10,41	6,43	42,10	31,12 ± 28,91	0	82,56
Areia grossa %	6,65 ± 5,88	0	16,05	25,08 ± 8,54	0	46,24	24,47 ± 11,06	12,78	51,87	9,95 ± 10,51	0	48,25
Areia Média %	30,88 ± 9,72	15,76	47,25	19,62 ± 7,18	5,86	49,25	17,86 ± 4,53	8,53	25,92	12,83 ± 9,94	2,40	41,20
Areia fina %	25,60 ± 5,02	19,82	37,38	20,04 ± 6,52	7,67	32,84	23,28 ± 9,08	6,74	38,60	20,55 ± 11,52	5,43	45,25
Silte %	20,77 ± 4,68	14,99	33,02	10,61 ± 5,41	2,65	28,08	10,12 ± 6,03	2,91	22,35	17,47 ± 12,05	1,75	43,95
Argila %	14,95 ± 5,49	8,42	24,31	5,79 ± 4,79	1,33	22,96	2,85 ± 2,26	0,62	10,74	8,03 ± 5,89	0,54	16,31

4.2 ASSEMBLEIA DE CHIRONOMIDAE ENTRE LOCAIS MENOS IMPACTADOS E MAIS IMPACTADOS

Foram identificadas 5.749 larvas de diptera da família Chironomidae, distribuídas entre 22 gêneros nos 112 locais de amostragens (Tabela 4). Na bacia do rio Paraíba foram identificados 114 organismos para o grupo menos impactado e 351 organismos para o grupo mais impactado. Na bacia do rio Piranhas-Assu foram identificados 2.552 organismos para o grupo menos impactado e 2.732 organismos para o grupo mais impactado. Diferenças significativas foram observadas entre as bacias hidrográficas para a abundância (PERMANOVA: Pseudo- $F_{1,194}$ = 37,727; p = 0,0001), riqueza (PERMANOVA: Pseudo- $F_{1,223}$ = 166,79; p=0,0001) e índice de diversidade de Shannon-Wiener (PERMANOVA: Pseudo- $F_{1,223}$ = 117,51; p= 0,0001).

Na bacia do rio Paraíba, diferenças significativas foram observadas entre os grupos MEI e MAI para a abundância (PERMANOVA: Pseudo- $F_{1,100}$ = 26,8; p = 0,0001), riqueza (PERMANOVA: Pseudo- $F_{1,119}$ = 6,5119; p= 0,0148) e índice de diversidade de Shannon-Wiener (PERMANOVA: Pseudo- $F_{1,119}$ = 6,6585; p=0,0097). No grupo MEI houve dominância do gênero *Coelotanypus* (101 indivíduos), enquanto grupo MAI os gêneros *Aedokritus* (116 indivíduos) e *Polypedilum* (99 indivíduos) foram os mais representativos. Através da SIMPER observamos que temos uma elevada dissimilaridade da abundância (87,28%) entre os grupos. *Coelotanypus* (37,18%), *Goeldichironomus* (16,24%) e *Polypedilum* (12,07%) são os gêneros com maior contribuição para diferenças na abundância entre os grupos MEI e MAI. Quando analisamos os aspectos da composição da comunidade, o grupo MAI foi o que apresentou maiores valores de riqueza de táxons (16) e índice de diversidade de Shannon-Wiener (0,72) quando comparado ao grupo MEI (riqueza com táxons 8 e índice de diversidade de Shannon-Wiener de 0,23).

Na bacia do rio Piranhas-Assu, diferenças significativas foram observadas entre os grupos MEI e MAI apenas para a abundância (PERMANOVA: Pseudo- $F_{1,93}$ = 4,3084; p= 0,0009), entretanto o mesmo não foi observado para a riqueza (PERMANOVA: Pseudo- $F_{1,103}$ = 3,4733; p= 0,0671) e índice de diversidade de Shannon-Wiener (PERMANOVA: Pseudo- $F_{1,103}$ = 2,0971; p=0,1489). Os organismos mais abundantes no grupo MEI foram *Goeldichironomus* (1.023 indivíduos), *Tanytarsus* (528 indivíduos), *Asheum* (413 indivíduos) e *Polypedilum* (258 indivíduos). No grupo MAI foram *Goeldichironomus* (948 indivíduos), *Tanytarsus* (627 indivíduos), *Polypedilum* (459 indivíduos) e *Asheum* (322 indivíduos). A SIMPER mostrou que as assembleias de Chironomidae na bacia do rio Piranhas-Assu são menos dissimilares (52,85%) quando comparada a bacia do rio Paraíba. Os principais

contribuintes para este resultado foram *Goeldichironomus* (19,12%), *Tanytarsus* (15,61%), *Asheum* (12,94%) e *Polydipetalum* (11,89%). Analisando a composição das assembleias de Chironomidae, observamos que a riqueza de táxons na bacia do rio Piranhas-Assu foi a mesma entre os locais menos impactados e mais impactados (18). O índice de diversidade de Shannon-Wiener foi semelhante entre os locais menos impactados (1,28) e mais impactados (1,29).

Tabela 4- Lista dos gêneros de Chironomidae coletados na bacia hidrográfica do rio Paraíba, Estado da Paraíba e bacia hidrográfica do rio Piranhas-Assu, Estado do Rio Grande do Norte, nos meses de Junho e Setembro de 2014, nordeste do Brasil. Onde: N° ind= Número de indivíduos e Ab.rel= Abundância relativa.

Táxons	Bacia do rio Paraíba				Bacia do rio Piranhas-Assu			
	Menos impactado		Mais impactado		Menos impactado		Mais Impactado	
	Nº ind	Ab.rel	Nº ind	Ab.rel	Nº ind	Ab.rel	Nº ind	Ab.rel
Chironomidae								
Chironominae								
<i>Aedokritus</i> (Roback, 1958)	1	0,45	116	32,53	97	3,78	57	2,07
<i>Asheum</i> (Sublette & Sublette, 1983)	-	-	8	2,17	413	16,19	322	11,79
<i>Cladopelma</i> (Kieffer, 1921)	-	-	-	-	2	0,05	1	0,03
<i>Chironomus</i> (Meigen, 1803)	1	0,45	15	4,2	74	2,90	103	3,77
<i>Dicrotendipes</i> (Epler, 1987)	-	-	-	-	25	0,96	44	1,59
<i>Fissimentum</i> (Cranston & Nolte, 1996)	-	-	4	1,01	13	0,49	12	0,42
<i>Goeldichironomus</i> (Fittkau, 1965)	1	0,45	57	16,52	1.023	40,17	948	34,75
<i>Parachironomus</i> (Lenz, 1921)	7	3,85	1	0,28	4	0,15	6	0,20
<i>Pelomus</i> (Fittkau, 1921)	-	-	6	1,59	54	2,12	47	1,70
<i>Zavrelieilla</i> (Van der Wulp, 1984)	-	-	-	-	2	0,07	1	0,03
<i>Polydipetalum</i> (Kieffer, 1913)	-	-	99	28,55	258	10,13	459	16,83
<i>Tanytarsus</i> (van der Wulp, 1984)	-	-	20	5,65	528	20,71	627	22,99
<i>Saetheria</i> (Jackson, 1977)	-	-	-	-	-	-	1	0,01
Tanypodinae								
<i>Ablabesmya</i> (Johhansen, 1905)	-	-	1	0,28	5	0,17	4	0,14
<i>Coelotanypus</i> (Kieffer, 1913)	101	90,99	18	5,07	15	0,56	25	0,89
<i>Clinotanypus</i> (Kieffer, 1913)	-	-	-	-	2	0,05	-	-
<i>Denopelopia</i> (Roback & Rutter, 1988)	-	-	1	0,14	-	-	-	-
<i>Djalimabatista</i> (Fittkau, 1968)	1	0,90	1	0,28	14	0,53	67	2,43
<i>Larsia</i> (Fittkau, 1962)	1	0,45	2	0,43	6	0,23	2	0,05
<i>Monopelopia</i> (Beck & Beck, 1966)	-	-	1	0,14	-	-	-	-
<i>Parapentaneura</i> (Stur et al., 2006)	1	0,45	-	-	-	-	-	-
<i>Tanypus</i> (Meigen, 1803)	-	-	1	0,14	17	0,64	6	0,22
Total	114		351		2.552		2.732	
Riqueza	8		16		18		18	
Diversidade de Shannon-Wiener	0,23		0,72		1,28		1,29	

4.3 PARTICIONAMENTO DOS FILTROS AMBIENTAIS NA SELEÇÃO DAS LARVAS DE CHIRONOMIDAE

A explicação individual de cada filtro para a bacia do rio Paraíba nos mostra que no grupo MEI, a abundância de Chironomidae foi explicada primeiramente pelo gradiente físico e químico (25,48%, $P= 0,0009$), seguido da composição do habitat (23,79%, $P= 0,0178$) e paisagem (22,22%, $P= 0,0679$). No grupo MAI o físico e químico também foi o filtro que mais explicou a abundância dos organismos (9,58%, $P= 0,0009$), seguido da paisagem (7,59%, $P= 0,0019$) e composição do habitat (7,16%, $P= 0,0009$) (Tabela 5). Para ambos os grupos na bacia do rio Paraíba observamos que a interação entre os filtros (compartilhado) foi a relação que melhor explicou a abundância das larvas de Chironomidae, onde o físico e químico + habitat + paisagem representou 21,88% dos 61,57% de explicabilidade total para o grupo MEI e 4,51% dos 13,66% de explicabilidade total para o grupo MAI (Figura 4) (Tabela 5). O percentual explicado foi de 61,57% para o grupo MEI e 13,66% para o grupo MAI, enquanto o percentual não explicado foi de 38,43% para o grupo MEI e 86,34% para o grupo MAI (Fig. 4). A inércia total para a bacia do rio Paraíba no grupo MEI foi de 0,9511 enquanto no grupo MAI houve uma pequena redução para 0,7849 (Tabela 5).

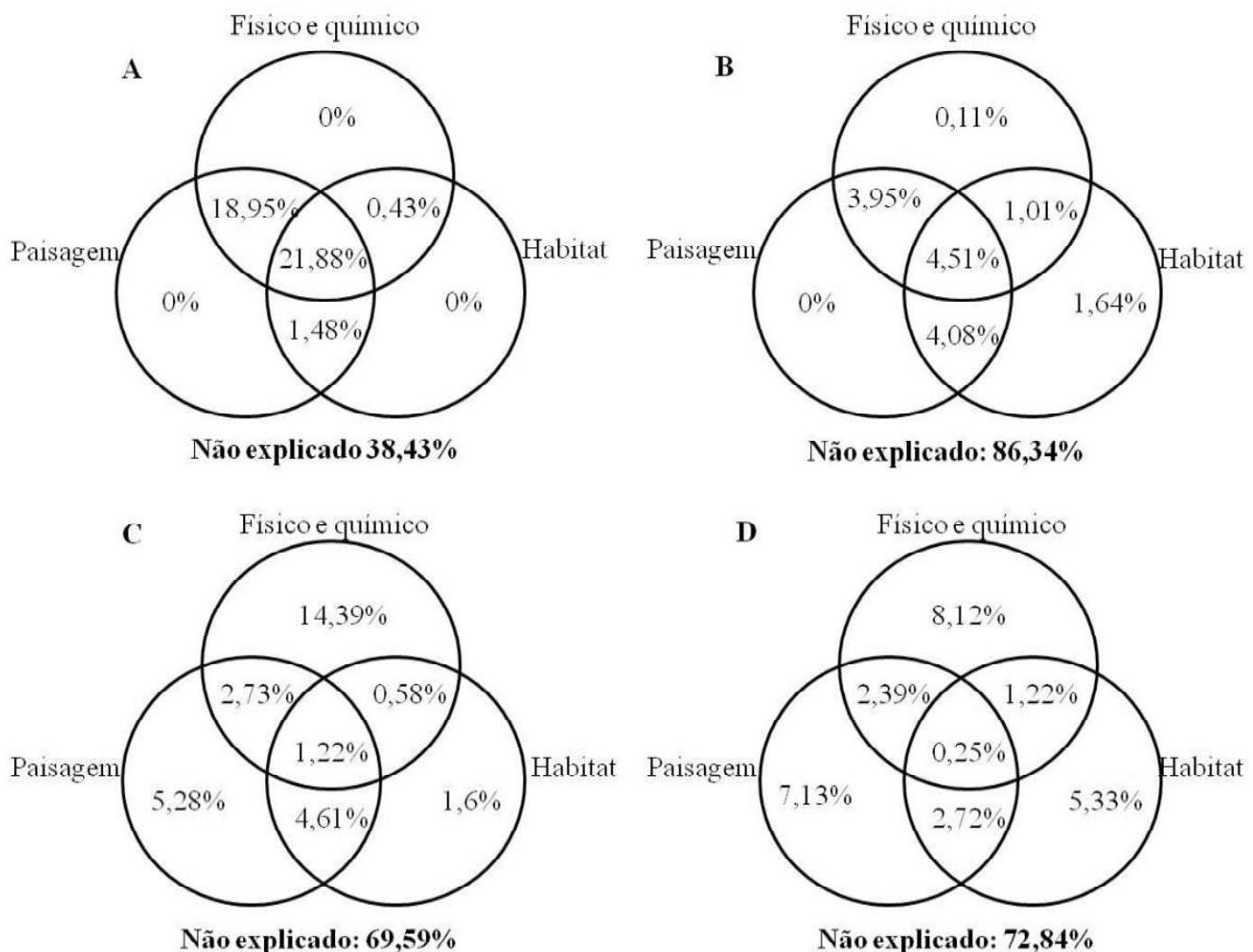
Na bacia do rio Piranhas-Assu o percentual de explicação individual de cada filtro revelou que no grupo MEI a abundância de Chironomidae também foi explicada pelo gradiente físico e químico (18,92%, $P= 0,0019$), seguido pela paisagem (13,84%, $P= 0,0019$) e composição do habitat (8,01%, $P= 0,0899$). No grupo MAI a abundância de Chironomidae foi determinada mais fortemente pela paisagem (12,49%, $P= 0,0009$), seguido do físico e químico (11,98%, $P= 0,0009$) e composição do habitat (9,52%, $P= 0,0049$) (Tabela 5). Para ambos os grupos presentes na bacia do rio Piranhas-Assu o percentual de explicabilidade independente foi o que melhor explicou a abundância das larvas de Chironomidae, onde o físico e químico explicou 14,39% dos 30,41% de explicabilidade total para o grupo MEI e 8,12% dos 27,16% de explicabilidade total para o grupo MAI (Fig. 4) (Tabela 5). O percentual explicado foi de 30,41% para o grupo MEI e 27,16% para o grupo MAI, enquanto o percentual não explicado foi de 69,59% para o grupo MEI e 72,84% para o grupo MAI (Fig. 4). A inércia total na bacia do rio Piranhas-Assu para o grupo MEI foi de 1,6504 enquanto para o grupo MAI foi de 3,129 (Tabela 5).

Tabela 5- Resultados das “Canonical Correspondence Analysis” (CCAs) e (pCCAs), utilizadas para a partição da variância canônica da abundância de Chironomidae em função dos filtros ambientais (físico e químico, habitat e paisagem), mensurados na bacia hidrográfica do rio Paraíba, Estado da Paraíba e bacia hidrográfica do rio Piranhas-Assu, Estado do Rio Grande do Norte.

Conjunto de dados	Soma dos valores canônicos	Variação explicada	P (perm)
<i>Grupo menos impactado- Ecorregião/DSM</i>			
Abundância de Chironomidae, inércia total= 1.6504			
A Físico e químico	0,4206	25,48	0,0009
B Composição do habitat	0,3926	23,79	0,0178
C Paisagem	0,3669	22,22	0,0679
D Físico e químico + paisagem*	0,4521	47,79	
E Físicos e químico + composição do habitat*	0,2679	28,41	
F Composição do habitat + paisagem*	0,2719	28,84	
<i>Grupo mais impactado- Ecorregião/DSM</i>			
Abundância de Chironomidae, inércia total= 3.1292			
A Físico e químico	3,0001	9,58	0,0009
B Composição do habitat	0,2241	7,16	0,0019
C Paisagem	0,2377	7,59	0,0009
D Físico e químico + paisagem*	0,308	13,08	
E Físicos e químico + composição do habitat*	0,2503	10,14	
F Composição do habitat + paisagem*	0,2255	9,13	
<i>Grupo menos impactado- Ecorregião/DSS</i>			
Abundância de Chironomidae, inércia total= 0.9511			
A Físico e químico	0,1799	18,92	0,0019
B Composição do habitat	0,0762	8,01	0,0899
C Paisagem	0,1316	13,84	0,0019
D Físico e químico + paisagem*	0,1278	17,12	
E Físicos e químico + composição do habitat*	0,1666	22,87	
F Composição do habitat + paisagem*	0,1708	23,45	
<i>Grupo mais impactado- Ecorregião/ DSS</i>			
Abundância de Chironomidae, inércia total= 0.7849			
A Físico e químico	0,094	11,98	0,0009
B Composição do habitat	0,0748	9,52	0,0049
C Paisagem	0,098	12,49	0,0009
D Físico e químico + paisagem*	0,0553	10,51	
E Físicos e químico + composição do habitat*	0,0845	14,62	
F Composição do habitat + paisagem*	0,0944	16,34	

*Valores obtidos por subtrações: G= [F] + ([A] – [D]) + ([A] – [E]) – [A]; D= [A] – [E] – (G); E= [A] – [D] – (G); F= [B] – [C] – (G)

Figura 4- Proporção da explicabilidade independente e compartilhada da variação explicada pela abundância de Chironomidae em função dos filtros ambientais (físico e químico, habitat e paisagem). As análises foram realizadas separadamente entre os grupos menos impactado e mais impactado e entre as bacias hidrográficas, bacia do rio Paraíba (BPB) e bacias do rio Piranhas-Assu (BRN), sendo: **(A)** Menos impactado- BPB; **(B)** Mais impactado- BPB; **(C)** Menos impactado- BRN; **(D)** Mais impactado-BRN (ver também Tabela 5).



5 DISCUSSÃO

Os resultados obtidos neste estudo mostram que os filtros que exercem maior influência sobre a abundância das assembleias de Chironomidae diferem entre bacias hidrográficas, mas não entre os locais submetidos a diferentes graus de impacto (locais menos impactados e mais impactados), corroborando parcialmente com a nossa hipótese. Estes resultados demonstram que a variação na atuação dos filtros ocorre através de processos que operam em múltiplas escalas (BONADA et al., 2005), de modo que diferenças nas características de cada região em que estão inseridas as bacias hidrográficas, resultam em diferentes filtros que selecionam as espécies que compõem as comunidades biológicas

(HEINO; MYKRÄ, 2008), especialmente as assembleias de Chironomidae em ecossistemas modificados Neotropicais.

Consideramos também que as diferenças ecorregionais também podem ter contribuído para os nossos resultados, pois os processos que selecionam o “pool” de espécies refletem as regras de dispersão das espécies (Shurin; Cottenie; Hillebrand, 2009), as quais são induzidas pelos diferentes padrões na paisagem que formam habitats qualitativamente variados. Estes habitats fornecem múltiplas fontes de recurso e refúgio, sendo isto determinante no processo de interações bióticas que filtram o “pool” local de espécies (PIANKA, 1988; GÖTZENBERGER et al., 2012). Resultados semelhantes aos nossos também foram observados por Feld e Hering (2007) e Heino et al. (2007) estudando a distribuição de atributos estruturais da comunidade de macroinvertebrados bentônicos em diferentes ecorregiões.

Os resultados nos mostram ainda que em escala local os filtros que exercem maior influência na seleção dos organismos não diferiram entre os locais com maiores ou menores níveis de impactado antrópico. Isto sugere que a seleção dos organismos que compõem as assembleias ocorre como uma evidência determinística, sendo os resultados observados, o reflexo do grau de tolerância e dos diferentes tipos de requerimento das espécies que compõem as comunidades em nível local. Frequentemente, a comunidade de macroinvertebrados bentônicos é relacionada às condições ambientais locais e estudos indicam que a distribuição dos caracteres estruturais da comunidade é positivamente associada com a gama de condições ecológicas (TRIGAL; GARCÍA-CRIADO; ALÁEZ, 2007; HUGHES; FERREIRA; CORTES, 2008; LARSEN et al., 2012; AZEVEDO et al., 2015).

Um fato observado em nosso estudo é que na bacia do rio Paraíba a maior riqueza de táxons ocorreu em locais mais impactados, enquanto na bacia do rio Piranhas-Assu a riqueza de táxons manteve-se constante entre os locais submetidos a diferentes graus de impacto, o que pode indicar resistência dos táxons às condições ambientais locais. Isto ocorre quando os táxons mais representativos na comunidade têm caráter generalista, a exemplo de *Polypedilum* e *Tanytarsus*, que esses apresentam ampla distribuição e altas taxas numéricas nas mais variadas condições, além de resistir às condições ambientais variáveis (EPLER, 2001; HESSEN; WALSENG, 2008). Além disso, a biota que ocorre em ambientes com alta variabilidade hídrica, padrão semelhante dos ecossistemas estudados, pode desenvolver adaptações que minimizam os efeitos dos distúrbios sobre sua ocorrência, mesmo havendo perda da qualidade da água e da disponibilidade de habitat (DÍAZ; ALONSO; GUTIÉRREZ, 2008; BOERSMA et al., 2014).

É importante ressaltar que o gradiente climático atua como um fator que diferencia as comunidades biológicas (KRAFT et al., 2011), o que também pode ter contribuído para a diferenciação das assembleias de Chironomidae presentes em ecossistemas modificados na região Neotropical, pois na bacia do rio Paraíba a precipitação média é em torno de 400 mm enquanto na bacia do rio Piranhas-Assu são registrados em média de 800 mm ao ano (ALVARES et al. 2013). Além disso, regiões que registram baixos índices pluviométricos, assim como em regiões semiáridas, podem intensificar a complexidade de fatores responsáveis pela seleção das espécies, onde a precipitação pluviométrica é um agente modificador da estrutura e qualidade do habitat (MALTCHIK, 1999; ABÍLIO et al., 2006), dificultando a identificação do principal agente responsável pela seleção das assembleias de Chironomidae.

A maior proporção de explicabilidade dos filtros sobre as assembleias de Chironomidae ocorreu nos locais menos impactados. Esse padrão comumente é esperado, pois quando as populações estão submetidas a uma série de condições previsíveis, as espécies flutuam em uma tendência estável, sendo mais comum identificar os fatores que direcionam essas variações naturais (SCHEFFER; CARPENTER, 2003). Contrariamente, os locais mais impactados estão comumente submetidos a um conjunto de distúrbios, pontuais ou difusos, que conduzem a regimes de mudanças abruptas e frequentemente resultam em respostas não lineares, criando comportamentos populacionais mais complexos, irregulares ou até mesmo caóticos, o que pode dificultar a nossa identificação e interpretação dos fatores que conduzem os padrões das populações submetidas a tais condições (BERRYMAN; MILLSTEIN, 1989; ANDERSEN et al., 2009), assim como observamos em nosso conjunto de dados.

Em geral, a elevada proporção não explicada da atuação dos filtros sobre as assembleias de Chironomidae podem estar relacionadas a fatores bióticos (HEINO; MYKRÄ, 2008), associados às flutuações populacionais (linear ou caótica), os quais não foram aqui avaliados. Acreditamos que as interações biológicas, especialmente a competição, tenham exercido uma forte influência sobre seleção das assembleias de Chironomidae, sabendo que a competição é destacada como um importante fator modulador das comunidades em ecossistemas aquáticos (CONELL et al., 2004).

6 CONCLUSÃO

Nossos resultados sugerem que as diferenças nas características ambientais das regiões em que estão inseridas as bacias hidrográficas, selecionam diferentes assembleias de

Chironomidae, independentemente de serem locais com maior ou menor nível de impacto, indicando a relevância de considerar fatores em maior escala (regional), assim como paisagem.

O aumento na proporção da explicabilidade dos filtros ambientais no grupo menos impactados reflete uma condição ambiental mais estável, onde as espécies flutuam em uma tendência de equilíbrio. Enquanto o grupo mais impactado está submetido a um conjunto de distúrbios que conduzem a regimes de mudanças abruptas, induzindo os organismos a exibirem relações comportamentais mais complexas.

Os fatores bióticos não mensurados neste estudo podem ter contribuído para elevada proporção não explicada da atuação dos filtros sobre as assembleias de Chironomidae. Além disso, ressaltamos a importância de se avaliar variáveis de forma compartilhada em estudos que objetivam indicar os filtros ambientais que exercem maior influência sobre as comunidades biológicas, visto a complexidade de fatores que atuam simultaneamente sobre a biota. Estudos futuros que incluam outras comunidades são sugeridos a fim de confirmar se o padrão observado em nosso conjunto de dados também é compartilhado quando considerado diferentes comunidades.

7 REFERÊNCIAS

- ABÍLIO, F. J. P.; FONSECA-GESSNER, A. A.; LEITE, R. L.; DE MELO RUFFO, T. L. Gastrópodes e outros invertebrados do sedimento e associados à macrófita *Eichhornia crassipes* de um açude hipertrófico do semi-árido paraibano. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v.1, p. 165-178, 2006.
- ABÍLIO, F. J. P.; RUFFO, T. L. M.; SOUZA, A. H. F. F.; FLORENTINO, H. S.; OLIVEIRA-JÚNIOR, E. T.; MEIRELES, B. N.; SANTANA, A. C. D. Macroinvertebrados Bentônicos como bioindicadores de qualidade ambiental de corpos aquáticos da Caatinga. **Oecologia Brasiliensis**, v. 11, p. 397-409, 2007.
- AESA. Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. Disponível em: <<http://www.aesa.pb.gov.br/>>. Acesso 20 de jan.2015.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; DE MORAES, G., LEONARDO, J.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. Meteorologische Zeitschrift, v. 22, p. 711-728, 2013.
- ANDERSON, M.; GORLEY, R. N.; CLARKE, R. K. Permanova+ for Primer: Guide to Software and Statistical Methods, 2008.
- ANDERSEN, T.; CARSTENSEN, J.; HERNANDEZ-GARCIA, E.; DUARTE, C. M. Ecological thresholds and regime shifts: approaches to identification. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 24, p. 49-57, 2009.

APHA, A., WEF, 2005. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 21st ed. American Public Health Association. Washington, DC. Part, 21.

AZEVÊDO, D. J. S.; BARBOSA, J. E. L.; GOMES, W. I. A.; PORTO, D. E.; MARQUES, J; C. MOLOZZI, J. Diversity measures in macroinvertebrate and zooplankton communities related to the trophic status of subtropical reservoirs: Contradictory or complementary responses? **Ecological Indicators**, v. 50, p. 135-149, 2015.

BERRYMAN, A. A.; MILLSTEIN, J. A. Are ecological systems chaotic and if not, why not?. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 4, p. 26-28, 1989.

BEDOYA, D.; MANOLAKOS, E S.; NOVOTNY, V. Characterization of biological responses under different environmental conditions: a hierarchical modeling approach. **Ecological modelling**, v. 222, p. 532-545, 2011.

BOERSMA, K. S.; BOGAN, M. T.; HENRICHS, B. A.; LYTLE, D. A, 2014. Invertebrate assemblages of pools in arid-land streams have high functional redundancy and are resistant to severe drying. **Freshwater Biology**, v. 59, p. 491-501, 2014.

BONADA, N.; ZAMORA-MUÑOZ, C.; RIERADEVALL, M.; PRAT, N. Ecological and historical filters constraining spatial caddisfly distribution in Mediterranean rivers. **Freshwater Biology**, v. 50, p. 781-797, 2005.

BORCARD, D.; LEGENDRE, P.; DRAPEAU, P. Partialling out the spatial component of ecological variation. **Ecology**, v. 73. p. 1045-1055, 1992.

BRUNO, D.; BELMAR, O; SÁNCHEZ-FERNÁNDEZ, D; GUARESCHI, S., MILLÁN, A.; VELASCO, J. Responses of Mediterranean aquatic and riparian communities to human pressures at different spatial scales. **Ecological Indicators**, v. 45, p. 456-464, 2014.

CALLISTO, M.; ESTEVES, F. A. Macroinvertebrados bentônicos em dois lagos amazônicos: Lago Batata (um ecossistema impactado por rejeito de bauxita) e Lago Mussurá (Brasil). **Acta Limnologica Brasiliensis**, v.8, p. 137-147, 1996.

CARLSON, R. E., 1977. A trophic state index for lakes. **Limnology and Oceanography** 22: 361-369.

CHALMANDRIER, L.; MÜNDEMÜLLER, T.; GALLIEN, L.; BELLO, F., MAZEL, F., LAVERGNE, S.; THUILLER, W. (2013). A family of null models to distinguish between environmental filtering and biotic interactions in functional diversity patterns. **Journal of Vegetation Science**, v. 24, p. 853-864, 2013.

CLARKE, K. R.; Warwick, M. R. Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation (2nd ed.). Plymouth: Primer-e Ltd, Plymouth Marine Laboratory 144, 2001.

CLEMENTS, F. E. Plant Succession: An Analysis of the Development of Vegetation. Carnegie Institution of Washington. Washington DC., 1916

- COLE, G. A. Textbook of Limnology. Prospect Heights, Illinois, 1994.
- CONNELL, J. H.; HUGHES, T. P.; WALLACE, C. C.; TANNER, J. E.; HARMS, K. E.; KERR, A. M. A long-term study of competition and diversity of corals. Ecological Monographs, v. 74, p. 179-210, 2004.
- COSTA, S. S.; SILVA, A. M, 2008. Beta diversity in stream macroinvertebrate assemblages: among-site and among-microhabitat components. **Hydrobiologia**, v. 598, p. 131-138.
- CUSHMAN, S. A.; MCGARIGAL, B. Hierarchical, multi-scale decomposition of species-environment relationships. **Landscape Ecology**, v. 17: 637-646, 2002.
- DIAMOND, J. M. Assembly of species communities. *Ecology and evolution of communities* 342, p.444, 1975.
- DÍAZ, A. M.; ALONSO, M. L. S.; GUTIÉRREZ, M. R. V. A. Biological traits of stream macroinvertebrates from a semi-arid catchment: patterns along complex environmental gradients. **Freshwater Biology**, v. 53, n.1, p. 1-21, 2008.
- DNOCS. Departamento Nacional de Obras contra a Seca. Disponível em:
<http://www.dnocs.gov.br/>. Acesso 20 de jan.2015.
- EPLER, J. H. Identification Manual for the Larval Chironomidae (Diptera) of North and South Carolina. Aquatic Entomologist. North Carolina Department of Environmental and Natural Resources Division of Water Quality. p.1073, 2001.
- FELD, C. K.; HERING, D. Community structure or function: effects of environmental stress on benthic macroinvertebrates at different spatial scales. **Freshwater Biology**, v. 52, p. 1380-1399, 2007.
- FERRINGTON, JR. L. C. Global diversity of non-biting midges (Chironomidae; Insecta-Diptera) in freshwater. **Hydrobiologia**, v. 595, p. 447-455, 2008.
- GLEASON, H. A. The individualistic concept of the plant association. Bulletin of the Torrey Botanical Club p.7-26, 1926.
- GÖTZENBERGER, L.; DE BELLO, F; BRÅTHEN, K. A., DAVISON, J., DUBUIS, A., GUISAN, A.; PELLISSIER, L. Ecological assembly rules in plant communities—approaches, patterns and prospects. **Biological reviews**, v. 87, p. 111-127, 2012.
- HEINO. J.; MYKRÄ, H.; KOTANEN, J; MUOTKA, T. Ecological filters and variability in stream macroinvertebrate communities: do taxonomic and functional structure follow the same path? **Ecography**, v. 30, p.217-230, 2007.
- HEINO, J.; H. MYKRÄ, 2008. Control of stream insect assemblages: roles of spatial configuration and local environmental factors. **Ecological Entomology**, v. 33. p. 614-622.
- HESSEN, D. O.; WALSENG, B. The rarity concept and the commonness of rarity in freshwater zooplankton. **Freshwater Biology**, v. 53, p. 2026-2035, 2008.

HOLT, R. D. Predation, apparent competition, and the structure of prey communities. **Theoretical population biology**, v. 12, p.197-229, 1977.

HUGHES, S. J.; FERREIRA, T.; CORTES, R. V. Hierarchical spatial patterns and drivers of change in benthic macroinvertebrate communities in an intermittent Mediterranean river. **Aquatic Conservation: marine and freshwater ecosystems**, v.18, p. 742-760, 2008.

JORCIN, A.; NOGUEIRA, M. G. Benthic macroinvertebrates in the Paranapanema reservoir cascade (southeast Brazil). **Brazilian Journal of Biology**, v. 68, p. 1013-1024, 2008.

KRAFT, N. J.; ADLER, P. B.; GODOY, O.; JAMES, E. C.; FULLER, S.; LEVINE, J. M, 2015. Community assembly, coexistence and the environmental filtering metaphor. **Functional Ecology**, v. 29, p. 592-599, 2015.

KEDDY, P. A. Assembly and response rules: two goals for predictive community ecology. **Journal of Vegetation Science** , v. 3, p. 157-164, 1992.

LARSEN, S.; MANCINI, L.; PACE, G.; SCALICI, M.; TANCIONI, L. Weak concordance between fish and macroinvertebrates in Mediterranean streams. **Plos one**, v. 7, p. 51115, 2012.

LEAL, I. R.; SILVA, J. M. C. Ecologia e conservação da Caatinga. Editora Universitária UFPE, 2^a Ed, 2003.

LORENZEN, C. J. A method for the Continuous Measurement of in Vivo Chlorophyll Concentration. In Deep Sea Research and Oceanographic Abstracts, v. 13, p. 223-227, 1967.

MALTCHIK, L. Ecologia de rios intermitentes tropicais. Perspectivas da limnologia no Brasil p. 77-89, 1999.

MOLOZZI, J.; FEIO, M. J; SALAS, F.; MARQUES, J. C.; M. CALLISTO. Maximum ecological potential of tropical reservoirs and benthic invertebrate communities. **Environmental Monitoring and Assessmenta1**, v. 85, p. 6591-6606, 2013.

MORAIS, S. S.; MOLOZZI, J.; VIANA, A. L.; VIANA, T. H.; CALLISTO, M. Diversity of larvae of littoral Chironomidae (Diptera: Insecta) and their role as bioindicators in urban reservoirs of different trophic levels. **Brazilian Journal of Biology** v.70, p. 995-1004, 2010.

MYKRÄ, H.; HEINO, J.; MUOTKA,T. Scale-related patterns in the spatial and environmental components of stream macroinvertebrate assemblage variation. **Global Ecology and Biogeography**, v. 16, p. 149-159, 2007.

NYMAN, M.; KORHOLA, A.; BROOKS, S. J. The distribution and diversity of Chironomidae (Insecta: Diptera) in western Finnish Lapland, with special emphasis on shallow lakes. **Global Ecology and Biogeography**, v. 14, p. 137-153, 2005.

ODUME, O. N.; MULLER, W.J. Diversity and structure of Chironomidae communities in relation to water quality differences in the Swartkops River. **Physics and Chemistry of the Earth**, v. 36, p. 929-938, 2011.

- OKSANEN, J. F. G., R. Blanchet, P. Kindt, R. G. Legendre, G. L. O'hara, P. Simpson, M. H. Solymos, H. Stevens & H. Wagner, 2010. Vegan: Community Ecology Package. R package version 1.17-0. <http://CRAN.R-project.org/package=vegan>
- PETERSON, A. Larvae of Insects. An Introduction to Nearctic Species. Columbus: OHIO. 250 p., 1960.
- PIANKA, E, 1988. Evolutionary Ecology. New York, Editora Harper Collins, 356p.
- POFF, N. L. Landscape filters and species traits: towards mechanistic understanding and prediction in stream ecology. **Journal of the North American Benthological Society**, v. 16, p. 391-409, 1997.
- ROWAN, J. S.; CARWARDINE, J.; DUCK, R. W; BRAGG, O. M., BLACK, A. R., CUTLER, M. E. J.; BOON, P. J. Development of a technique for lake habitat survey (LHS) with applications for the European Union Water Framework Directive. Aquatic Conservation: **Marine and Freshwater Ecosystems**, v. 16, p. 637-657, 2006.
- R, DEVELOPMENT CORE TEAM. R: a Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna. Available at <http://www.R-project.org>, 2014.
- SCHEFFER, M.; CARPENTER, S. R. Catastrophic regime shifts in ecosystems: linking theory to observation. **Trends in ecology & evolution**, v. 18, p. 648-656, 2003.
- SHANNON, C. E.; W. WIENER. The mathematical theory of communication. Illinois: The University of Illinois Press117, 1963.
- SUGUIO, K. Introdução à sedimentologia. São Paulo: Edgard Blucher 317 p.2007, 1973.
- SHURIN, J. B.; COTTENIE, K.; HILLEBRAND, H. Spatial autocorrelation and dispersal limitation in freshwater organisms. **Oecologia**, v. 159, p. 151-159, 2009.
- TOLEDO, A.; TALARICO, M.; CHINEZ, S. J.; AGUDO, E.G. A aplicação de modelos simplificados para a avaliação do processo de eutrofização em lagos e reservatórios tropicais. In Anais do 12 Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Camboriú, p. 1-34, 1983.
- TILMAN, D, 1982. Resource Competition and Community Structure. (Mpb-17). Princeton, NJ: Princeton University Press
- TRIGAL, C.; GARCÍA-CRIADO, F.; ALÁEZ, C. F. Macroinvertebrate communities of mediterranean ponds (North Iberian Plateau): importance of natural and human-induced variability. **Freshwater Biology**, v. 52, p. 2042-2055, 2007.
- TRIVINHO-STRIXINO, S., STRIXINO, G. Larvas de Chironomidae (Diptera) do Estado de São Paulo: Guia de identificação e diagnose dos gêneros, 1995.
- TRIVINHO-STRIXINO, S. Chironomidae (Insecta Diptera, Nematocera) do Estado de São Paulo, Sudeste do Brasil. **Biota Neotropica**, v. 11, p. 1-10, 2011.

VELLEND, M. Conceptual synthesis in community ecology. *The Quarterly review of biology*, v. 85, p. 183-206, 2010.

VELLOSO, A. L.; SAMPAIO, E.V.S. B.; PAREYN, F.G.C. Ecorregiões propostas para o bioma da caatinga, Copyright, 1^a edição, 2002.

VERGNON, R.; DULVY, N. K.; FRECKLETON, R. P. Niches versus neutrality: uncovering the drivers of diversity in a species-rich community. **Ecology letters**, v. 12, p. 1079-1090, 2009.

WEIGEL, B. M.; WANG, L.; RASMUSSEN, P. W.; BUTCHER, J. T.; STEWART, P. M., SIMON, T. P.; WILEY, M. J. Relative influence of variables at multiple spatial scales on stream macroinvertebrates in the Northern Lakes and Forest ecoregion, USA. **Freshwater Biology**, v. 48, p. 1440-1461, 2003.

WEIHER, E.; FREUND, D.; BUNTON, T.; STEFANSKI, A.; LEE, T.; BENTIVENGA, S. Advances, challenges and a developing synthesis of ecological community assembly theory. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, v. 366, p. 2403-2413, 2011.

SEGUNDO CAPÍTULO

Traits de larvas de Chironomidae (Insecta: Diptera) respostas as características ambientais locais em reservatórios na região Neotropical

Wilma Izabelly Ananias Gomes¹; Joseline Molozzi²

¹Pós-Graduação em Ecologia e Conservação- Universidade Estadual da Paraíba- UEPB.e-mail: wilmaizabelly@hotmail.com

²Universidade Estadual da Paraíba- UEPB. e-mail: jmolozzi@gmail.com



Resumo

As condições ambientais comumente selecionam uma combinação de atributos das espécies adequadas para suportar as características ambientais locais de ecossistemas naturais. Dessa forma, este estudo objetivou investigar se os atributos baseados em grupos de alimentação das larvas de Chironomidae (Insecta: Diptera) refletem melhor as características ambientais locais, que os atributos baseados em características morfológicas das larvas em reservatórios na região semiárida Neotropical. O estudo foi realizado em duas bacias hidrográficas, bacia do rio Piranhas-Assu, Estado do Rio Grande do Norte, nos reservatórios Cruzeta e Sabugí e na bacia do rio Paraíba, Estado da Paraíba, nos reservatórios Cordeiro, Poções e Sumé Estado da Paraíba, em Setembro de 2014. As coletas foram realizadas em 83 locais de amostragens nas regiões litorânea dos reservatórios, onde foram amostrados parâmetros ambientais e biológicos. Utilizamos a análise de ordenação RLQ para identificar as principais relações entre as características ambientais (R), abundância das larvas de Chironomidae (L) e os atributos (Q). Observamos que os atributos que refletem características morfológicas das larvas de Chironomidae foram mais sensíveis às condições ambientais locais, que os atributos relacionados aos grupos de alimentação das larvas. Os resultados sugerem ainda que em locais submetidos a uma maior intensidade de扰urbios, a utilização de atributos baseados em grupos de alimentação deve ser realizada com cautela, tendo em vista a complexidade das relações ecológicas em que os organismos estão envolvidos.

Palavras-chaves: atributos; assembleias; chironomideos; RLQ; variáveis ambientais

1 INTRODUÇÃO

Os “*traits*” ou atributos representam características mensuráveis das espécies, utilizadas para avaliar o desempenho dos organismos no habitat e têm seu fundamento fortalecido pelas idéias Darwinianas (VIOLLE et al., 2007). Segundo Darwin (1859) os organismos ocorrem apenas em locais onde as condições são favoráveis para o seu estabelecimento e reprodução. Por isso, podemos dizer que os organismos ou comunidades são formados por um conjunto de atributos que representam respostas evolutivas para os fatores ambientais (SOUTHWOOD, 1977; POFF et al., 2006; VERBERK; SIEPEL; ESSELINK, 2008a, 2008b).

A abordagem que relaciona atributos dos organismos e características ambientais é baseada em teorias ecológicas desenvolvidas ao longo das últimas décadas (CULP et al, 2011). A principal base teórica é o modelo “habitat template” proposto por Southwood (1977, 1988) e adaptado para ecossistemas aquáticos por Townsend e Hildrew (1994). Este modelo prevê que as espécies possuem um conjunto de atributos adequados às características locais e que estes devem convergir além das fronteiras biogeográficas.

Por se tratar de atributos que estão inter relacionados por forças evolutivas, não é indicada uma avaliação independente de cada atributo (POFF et al., 2006). Quando a análise é feita em conjunto, os resultados podem contribuir para o entendimento dos mecanismos que moldam as relações espécie-ambiente, além de fornecer informações sobre a capacidade de uma espécie em suportar os impactos ambientais (VERBERK; SIEPEL; ESSELINK, 2008a, 2008b).

Os atributos refletem informações relacionadas à morfologia, características comportamentais e de história de vida dos organismos (MCGILL et al., 2006; POFF et al., 2006; VERBERK; SIEPEL; ESSELINK, 2008b) e são comparáveis entre diferentes ecossistemas e ecorregiões (TUPINAMBÁS et al., 2014). As discussões com abordagem embasada nesta perspectiva envolvem diversas comunidades: plantas (DÍAZ; CABIDO; CASANOVES, 1998; SCHWOERTZIG et al., 2016), mamíferos, (SAITO; KOIKE, 2015), aves (AMANO; YAMAURA, 2007), peixes, (LAMOURoux et al., 2002; BRACCIALI et al., 2016), zooplâncton (TANAKA; MANO, 2012) e macroinvertebrados bentônicos (POFF, 1997; DÍAZ; ALONSO; GUTIÉRREZ, 2008; DEDIEU et al., 2015). Entre os atributos utilizados em estudos com macroinvertebrados bentônicos destacamos os que combinam grupos funcionais de alimentação e características morfológicas.

Quando avaliamos atributos relacionados aos hábitos alimentares e preferência alimentar, estes fornecem informações sobre a distribuição de energia no ambiente, disponibilidade e utilização de recursos alimentares (FEIO; DOLÉDEC, 2012). Habitats enriquecidos organicamente e com grande quantidade de material em suspensão favorecem a ocorrência de organismos coletores (BUNN, 1988). Além disso, organismos que se alimentam de matéria orgânica particulada fina, bactérias e algas são típicos de populações que ocorrem em habitats perturbados (CÉRÉGHINO et al., 2012).

Com relação às características morfológicas, elas podem representar a influência direta ou indireta das relações entre organismos/ambiente (VIOLLE et al., 2007). O comprimento do corpo é considerado um dos atributos mais importantes, pois é conhecido por variar de acordo com a perturbação ambiental (BASSET; ANGELIS, 2007; BOETS et al., 2013). Para as larvas de Chironomidae além do comprimento do corpo, outras características morfológicas podem ser utilizadas para refletir as condições ambientais locais, a exemplo da presença de pseudópodos reduzidos, cabeça alongada e antena alongada como sendo características adaptativas de táxons que ocorrem em habitats instáveis (TRIVINHO-STRIXINO, 2011).

As larvas de Chironomidae (Insecta: diptera) são organismos de grande importância ecológica e estão entre os táxons mais abundantes presentes em reservatórios (ABÍLIO et al. 2007; JORCIN; NOGUEIRA, 2008). Possuem os mais diversos hábitos alimentares (MORAIS et al., 2010), a maioria das espécies é de univoltine a trivoltine e com tempo variável para completar seu ciclo de vida (TOKESHI, 1995; FERRINGTON, 2008). Além disso, os membros dessa família desenvolveram adaptações para ocorrer em ambientes com uma ampla gama de condições ambientais (FERRINGTON, 2008). Sua distribuição está relacionada a mudanças locais nos habitats, impulsionada por fatores físicos e químicos da água, disponibilidade de alimento, composição do substrato, características da paisagem e uso do solo (ENTREKIN; WALLACE, EGGERT e 2007; FARÍAS et al., 2012).

Apesar da importância ecológica das larvas de Chironomidae, a sua utilização em estudos baseados em atributos tem sido dificultada pela limitação no conhecimento dessas características (HEINO et al., 2013; NICACIO; JUEN, 2015). Recentemente foi desenvolvida na Europa uma base de dados para larvas de Chironomidae contendo informações em nível de gênero, o que possibilitará uma maior inclusão desse grupo em futuros estudos nesta região (SERRA et al., 2016). O presente trabalho é pioneiro ao envolver atributos das larvas de Chironomidae e características ambientais locais de reservatórios na região neotropical.

O desenvolvimento de estudos que utilizem como base os atributos das larvas de Chironomidae é de grande importância para ampliar o conhecimento sobre a ecologia dessas larvas, e com isso. Neste estudo, pretendemos investigar se os atributos baseados em grupos de alimentação das larvas de Chironomidae (Insecta: Diptera) refletem melhor as características ambientais locais, que os atributos baseados em características morfológicas das larvas em reservatórios na região semiárida Neotropical. Sugerimos que os atributos baseados em características morfológicas refletem melhor as características ambientais locais que os atributos baseados em grupos de alimentação das larvas de Chironomidae em reservatórios na região Neotropical.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 ÁREA DE ESTUDO

Duas bacias hidrográficas foram selecionadas neste estudo: bacia hidrográfica do Rio Piranhas-Assu, Estado do Rio Grande do Norte ($5^{\circ}25'17''$; $7^{\circ}52'14''S$ e $36^{\circ}8'4,6''$; $38^{\circ}47'32,6''W$) e bacia hidrográfica do rio Paraíba, Estado da Paraíba ($6^{\circ}51'31''$; $8^{\circ}26'2''S$ e $34^{\circ}48'35''$; $37^{\circ}2'15''W$), nordeste do Brasil. A bacia hidrográfica do rio Piranhas-Assu está inserida entre os estados da Paraíba e Rio Grande do Norte, possui uma área de $43.681,50\text{ km}^2$, sendo $26.183,00\text{ Km}^2$ no estado da Paraíba e $17.498,50$ no estado do Rio Grande do Norte e contempla uma população de 1.363,802 habitantes, destes 67% encontram-se no estado da Paraíba e 33% no estado do Rio Grande do Norte. A bacia hidrográfica do rio Paraíba é a segunda maior do estado da Paraíba com área de $20.071,83\text{ km}^2$, correspondendo a 38% do seu território, abrangendo 52% da população do Estado (AESÁ, 2015).

O clima predominante nas regiões em estudo de acordo com a classificação de Köppen, é o BSh, com estação seca atingindo um período de 9 a 10 meses e precipitações médias em torno de 800 mm ao ano para a região do Rio Grande do Norte e 400 mm para a região da Paraíba (ALVARES et al. 2013). Os remanescentes de vegetação são da caatinga, composta por floresta decidual aberta arbórea/arbustiva e espécies xerófitas apenas para região do Rio Grande do Norte. O solo é geralmente superficial com baixa permeabilidade inibindo o acúmulo de água subterrânea (MALTCHIK, 1999; LEAL; SILVA, 2003).

2.3 LOCAIS E PERÍODO DE AMOSTRAGEM

Foram selecionados 83 locais para estudo, destes 39 localizados na bacia do rio Piranhas-Assu entre os reservatórios Sabugí (R1) e Cruzeta (R2) e 44 locais localizados na bacia do rio Paraíba distribuídos entre os reservatórios Cordeiro (R3), Sumé (R4) e Poções (R5) (Mapa 1) (Tabela 1). A seleção dos locais foi realizada a partir da aplicação de um protocolo de diversidade de habitats físicos proposto por Rowan et al. (2006) e adaptado para a utilização em reservatórios do semiárido (Anexo 1). Este protocolo foi aplicado em cada local de amostragem de modo a englobar apenas locais com o mínimo possível de influência antrópica. Entre os diversos itens de avaliação propostos no protocolo, para este estudo foram selecionados apenas dois: i) uso da paisagem com 5 metros da margem ripária e ii) uso da paisagem com 50 metros da margem ripária. Observando a presença para os seguintes tipos de usos: desenvolvimento urbano (presença de residências, cercas e linhas de transmissão) e atividades agropecuárias (área de pastagem e agricultura). A amostragem foi realizada na região litorânea, pois está região sofre forte influência da zona ripária e por comumente apresentar uma maior riqueza e abundância de táxons da comunidade de macroinvertebrados bentônicos (ABÍLIO et al., 2007). As coletas foram realizadas no mês de Junho de 2014.

Mapa 1- Localização dos reservatórios e respectivos locais de amostragem, onde: R1= Reservatório Sabugí, R2= Reservatório Cruzeta, ambos localizados na bacia do rio Piranhas-Assu, Estado do Rio Grande do Norte e R3= Reservatório Cordeiro, R4= Reservatório Sumé e R5= Reservatório Poções, localizados na bacia do rio Paraíba, estado da Paraíba, nordeste do Brasil.

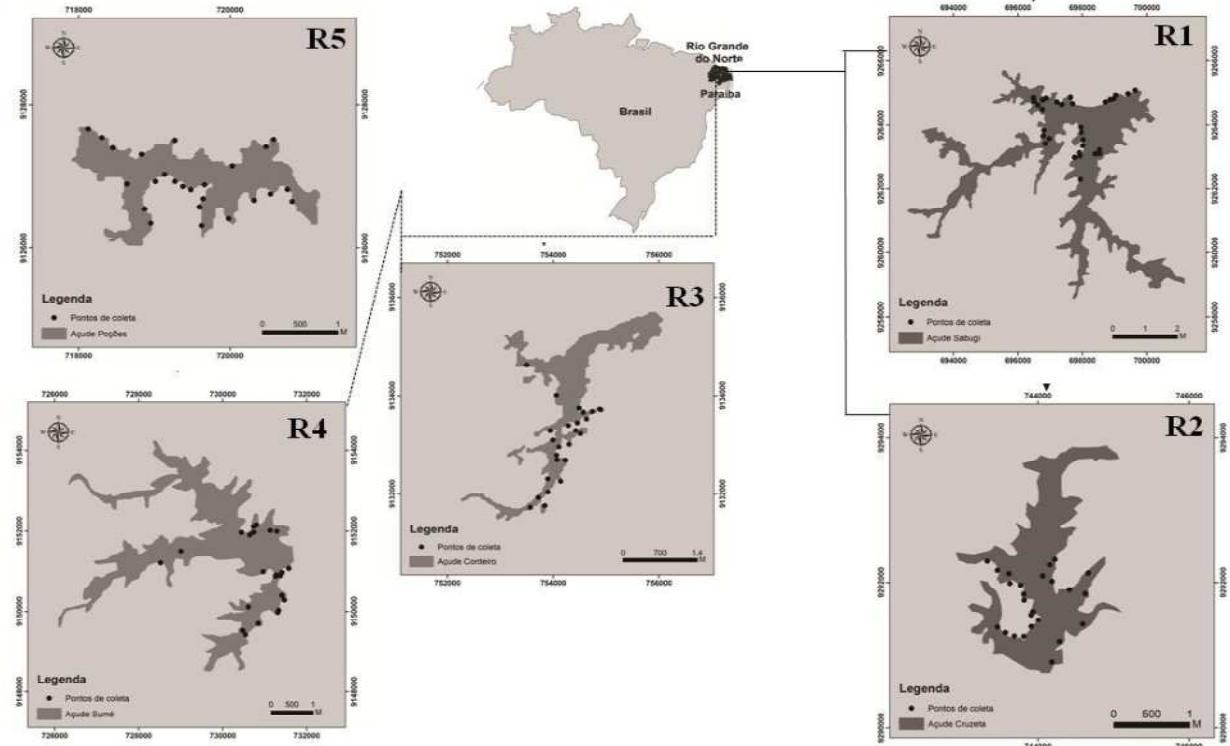


Tabela 1- Caracterização dos reservatórios Sabugí e Cruzeta localizados na bacia do rio Piranhas-Assu, Estado do Rio Grande do Norte e os reservatórios Cordeiros, Sumé e Poções localizados na bacia do Rio Paraíba, Estado da Paraíba. Onde: R1= Reservatório Sabugí, R2= Reservatório Cruzeta, R3= Reservatório Cordeiro, R4= Reservatório Sumé e R5= Reservatório Poções. Fonte: Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AES 2015) e Departamento Nacional de Obras contra a Seca- DNOCS (DNOCS 2015). (x: dados não registrados).

Características/Reservatórios	R1	R2	R3	R4	R5
Localização geográfica	06°43'06"S e 37°12'02"W	06°24'42"S e 36°47'23"W	7°47'38.00"S e 36°40'14.04"W	7°29'8"S e 37°12'20"W	7°53'38"S e 37°0'30"W
Município	São João do Sabugí	Cruzeta	Congo	Sumé	Monteiro
Altitude (m)	187	231	480	500	596
Capacidade máxima (m³)	65.334.880,00	23.545.745,33	69.965,95	44.864,10	29.861,56
Volume hídrico (m³)	17.064.588	5.009,34	9.439,54	16.828,73	6.027,93
Ano de construção	1965	1929	x	1953	1982
Principal finalidade	Abastecimento	Abastecimento e irrigação	Abastecimento e irrigação	Abastecimento e irrigação	Abastecimento e irrigação
Tempo de retenção	x	x	5 anos	3 anos	5 anos

2.3 ASSEMBLEIAS DE CHIRONOMIDAE

2.3.1 Coleta e identificação das larvas de Chironomidae

As larvas de Chironomidae foram coletadas na região litorânea em todos os pontos de amostragem com auxílio de draga Eckman-Birge (área 0,225m²) e fixados em campo com formol a 10%. Em laboratório, as amostras foram lavadas em peneiras com malha de 1,00 e 0,50 mm, posteriormente os organismos foram triados e as larvas identificadas até nível de gênero com auxílio de microscópio e chaves de identificação especializadas (PETERSON, 1960; TRIVINHO-STRIXINO; STRIXINO, 1995; EPLER, 2001; TRIVINHO-STRIXINO, 2011).

2.3.2 Seleção dos atributos

Foram selecionados 7 atributos com 23 categorias das larvas (Tabela 2). Estes atributos foram selecionados por serem considerados sensíveis ao refletir as características ambientais locais (TRIVINHO-STRIXINO 2011; FEIO: DOLÉDEC, 2012; BOETS et al., 2013). Os atributos que refletem informações baseadas em grupos funcionais de alimentação são: hábito alimentar e preferência alimentar, entre os que refletem características

morfológicas estão: comprimento do corpo, presença de lígula, tamanho das antenas, tamanho dos pseudópodos e formato da cabeça. As informações sobre as características de grupos de alimentação funcional foram determinadas de acordo com Cummins; Merritt e Andrade, (2005); MERRITT et al. (2002) e MERRIT et al. (2007) enquanto as informações morfológicas foram obtidas segundo TRIVINHO-STRIXINO, (2011), com exceção do comprimento do corpo.

O comprimento do corpo de cada espécime foi medido com auxílio de uma lente ocular de medição acoplada a um microscópio reto. A medição foi realizada utilizando a objetiva de 4, e cada espécime foi medido a partir da porção inicial da cabeça até a porção final do abdômen. Não incluímos estruturas como antenas, pseudópodos e túbulos anais, pois, poderíamos aumentar o risco de erro na medição dos indivíduos, tendo em vista que alguns apresentam antena retrátil ou variação no tamanho de túbulo anais e abdominais, estas estruturas podem ser perdidas ou danificadas no processamento das amostras. Os valores obtidos com a medição foram convertidos de micrômetro para milímetro, e os organismos agrupados em quatro categorias de acordo com o proposto por Serra et al. (2015): 1 (< 2,5mm); 2 (2,5 – 5mm); 3 (5 – 10mm) e 4 (10 – 20mm).

Utilizamos uma abordagem de codificação para atribuir a afinidade de cada táxon para cada categoria de atributo avaliado. A maioria dos atributos foi codificada em nível de gênero (habito alimentar, preferência alimentar, presença de lígula, tamanho dos pseudópodos, tamanho das antenas), para o formato da cabeça, apenas as informações referentes aos gêneros *Pelomus*, *Fissimentum* e *Dicrotendipes* estavam disponíveis, para os demais consideramos as informações em nível de subfamília. A planilha de atributos foi composta por informações contínuas (comprimento do corpo); categóricas (tamanho dos pseudópodos, tamanho das antenas, formato da cabeça) e em codificação binária (habito alimentar, item alimentar, presença de lígula) atribuindo 0 a nenhuma afinidade do táxon à categoria e 1 indicando afinidade do táxon para uma determinada categoria.

Tabela 2- Relação de Atributos, Categorias e Códigos das larvas de Chironomidae coletadas na bacia do rio Piranhas-Assú, Estado do Rio Grande do Norte e bacia do rio Paraíba, Estado da Paraíba Estado da Paraíba, nordeste do Brasil.

Atributo	Categoria	Código
Hábito alimentar	Coletor-catador	CC
	Coletor-filtrador	CF
	Fragmentador	FRA
	Predador	PRE
Preferência alimentar	Alga	ALG
	Bactéria	BAC
	Matéria orgânica particulada grossa	MOPG
	Matéria orgânica particulada fina	MOPF
	Macroinvertebrado	MACRO
	Sedimento	SED
	Vegetal	VEG
Comprimento do corpo (mm)	< 2,5	G1
	2,5 – 5	G2
	5 – 10	G3
	10 - 20	G4
Lígula	Presente	LP
	Ausente	LA
Antenas	Curta	A.C
	Longa	A.L
Pseudópodos	Curtos	PS.C
	Longos	PS.L
Formato da cabeça	Ovóide	CO
	Alongada	CA

2.4 CARACTERÍSTICAS AMBIENTAIS

2.4.1 Variáveis físicas e químicas da água

Em cada ponto de amostragem foram mensurados o oxigênio dissolvido (mg/L) e % de sólidos totais dissolvidos (STD g/L) utilizando sonda multi-analisadora (Horiba/ U-50). Para análises químicas, um litro de água foi coletado na sub-superfície da região litorânea,

para que em laboratório fossem estimadas as concentrações de fósforo total (PT $\mu\text{g/L}$) e nitrogênio total (NT $\mu\text{g/L}$) de acordo com “Standart Methods for the Examination of Water and Waster water” (APHA, 2005). A concentração da clorofila-a (Chlo-a $\mu\text{g/L}$) foi estimada pela extração do pigmento em acetona 90%, de acordo com método proposto por Lorenzen (1967).

2.4.2 Composição granulométrica e matéria orgânica do sedimento

As amostras de sedimento foram coletadas em cada ponto de amostragem com draga Eckman-Birge (área $0,225\text{m}^2$). A composição granulométrica foi estimada seguindo a metodologia proposta por Suguio (1973) e modificada por Callisto; Esteves (1996). As amostras de sedimento foram secas em estufa a 60°C durante 72 horas, fragmentadas e agitadas em peneiras para a classificação das partículas em: cascalho ($> 2,000\text{mm}$); areia grossa ($2,000 - 0,500\text{mm}$); areia média ($0,500 - 0,250\text{mm}$); areia fina ($0,250 - 0,125\text{mm}$); silte/ argila ($< 0,125\text{mm}$).

Os teores de matéria orgânica foram estimados utilizando o método de gravimetria, onde duas réplicas com alíquotas de 3g de sedimento foram calcinadas em forno mufla a 550°C durante quatro horas. O percentual de matéria orgânica foi calculado a partir da diferença entre o peso inicial e o peso após a calcinação.

3 ANÁLISE DE DADOS

Para identificar as principais relações entre as características ambientais, abundância das larvas de Chironomidae e seus atributos foi realizada uma análise de ordenação RLQ (DRAY et al., 2014). Primeiramente os dados ambientais e a abundância dos organismos foram transformados em \log_{x+1} . Em seguida foram realizadas três ordenações utilizando: características ambientais (R), abundância (L) e atributos (Q). Primeiramente a matriz de abundância foi analisada através de uma “Correspondence Analysis” (CA). Em seguida foi realizada a “Principal Component Analysis” (PCA) com os resultados da CA e a matriz de características ambientais, esta análise permitiu ligar as matrizes L e R. A terceira ordenação foi realizada para relacionar a matriz de atributos aos resultados da CA, esta relação foi obtida a partir de “Fuzzy Correspondence Analysis” (FCA) e permitiu ligar as matrizes L e Q. Ao final a análise de co-inércia RLQ, relaciona as três ordenações realizadas separadamente e procura simultaneamente combinações lineares maximizando a covariância entre as

ordenações Q e R ponderada pela matriz L (DOLÉDEC et al., 1996; SHIEH et al., 2012). A significância das relações entre as características ambientais, abundância de táxons e atributos foi analisada através de teste de Monte Carlo (999 permutações).

Após a realização da análise RLQ, realizamos um teste de variância para verificar se existem diferenças significativas para as características ambientais entre os reservatórios “Permutational Multivariate Analysis of Variance” (PerMANOVA). Um fator foi selecionado: reservatório (cinco níveis: R1, R2, R3, R4 e R5 e foram utilizados testes com 9999 permutações e nível de significância em $\alpha \leq 0,05$. Todas as análises foram realizadas utilizando o pacote *ADE-4* (THIOULOUSE et al., 1997) e *Vegan* (Oksanen et al., 2010) no software R, versão 1.9.0 (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2004).

4 RESULTADOS

4.1 ASPECTOS ESTRUTURAIS E ECOLÓGICOS DE ASSEMBLEIAS DE CHIRONOMIDAE

Foram identificadas e medidas 4.620 larvas de Chironomidae, destas 138 pertencem à subfamília Tanypodinae e 4.482 à subfamília Chironominae (Tabela 3). Os organismos foram distribuídos em 13 gêneros, entre os mais abundantes estão: *Goeldichironomus* (63,22%), *Asheum* (18,29%) e *Chironomus* (5,22%). Com relação aos hábitos alimentares e preferência alimentar, a maioria das larvas foi classificada em coletor-catador (89,05%), incluindo em sua dieta: sedimento, matéria orgânica particulada fina (MOPF), algas e bactérias (Apêndice 1). O segundo hábito alimentar mais abundante foi coletor-filtrador (4,94%), os organismos incluídos nesta categoria se alimentam preferencialmente de (MOPF). Ao observar as adaptações morfológicas das larvas verificamos que (97,02%) não possuem língula, (91,19%) possuem antena curta, (97,01%) apresentam pseudópodos curtos e (93,18%) tem cabeça em formato ovóide. Quanto ao comprimento do corpo das larvas as categorias mais abundantes foram grupo 3 (49,24%), seguido do grupo 4 (45,41%) e grupo 5 (2,74%).

Tabela 3- Lista dos gêneros de Chironomidae coletados na bacia do rio Paraíba e bacia do rio Piranhas-Assu, nordeste do Brasil, durante o mês de Junho de 2014. Onde: Código= iniciais para representar cada táxon; Nº ind.= Número de indivíduos; Abu relat.= Abundância relativa.

Táxons	Código	Nº ind.	Abu relat.
Chironomidae			
Chironominae			
<i>Aedokritus</i> (Roback, 1958)	Aed	15	0,32
<i>Asheum</i> (Sublette, 1964)	Ash	845	18,29
<i>Chironomus</i> (Meigen, 1803)	Chiro	254	5,49
<i>Dicrotendipes</i> (Epler, 1987)	Dicro	17	0,36
<i>Fissimentum</i> (Cranston and Nolte, 1996)	Fissi	2	0,04
<i>Goeldichironomus</i> (Fittkau, 1965)	Goeld	2.921	63,22
<i>Parachironomus</i> (Lenz, 1921)	Parac	21	0,45
<i>Pelomus</i> (Fittkau, 1921)	Pel	54	1,16
<i>Polypedilum</i> (Kieffer, 1913)	Poly	121	2,61
<i>Tanytarsus</i> (Van der Wulp, 1984)	Tanyt	232	5,02
Tanypodinae			
<i>Coelotanypus</i> (Kieffer, 1913)	Coel	116	2,51
<i>Larsia</i> (Fittkau, 1962)	Lars	7	0,15
<i>Tanypus</i> (Meigen, 1803)	Tany	15	0,32

4.2 CARACTERÍSTICAS AMBIENTAIS

Ao observar os resultados apresentados pela RLQ, em geral podemos verificar que os locais com menores concentrações de sólidos totais dissolvidos (STD) e valores intermediários de nitrogênio total estão geralmente localizados a direita do 1º eixo. A maioria dos locais com menores concentrações de fósforo total, elevadas concentrações de clorofila-a e oxigênio dissolvido e teores moderados de matéria orgânica, estão localizados a esquerda do 1º eixo da RLQ (Figura 2 A, B). Com relação à composição granulométrica foi observado variação na proporção de suas partículas, principalmente entre os sites localizados a esquerda do 1º eixo da RLQ (Figura 2 A, B).

Diferenças significativas foram observadas para as características ambientais entre os reservatórios (PerMANOVA: Pseudo- $F_{4,82} = 58,241$; $p = 0,0001$). As menores concentração de sólidos totais dissolvidos ($0,18\text{g/L}$) e matéria orgânica ($0,08\%\text{P.S.}$) foram observadas no reservatório Sabugí (R1). As maiores concentração de fósforo total ($237\mu\text{m/L}$) e oxigênio dissolvido ($90,41 \text{ mg/L}$) no reservatório Cruzeta (R2). Em R1 verificamos baixas proporções

de silte (11,05%) e argila (3,32%) quando relacionados ao R3 silte (20,85%) e Argila (11,20%) (Tabela 4).

Tabela 4- Códigos, valores médios e desvio padrão das variáveis ambientais mensuradas nos reservatórios localizados na bacia do rio Piranhas-Assu, Estado do Rio Grande do Norte, onde: R1= Reservatório Sabugí e R2=Reservatório Cruzeta e na bacia do rio Paraíba, Estado da Paraíba, onde: R3= Reservatório Cordeiro, R4= Reservatório Sumé e R5=Reservatório Poções, Junho de 2014.

Parâmetro	Código	R1	R2	R3	R4	R5
STD (g/L)	STD	0,18 ± 0,11	0,47 ± 0,10	0,86 ± 0,19	0,32 ± 0,01	0,77 ± 0,03
Clorofila-a ($\mu\text{m/L}$)	CLO-a	17,01 ± 9,69	10,18 ± 3,51	7,93 ± 533	10,37 ± 5,02	125,77 ± 70,10
Fósforo total ($\mu\text{m/L}$)	PT	69,16 ± 12,77	237,00 ± 13,75	48,02 ± 21,92	100,43 ± 66,74	88,16 ± 24,30
Nitrogênio total ($\mu\text{m/L}$)	NT	85,81 ± 7,87	54,57 ± 6,12	126,74 ± 43,07	76,100 ± 42,78	163,76 ± 41,42
Oxigênio dissolvido (mg/L)	OD	14,92 ± 4,01	90,41 ± 17,29	20,97 ± 19,32	13,81 ± 2,34	70,57 ± 9,11
Matéria orgânica (%P.S.)	MO	0,08 ± 0,07	0,17 ± 0,09	0,48 ± 0,07	0,22 ± 0,14	0,17 ± 0,13
Cascalho %	CAS	26,49 ± 23,39	60,34 ± 45,26	1,30 ± 2,86	15,92 ± 20,00	10,83 ± 15,78
Areia grossa %	AG	18,97 ± 10,00	5,17 ± 4,84	6,31 ± 5,52	26,63 ± 7,05	28,38 ± 11,37
Areia Média %	AM	16,38 ± 7,05	6,75 ± 9,12	34,75 ± 11,28	20,91 ± 6,76	21,83 ± 6,83
Areia fina %	AF	23,77 ± 14,03	6,62 ± 9,04	25,56 ± 2,75	20,64 ± 7,60	22,22 ± 8,80
Silte %	SIL	11,05 ± 9,73	14,66 ± 20,26	20,85 ± 6,58	10,75 ± 5,37	11,63 ± 8,99
Argila %	ARG	3,32 ± 4,79	6,43 ± 9,04	11,20 ± 5,67	5,13 ± 12	5,08 ± 6,03

4.3 ATRIBUTOS VERSUS CARACTERÍSTICAS AMBIENTAIS

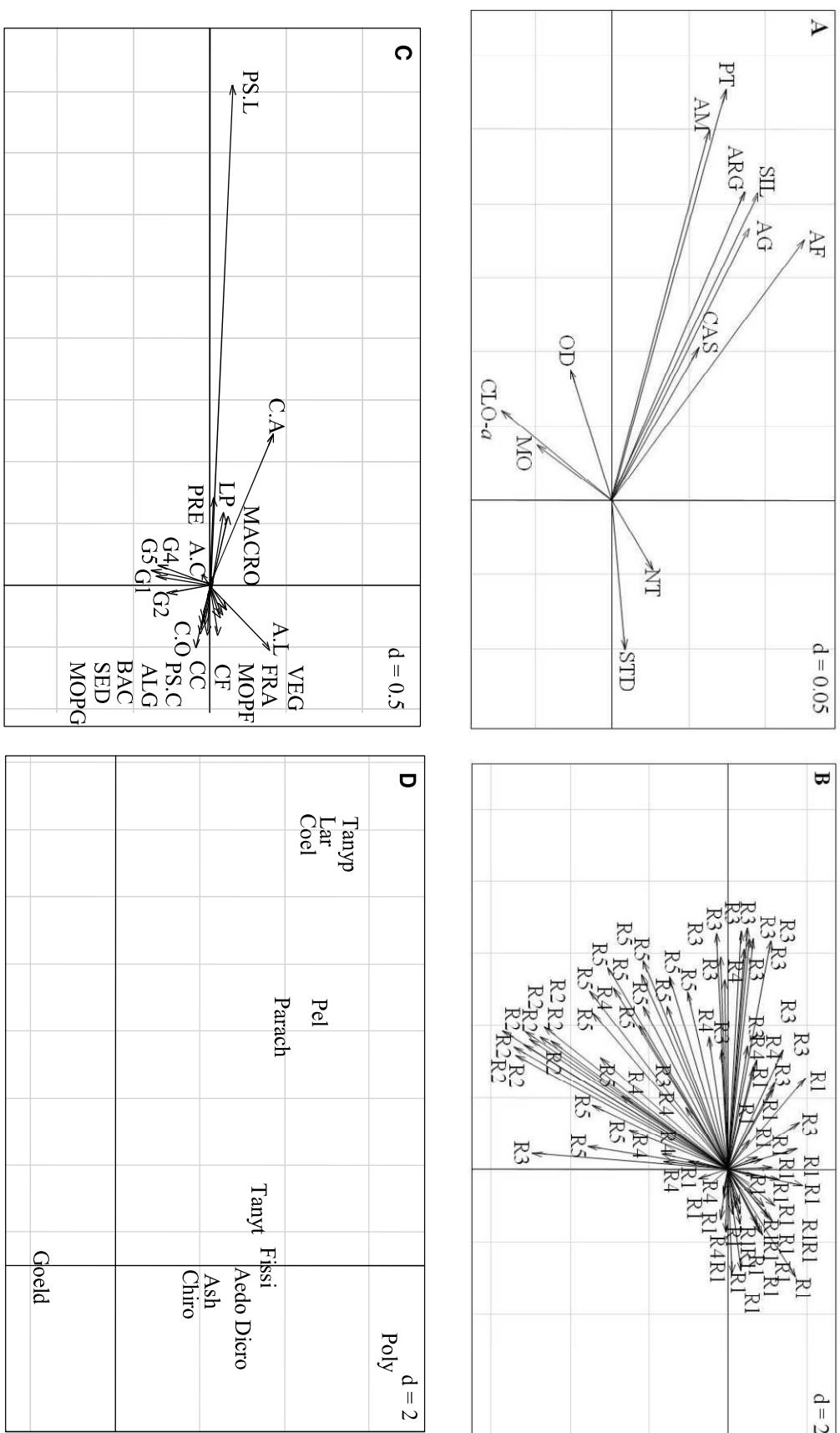
O teste de Monte Carlo indicou que houve associação significativa entre as três matrizes testadas (características ambientais, abundância e atributos dos táxons) com ($p=0,004$). O 1º e 2º eixos da RLQ explicaram (80,26% e 17,41% respectivamente) da variância total dos dados.

Os resultados da RLQ demonstram que a espacialização dos dados de abundância, características ambientais e os atributos das larvas foram agrupados de acordo com as características locais de cada reservatório, independente da bacia hidrográfica (Figura 2 A, B, C). Também podemos observar a formação de diferentes agrupamentos entre os atributos que fornecem informação sobre os grupos de alimentação e características morfológicas das larvas.

No quadrante superior direito da RLQ estão as características ambientais e categorias de atributos que estiveram positivamente relacionados ao 1º eixo e negativamente relacionados ao 2º eixo da RLQ (Figura 2 A, C, D). As variáveis ambientais: (nitrogênio total e sólido total dissolvido) foram associadas as categorias morfológicas: (antena longa), as relacionadas aos grupos de alimentação: (coletor-filtrador, fragmentador) e preferência alimentar: (vegetais e matéria orgânica particulada grossa (MOPG)), todas associadas aos gêneros: *Polypedilum*, *Dicrotendipes*, *Aedokritus*, *Aeshum*, *Chironomus* e parcialmente a *Fissimentum*. No quadrante inferior direito da RLQ estão as categorias de atributos que estiveram positivamente relacionadas ao 1º eixo e negativamente para o 2º eixo da RLQ. As categorias morfológicas: (cabeça ovóide, pseudopódios curtos, comprimento do corpo (G2)), grupo de alimentação: (coletor-catador), preferência alimentar: (alga, bactérias, sedimento, matéria orgânica particulada fina (MOPF)) foram associadas parcialmente à ocorrência de *Goeldichironomus*.

A esquerda do 1º eixo da RLQ estão as características ambientais e atributos que estiveram negativamente correlacionados (Figura 2 A, C, D). No quadrante superior às variáveis da composição do sedimento: (areia grossa, areia média, areia fina, silte, argila e fósforo total) foram associadas às categorias morfológicas: (cabeça alongada, pseudopódios longos, antena curta, presença língula), ao grupo de alimentação (predador) e preferência alimentar: (macroinvertebrados), todas relacionadas a ocorrência dos gêneros *Coelotanypus*, *Tanypus*, *Larsia*, *Pelomus*, *Parachironomus* e *Tanytarsus* e parcialmente a *Fissimentum* (Figura 2 A, C, D). No quadrante inferior as variáveis: (oxigênio dissolvido, clorofila-a e matéria orgânica do sedimento) foram associadas às categorias de comprimento do corpo: (G1, G3 e G4), sendo parcialmente relacionadas ao gênero *Goeldichironomus*.

Gráfico 2 - Gráficos da análise RLQ definidos pelos 1º e 2º eixos, onde: (A) Características ambientais; (B) Abundância; (C) Atributos (D) Composição taxonômica (Tabelas 3 e 4). O valor de d no canto superior direito corresponde a escala do gráfico.



5 DISCUSSÃO

A variação nos atributos das espécies em decorrência de mudanças nas condições ambientais tem sido considerada um fator determinante na ocorrência dos insetos aquáticos (DOLÉDEC et al., 2006; DÍAZ; ALONSO; GUTIÉRREZ, 2008; TOMANOVA; MOYA; OBERDORFF, 2008; SHIEH et al., 2012). O nosso conjunto de dados demonstrou a formação de agrupamentos de atributos que foram direcionados por diferentes variáveis ambientais que refletiram as principais características locais de cada reservatório. Estes resultados reforçam a idéia de que as condições ambientais selecionam uma combinação de atributos adequados para suportar as características ambientais locais (SOUTHWOOD, 1977; SHIEH et al., 2012).

Embora nosso conjunto de dados englobe apenas a assembleia de Chironomidae e um número limitado de atributos avaliados, resultados semelhantes aos nossos também foram observados em ecossistemas aquáticos naturais em riachos neotropicais (TOMANOVA; MOYA; OBERDORFF, 2008), em rios no semiárido da Espanha (DÍAZ et al., 2008), em rios Portugueses (FEIO; DOLÉDEC, 2012) e em rios de Taiwan (SHIEH et al., 2012), que consideram grande parte dos grupos que compõem a comunidade de macroinvertebrados bentônicos e um maior número de atributos avaliados.

Apesar das larvas de Chironomidae estarem distribuídas entre os mais variados tipos de habitats, a sua ampla distribuição e composição não está relacionada apenas ao desenvolvimento de adaptações fisiológicas, mas a presença de atributos morfológicos que permitem o seu estabelecimento em uma ampla gama de condições ambientais (SERRA et al., 2015). Nossos resultados demostram que os atributos relacionados com as características morfológicas, exibiram maior correlação com as variáveis ambientais, quando comparados aos atributos relacionados aos grupos de alimentação.

A baixa correlação entre os atributos alimentares e as características ambientais locais pode refletir a condição generalista dos organismos (LEMES-SILVA; PAGLIOSA; PETRUCIO, 2014), como também observado por Pollard e Yuan (2010) em rios dos Estados Unidos. Alguns estudos destacam a sensibilidade dos atributos de alimentação em resposta às condições ambientais em ecossistemas naturais na região temperada (DOLÉDEC et al., 2006; SHIEH et al., 2012; FEIO; DOLÉDEC, 2012; DEDIEU et al., 2015) e na região neotropical (DÍAZ et al., 2008; tupinambás et al., 2013).

Entretanto, Tomanova et al. (2008) enfatizam a ocorrência de variação na resposta dos atributos baseados em grupos de alimentação, quando comparado a resposta dessas

características a locais submetidos a diferentes intensidade de distúrbios, em rios localizados nas regiões Temperada e Neotropical. Os locais submetidos a uma maior intensidade de distúrbios, apresentam relações ecológicas mais complexas, que pode dificultar a interpretação dos resultados (ANDERSEN et al., 2009), assim como observamos em nosso conjunto de dados para os atributos baseados em grupos de alimentação.

Mesmo que os atributos relacionados aos grupos de alimentação tenham demonstrado uma baixa correlação com as variáveis ambientais testadas, podemos destacar a associação entre o percentual de sólidos totais dissolvidos e matéria orgânica particulada fina com o hábito alimentar coletor. Os organismos que apresentam esse tipo de hábito alimentar são favorecidos em habitats com elevada concentração de materiais em suspensão (MONDY; USSEGLIO-POLATERA, 2014). Além disso, alguns dos organismos inseridos na categoria coletor-catador, também possuem pseudópodos curtos e cabeça ovóide, a exemplo de *Goeldichironomus*, *Asheum* e *Chironomus* que ocorrem em elevada abundância em nosso estudo.

Ao relacionarmos as características morfológicas, a exemplo do comprimento do corpo, podemos observar que estas informações refletem influência direta ou indireta das relações entre organismos/ambiente (DÍAZ ET AL., 2008; TOMANOVA et al., 2008; DOLÉDEC; PHILLIPS; TOWNSEND, 2011). É esperado que o aumento do distúrbio no ambiente provoque uma redução na abundância de organismos com comprimento médio do corpo, favorecendo a ocorrência de táxons com menor comprimento, para facilitar a exploração de refúgios e com isso os organismos persistirem no ambiente (PEARSON; ROSENBERG, 1978; TOWNSEND; HILDREW, 1994). Os nossos resultados corroboram com a idéia mencionada acima, pois as categorias que representam o menor e maior comprimento de corpo (G1, G3 e G4) foram direcionadas pela concentração de clorofila-a, oxigênio dissolvido e a matéria orgânica, observadas principalmente no reservatório Poções (R5), caracterizando um ambiente intensamente impactado.

A categoria de comprimento do corpo (G2) foi sultimamente separada das demais categorias de comprimento pela análise RLQ, e associada a características morfológicas e de grupos de alimentação, tais como: cabeça ovóide, pseudópodos curtos, coletor-catador, algas, bactérias, sedimento e matéria orgânica particulada fina. O conjunto dessas categorias reforça a idéia de que essas características estão relacionadas à elevada abundância de *Goeldichironomus* em nosso estudo, em especial na categoria comprimento médio do corpo que engloba organismos com 2,5 a 5mm de comprimento, sendo o táxon que contribuiu com maior representatividade.

Considerando a relação observada entre os componentes granulométricos do sedimento e as categorias das larvas de Chironomidae: cabeça alongada, pseudópodos longos e presença de lígula, estes resultados estão relacionados às características dos táxons pertencentes à subfamília Tanypodinae. Estes táxons são predadores e preferem sedimento com maior proporção de silte e argila (FITTKAU; ROBACK, 1983; ENTREKIN et al., 2007). Além disso, os táxons pertencentes à subfamília Tanypodinae possuem alta eficiência hidrodinâmica e são capazes de nadar com maior eficiência quando comparado aos organismos presentes nas demais subfamílias de Chironomidae (TRIVINHO-STRIXINO, 2011). Provavelmente a capacidade de nadar com melhor eficiência pode estar associada à presença de pseudópodos longos.

Os resultados acima discutidos corroboram com a ideia de que os atributos das larvas de Chironomidae são direcionados pelas condições ambientais locais, de forma que as características morfológicas das larvas de Chironomidae responderam melhor as características ambientais locais que os atributos que refletem informações de grupos tróficos de alimentação, corroborando com a nossa hipótese. A realização de outros trabalhos envolvendo atributos de Chironomidae deve contribuir para uma melhor compreensão dos efeitos das atividades antrópicas sobre a distribuição dos atributos desses organismos em ecossistemas Neotropicais.

6 CONCLUSÃO

Os atributos que refletem as características morfológicas das larvas de Chironomidae foram mais sensíveis que os atributos relacionados aos grupos de alimentação. Estes resultados podem indicar que em ambientes modificados e submetidos a uma maior intensidade de distúrbios, a exemplo dos reservatórios, a utilização de atributos baseados em grupos de alimentação deve ser realizada com cautela, tendo em vista a complexidade das relações ecológicas em que os organismos estão submetidos nesses ambientes. Por fim, sugerimos a realização de outros estudos baseados em atributos de Chironomidae em reservatórios, a fim ampliar o conhecimento ecológico sobre os atributos dessas larvas e suas relações com as características ambientais.

7 REFERÊNCIAS

- ABÍLIO, F. J. P.; DE MELO RUFO, T. L.; DE SOUZA, A. H. F. F.; DA SILVA FLORENTINO, H.; DE OLIVEIRA JUNIOR, E. T.; MEIRELES, B. N., SANTANA, A. C. D., 2007. Macroinvertebrados bentônicos como bioindicadores de qualidade ambiental de corpos aquáticos da Caatinga. **Oecologia brasiliensis**, v. 11, p. 397-409, 2007.
- AESA. Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. Disponível em: < <http://www.aesa.pb.gov.br/>>. Acesso 20 de jan.2015.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; DE MORAES, G.; LEONARDO, J.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v.22, p. 711-728, 2013.
- AMANO, T.; YAMAURA, Y. Ecological and life-history traits related to range contractions among breeding birds in Japan. **Biological Conservation**, v. 137, p. 271-282, 2007.
- ANDERSEN, T.; CARSTENSEN, J.; HERNANDEZ-GARCIA, E.; DUARTE, C. M; Ecological thresholds and regime shifts: approaches to identification. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 24, p. 49-57, 2009.
- APHA, A., WEF., 2005. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 21st ed. American Public Health Association. Washington, DC. Part, 21.
- BASSET, A., ANGELIS, D. L. Body size mediated coexistence of consumers competing for resources in space. **Oikos**, v.116, p. 1363-1377, 2007.
- BOETS, P.; THAS, O.; VAN DE VIJVER, E.; LOCK, K.; TÖPKE, K.; DE COOMAN, W.; JANSSEN, C. R.; GOETHALS, P. L. Relating taxonomy-based traits of macroinvertebrates with river sediment quality based on basic and zero-inflated Poisson models. **Ecological Informatics**, v. 18, p. 49-60, 2013.
- BRACCIALI, C., GUZZO, G., GIACOMA, C., DEAN, J. M., SARÀ, G. Fish functional traits are affected by hydrodynamics at small spatial scale. **Marine environmental research**, v. 113, p.116-123, 2016.
- BUNN, S. Processing of leaf litter in two Northern Jarrah forest streams, Western Australia: II. The role of macroinvertebrates and the influence of soluble polyphenols and inorganic sediment. **Hydrobiologia**, v. 162, p. 211–223, 1988.
- CALLISTO, M., ESTEVES, F. A. Macroinvertebrados bentônicos em dois lagos amazônicos: Lago Batata (um ecossistema impactado por rejeito de bauxita) e Lago Mussurá (Brasil). **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 8, p. 137-147, 1996.
- CÉRÉGHINO, R.; OERTLI, B.; BAZZANTI, M; COCCIA, C.; COMPIN, A.; BIGGS, J.; SCHER, O. Biological traits of European pond macroinvertebrates. **Hydrobiologia**, v. 689, p. 51-61, 2012.

- CULP, J. M.; ARMANINI, D. G.; DUNBAR, M. J.; ORLOFSKE, J. M.; POFF, N. L.; POLLARD, A. I.; YATES, A. G., HOSE, G. C. Incorporating traits in aquatic biomonitoring to enhance causal diagnosis and prediction. *Integrated environmental assessment and management*, v. 7, p. 187-197, 2011.
- DARWIN, C. *On the origin of species*. John Murray, 1859.
- DOLÉDEC, S.; CHESSEL, D.; TER BRAAK, C. J. F.; CHAMPELY, S. Matching species traits to environmental variables: a new three-table ordination method. *Environmental and Ecological Statistics*, v. 3, p. 143-166, 1996.
- DOLÉDEC, S.; PHILLIPS, N.; SCARSBROOK, M.; RILEY, R. H.; TOWNSEND, C. R. Comparison of structural and functional approaches to determining landuse effects on grassland stream invertebrate communities. ***Journal of the North American Benthological Society***, v. 25, p. 44-60, 2006.
- DRAY, S.; CHOLER, P.; DOLÉDEC, S.; PERES-NETO, P. R.; THUILLER, W.; PAVOINE, S.; BRAAK, C. J. Combining the fourth-corner and the, 2014 RLQ methods for assessing trait responses to environmental variation. ***Ecology***, v. 95, p. 14-21.
- CUMMINS, K. W.; MERRITT, R. W.; ANDRADE, P. C. The use of invertebrate functional groups to characterize ecosystem attributes in selected streams and rivers in south Brazil. ***Studies on Neotropical Fauna and Environment***, v. 40, p. 69-89, 2005.
- DEDIEU, N.; RHONE, M.; VIGOUROUX, R.; CÉRÉGHINO, R. Assessing the impact of gold mining in headwater streams of Eastern Amazonia using Ephemeroptera assemblages and biological traits. ***Ecological Indicators***, v. 52, p. 332-340, 2015.
- DÍAZ, A. M.; ALONSO, M. L. S.; GUTIÉRREZ, M. R. V. A. Biological traits of stream macroinvertebrates from a semi-arid catchment: patterns along complex environmental gradients. ***Freshwater Biology***, v. 53, p. 1-21, 2008.
- DNOCS. Departamento Nacional de Obras contra a Seca. Disponível em: <<http://www.dnocs.gov.br/>>. Acesso 20 de jan.2015.
- ENTREKIN, S. A., WALLACE, J. B., EGGERT, S. L. The response of Chironomidae (Diptera) to a long-term exclusion of terrestrial organic matter. ***Hydrobiologia***, v. 575, p. 401-413, 2007.
- EPLER, J. H. Identification Manual for the Larval Chironomidae (Diptera) of North and South Carolina. Aquatic Entomologist. North Carolina Department of Environmental and Natural Resources Division of Water Quality. 1073 p, 2001.
- FARIAS, R. L., CARVALHO, L. K., MEDEIROS, E. S. F. Distribution of Chironomidae in a semiarid intermittent river of Brazil. ***Neotropical entomology***, v. 41, p. 450-460, 2012.
- FEIO, M. J., DOLÉDEC, S. Integration of invertebrate traits into predictive models for indirect assessment of stream functional integrity: a case study in Portugal. ***Ecological Indicators***, v. 15, p. 236-247, 2012.

FERRINGTON JR, L. C. Global diversity of non-biting midges (Chironomidae; Insecta-Diptera) in freshwater. **Hydrobiologia**, v. 595, p. 447-455, 2008.

Fittkau, E. J., Roback, S. S. The larvae of Tanypodinae (Diptera: Chironomidae) of the Holarctic Region keys and diagnoses. In Wiederholm T (ed), Chironomidae of the Holarctic Region: Keys and diagnoses. Part 1—Larvae Entomologica Scandinavica Supplement, 19.33–110, 1983.

HEINO, J., SCHMERA, D., ERŐS, T. A macroecological perspective of trait patterns in stream communities. **Freshwater Biology**, v. 58, p. 1539-1555, 2013.

HOWLAND, B. W.; STOJANOVIC, D.; GORDON, I. J.; RADFORD, J.; MANNING, A. D.; LINDENMAYER, D. B. Birds of a feather flock together: Using trait-groups to understand the effect of macropod grazing on birds in grassy habitats. **Biological Conservation**, v. 194, p. 89-99, 2016.

JORCIN, A.; NOGUEIRA, M. G. Benthic macroinvertebrates in the Paranapanema reservoir cascade (southeast Brazil). **Brazilian Journal of Biology**, v. 68, p. 1013-1024, 2008.

LAMOUROUX, N., POFF, N. L., ANGERMEIER, P. L. Intercontinental convergence of stream fish community traits along geomorphic and hydraulic gradients. **Ecology**, v. 83, p. 1792-1807, 2002.

LEAL, I. R., J. M. C. SILVA. Ecologia e conservação da Caatinga. Editora Universitária UFPE, 2^a Ed. 2003.

LEMES-SILVA, A. L.; PAGLIOSA, P. R.; PETRUCIO, M. M. Inter-and intra-guild patterns of food resource utilization by chironomid larvae in a subtropical coastal lagoon. **Limnology**, v. 15, p. 1-12, 2014.

LORENZEN, C. J., 1967. A method for the Continuous Measurement of in Vivo Chlorophyll Concentration. In Deep Sea Research and Oceanographic Abstracts, v. 13, p. 223-227, 1967.

MALTCHIK, L. Ecologia de rios intermitentes tropicais. Perspectivas da limnologia no Brasil, 77-89p. 1999.

MCGILL, B. J.; ENQUIST, B. J.; WEIHER, E.; WESTOBY, M. Rebuilding community ecology from functional traits. **Trends in ecology & evolution**, v. 21.p. 178-185, 2006.

MERRITT, R. W.; CUMMINS, K. W.; BERG, M. B.; NOVAK, J. A.; HIGGINS, M. J.; WESSELL, K. J.; LESSARD, J. L. Development and application of a macroinvertebrate functional-group approach in the bioassessment of remnant river oxbows in southwest Florida. **Development**, v. 21, p. 290-310, 2002.

MERRIT, R. W.; CUMMINS, K. W.; BERG, M. B. Na Introduction to the Aquatic Insects of North America. Ed Kendall/Hunt Publishing Company, 4^a Ed, 1158p., 2007.

MONDY, C. P.; USSEGLIO-POLATERA, P. Using fuzzy-coded traits to elucidate the non-random role of anthropogenic stress in the functional homogenisation of invertebrate assemblages. **Freshwater Biology**, v. 59, p. 584-600, 2014.

- MORAIS, S. S., MOLOZZI, J., VIANA, A. L., VIANA, T. H., CALLISTO, M. Diversity of larvae of littoral Chironomidae (Diptera: Insecta) and their role as bioindicators in urban reservoirs of different trophic levels. **Brazilian Journal of Biology**, v. 70, p. 995-1004, 2010.
- NICACIO, G.; JUEN, L. Chironomids as indicators in freshwater ecosystems: an assessment of the literature. **Insect Conservation and Diversity**, v. 8, p. 393-403, 2015.
- OKSANEN, J. F. G.; R. BLANCHET, P.; KINTDT, R. G.; LEGENDRE, G. L.; O'HARA, P. SIMPSON, M. H.; SOLYMOS, H.; STEVENS, H.; WAGNER. Vegan: Community Ecology Package. R package version 1.17-0. <http://CRAN.R-project.org/package=vegan>. 2010
- PEARSON, T.; ROSENBERG, R. Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review*, v. 16, p. 229–311, 1978.
- PETERSON, A. Larvae of Insects. An Introduction to Nearctic Species. Columbus: OHIO. 250 p., 1960.
- POFF, N. L. Landscape filters and species traits: towards mechanistic understanding and prediction in stream ecology. **Journal of the north american Benthological society**, v. 16, p. 391-409, 1997.
- POFF, N. L.; OLDEN, J. D.; VIEIRA, N. K.; FINN, D. S.; SIMMONS, M. P.; KONDRATIEFF, B. C. Functional trait niches of North American lotic insects: traits-based ecological applications in light of phylogenetic relationships. **Journal of the North American Benthological Society**, v. 25, p. 730-755, 2006.
- POLLARD, A. I.; YUAN, L. L. Assessing the consistency of response metrics of the invertebrate benthos: a comparison of trait-and identity-based measures. **Freshwater Biology**, v. 55, p. 1420-1429, 2010.
- R, Development Core Team, 2014. R: a Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna. Available at <http://www.R-project.org>.
- ROWAN, J. S.; CARWARDINE, J.; DUCK, R. W.; BRAGG, O. M.; BLACK, A. R.; CUTLER, M. E. J.; SOUTAR, I.; BOON, P. J. Development of a technique for lake habitat survey (LHS) with applications for the European Union Water Framework Directive. **Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems**, v. 16, p. 637-657, 2006.
- SAITO, M. U.; KOIKE, F. Trait-dependent changes in assemblages of mid-sized and large mammals along an Asian urban gradient. *Acta Oecologica*, v. 67, p. 34-39, 2015.
- SERRA, S. R.; COBO, F.; GRAÇA, M. A.; DOLÉDEC, S.; FEIO, M. J. Synthesising the trait information of European Chironomidae (Insecta: Diptera): Towards a new database. **Ecological Indicators**, v. 61, p. 282-292, 2016.
- SHIEH, S. H.; WANG, L. K.; HSIAO, W. F. Shifts in functional traits of aquatic insects along a subtropical stream in Taiwan. **Zoological Studies**, v. 51, p. 1051-1065, 2012.

- SOUTHWOOD, T. R. E. Habitat, the templet for ecological strategies? *The Journal of Animal Ecology*, v. 46, p. 336-365, 1977.
- SOUTHWOOD, T. R. E. Tactics, strategies and templets. *Oikos*, 52, 3-18, 1988.
- SCHWOERTZIG, E.; POULIN, N.; HARDION ,L.; TRÉMOLIÈRES, M. Plant ecological traits highlight the effects of landscape on riparian plant communities along an urban–rural gradient. ***Ecological Indicators***, v. 61, p. 568-576, 2016.
- SUGUIO, K. Introdução à sedimentologia. São Paulo: Edgard Blucher 317 p.2007, 1973.
- TANAKA, Y.; MANO, H.. Functional traits of herbivores and food chain efficiency in a simple aquatic community model. ***Ecological Modelling***, v. 237, p. 88-100, 2012.
- THIOULOUSE, J., CHESSEL, D., DOLÉDEC, S., OLIVIER, J. M. ADE-4: a multivariate analysis and graphical display software. *Statistics and Computing*, v. 7, p. 75–83, 1997.
- TOKESHI, M. Life cycles and population dynamics. In: Armitage P. D., P. S. Cranston & L. V. C. Pinder (eds), *The Chironomidae: Biology and Ecology of Non-biting Midges*. Chapman & Hall, London, UK, 225–268, Chapter 10, 1995.
- TRIVINHO-STRIXINO, S.; STRIXINO, G., Larvas de Chironomidae (Diptera) do Estado de São Paulo: Guia de identificação e diagnose dos gêneros, 1995.
- TRIVINHO-STRIXINO,S. Chironomidae (Insecta Diptera, Nematocera) do Estado de São Paulo, Sudeste do Brasil. ***Biota Neotropica***, v. 11, p. 1–10, 2011.
- TOMANOVA, S.; MOYA, N. OBERDORFF, T. Using macroinvertebrate biological traits for assessing biotic integrity of neotropical streams. *River Research and Applications*, v. 24, p. 1230-1239, 2008.
- TOWNSEND, C. R.; HILDREW, A. G. Species traits in relation to a habitat templet for river systems. ***Freshwater biology***, 31, 265-275, 1994.
- VERBERK, W. C.; SIEPEL, H.; ESSELINK, H. Applying life-history strategies for freshwater macroinvertebrates to lentic waters. ***Freshwater Biology***, v. 53,p. 1739-1753, 2008a.
- VERBERK, W. C., SIEPEL, H., ESSELINK, H., 2008b. Life-history strategies in freshwater macroinvertebrates. ***Freshwater Biology***, v. 53, p. 1722-1738, 2008b.
- THIOULOUSE, J.; CHESSEL, D.; DOLE, S.; OLIVIER, J. M. ADE-4: a multivariate analysis and graphical display software. ***Statistics and computing***, v. 7, p. 75-83, 1997.
- TUPINAMBÁS, T. H.; CORTES, R.; VARANDAS, S. G.; HUGHES, S. J.; FRANÇA, J. S.; CALLISTO, M. Taxonomy, metrics or traits? Assessing macroinvertebrate community responses to daily flow peaking in a highly regulated Brazilian river system. ***Ecohydrology***, v. 7, p. 828-842, 2014.

VOLLE, C.; NAVAS, M. L.; VILE, D.; KAZAKOU, E.; FORTUNEL, C.; HUMMEL, I.; GARNIER, E. Let the concept of trait be functional!. **Oikos**, v. 116, p. 882-892, 2007.

4 REFERÊNCIAS DA INTRODUÇÃO GERAL

- ABELL, R. Conservation Biology for the Biodiversity Crisis: a Freshwater Follow-up. **Conservation Biology**, v. 16. p. 1435-1437, 2002.
- ABÍLIO, F. J. P.; RUFFO, T. L. M.; SOUZA, A. H. F. F.; FLORENTINO, H. S.; OLIVEIRA-JÚNIOR, E. T.; MEIRELES, B. N.; SANTANA, A. C. D. Macroinvertebrados Bentônicos como bioindicadores de qualidade ambiental de corpos aquáticos da Caatinga. **Oecologia Brasiliensis**, v. 11, p. 397-409, 2007.
- ALLAN, J. D. Landscapes and riverscapes: the influence of land use on stream ecosystems. **Annual review of ecology, evolution, and systematics**, p. 257-284, 2004.
- AMANO, T.; YAMAURA, Y. Ecological and life-history traits related to range contractions among breeding birds in Japan. **Biological Conservation**, v. 137. p. 271-282, 2007.
- ARCHAIMBAULT, V.; USSEGLIO-POLATERA, P.; BOSSCHE, J. P. V. Functional differences among benthic macroinvertebrate communities in reference streams of same order in a given biogeographic area. **Hydrobiologia**, v. 551. p. 171-182, 2005.
- ASA. Articulação no semiárido brasileiro. Disponível em:
 < http://www.asabrasil.org.br/Portal/Informacoes.asp?COD_MENU=105 >. Acesso 30 de jan.2015.
- AZEVÉDO, D. J. S.; BARBOSA, J. E. L.; GOMES, W. I. A.; PORTO, D. E.; MARQUES, J. C.; MOLOZZI, J. Diversity measures in macroinvertebrate and zooplankton communities related to the trophic status of subtropical reservoirs: Contradictory or complementary responses? **Ecological Indicators**, v. 50, p. 135-149, 2015.
- BAPTISTA, D. F. Uso de macroinvertebrados em procedimentos de biomonitoramento em ecossistemas aquáticos. **Oecologia Brasiliensis**, v.12, n.3, p. 425-441. 2008.
- BAPTISTA, D F.; HENRIQUES-OLIVEIRA, A. L.; OLIVEIRA, R. B. S.; MUGNAI, R.; NESSIMIAN, J. L.; BUSS, D. F. Development of a benthic multimetric index for the Serra da Bocaina bioregion in Southeast Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 73, n. 3, 573-583, 2013.
- BASSET, A.; ANGELIS, D. L. Body size mediated coexistence of consumers competing for resources in space. **Oikos**, v.116, n. 8, p. 1363-1377, 2007.
- BEDOYA, D.; MANOLAKOS, E. S.; NOVOTNY, V. Characterization of biological responses under different environmental conditions: a hierarchical modeling approach. **Ecological modelling**, v. 222, n. 8, p. 532-545, 2011.
- BEGHELLI, F. G. D. S.; SANTOS, A. C. A. D.; URSO-GUIMARÃES,M.V.; CALIJURI, M.D.C. Spatial and temporal heterogeneity in a subtropical reservoir and their effects over the benthic macroinvertebrate community. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 26, n. 3, p. 306-317, 2014.

BEZERRA, N. J. F.; BRIGUENTI, L. S.; PINTO, C. R. M. A new morphometric study of Carioca Lake, Parque Estadual do Rio Doce (PERD), Minas Gerais State, Brazil. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v.32, p. 49-54, 2009.

BOETS, P.; THAS, O.; VAN DE VIJVER, E.; LOCK, K.; TÖPKE, K.; DE COOMAN,W., JANSSEN, C. R; GOETHALS, P. L. Relating taxonomy-based traits of macroinvertebrates with river sediment quality based on basic and zero-inflated Poisson models. **Ecological Informatics**, v. 18, p. 49-60, 2013.

BONADA, N.; ZAMORA-MUÑOZ, C.; RIERADEVALL, M.; PRAT, N. Ecological and historical filters constraining spatial caddisfly distribution in Mediterranean rivers. **Freshwater Biology**, v. 50. p. 781-797, 2005.

BORCARD, D.; LEGENDRE,P.; DRAPEAU, P. Partialling out the spatial component of ecological variation. **Ecology**, v. 73. p. 1045-1055, 1992.

BRACCIALI, C.; GUZZO, G.; GIACOMA, C.; DEAN, J. M.; SARÀ, G. Fish functional traits are affected by hydrodynamics at small spatial scale. **Marine environmental research**, v.113. p.116-123, 2016.

BRAVO, J. M.; COLLISCHONN, W.; PILAR, J. V. P. Otimização de reservatórios: estado-da-arte. **XVI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, 2005.

BURCHER, C. L.; VALETT, H. M.; BENFIELD, E. F. The land-cover cascade: relationships coupling land and water. **Ecology**, v. 88, n. 1, p. 228-242, 2007.

CALLISTO, M.; MORENO, P.; BARBOSA, F. A. R. Habitat diversity and benthic functional trophic groups at Serra do Cipó, Southeast Brazil. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 61, p. 71-82, 2001.

CALLISTO, M.; ESTEVES, F. A. Categorização funcional dos macroinvertebrados bentônicos em quatro ecossistemas lóticos sob influência das atividades de uma mineração de bauxita na Amazônia Central (Brasil). **Oecologia Australis**, v. 5, p. 223-234, 2010.

CHELLAPPA, S.; BUENO, R. M. X.; CHELLAPPA, T.; CHELLAPPA, N. T.; VAL, V. M. F. A. Reproductive seasonality of the fish fauna and limnoecology of semi-arid Brazilian reservoirs. **Limnologica**, v. 39, p. 325-329, 2009.

CHESSMAN, B. C.; ROYAL, M. J. Bioassessment without reference sites: use of environmental filters to predict natural assemblages of river macroinvertebrates. **Journal of the North American Benthological Society**, v.23, n. 3, p. 599-615, 2004.

COMISSÃO EUROPEIA. Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for community action in the field of water policy. **Official Journal of the European Communities**, L327, 43, 1–73, 2000.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). Resolução nº 357, de 17 de Março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Disponível em:

< <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf> >. Acesso em 30 de jan. 2015.

CONNELL, J. H. Effects of competition, predation by *Thais lapillus*, and other factors on natural populations of the barnacle *Balanus balanoides*. **Ecological Monographs**, v. 31. p. 61-104, 1961.

CORNWELL, W. K.; SCHWILK, D. W.; ACKERLY, D. D. A trait-based test for habitat filtering: convex hull volume. **Ecology**, v. 87, n. 6, p. 1465-1471, 2006.

CULP, J. M.; ARMANINI, D. G.; DUNBAR, M. J.; ORLOFSKE, J. M.; POFF, N. L.; POLLARD, A. I.; YATES, A. G.; HOSE, G. C. Incorporating traits in aquatic biomonitoring to enhance causal diagnosis and prediction. **Integrated environmental assessment and management**, v. 7. p. 187-197, 2011.

CUSHMAN, S. A.; MCGARIGAL, K. Hierarchical, multi-scale decomposition of species-environment relationships. **Landscape Ecology**, v. 17. p. 637-646, 2002.

DEDIEU, N.; RHONE, M.; VIGOUROUX, R.; CÉRÉGHINO, R. Assessing the impact of gold mining in headwater streams of Eastern Amazonia using Ephemeroptera assemblages and biological traits. **Ecological Indicators**, v. 52, p. 332-340, 2015.

DIAZ, S.; CABIDO, M.; CASANOVES, F. Plant functional traits and environmental filters at a regional scale. **Journal of Vegetation Science**, v. 9, n.1, p. 113-122, 1998.

DÍAZ, A. M.; ALONSO, M. L. S.; GUTIÉRREZ, M. R. V. A. Biological traits of stream macroinvertebrates from a semi-arid catchment: patterns along complex environmental gradients. **Freshwater Biology**, v. 53, n.1, p. 1-21, 2008.

DOLÉDEC, S.; STATZNER, B.; BOURNARD, M. Species traits for future biomonitoring across ecoregions: patterns along a human-impacted river. **Freshwater Biology**, v. 42, n. 4, p. 737-758, 1999.

DOLEDEC, S.; PHILLIPS, N.; TOWNSEND, C. Invertebrate community responses to land use at a broad spatial scale: trait and taxonomic measures compared in New Zealand rivers. **Freshwater Biology**, v. 56, n.8, p. 1670-1688, 2011.

FEIO, M. J.; DOLÉDEC, S. Integration of invertebrate traits into predictive models for indirect assessment of stream functional integrity: a case study in Portugal. **Ecological Indicators**, v. 15, n. 1, p. 236-247, 2012.

FEIO, M. J.; FERREIRA, W. R.; MACEDO, D. R.; ELLER, A. P.; ALVES, C. B. M.; FRANÇA, J. S.; CALLISTO, M. Defining and testing targets for the recovery of tropical streams based on macroinvertebrate communities and abiotic conditions. **River Research and Applications**, v. 31, n. 1, p. 70-84, 2015.

FERRINGTON JR, L. C. Global diversity of non-biting midges (Chironomidae; Insecta-Diptera) in freshwater. **Hydrobiologia**, v. 595, p. 447-455, 2008.

FORBES, A. Insulinde: experiences of a naturalist's wife in the Eastern Archipelago. W. Blackwood and Sons, 1887.

- HEINO, J.; MYKRÄ, H.; KOTANEN, J.; MUOTKA, T. Ecological filters and variability in stream macroinvertebrate communities: do taxonomic and functional structure follow the same path? **Ecography**, v. 30, n. 2, p. 217-230, 2007.
- HEINO, J.; MYKRÄ, H. Control of stream insect assemblages: roles of spatial configuration and local environmental factors. **Ecological Entomology**, v. 33, n. 5, p. 614-622, 2008.
- HEINO, J. Patterns of functional biodiversity and function-environment relationships in lake littoral macroinvertebrates. **Limnology and Oceanography**, v. 53, n. 4, p. 1446, 2008.
- HOLT, R. D. Predation, apparent competition, and the structure of prey communities. **Theoretical population biology**, v.12. p. 197-229, 1977.
- HUGHES, S. J.; FERREIRA, T.; CORTES, R.V. Hierarchical spatial patterns and drivers of change in benthic macroinvertebrate communities in an intermittent Mediterranean river. **Aquatic Conservation: marine and freshwater ecosystems**, v.18. p. 742-760, 2008.
- JORCIN, A.; NOGUEIRA, M. G. Benthic macroinvertebrates in the Paranapanema reservoir cascade (southeast Brazil). **Brazilian Journal of Biology**, v. 68, n. 4, p. 1013-1024, 2008.
- KAIL, J.; WOLTER, C. Pressures at larger spatial scales strongly influence the ecological status of heavily modified river water bodies in Germany. **Science of the Total Environment**, v. 454, p. 40-50, 2013.
- KEDDY, P. A. Assembly and response rules: two goals for predictive community ecology. **Journal of Vegetation Science**, v. 3, n. 2, p. 157-164, 1992.
- LAMOUROUX, N.; POFF, N. L.; ANGERMEIER, P. L. Intercontinental convergence of stream fish community traits along geomorphic and hydraulic gradients. **Ecology**, v. 83. p. 1792-1807, 2002.
- LEIBOLD, M. A.; ECONOMO, E. P.; PERES-NETO, P. Metacommunity phylogenetics: separating the roles of environmental filters and historical biogeography. **Ecology letters**, v. 13, n. 10, p. 1290-1299, 2010.
- LIMA, S. M. S.; BARBOSA, L. G.; CRUZ, P. S.; WANDERLEY, S. L.; DE CEBALLOS, B. S. O. Dinâmica funcional de reservatórios de usos múltiplos da região semiárida/ Paraíba-Brasil. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.7. p.18-25, 2012.
- LYTLE, D. A.; POFF, N. L. Adaptation to natural flow regimes. **Trends in ecology & evolution**, v. 19, n. 2, p. 94-100, 2004.
- MALTCHIK, L. Ecologia de rios intermitentes tropicais. **Perspectivas da limnologia no Brasil**, p. 77-89, 1999.
- MALTCHIK, L.; MEDEIROS, E. S. F. Conservation importance of semi-arid streams in north-eastern Brazil: implications of hydrological disturbance and species diversity. **Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems**, v. 16. p. 665-677, 2006.

MARTINS, I.; SANCHES, B.; KAUFMANN, P. R.; HUGHES, R. M.; SANTOS, G. B.; MOLOZZI, J.; CALLISTO, M. Ecological assessment of a southeastern Brazil reservoir. **Biota Neotropica**, v. 15, n. 1, p. 1-10, 2015.

MCGOFF, E.; AROVIITA, J.; PILOTTO, F.; MILER, O.; SOLIMINI, A. G.; PORST, G.; SANDIN, L. Assessing the relationship between the Lake Habitat Survey and littoral macroinvertebrate communities in European lakes. **Ecological indicators**, v. 25, p. 205-214, 2013.

MCGILL, B. J.; ENQUIST, B. J.; WEIHER, E.; WESTOBY, M. Rebuilding community ecology from functional traits. **Trends in ecology & evolution**, v. 21, n.4, p. 178-185, 2006.

MENEZES, S.; BAIRD, D. J.; SOARES, A. M. Beyond taxonomy: a review of macroinvertebrate trait-based community descriptors as tools for freshwater biomonitoring. **Journal of Applied Ecology**, v. 47, n. 4, p. 711-719, 2010.

MOLOZZI, J.; FRANÇA, J. S.; ARAUJO, T. L.; VIANA, T. H.; HUGHES, R. M.; CALLISTO, M. Diversidade de habitats físicos e sua relação com macroinvertebrados bentônicos em reservatórios urbanos em Minas Gerais. **Iheringia. Série Zoologia**, v. 101, p. 191-199, 2011.

MOLOZZI, J.; FEIO, M. J.; SALAS, F.; MARQUES, J. C.; CALLISTO, M. Development and test of a statistical model for the ecological assessment of tropical reservoirs based on benthic macroinvertebrates. **Ecological Indicators**, v. 23, p. 155-165, 2012.

MOLOZZI, J.; FEIO, M. J.; SALAS, F.; MARQUES, J. C.; CALLISTO, M. Maximum ecological potential of tropical reservoirs and benthic invertebrate communities. **Environmental monitoring and assessment**, v. 185, n. 8, p. 6591-6606, 2013.

MORAIS, S. S.; MOLOZZI, J.; VIANA, A. L.; VIANA, T. H.; CALLISTO, M. Diversity of larvae of littoral Chironomidae (Diptera: Insecta) and their role as bioindicators in urban reservoirs of different trophic levels. **Brazilian Journal of Biology**, v. 70, n. 4, p. 995-1004, 2010.

MORETTI, M. S.; CALLISTO, M. Biomonitoring of benthic macroinvertebrates in the middle Doce River watershed. **Acta Limnologica Brasiliana**, v.17, p. 267-281, 2005.

MYKRÄ, H.; HEINO, J.; MUOTKA, T. Scale-related patterns in the spatial and environmental components of stream macroinvertebrate assemblage variation. **Global Ecology and Biogeography**, v. 16, n. 2, p. 149-159, 2007.

NYMAN, M.; KORHOLA, A.; BROOKS, S. J. The distribution and diversity of Chironomidae (Insecta: Diptera) in western Finnish Lapland, with special emphasis on shallow lakes. **Global Ecology and Biogeography**, v. 14, p. 137-153, 2005.

ODUME, O. N.; MULLER, W. J. Diversity and structure of Chironomidae communities in relation to water quality differences in the Swartkops River. **Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C**, v. 36. p. 929-938, 2011.

OLIVEIRA, R. B. S.; CASTRO, C. M.; BAPTISTA, D. F. Desenvolvimento de índices multimétricos para utilização em programas de monitoramento biológico da integridade de ecossistemas aquáticos. **Oecologia Brasiliensis**, v.12.p. 487-505, 2008.

PEREIRA, A. L. Princípios da restauração de ambientes aquáticos continentais. **Boletim da Associação Brasileira de Limnologia**, v. 39. p. 1-21, 2011.

POFF, N. L. Landscape filters and species traits: towards mechanistic understanding and prediction in stream ecology. **Journal of the north american Benthological society**, v. 16, n. 2, p.391-409, 1997.

POFF, N. L.; OLDEN, J. D.; VIEIRA, N. K.; FINN, D. S.; SIMMONS, M. P.; KONDRATIEFF, B. C. Functional trait niches of North American lotic insects: traits-based ecological applications in light of phylogenetic relationships. **Journal of the North American Benthological Society**, v. 25, n. 4, p. 730-755, 2006.

PRADO, B. R.; NOVO, M. L. M. E. Avaliação espaço-temporal da relação entre o estado trófico do reservatório de barra bonita (SP) e o potencial poluidor de sua bacia hidrográfica. **Sociedade & Natureza**, v. 19. p. 5-18, 2007.

ROCHA, L. G.; MEDEIROS, E. S. F.; ANDRADE, H. T. A. Influence of flow variability on macroinvertebrate assemblages in an intermittent stream of semi-arid Brazil. **Journal of Arid Environments**, v. 85, p. 33-40, 2012.

SAITO, M. U.; KOIKE, F. (2015). Trait-dependent changes in assemblages of mid-sized and large mammals along an Asian urban gradient. **Acta Oecologica**, v.67. p.34-39, 2015.

SAITO, V. S.; SIQUEIRA, T.; FONSECA-GESSNER, A. A. Should phylogenetic and functional diversity metrics compose macroinvertebrate multimetric indices for stream biomonitoring?. **Hydrobiologia**, v.745. p. 167-179, 2015.

SCHWOERTZIG, E.; POULIN, N.; HARDION, L.; TRÉMOLIÈRES, M. Plant ecological traits highlight the effects of landscape on riparian plant communities along an urban–rural gradient. **Ecological Indicators**, v.61. p. 568-576, 2016.

SERRA, S. R.; COBO, F.; GRAÇA, M. A.; DOLÉDEC, S.; FEIO, M. J. Synthesising the trait information of European Chironomidae (Insecta: Diptera): Towards a new database. **Ecological Indicators**, v. 61. p. 282-292, 2016.

SHIEH, S. H.; WANG, L. K.; HSIAO, W. F. Shifts in functional traits of aquatic insects along a subtropical stream in Taiwan. **Zoological Studies**, v. 51. p. 1051-1065, 2012.

SIMAIKA, J. P.; SAMWAYS, M. J. Comparative assessment of indices of freshwater habitat conditions using different invertebrate taxon sets. **Ecological Indicators**, v. 11, p. 370-378, 2011.

SOUTHWOOD, T. R. E. Habitat, the templet for ecological strategies? **The Journal of Animal Ecology**, v. 46 , n. 2, p. 336-365, 1977.

SOUTHWOOD, T. R. E. Tactics, strategies and templets. **Oikos**, v. 52, n. 1, p. 3-18, 1988.

- STATZNER, B.; BIS, B.; DOLÉDEC, S.; USSEGLIO-POLATERA, P. Perspectives for biomonitoring at large spatial scales: a unified measure for the functional composition of invertebrate communities in European running waters. **Basic and Applied Ecology**, v. 2, n. 1, p. 73-85, 2001.
- STATZNER, B.; DOLÉDEC, S.; HUGUENY, B. Biological trait composition of European stream invertebrate communities: assessing the effects of various trait filter types. **Ecography**, v. 27, n. 4, p. 470-488, 2004.
- STATZNER, B.; BECHE, L. A. Can biological invertebrate traits resolve effects of multiple stressors on running water ecosystems? **Freshwater Biology**, v. 55, p. 80-119, 2010.
- STODDARD, J. L.; LARSEN, D. P.; HAWKINS, C. P.; JOHNSON, R. K.; NORRIS, R. H. Setting expectations for the ecological condition of streams: the concept of reference condition. **Ecological Applications**, v. 16, p. 1267-1276, 2006.
- TANAKA, Y.; MANO, H.. Functional traits of herbivores and food chain efficiency in a simple aquatic community model. **Ecological Modelling**, v. 237, p. 88-100, 2012.
- TOMANOVA, S.; USSEGLIO-POLATERA, P. Patterns of benthic community traits in neotropical streams: relationship to mesoscale spatial variability. **Fundamental and Applied Limnology/Archiv für Hydrobiologie**, v. 170, n. 3, p. 243-255, 2007.
- TOMANOVA, S.; MOYA, N.; OBERDORFF, T. Using macroinvertebrate biological traits for assessing biotic integrity of neotropical streams. **River Research and Applications**, v. 24, n. 9, p. 1230-1239, 2008.
- TOWNSEND, C. R.; HILDREW, A. G. Species traits in relation to a habitat templet for river systems. **Freshwater biology**, v. 31, n. 3, p. 265-275, 1994.
- TRIVINHO-STRIXINO , S. Chironomidae (Insecta Diptera, Nematocera) do Estado de São Paulo, Sudeste do Brasil. **Biota Neotropica**, v. 11, p. 1-10, 2011.
- TUNDISI, J. G. Recursos hídricos no futuro: problemas e soluções. **Estudos avançados**, v. 22, p. 7-16, 2008.
- TUPINAMBÁS, T. H.; CORTES, R.; VARANDAS, S. G.; HUGHES, S. J.; FRANÇA, J. S.; CALLISTO, M. Taxonomy, metrics or traits? Assessing macroinvertebrate community responses to daily flow peaking in a highly regulated Brazilian river system. **Ecohydrology**, v. 7, n. 2, p. 828-842, 2014.
- USSEGLIO-POLATERA, P.; BOURNAUD, M.; RICHOUX, P.; TACHET, H. Biological and ecological traits of benthic freshwater macroinvertebrates: relationships and definition of groups with similar traits. **Freshwater Biology**, v. 43, p. 175-205, 2000.
- aVERBERK, W. C.; SIEPEL, H.; ESSELINK, H. Applying life-history strategies for freshwater macroinvertebrates to lentic waters. **Freshwater Biology**, v. 53, p. 1739-1753, 2008.

bVERBERK,W.C.; SIEPEL,H.; ESSELINK, H. Life-history strategies in freshwater macroinvertebrates. **Freshwater Biology**, v.53. p. 1722-1738, 2008.

VERGNON, R.; DULVY, N. K.; FRECKLETON, R. P. Niches versus neutrality: uncovering the drivers of diversity in a species-rich community. **Ecology letters**, v. 12 p. 1079-1090, 2009.

APÊNDICE- FUZZY-CODED REFERENTE AOS SETE ATRIBUTOS AVALIADOS DAS LARVAS DE CHIRONOMIDAE.

Gêneros	Códigos	Hábito alimentar					Preferência alimentar					Comprimento do corpo (mm)					Lígula	Antena	Pseudópodos	Formato da cabeça
		Pred	Frag	CC	CF	Sed	MOPF	MOPG	Veg	Alg	Bact	Macro	< 2,5	2,5 - 5	5 - 10	10 - 20				
<i>Coelotanypus</i>	coel	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	7	40	67	2	1	Curta	Longos	Along	
<i>Pelomus</i>	pel	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	5	49	0	0	0	Longa	Curtos	Along	
<i>Aedokritius</i>	aedo	0	0	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0	7	7	1	0	Curta	Curtos	Ovoi
<i>Tanytarsus</i>	tanyt	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	17	197	18	0	0	Longa	Curtos	Ovoi
<i>Chironomus</i>	chiro	0	0	1	0	1	1	0	0	1	1	0	3	61	127	63	0	Curta	Curtos	Ovoi
<i>Asheum</i>	ash	0	0	1	0	1	1	0	0	1	1	0	12	469	364	0	0	Curta	Curtos	Ovoi
<i>Goeldchironomus</i>	goeld	0	0	1	0	1	1	0	0	1	1	0	73	1308	1479	61	0	Curta	Curtos	Ovoi
<i>Parachironomus</i>	parach	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	17	4	0	0	Curta	Curtos	Ovoi	
<i>Polyptedium</i>	poly	0	1	1	0	1	1	1	1	1	0	3	102	16	0	0	Longa	Curtos	Along	
<i>Larsia</i>	lar	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	5	2	0	1	Curta	Longos	Along	
<i>Dicrotendipes</i>	dicro	0	0	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0	5	12	0	0	Curta	Curtos	Ovoi
<i>Fissimentum</i>	fissi	0	0	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0	2	0	0	Curta	Curtos	Along	
<i>Tanypus</i>	tanyp	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	15	0	0	0	1	Curta	Longos	Along	

ANEXO- PROTOCOLO DE DIVERSIDADE DE HABITATS FÍSICOS.

RIVER HABITAT SURVEY 2003 VERSION: SITE HEALTH AND SAFETY ASSESSMENT			
Site Number ¹ :	Site Ref:	River Name:	Date:
Grid References/Co-ordinates:	Spot 1 ² :	Mid-site:	End of site ² :
Surveyor Name:		Accredited Surveyor Code:	
¹ Leave blank if new site.		² Optional	
Weather Conditions:			
Flow Conditions:			
<u>Site details:</u> (enter comments or circle if applicable and give details)			<u>Risk Level</u> (Low /Mod/High)
Access and Parking: (entry & exit)			
Conditions: comment on ground stability, footing, exposure/remoteness			
Obstacles/Hazards: fencing, stiles, dense vegetation, steep bank			
Occupied/Unoccupied: people, livestock, animals			
Activities/Land-use: agriculture, woodland, residential, industrial, construction, recreational			
Risk if lone-working			
IF THERE ARE ANY HIGH RISKS OR MORE THAN THREE MODERATE RISKS DO NOT CONTINUE WITH THE SURVEY.			
<u>Wolff's Disease (Leptospirosis)</u> <u>Instructions to card holders</u> <ol style="list-style-type: none"> 1. As infection may enter through breaks in the skin, ensure that any cut, scratch or abrasion is thoroughly cleansed and covered with a waterproof plaster. 2. Avoid rubbing your eyes, nose and mouth during work. 3. Clean protective clothing, footwear and equipment etc. after use. 4. After work, and particularly before taking food or drink, wash hands thoroughly. 5. Report all accidents and/or injuries, however slight. 6. Keep your card with you at all times. 			
<u>Lyme Disease</u> <ol style="list-style-type: none"> 1. Dress appropriately with skin covered up. 2. Regularly inspect for ticks when in the field. 3. Check for, and remove, any ticks as soon as possible after leaving the site. 4. Seek medical attention if bitten by a tick. 			

RIVER HABITAT SURVEY 2003 VERSION: SPOT-CHECK KEY Page 1 of 2
PHYSICAL ATTRIBUTES (SECTION E)

BANKS		CHANNEL	
Predominant bank material INV - not visible IBE - bedrock IBO - boulder IC0 - cobble ICG - gravel/glass IEA - earth (crumbly) IPE - peat ICL - sticky clay ICC - concrete ISP - sheet piling WP - wood piling IGA - gabion IBR - brick/field stone IRR - rip-rap TD - tipped debris IFA - fabric IBI - bio-engineering materials	<p>Bank modifications</p> <p>NK - not known NO - none RS - resectioned (profilled) RI - reinforced PC - poached PC(B) - poached (bare) BM - artificial bank EM - embanked</p> <p>Marginal and bank features</p> <p>NV - not visible (e.g. far bank) NO - none EC - eroding cliff (C of sandy substrate) SC - stable cliff (C of sandy substrate)</p> <p>PS - unvegetated point bar VP - vegetated point bar SB - unvegetated side bar VS - vegetated side bar NB - natural bar</p>	<p>Predominant substrate</p> <p>NV - not visible BE - bedrock BO - boulder CO - cobble CP - gravel/pebble COP (if predominant) SA - sand SI - silt CL - clay PE - peat EA - earth AB - artificial</p> <p>Predominant flow type</p> <p>NV - not visible FF - free fall CH - chute BW - broken standing waves (white water) UW - unbroken standing waves CF - chaotic flow RP - rippled UP - upwelling SM - smooth NP - no perceptible flow DR - no flow (dry)</p>	<p>Channel modifications</p> <p>NK - not known NO - none CV - culverted RS - resectioned RI - reinforced DA - dam/water/obst. FO - ford (man-made)</p> <p>Channel features</p> <p>NV - not visible NO - none EB - exposed bedrock BO - exposed boulders VR - vegetated rock MB - unvegetated mid-channel bar VB - vegetated mid-channel bar MI - mature island TR - Trash (urban debris)</p>
<p>FLOW TYPES</p> <p>DESCRIPTION</p> <p>FF: Free fall clearly separates from backwall of vertical feature – associated with waterfalls</p> <p>CH: Chute low curving fall in contact with substrate – often associated with cascades</p> <p>BW: Broken standing waves white-water tumbling waves must be present – mostly associated with rapids</p> <p>UW: Unbroken standing waves upstream facing wavelets which are not broken – mostly associated with riffles</p> <p>CF: Chaotic flow a chaotic mixture of three or more of the four fast flow types with no predominant one obvious</p> <p>RP: Rippled no waves, but general flow direction is downstream with disturbed rippled surface – mostly associated with rums</p> <p>UP: Upwelling having water as upwellings break the surface – associated with boils</p> <p>SM: Smooth perceptible downstream movement is smooth (no eddies) – mostly associated with glides</p> <p>NP: No perceptible flow no net downstream flow – associated with pools, ponds, reaches and marginal deadwater</p> <p>DR: No flow (dry) dry river bed</p>			

Scale



NV: assessed by intermediate scale

Pebble

 Cobble (to size of A4 page)

SA

CP

CO

RIVER HABITAT SURVEY: SPOT-CHECK KEY			Page 2 of 2	
LEFT	Banks are determined by looking downstream	RIGHT		
CHANNEL MODIFICATION INDICATORS One or more of the following may be indicative of reworking:				
1. Uniform bank profile 2. Straightened planform 3. Bankfull width/bankfull height ratio <1:3	4. Uniform/low energy flow-types 5. No trees/uniformly-aged trees along bank 6. intensive/urban land-use			
LAND-USE WITHIN 5m OF BANKTOP (SECTION C) & 20m (SECTION H)				
BL - Broadleaf/mixed woodland (semi-natural) BP - Broadleaf/mixed plantation CW - Coniferous woodland (semi-natural) CP - Coniferous plantation SH - Scrub & shrubs OR - Orchard WL - Wetland (e.g. bog, marsh, fen) MH - Moorland/heath	AW - Artificial open water NW - Natural open water RP - Rough unimproved grassland/pasture IG - Improved/semi-improved grassland TH - Tall herb/tank vegetation RD - Rock, scree or sand dunes SU - Suburban/urban development	TL - Tilled land IL - Irrigated land PG - Parkland or gardens NV - Not visible		
BANKTOP AND SURFACE VEGETATION CLASSIFICATION SCHEME to be recorded within a 10m wide transect (Section C)				
bare	B	bare earth/rock etc.	vegetation types	
uniform	U	predominantly one type (no scrub or trees)	abs. bryophytes	
			abs. short/creeping herbs or grasses	
simple	S	two or three vegetation types		tall herbs/grasses
				scrub or shrubs
complex	C	four or more types		saplings and trees
Channel dimensions guidance (Section L)				
<ul style="list-style-type: none"> Select location on uniform section. If riffle is present, measure there. If not, measure at straightest and shallowest point. Banktop - first major break in slope above which cultivation or development is possible. Bankfull - point where river first spills on to floodplain. 	<p>Cross-section of channel showing definitions used to define where spot-check recording and channel dimensions measured</p>			



Environment
Agency

EMERGENCY HOTLINE 0800 80 70 60

24 hour free emergency telephone line for reporting all environmental incidents relating to air, land and water.

RIVER HABITAT SURVEY 2003 Version								Page 1 of 4	
A FIELD SURVEY DETAILS									
Site Number: <input type="text"/> Site Reference: Spot-check 1 Grid Ref: Spot-check 6 Grid Ref: End of site Grid Ref: Beach Reference: River name: Date / / 00 Time: Surveyor name: Accredited Surveyor code:				Is the site part of a river or an artificial channel? River <input type="checkbox"/> Artificial <input type="checkbox"/> Are adverse conditions affecting survey? No <input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> If yes, state _____ Is bed of river visible? barely or not <input type="checkbox"/> partially <input type="checkbox"/> Largely <input type="checkbox"/> Is health and safety assessment form attached? Yes <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Number of photographs taken: <input type="text"/> Photo references: Site surveyed from: left bank <input type="checkbox"/> right bank <input type="checkbox"/> channel <input type="checkbox"/>					
<input type="checkbox"/> When options shown with 'shadow boxes', tick one box only LEFT banks determined by facing downstream RIGHT									
B FREEDOMANT VALLEY FORM (within the heritage limit) (tick one box only)									
(Tick one box only)  <input type="checkbox"/> shallow vee  <input type="checkbox"/> deep vee  <input type="checkbox"/> gorge  <input type="checkbox"/> concave/bowl  <input type="checkbox"/> asymmetrical valley  <input type="checkbox"/> U-shape valley  <input type="checkbox"/> no obvious valley sides									
Distinct flat valley bottom? No <input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/>				Natural terraces? No <input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/>					
C NUMBER OF RIFLES, POOLS AND POINT BARS (Enter total number in boxes)									
Riffle(s): <input type="text"/> Pool(s): <input type="text"/>				Unvegetated point bar(s): <input type="text"/> Vegetated point bar(s): <input type="text"/>					
D ARTIFICIAL FEATURES (Indicate total number of occurrences of each category within the survey area)									
If none, tick box	Major	Intermediate	Minor		Major	Intermediate	Minor		
	<input type="checkbox"/> Weirs/slides				<input type="checkbox"/> Culverts				
	<input type="checkbox"/> Culverts				<input type="checkbox"/> Fords				
	<input type="checkbox"/> Bridges				<input type="checkbox"/> Divertions/ dams/levees				
	Other - state _____								
Is channel obviously realigned? No <input type="checkbox"/> Is channel obviously over-deepened? No <input type="checkbox"/> Is water impounded by weir/dam? No <input type="checkbox"/>				Yes, <33% of site <input type="checkbox"/> Yes, <33% of site <input type="checkbox"/> Yes, <33% of site <input type="checkbox"/>				>33% of site <input type="checkbox"/> >33% of site <input type="checkbox"/> >33% of site <input type="checkbox"/>	

Site Ref.	RIVER HABITAT SURVEY : 500m SWEEP-UP			Page 3 of 4			
1. RIVER PROFILE (Use a pencil and ruler to draw the profile)							
		L	R			L	
Stratified/mixed woodland (semi-natural) (S)			Natural open water (OW)				
Stratified/mixed plantation (SP)			Rough/unimproved grassland/pasture (R)				
Continuous woodland (semi-natural) (C)			Improved/semi-improved grassland (I)				
Continuous plantation (CP)			Tall herb/rank vegetation (TH)				
Scrub & shrubs (SH)			Rock, scree or sand dunes (RS)				
Orchard (OR)			Suburban/urban development (SU)				
Wetland (e.g. bog, marsh, fens) (WL)			Tilled land (TL)				
Moorland/heath (MH)			Irrigated land (IL)				
Agricultural open water (AW)			Farmland or gardens (FG)				
			Rail tracks (RN)				
2. BANK PROFILE (Use a pencil and ruler to draw the profile)							
Natural/unmodified		L	R	Artificial/modified		L	
Vertical/undercut				Reinforced (protected)			
Vertical with toe				Reinforced - whole			
Slope (0-45°)				Reinforced - toe only			
Gentle				Reinforced - toe only			
Compound				Artificial two-stage			
Natural bend				Truncated bank			
				Embanked			
				Set-back embankment			
3. POSITION OF TREES AND WOODLAND FEATURES (%) Present when 2 > 2%							
TREES (tick one box per bank)			ASSOCIATED FEATURES (tick one box per feature)				
	Left	Right		Name	Present	(2 > 2%)	
Name	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		Shading of channel	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Isolated/scattered	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		*Overhanging boughs	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Regularly spaced, single	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		Exposed bankside roots	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Occasional clumps	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		*Underwater tree roots	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Semi-continuous	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		Fallen trees	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Continuous	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		Large woody debris	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4. POSITION OF CHANNEL FEATURES (Not applicable to artificial channels) (%) Present when 2 > 2%							
	Name	Present	(2 > 2%)		Name	Present	(2 > 2%)
*Free fall flow	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		Exposed bedrock	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Chute flow	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		Exposed boulders	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Broken standing waves	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		Vegetated bedrock/boulders	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Unbroken standing waves	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		Unvegetated mid-channel bar(s)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Rippled flow	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		Vegetated mid-channel bar(s)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
*Upwelling	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		Mature island(s)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Smooth flow	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		Unequated side bar(s)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
No permeable flow	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		Vegetated side bar(s)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
No flow (dry)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		Unequated point bar(s)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Marginal backwater	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		Vegetated point bar(s)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Isolated riffles	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		*Unequated silt deposits	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Stable riffles	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		*Oscillate unvegetated sand deposits	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
				*Oscillate unvegetated gravel deposits	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

SITE REF.	RIVER HABITAT SURVEY : DIMENSIONS AND INFLUENCES			Page 4 of 4			
L CHANNEL DIMENSIONS (to be measured at one location in a single river section, preferably across a width)							
LEFT BANK:		CHANNEL:		RIGHT BANK:			
Banktop height (m)		Bankfull width (m)		Banktop height (m)			
Is banktop height also bankfull height? (Y or N)		Water width (m)		Is banktop height also bankfull height? (Y or N)			
Embanked height (m)		Water depth (m)		Embanked height (m)			
If troughline lower than banktop, indicate: height above water (m) - width from bank to bank (m) -							
Bed material at site is:	consolidated <input type="checkbox"/>	unconsolidated (loose) <input type="checkbox"/>	unknown <input type="checkbox"/>				
Location of measurements is: riffle <input type="checkbox"/> other <input type="checkbox"/> (state)							
M FEATURES OF SPECIAL INTEREST (see / and G, 3.3% length of channel each)							
None	<input type="checkbox"/>	Very large boulders (>1m)	<input type="checkbox"/>	Backwater(s)	<input type="checkbox"/>	Marsh(es)	<input type="checkbox"/>
Braided channels	<input type="checkbox"/>	*Dense clump(s)	<input type="checkbox"/>	Floodplain boulder deposits	<input type="checkbox"/>	Flooded	<input type="checkbox"/>
Side channel(s)	<input type="checkbox"/>	*Leaky dikes	<input type="checkbox"/>	Water meadow(s)	<input type="checkbox"/>	Natural open water	<input type="checkbox"/>
*Natural waterfall(s) > 3m high	<input type="checkbox"/>	Fringing sandbank(s)	<input type="checkbox"/>	Fen(s)	<input type="checkbox"/>	Other (state).....	<input type="checkbox"/>
*Natural waterfall(s) < 3m high	<input type="checkbox"/>	Quaking bank(s)	<input type="checkbox"/>	Bog(s)	<input type="checkbox"/>		
Natural cascade(s)	<input type="checkbox"/>	*Sink hole(s)	<input type="checkbox"/>	Wat woodland(s)	<input type="checkbox"/>		
N CHANNEL PROFILE (not over 50m)							
Is 33% or more of the channel choked with vegetation?	No <input type="checkbox"/>	Yes <input checked="" type="checkbox"/>					
O NOTABLE NATURAL PLANT COMMUNITIES (any plant > 1m height) (maximum 2 per site)							
None <input type="checkbox"/>	*Cult hedge(s) <input type="checkbox"/>	bankface banktop to 30m <input type="checkbox"/>	bankface banktop to 30m <input type="checkbox"/>				
	*Japanese knotweed <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	*Musk thistle <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
			*Other (state).....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
P OVERALL RIVER CHARACTERISTICS (check to provide detailed additional observations if necessary)							
Major Impacts: landfill - tipping - litter - sewage - pollution - drought - abstraction - mill - dam - road - rail - industry - housing - mining - quarrying - dredging - afforestation - fisheries management - silting - waterlogging - hydroelectric power Evidence of recent management: dredging - bank mowing - weed cutting - enhancement - river rehabilitation - gravel extraction - other (please specify)							
Animals: otter - mink - water vole - kingfisher - dipper - grey wagtail - sand martin - heron - dragonflies/damselflies Other significant observations: if necessary use separate sheet to describe overall characteristics and relevant observations							
Q ALDER INVASION (check to confirm if any of the sites categorized?) (Report separately)							
*Alders? None <input type="checkbox"/> Present <input type="checkbox"/> Extensive <input type="checkbox"/>	*Disseased Alders? None <input type="checkbox"/> Present <input type="checkbox"/> Extensive <input type="checkbox"/>						
R FISHES: WATER QUALITY SECTION (✓ boxes to confirm checked)							
Have you taken at least two photos that illustrate the general character of the site and additional photos of any weirs/ sluices and major infrastructure structures across the channel? <input type="checkbox"/>							
Have you completed all ten spot-checks and made entries in all boxes in E & F on page 27? <input type="checkbox"/>							
Have you completed column 11 of section C (and E if appropriate) on page 27? <input type="checkbox"/>							
Have you recorded in section C the number of riffles, pools and point bars (even if 0) on page 27? <input type="checkbox"/>							
Have you given an accurate (dphanumeric) grid reference for spot-checks 1, 4 and end of site (page 17)? <input type="checkbox"/>							
Have you stated whether spot-check 1 is at the upstream or downstream end of the site (top of page 27)? <input type="checkbox"/>							
Have you cross-checked your spot-check and sweep-up responses with the channel modification indicator given on page 2 of the spot-check key? <input type="checkbox"/>							