



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE SANTA CRUZ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SISTEMAS
AQUÁTICOS TROPICAIS**



DEISE FERREIRA CAZUMBÁ DOS SANTOS

**ÍNDICES BIÓTICOS COMO FERRAMENTAS DE AVALIAÇÃO DE RIACHOS EM
UMA REGIÃO DE MATA ATLÂNTICA**

**ILHÉUS – BAHIA
2018**

DEISE FERREIRA CAZUMBÁ DOS SANTOS

**ÍNDICES BIÓTICOS COMO FERRAMENTAS DE AVALIAÇÃO DE RIACHOS EM
UMA REGIÃO DE MATA ATLÂNTICA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Sistemas Aquáticos Tropicais da Universidade Estadual de Santa Cruz, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ecologia

Linha de Pesquisa: Ecologia de Comunidade e Ecossistemas Aquáticos Tropicais

Orientador: Prof. Dr. Rodolfo Mariano Lopes da Silva

Coorientador: Prof. Dr. Marciel Elio Rodrigues

**ILHÉUS – BAHIA
2018**

S237 Santos, Deise Ferreira Cazumbá dos.
Índices bióticos como ferramentas de avaliação
de riachos em uma região de Mata Atlântica / Deise
Ferreira Cazumbá dos Santos. – Ilhéus, BA: UESC,
2018.

42 f. : il. ; anexo.

Orientador: Rodolfo Mariano Lopes da Silva.

Coorientador: Marciel Elio Rodrigues.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual
de Santa Cruz. Programa de Pós-Graduação em
Sistemas Aquáticos Tropicais.

Referências bibliográficas: f. 36-41.

1. Insetos aquáticos. 2. Água – Análise. 3. Água –
Qualidade. 4. Biomonitoramento. 5. Mata Atlântica.
I. Título.

CDD 595.7

DEISE FERREIRA CAZUMBÁ DOS SANTOS

**ÍNDICES BIÓTICOS COMO FERRAMENTAS DE AVALIAÇÃO DE RIACHOS EM
UMA REGIÃO DE MATA ATLÂNTICA**

Ilhéus, 23 de março de 2018

Comissão examinadora

Dr. Rodolfo Mariano Lopes da Silva/ UESC
(Orientador)

Dra. Daniela Mariano Lopes da Silva/ UESC
(Membro interno)

Dr. Leandro Juen/ UFPA
(Membro externo)

AGRADECIMENTOS

À Deus, por me conceder o dom da vida e religiosamente me fazer acreditar que tudo posso.

À Universidade Estadual de Santa Cruz e ao Programa de Pós-Graduação em Sistemas Aquáticos Tropicais, pela oportunidade de estudo, pela estrutura, corpo docente e pelas disciplinas ofertadas, contribuindo para minha capacitação profissional.

À CAPES pela concessão da bolsa de mestrado.

Ao Parque Estadual da Serra do Conduru pela concessão da licença para coleta dos organismos.

Ao meu Orientador Prof. Dr. Rodolfo Mariano, por toda orientação, dedicação, incentivo, paciência e contribuição ao longo desses dois anos. Muito obrigada Rodolfo pela oportunidade, confiança e por todos os momentos de descontração e amizade ao longo desse período! MUITÍSSIMO GRATA!!

Ao meu Coorientador Marciel Rodrigues, pela disponibilidade e interesse em ajudar sempre; por todo apoio, incentivo, aprendizado (incansáveis horas mexendo no Software R), contribuição para a finalização deste trabalho e pelo prazer em conhecer um ser tão carismático.

À Msc. Francine Novaes Souza pela concessão de parte do material para a elaboração desta pesquisa e por todo aprendizado em vários momentos no LOA. Obrigada, Fran!

A todos os integrantes do Laboratório de Organismos Aquáticos (LOA), em especial a Mi, Vini, Cauê e Cássia, por todos os momentos de aprendizado, descontração (muitas resenhas e risos) e por todo suporte nos dias difíceis.

A todos os profissionais que ao longo desse processo de aprendizagem foram solícitos e compartilharam conhecimentos necessários para a realização deste trabalho.

A cada professor que fez parte das bancas de seminários e qualificação, contribuindo para a melhoria desta pesquisa.

Ao prof. Dr. Pavel Dodonov (UESC), pela ajuda na confecção dos gráficos.

Ao Biólogo Felipe de Souza Pimenta pela contribuição na confecção do mapa da área de estudo.

À minha amada turma do mestrado (Deb, Caio, Alice, Paola, Vi, Ju, Elaine, Tarcio) por TODOS os momentos compartilhados. Sem dúvida, uma das turmas mais queridas que terei o prazer de lembrar!

À minha amada família (Mainha, Painho e Deda), por todo apoio à carreira acadêmica, incentivo, suporte financeiro e por sempre acreditarem em mim. Vocês são meu combustível diário!! GRATIDÃO me define!! EU AMO MUITO VOCÊS!

Aos meus amigos, por toda paciência, incentivo e todo apoio quando eu mais precisei.

À minha família Itabunense, Lilia, Verinha, Dindinha Telma, Solange, Alvim, por serem meu porto seguro nesta cidade. Fui muito bem acolhida e orientada por cada uma. Gratidão eterna! Cada uma de vocês tem um lugar especial no meu coração.

À Elinsmar Vitória Adorno (*in memoriam*), por ter me apresentado o fantástico mundo dos bioindicadores.

A todas as pessoas que estiveram comigo neste percurso, MUITO OBRIGADA!

“Todo caminho da gente é resvaloso. Mas também, cair não prejudica demais. A gente levanta, a gente sobe, a gente volta! O correr da vida embrulha tudo, a vida é assim: esquenta e esfria, aperta e daí afrouxa. Sossega e depois desinquieta. O que ela quer da gente é coragem.”

João Guimarães Rosa

RESUMO

Diversos índices bióticos foram desenvolvidos para avaliar a qualidade dos ambientes aquáticos, utilizando indicadores biológicos, mostrando-se uma ferramenta bastante eficaz para indicar os impactos que afetam a qualidade dos ecossistemas. O fato da maioria desses índices terem origem estrangeira aumenta a necessidade de testar a eficiência destes índices bióticos nas nossas regiões. O objetivo desse trabalho foi comparar as respostas de três índices bióticos usados para avaliar qualidade de água em riachos de Mata Atlântica, com o intuito de verificar quais respostas dos índices são mais semelhantes entre si e quais se comportam de maneira mais eficaz em resposta à qualidade do ambiente, bem como verificar suas possíveis relações com a pluviosidade. O estudo foi realizado em sete pontos na Bacia dos Rios Tijuípe e Tijuipinho, inseridos em uma unidade de conservação (PESC) e na APA de Serra Grande – Itacaré, no Sul da Bahia. As campanhas foram realizadas em períodos bimestrais (agosto de 2015 a outubro de 2016). Os organismos foram coletados com um amostrador do tipo rede D em áreas de remanso e corredeira, com esforço amostral de 40 minutos em cada ponto. Os dados de precipitação pluviométrica foram obtidos através do site PROCLIMA. Foram selecionados três índices bióticos, BMWP' (*Biological Monitoring Working Party System*), ASPT (*Average Score Per Taxon*) e porcentagem EPT (Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera) para cada estação amostral, as classificações foram padronizadas e testadas pelo índice de correlação de Spearman (não-paramétrico). Os índices foram comparados utilizando análises de agrupamento (*Cluster*) e a técnica de ordenação NMDS. Foram identificados 7.427 indivíduos pertencentes à Classe Insecta, distribuídos em nove ordens e 35 famílias. Os índices BMWP' e ASPT foram mais similares entre si. O índice EPT foi considerado o mais efetivo para avaliar a qualidade da água das campanhas separadamente, uma vez que representou água de boa qualidade na maior parte das campanhas, o que condiz com a realidade da área de estudo, pois nenhum ponto sofre visivelmente algum impacto de poluição orgânica severa. No entanto, as respostas do índice ASPT, para as campanhas agregadas, apresentaram maior homogeneidade. Nenhum dos índices foi influenciado pela precipitação. É importante ressaltar que efeitos biogeográficos sobre a fauna local possam comprometer a eficácia desses índices, uma vez que são de origem estrangeira.

Palavras-chave: Biomonitoramento, BMWP', ASPT, EPT, inseto aquático, lótico

ABSTRACT

Many biotic index were developed to evaluate the aquatic environment quality, using biological indicators, proving to be a very effective tool to indicate the impacts that affect the quality of ecosystems. The fact that most of these rates had foreign source, it increases the need to test the efficiency of these biotic index in our regions. The aim of this paper was to compare the responses of three biotic indexes used to evaluate water quality in Atlantic Forest streams, with the intent to check wich index reply were similar to each other and wich ones behave with efficiency in answer to the environment quality as well as check their possible relationship with pluviosity. This study was made in seven points in the Tijuípe and Tijuipinho River's Bay, inserted in a conservation unity (PESC) and in APA in Serra Grande - Itacaré, Bahia South. The campaigns were made in bimonthly periods (2015 august to 2016 October). The were collected organisms with a net of sampling in backwater and running, with a sample effort of 40 minutes in each point. The rainfall precipitation data were obtained through PROCLIMA's website. Three biotic index were selected, BMWP' (Biological Monitoring Working Party System), ASPT (Average Score Per Taxon) e percentage of EPT (Ephemeroptera, Plecoptera and Trichoptera) for each sample station, the classification was standardized and tested by the Spearman correlation (non-parametric). The index were compared by using grouping analysis (Cluster) and the NMDS technique. It was identified 7.427 individuals belonging to the Insecta Class, distributed in nine orders and 35 families. The BMWP' index and ASPT were more similar between each other. The EPT index were considered the most effective to evaluate the water quality of the campaigns separately, once that it represented the good quality water to most part of the campaigns, wich matches with the reality of the studied area, because no point visually suffers an impact with any several organic pollution. However, the responses of the ASPT index, for the aggregate campaigns, were more homogeneous. None of the taxes was influenced by precipitation. It is important to emphasize that biogeographic effects on the local fauna can compromise the effectiveness of these indices once they are of foreign origin.

Key-words: Biomonitoring, BMWP', ASPT, EPT, aquatic insect, lotic

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 – Mapa esquemático mostrando a localização dos pontos de coleta na Bacia dos Rios Tijuípe e Tijuipinho, litoral sul da Bahia.....19
- Figura 2 – Pontos de coleta na Bacia dos Rios Tijuípe e Tijuipinho, litoral sul da Bahia, onde: A – Ponto 1, B – Ponto 2, C – Ponto 3, D – Ponto 4, E – Ponto 5, F– Ponto 6 e G – Ponto 7.....21
- Figura 3 – Dendrograma da análise de agrupamento (seguindo o limite de 2,5) entre as respostas dos índices bióticos nos pontos de coleta amostrados na Bacia Hidrográfica dos Rios Tijuípe e Tijuipinho, no período entre Ago/2015 a Out/2016.....29
- Figura 4 – Análise de ordenação NMDS dos índices bióticos nos ambientes estudados na Bacia Hidrográfica dos Rios Tijuípe e Tijuipinho, no período entre Ago/2015 a Out/2016.....29
- Figura 5 – Análise de correlação de Pearson (r) dos índices bióticos nos ambientes estudados na Bacia Hidrográfica dos Rios Tijuípe e Tijuipinho, no período entre Ago/2015 a Out/2016.....30
- Figura 6 – Representação esquemática do Diagrama de VENN ilustrando o número de observações exclusivas e comuns entre os índices bióticos.....31
- Figura 7 – Precipitação acumulada bimestral (mm) nos sete pontos amostrais durante o período Ago/2015 a Out/2016, relacionada ao índice BMWP'. Eixo Y esquerda: Pontuação do índice (Scores), Eixo Y direita: Precipitação pluviométrica.....32
- Figura 8 – Precipitação acumulada bimestral (mm) nos sete pontos amostrais durante o período Ago/2015 a Out/2016, relacionada ao índice ASPT. Eixo Y esquerda: Pontuação do índice (Scores), Eixo Y direita: Precipitação pluviométrica.....32
- Figura 9 – Precipitação acumulada bimestral (mm) nos sete pontos amostrais durante o período Ago/2015 a Out/2016, relacionada ao índice EPT. Eixo Y esquerda: Pontuação do índice (Scores), Eixo Y direita: Precipitação pluviométrica.....32
- Figura 10 – Representação esquemática da estabilização do índice BMWP' nos pontos de coleta, de acordo com a agregação das campanhas amostrais.....32
- Figura 11 – Representação esquemática da estabilização do índice ASPT nos pontos de coleta, de acordo com a agregação das campanhas amostrais.....34
- Figura 12 – Representação esquemática da estabilização do índice EPT nos pontos de coleta, de acordo com a agregação das campanhas amostrais.....34

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Pontuação atribuída as famílias de insetos aquáticos para obtenção do índice BMWP', seguindo Gonçalves e Menezes (2011)	43
Tabela 2 – Classes de qualidade e significados dos valores do BMWP' (<i>Biological Monitoring Working Party Score System</i>)	22
Tabela 3 – Classificação de qualidade da água e significado dos valores do índice BMWP' - ASPT (<i>Average Score Per Taxon</i>)	23
Tabela 4 – Classe de qualidade e significado dos valores do índice EPT.....	24
Tabela 5 – Padrão de pontuação de índices bióticos em três categorias de diagnóstico.....	24
Tabela 6 – Relação de invertebrados aquáticos coletados nas Bacias do Rio Tijuípe e Tijuipinho no período de Ago/2015 a Out/2016 com respectivos valores de abundância.....	26
Tabela 7 – Classificação da qualidade da água da Bacia Hidrográfica dos Rios Tijuípe e Tijuipinho de acordo com o índice BMWP'. A pontuação final do índice se encontra entre parênteses.....	27
Tabela 8 – Classificação da qualidade da água da Bacia Hidrográfica dos Rios Tijuípe e Tijuipinho de acordo com o índice ASPT. A pontuação final do índice se encontra entre parênteses.....	27
Tabela 9 – Classificação da qualidade da água da Bacia Hidrográfica dos Rios Tijuípe e Tijuipinho de acordo com o índice EPT. A pontuação final do índice se encontra entre parênteses.....	28

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	13
2	OBJETIVO GERAL.....	18
2.1	Objetivos Específicos	18
3	ÁREA DE ESTUDO.....	18
3.1	Caracterização Ambiental	18
3.2	Período de Coleta	20
4	MATERIAL E MÉTODOS.....	21
4.1	Variáveis Biológicas	21
4.2	Variáveis Ambientais	22
4.3	Aplicação de índices bióticos	22
4.4	Análises de dados	24
5	RESULTADOS.....	25
6	DISCUSSÃO.....	35
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	36
8	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	37
	ANEXO.....	43

1 INTRODUÇÃO

Os ecossistemas de água doce estão entre os principais ambientes ameaçados no planeta. Estes são dependentes da matriz do entorno e, portanto, são expostos tanto a impactos diretos no sistema aquático quanto na paisagem que compõe a bacia de drenagem. Uma grande quantidade de impactos vem alterando esses ecossistemas em decorrência do mau uso e ocupação dessas áreas. Esses impactos na maioria das vezes são oriundos do aumento da urbanização, mudanças no uso do solo para atividades como agricultura, pecuária, modificando a estrutura e composição das comunidades aquáticas (MESA, 2010; RIBEIRO e UIEDA, 2005; SILVEIRA et al., 2006).

Existem diferentes maneiras de monitorar e avaliar a integridade dos sistemas aquáticos. Podemos destacar o monitoramento físico-químico e/ou biológico da qualidade dos corpos d'água (BUSS et al., 2003). Os primeiros estudos que levam em consideração a utilização de indicadores biológicos foram desenvolvidos no século XX, na Alemanha, por meio de indicadores biológicos de poluição, que incluíram as bactérias, fungos e protozoários (KOLKWITZ e MARSSON, 1909; MONTEIRO et al., 2008). Com o passar do tempo, novas metodologias surgiram a fim de utilizar outros grupos em programas de biomonitoramento. Foram desenvolvidas metodologias de avaliação para macrófitas aquáticas (BEST, 1990; HASLAM, 1982), peixes e macroinvertebrados (BUFFAGNI, 2004; SNYDER et al., 2003).

A utilização de indicadores biológicos tornou-se uma poderosa ferramenta na avaliação de impactos ambientais provocados pela antropização dos ambientes, uma vez que os organismos e suas complexas interações com o meio ambiente respondem de maneira diferenciada às modificações da paisagem, podendo aumentar ou diminuir suas abundâncias, ampliar ou reduzir sua distribuição no meio. Possibilitando uma melhor indicação dos impactos que afetam a qualidade dos ecossistemas (BAPTISTA, 2008; BUSS et al., 2003; HASSELL e SOUTHWOOD, 1978; ROQUE e TRIVINHO-STRIXINO, 2000; SOUZA, 2001).

Segundo Dufrêne e Legendre (1997), espécies indicadoras são definidas como as espécies mais características de cada grupo, encontradas principalmente em um único grupo da tipologia e presentes na maioria dos ambientes pertencentes a esse grupo, ou seja, aquelas espécies altamente específicas de uma condição ambiental. Dessa maneira, a utilização de bioindicadores para avaliar a qualidade de corpos hídricos é um dos métodos amplamente utilizados pelo fato de serem organismos

capazes de responder às alterações no ambiente. Dentre os principais indicadores estão os macroinvertebrados aquáticos, organismos que apresentam diferentes graus de tolerância à poluição orgânica (GOULART e CALLISTO, 2003).

A macrofauna presente nos corpos aquáticos continentais é constituída por uma diversidade de grupos taxonômicos, abrangendo moluscos, crustáceos, anelídeos e insetos, estes últimos apresentando maior diversidade e abundância (CARVALHO e UIEDA, 2004; SMITH et al., 2003; VIDAL-ABARCA et al., 2004). Podendo ser classificados quanto à poluição orgânica em três grupos: (a) organismos sensíveis às alterações ambientais, muitos sendo considerados indicadores de água de boa qualidade (e.g. Plecoptera e Trichoptera – Insecta); (b) organismos considerados tolerantes, que sobrevivem em sistemas severamente perturbados (e.g. alguns Heteroptera e Odonata (Insecta) e Amphipoda (Crustacea)), e (c) organismos resistentes à poluição, os indicadores de má qualidade de água (e.g. alguns Chironomidae (Diptera, Insecta) e Oligochaeta (Annelida)) (CALLISTO et al., 2001).

Os insetos compõem um dos principais representantes da macrofauna bentônica de água doce, possuem bastante especificidade a condições ambientais e são sensíveis a alteração dessas condições, em vista disso são indicadores ambientais bastante eficazes além de apresentarem uma ampla distribuição, fácil coleta e muitos táxons pouco tolerantes a poluição (KLUMP, 2001).

Dentre a classe Insecta, as ordens Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera, também conhecidas pela sigla “EPT”, são consideradas importantes bioindicadores da qualidade do ecossistema. São organismos que possuem necessidade de elevadas concentrações de oxigênio dissolvido na água, estando entre os indivíduos mais sensíveis ou intolerantes às alterações ambientais (GOULART e CALLISTO, 2003; RESH e JACKSON, 1993). Além desses indivíduos, outros insetos também se destacam pelo papel relevante que desempenham no ecossistema (Coleoptera, Diptera, Hemiptera, Lepidoptera, Megaloptera e Odonata), participando da ciclagem de nutrientes, transferências energéticas, na produtividade primária e na decomposição de material orgânico (BISPO et al., 2006; CALLISTO et al., 2001; ROSENBERG e RESH, 1993).

A entomofauna aquática apresenta seu ciclo de vida, ou boa parte dele na água, vivendo associada a diversos tipos de substratos como: cascalhos, folhas, sedimentos, rochas (PEIRÓ e ALVES, 2004; TRIVINHO–STRIXINO e STRIXINO, 1993). Apresentam uma ampla diversidade, tanto de táxons quanto funcional, englobando

organismos com diversos hábitos de alimentação (predadores, filtradores, fragmentadores, coletores e raspadores). A heterogeneidade dos ambientes lóticos favorece a colonização desses indivíduos, por criar condições que podem contemplar as exigências ou amplitude de nicho de cada espécie, como por exemplo, a variação existente dentro dos canais dos riachos com áreas de fluxo de água mais rápido (corredeiras) intercortadas por áreas de fluxo mais lento (remanso) (CALLISTO et al., 2001). Apesar de representar apenas 3% das espécies do filo Arthropoda, esta classe constitui cerca de 90% de toda fauna de invertebrados dos ambientes de água doce.

A partir do levantamento da macrofauna bentônica é possível utilizar metodologias de avaliação com índices bióticos que consistem em atribuir um valor para cada espécie, com base em sua tolerância ao impacto no ambiente. Assim, diversos índices foram desenvolvidos para avaliar a qualidade dos ambientes aquáticos. Os mais utilizados atualmente são: Biological Monitoring Working Party (BMWP), Average Score Per Táxon (ASPT) e Percentagem de Ephemeroptera, Trichoptera e Plecoptera (EPT) (BUSS et al., 2003). Estes índices são ferramentas simples e comuns para estabelecer a qualidade biológica e são expressos em forma de um valor numérico único que sintetiza as características de todas as espécies presentes (PRAT et al., 2009).

O índice BMWP foi criado pelo Departamento Britânico de Meio Ambiente, em 1976, para avaliar a qualidade da água por meio de macroinvertebrados bentônicos (RUARO et al., 2010). Este índice combina o número total de taxa com um valor de tolerância e intolerância. O nível taxonômico utilizado é família e o valor final do índice se obtém através da somatória dos valores pontuados para cada família variando de 0 a 10 (PRAT et al., 2009). Mediante a necessidade de adaptação à realidade de cada região, outras famílias foram incluídas, algumas por equivalência ecológica e outras por semelhança de resposta ou de nível de tolerância à poluição (LOYOLA, 2000).

A partir dessas atualizações, o índice passou a ser denominado BMWP' (*Biological Monitoring Working Party System*). No Brasil, uma das primeiras adaptações do índice foi realizada na bacia do rio das Velhas - MG, a qual serviu como base para diversos órgãos estaduais que utilizaram este índice, a exemplo do IAP- Instituto Ambiental do Paraná (JUNQUEIRA et al., 2000). Outros pesquisadores também utilizaram este índice para avaliar a "saúde" (qualidade ambiental) de outros rios (CALLISTO et al., 2001; MONTEIRO et al., 2008; SILVA et al., 2011).

Apesar da grande utilidade e frequência de uso do BMWP' ele não era uma unanimidade entre os pesquisadores, porque seguindo a Teoria do Rio Continuum (VANNOTE et al., 1980) rios intermediários ou maiores possuem maior diversidade taxonômica do que os menores, em virtude da disponibilidade de recurso e do fluxo de energia. Visando corrigir esse problema, foi proposto o índice ASPT (*Average Score Per Taxon*) criado com o objetivo de determinar a sensibilidade média das famílias dos organismos, conhecida como a pontuação média por táxon (ASPT) (BAPTISTA, 2008; ZEYBEK et al., 2014). Este índice é calculado pela razão entre o escore obtido no cálculo do BMWP' e o número de famílias pontuadas na amostra, ou seja, corresponde à média dos valores de cada família encontrada (HAWKES, 1997). Muitos trabalhos adotaram a metodologia de avaliação de qualidade de água utilizando o ASPT (VILAS BOAS e CAMARGO, 2017; SILVA et al., 2011).

Outra forma de mensurar impactos ambientais é utilizando a porcentagem de EPT- Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera, índice que é considerado relativamente simples, por considerar a abundância relativa destas ordens em relação ao número total de organismos da amostra. Quanto maior for a abundância relativa desses táxons na amostra, melhor será a qualidade da água desse local. É importante destacar que, em geral, a maioria dos organismos dessas ordens é mais sensível à poluição orgânica (RESH e JACKSON, 1993; ROSENBERG e RESH, 1993; CARRERA e FIERRO, 2001), portanto, locais onde teriam maior abundância relativa dessas três ordens representariam que as condições ambientais estavam adequadas ou bastante integras.

Vale ressaltar, que os índices bióticos mencionados são influenciados por fatores abióticos, entre eles a precipitação pluviométrica. A alta pluviosidade pode comprometer a resposta dos índices entre eles, afetando principalmente os índices que dependem de poucos táxons, como o EPT. Visto que, o alto volume de chuvas pode carrear esses grupos, e os mesmos podem possuir uma colonização mais lenta no ambiente (RIBEIRO e UIEDA, 2005).

A vantagem do biomonitoramento com insetos aquáticos no reconhecimento da integridade ecológica está atrelada ao fato de que por terem mobilidade relativamente reduzida e longo ciclo, eles conseguem ser melhores indicadores do que acontece ou aconteceu no sistema, do que quando comparado com parâmetros físico-químicos. No Nordeste, ainda são escassos estudos utilizando índices bióticos para avaliar a qualidade dos ambientes aquáticos, mas já existem registros de estudos relacionados à bacia hidrográfica do Rio Taperoá, situada no Estado da Paraíba (ABILIO et al., 2007),

na bacia do Médio São Francisco (QUEIROZ et al., 2000), na Bacia do Rio Almada - BA (SOUZA, 2013) e na Bacia do Rio Imbassaí- BA (COSTA, 2014).

A Mata Atlântica é considerada um dos mais ricos conjuntos de ecossistemas do planeta. Em virtude da alta riqueza da fauna e da flora e do cenário de extrema devastação, a Mata Atlântica é considerada uma das propriedades mundiais para conservação da biodiversidade, incluída entre as 34 áreas mais ameaçadas do planeta, conhecidas como *Hotspot* (MITTERMEIER et al., 2004). Esse imenso bioma vem sendo modificado durante os últimos 500 anos, com intensificação nos últimos 150 anos devido à expansão das áreas urbanas e rurais, desenvolvimento do processo de industrialização e conseqüente urbanização (êxodo rural), com a construção das principais cidades e metrópoles na zona originalmente ocupada pela Mata Atlântica (RIBEIRO et al., 2009).

A formação original desse bioma é um mosaico de vegetações definidas como florestas ombrófilas densas, abertas e mistas; florestas estacionais decíduais e semidecíduais; campos de altitude, mangues e restingas. Atualmente, os remanescentes de vegetação nativa estão reduzidos a cerca de 22% de sua cobertura original e encontram-se em diversos estágios de regeneração. Somente cerca de 8,5% estão bem conservados em fragmentos acima de 100 hectares (BRASIL – MMA, 2017).

A fragmentação deste bioma afeta a saúde dos ecossistemas de água doce, principalmente de ambientes lóticos, uma vez que as florestas regulam a vazão dos rios, filtram sedimentos retidos na chamada mata ciliar, reduzem a erosão e melhoram a qualidade da água (ANDRADE et al., 2005; BACELLAR, 2005; MARMONTEL e RODRIGUES, 2015). O processo de degradação desses ambientes vem ocorrendo de forma acelerada e contínua, em virtude do desmatamento, despejo de efluentes, agronegócio, pesca, atividades de turismo e recreação, entre outros (TUNDISI, 2006; NÓBREGA et al., 2014). Os impactos negativos causados nesses ambientes tornam-se preocupantes, visto que estes podem comprometer a disponibilidade de água para consumo humano e afetar diretamente a biodiversidade aquática (QUEIROZ et al., 2008). Sendo assim, faz-se o uso da biota aquática para constatar alterações ocorridas ao longo do tempo, fornecendo desta forma uma caracterização mais ampla do ambiente.

2 OBJETIVO GERAL

O objetivo desse trabalho foi comparar as respostas de diferentes índices bióticos usados para avaliar a qualidade de água e verificar suas possíveis relações com a pluviosidade, em riachos de Mata Atlântica.

2.1 Objetivos Específicos

- ✓ Comparar as respostas de três índices bióticos (BMWP', ASPT e Porcentagem de EPT), buscando classificar a qualidade da água, com o intuito de verificar quais respostas dos índices são mais semelhantes entre si e quais se comportam de maneira mais eficaz em resposta à qualidade do ambiente.
 Predição: Espera-se que o índice de EPT responda de maneira mais eficaz as condições do ambiente, uma vez que este índice leva em consideração os táxons que são reportados na literatura como os mais sensíveis a poluição orgânica (Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera) (CARRERA e FIERRO, 2001; GHANI et al., 2016).
- ✓ Avaliar se a pluviosidade influencia nas respostas dos três índices bióticos.
 Predição: Espera-se que a alta pluviosidade possa comprometer a resposta dos índices entre eles, afetando principalmente os índices que dependem de poucos táxons, como o EPT. Visto que, o alto volume de chuvas pode carrear esses grupos, e os mesmos podem possuir uma colonização mais lenta no ambiente (RIBEIRO e UIEDA, 2005).
- ✓ Utilizar o método de agregação das campanhas para determinar quantas delas seriam necessárias para que a resposta de um determinado índice se mantivesse constante.
 Predição: Espera-se que as respostas dos índices bióticos já se mantenham constantes com três amostras agregadas.

3 ÁREA DE ESTUDO

3.1 Caracterização Ambiental

O estudo foi realizado em sete pontos na Bacia dos Rios Tijuípe e Tijuipinho, situados no Parque Estadual da Serra do Conduru – PESC e na Área de Proteção Ambiental de Serra Grande – Itacaré (Figura 1), ambos no litoral sul da Bahia e inseridos nos territórios dos municípios de Ilhéus, Uruçuca e Itacaré. A bacia do Rio

Tijuípe ocupa uma área de 74,66 km² enquanto que a área do Tijuipinho é de 41,27 km², compostas por uma vasta rede de drenagem de rios de diferentes ordens (SPANGHERO, 2015). O rio Tijuípe, o principal, percorre 34,76 km da sua nascente na Serra do Conduru, no extremo oeste da bacia, até sua foz no Oceano Atlântico. Entre os afluentes, o Tijuipinho merece consideração especial, mesmo sendo o último afluente a desaguar no Tijuípe, já na planície flúvio-marinha da foz, com 21,14 km, e é dele que se capta água para abastecimento público, além de ser também o que recebe as águas tratadas pela Empresa de Saneamento da Bahia (EMBASA) (SPANGHERO, 2015).

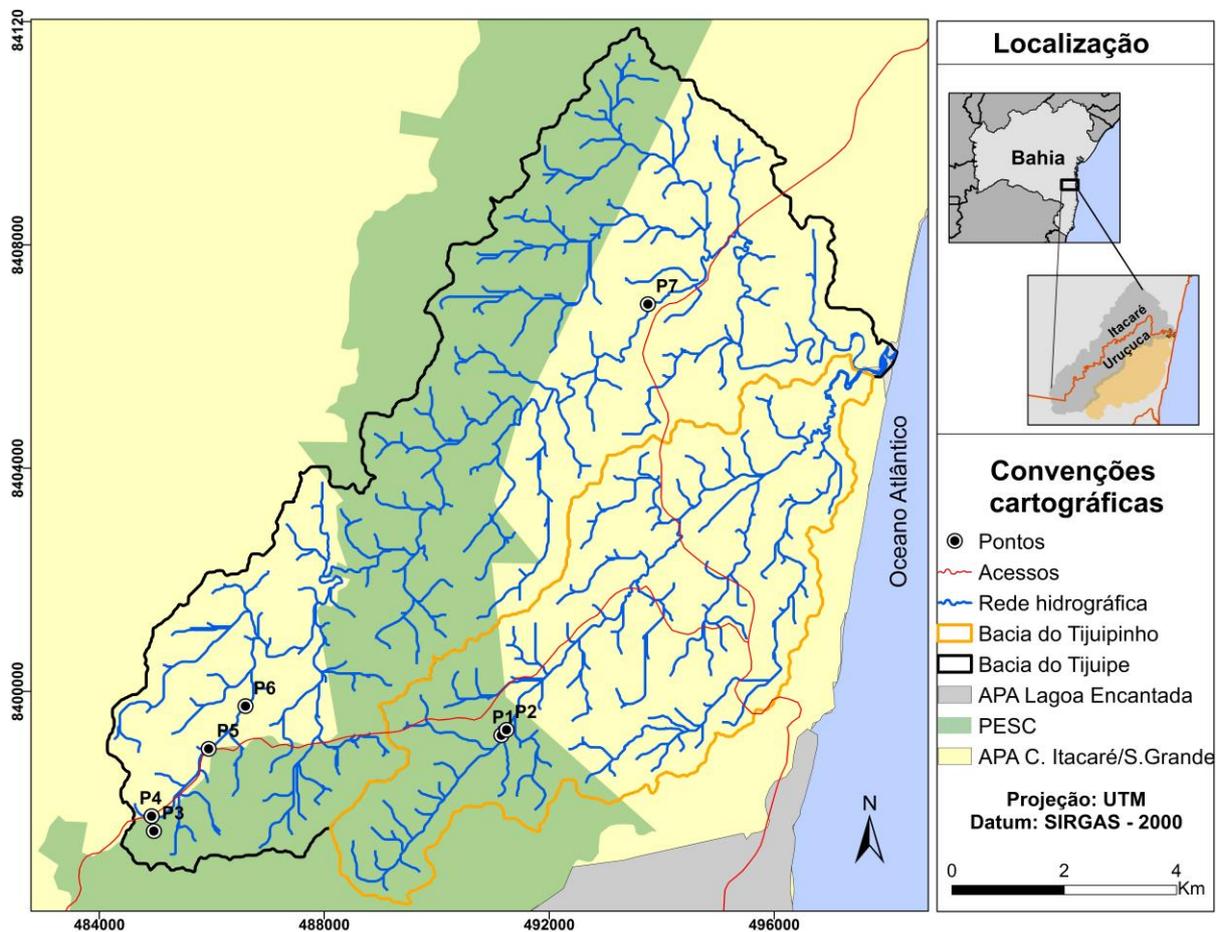


Figura 1 – Mapa esquemático mostrando a localização dos pontos de coleta na Bacia dos Rios Tijuípe e Tijuipinho, litoral sul da Bahia.

O PESC é uma unidade de conservação inserida no grande bioma Mata Atlântica, caracterizado por apresentar uma ampla diversidade de espécies e elevado índice de endemismo. Apresenta 71,37 km de extensão, todo entorno do Parque é englobado por Áreas de Proteção Ambiental (APA), sendo ao Leste, Norte e Oeste pela

APA da Costa de Itacaré/Serra Grande e ao Sul pela APA da Lagoa encantada e Rio Almada (PESC, 2016). Setenta e nove por cento (79%) da área é considerada Área de Proteção Permanente, mas os fragmentos de floresta primária sofrem um forte efeito de borda, pois se observa que na sua vizinhança predominam pastagens, rodovias, estradas e cultivos agrícolas (IESB, 2017).

A vegetação predominante na região é Floresta Ombrófila Densa Submontana (PESC, 2016), que se caracteriza como uma vegetação florestal com dossel homogêneo, muitas epífitas, lianas de grande porte e com subosque denso. O clima da região, conforme o sistema de classificação Köppen, enquadra-se no tipo Tropical úmido ou equatorial (Af). É um clima quente e úmido sem estação seca definida. A temperatura média anual atinge em torno de 24°C com média mensal entre 20 e 26°C. A precipitação pluviométrica atinge índices anuais superiores a 1.300 mm com umidade relativa do ar acima de 80%. Esta região apresenta, em determinados períodos, excedentes hídricos com uma variação entre 200 a 1000 mm de um ano para outro (SÁ et al., 1982).

3.2 Período de Coleta

As coletas foram realizadas em períodos bimestrais (agosto de 2015 a outubro de 2016), em sete pontos amostrais, totalizando sete coletas em cada ponto (Figura 2).

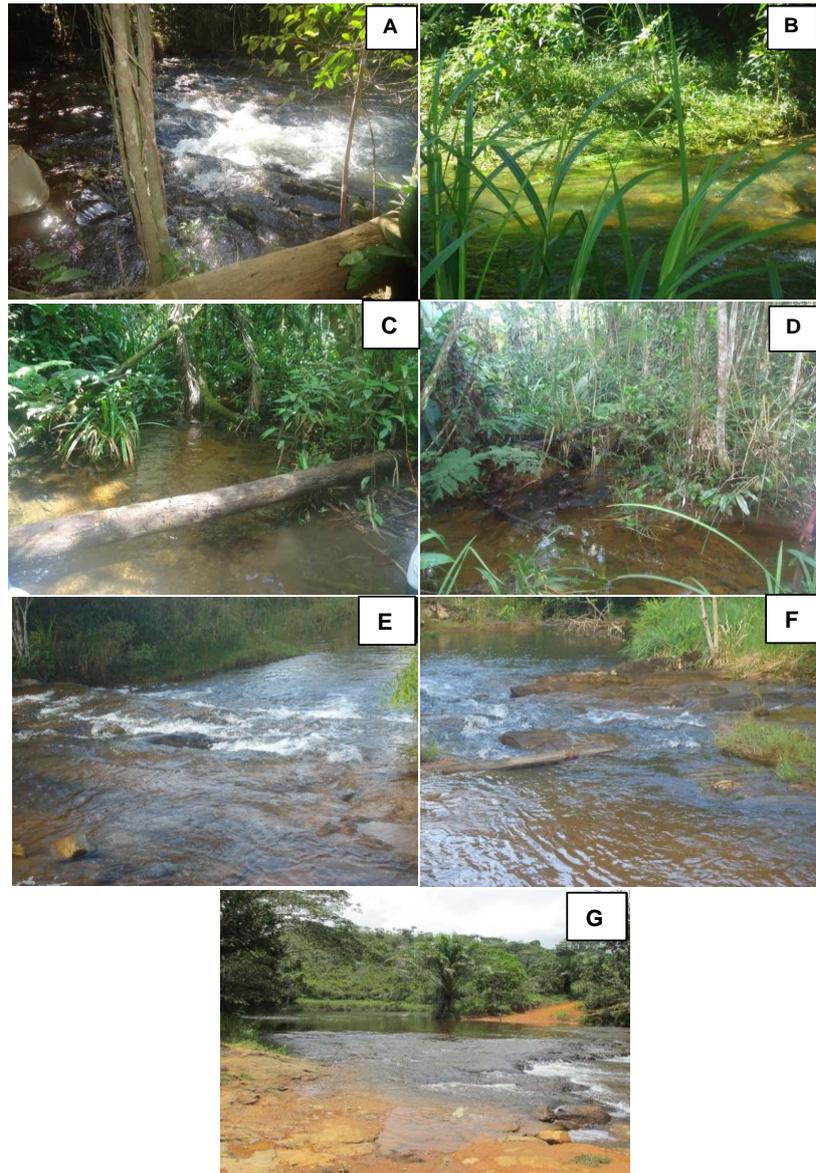


Figura 2 – Pontos de coleta na Bacia dos Rios Tijuípe e Tijuipinho, litoral sul da Bahia, onde: A – Ponto 1, B – Ponto 2, C – Ponto 3, D – Ponto 4, E – Ponto 5, F– Ponto 6 e G – Ponto 7.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Variáveis Biológicas

Os organismos imaturos foram coletados em áreas de remanso e corredeira em fundos de folhiço e pedregoso com auxílio de rede entomológica (Rede D: 0,5 mm). O esforço amostral foi de 40 minutos em cada ponto, buscando abranger todos os estratos ambientais.

O material coletado foi devidamente etiquetado, conservado em álcool etílico 80% e encaminhado ao Laboratório de Organismos Aquáticos (LOA) da Universidade

Estadual de Santa Cruz onde procedeu-se a triagem e identificação. Os insetos foram identificados de acordo com chaves de identificação específicas (COSTA et al., 2006; COSTA et al., 2004; DOMINGUEZ et al., 2006; DOMINGUEZ e FERNANDEZ, 2009; HAMADA et al., 2014; SEGURA et al., 2011; TRIVINHO-STRIXINO, 2011).

4.2 Variáveis Ambientais

Os dados de precipitação pluviométrica foram obtidos através do site PROCLIMA (Programa de Monitoramento Climático em Tempo Real da Região Nordeste), onde foi considerado o somatório dos valores de dez dias anteriores a coleta incluindo os dias da coleta, obtendo assim a precipitação acumulada (mm).

4.3 Aplicação de índices bióticos

O BMWP' é um índice qualitativo que considera a presença/ausência de famílias de macroinvertebrados bentônicos. Este índice estabelece um escore entre 1 a 10 para cada família amostrada (Anexo 1), levando em consideração o grau de tolerância dos organismos quanto à poluição orgânica. Deste modo, cada família identificada recebe uma pontuação e o somatório desses valores determina um score final que representará a qualidade do ambiente aquático avaliado. Quanto mais elevado o valor adquirido, melhor será a qualidade ambiental (BUSS et al., 2003) (Tabela 2).

Tabela 2 – Classes de qualidade e significados dos valores do BMWP' (*Biological Monitoring Working Party Score System*).

Classe	Qualidade	Valor	Significado	Cor
		>150	Águas muito limpas	
I	Boa	101-120	Águas não contaminadas ou não alteradas de modo sensível	Azul
II	Aceitável	61-100	São evidentes alguns efeitos de contaminação	Verde
III	Duvidosa	36-60	Águas contaminadas	Amarelo
IV	Crítica	15-35	Águas muito contaminadas	Laranja
V	Muito Crítica	<15	Águas fortemente contaminadas	Roxo

Fonte: Alba-Tercedor e Sánches-Ortega (1989); Junqueira e Campos (1998); Junqueira et al. (2000).

O índice ASPT leva em consideração a sensibilidade média das famílias dos organismos. Então após o cálculo do BWWP', os valores obtidos são usados para

aplicar o índice ASPT, por meio da divisão do índice BMWP' pelo número total de famílias às quais foram atribuídos valores de tolerância (Tabela 3).

$$\text{BMWP}'/\text{ASPT} = \frac{\text{Score do BMWP}'}{\text{Número de famílias da amostra}}$$

Tabela 3 – Classificação de qualidade da água e significado dos valores do índice BMWP'- ASPT (*Average Score Per Taxon*).

Valor de BMWP'- ASPT	Avaliação da Qualidade da Água
>6	Água limpa
5-6	Qualidade duvidosa
4-5	Provável poluição moderada
<4	Provável poluição severa

Fonte: Gonçalves (2007)

O índice EPT (porcentagem de Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera) é considerado bastante simples e baseia-se na premissa de que os córregos com alta qualidade da água geralmente apresentam maior abundância relativa desses táxons (CARRERA e FIERRO, 2001; RESH e JACKSON, 1993; ROSENBERG e RESH, 1993). Este índice incorpora a informação relativa a todos os organismos destas ordens presentes na amostragem. Calcula-se a abundância relativa das ordens em relação ao número total de organismos da amostra (Tabela 4).

$$\text{EPT} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de indivíduos (Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera)} \times 100}{\text{N}^\circ \text{ total de indivíduos da amostra}}$$

Tabela 4 – Classe de qualidade e significado dos valores do índice EPT.

Porcentagem de EPT	Qualidade da Água
75% - 100%	Muito Boa
50% - 74%	Boa
25% - 49%	Regular
0% - 24%	Ruim

Fonte: Gonçalves (2007)

4.4 Análises de dados

As pontuações dos índices bióticos foram classificadas em quatro categorias de diagnóstico, seguindo a metodologia de Gonçalves e Menezes (2011), com algumas adaptações. Com o intuito de verificar se as respostas dos índices são influenciadas pela precipitação pluviométrica foi aplicado o índice de correlação de Spearman (não-paramétrico), de acordo com os escores da tabela 5.

Tabela 5 – Padrão de pontuação de índices bióticos em três categorias de diagnóstico, adaptada de Gonçalves e Menezes (2011).

SCORES	EPT	ASPT	BMWP'
1	Ruim	Provável Poluída Moderada	Critica
	-	Provável Poluída Severa	Muito Critica
2	Regular	Qualidade Duvidosa	Duvidosa
3	Boa	Água limpa	Boa
	-	-	Aceitável

Os índices foram comparados utilizando análises de agrupamento (Cluster), baseado na distância Euclidiana entre eles. Para verificar se o Cluster representou adequadamente a matriz de dados foi usado o Coeficiente Correlação Cofenética.

Com o intuito de verificar graficamente a distância euclidiana entre os índices em cada ponto de coleta foi utilizada uma técnica de ordenação NMDS (Escalonamento não-métrico multidimensional), com stress de 2,5.

Para verificar a semelhança entre as respostas dos índices frente a caracterização da qualidade da água foi utilizada a análise de correlação de Pearson (r), coeficiente de similaridade usado para verificar se existe possíveis correlações

entre os índices bióticos. Todas as análises foram realizadas no Programa Estatístico R (versão 3.4.2).

5 RESULTADOS

Foram identificados 7.427 indivíduos pertencentes à Classe Insecta, distribuídos em nove ordens e 35 famílias. As famílias Chironomidae e Simuliidae (Diptera), Baetidae e Leptophlebiidae (Ephemeroptera) foram os táxons de maior ocorrência em todo o estudo. Levando em consideração todo o período amostral, o ponto 4 (P4) apresentou maior abundância de indivíduos (40%), com predominância da família Simuliidae (88,8%), enquanto o P3 apresentou a menor abundância (4%) (Tabela 6).

A classificação da qualidade de água, conforme o índice BMWP' variou entre os pontos e as campanhas. Os sete pontos amostrais foram classificados de acordo com o valor final obtido a partir da soma de todas as famílias. Desse modo, em cada um dos pontos de coleta a qualidade da água variou nas diferentes campanhas em "Muito crítica", "Crítica", "Duvidosa" e "Aceitável". Somente no P7 a qualidade da água variou entre "Duvidosa" e "Crítica" (Tabela 7).

Os resultados do índice ASPT da mesma maneira que o BMWP', variaram de uma campanha para outra em cada ponto de coleta, no entanto, este índice mostrou-se mais homogêneo. No ponto 3, por exemplo, a qualidade da água só variou nas campanhas 2 (de "Crítica" para "Duvidosa"), 4 (de "Crítica" para "Água Limpa") e 5 (de "Duvidosa" para "Água Limpa") (Tabela 8).

A qualidade da água de acordo com o índice EPT, assim como nos demais índices, variou de uma campanha para outra nos sete pontos amostrais, passando por estados como "Ruim", "Regular", "Boa" e "Muito Boa" (Tabela 9).

Foi possível observar que a qualidade da água da Bacia do Rios Tijuípe e Tijuipinho, quando classificada pelos índices BMWP', ASPT e EPT, variou entre as sete campanhas. Em algumas campanhas, o estado da qualidade da água foi semelhante nos três índices. Por exemplo, no P3, nas campanhas 1 e 6 a qualidade da água foi considerada "Aceitável", "Água Limpa" e "Boa" nos respectivos índices, BMWP', ASPT e EPT. Por outro lado, em algumas campanhas a qualidade da água diferiu em todos os índices, e.g. no ponto 1 a campanha 7, para BMWP' a qualidade foi "Crítica", para ASPT foi "Duvidosa" e para EPT a qualidade foi considerada "Muito Boa")

Tabela 6 – Relação de invertebrados aquáticos coletados nas Bacias do Rio Tijuípe e Tijuipinho no período de Agosto de 2015 a Outubro de 2016 com respectivos valores de abundância.

Grupos Taxonômicos	Pontos amostrais							Total
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	
Coleoptera								
Dytiscidae	0	0	1	0	0	0	1	2
Elmidae	2	18	10	2	51	13	6	102
Psephenidae	0	0	0	2	0	0	0	2
Diptera								
Ceratopogonidae	2	13	1	0	10	0	3	29
Chironomidae	56	41	29	63	441	159	138	927
Culicidae	3	0	0	2	14	2	2	23
Empididae	0	1	0	0	0	1	0	2
Simuliidae	46	333	44	2636	320	361	78	3818
Tipulidae	0	4	2	1	0	0	1	8
Ephemeroptera								
Baetidae	227	225	36	160	112	130	360	1250
Caenidae	14	3	1	7	5	5	3	38
Leptohyphidae	31	11	5	0	0	0	1	48
Leptophlebiidae	64	70	107	25	33	14	403	716
Hemiptera								
Belostomatidae	0	0	0	0	4	0	0	4
Corixidae	0	5	0	0	0	0	6	11
Gerridae	0	2	0	1	0	0	1	4
Mesovellidae	1	0	0	0	0	0	0	1
Notonectidae	2	5	0	0	9	0	1	17
Veliidae	1	2	1	10	2	1	2	19
Lepidoptera								
Crambidae	0	0	1	0	2	0	2	5
Pyralidae	0	0	0	0	7	0	0	7
Megaloptera								
Sialidae	0	0	4	2	1	0	0	7
Odonata								
Aeshnidae	0	0	0	0	1	0	0	1
Calopterygidae	0	0	0	0	1	0	1	2
Coenagrionidae	0	6	1	1	0	5	2	15
Gomphidae	1	3	2	0	0	1	0	7
Libellulidae	5	15	8	9	14	10	2	63
Megapodagrionidae	0	0	3	0	0	0	0	3
Plecoptera								
Perlidae	4	2	18	3	4	2	11	44
Trichoptera								
Calomoceratidae	0	0	0	1	0	0	0	1
Hydropsychidae	31	58	14	18	26	13	31	191
Hydroptilidae	0	5	1	1	9	11	0	27
Philopotamidae	2	0	1	22	0	0	1	26
Polycentropodidae	0	0	0	3	0	0	1	4
Odontoceridae	0	2	0	0	0	0	1	3
Total	492	824	290	2969	1066	728	1058	7427

Tabela 7 – Classificação da qualidade da água da Bacia Hidrográfica dos Rios Tijuípe e Tijuipinho de acordo com o índice BMWP'. A pontuação final do índice se encontra entre parênteses.

	BMWP'						
	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 6	Ponto 7
ago/15	Muito critica (7)	Duvidosa (54)	Aceitável (70)	Duvidosa (40)	Crítica (31)	Duvidosa (37)	Crítica (29)
out/15	Duvidosa (40)	Aceitável (56)	Crítica (30)	Duvidosa (50)	Aceitável (65)	Aceitável (62)	Duvidosa (60)
dez/15	Aceitável (64)	Aceitável (61)	Duvidosa (36)	Crítica (22)	Crítica (30)	Muito Crítica (10)	Crítica (22)
abr/16	Crítica (28)	Duvidosa (36)	Crítica (31)	Duvidosa (43)	Duvidosa (41)	Duvidosa (37)	Crítica (26)
jun/16	Duvidosa (60)	Crítica (34)	Duvidosa (44)	Aceitável (68)	Duvidosa (60)	Crítica (24)	Duvidosa (47)
ago/16	Crítica (21)	Crítica (34)	Aceitável (79)	Aceitável (69)	Duvidosa (54)	Duvidosa (52)	Duvidosa (40)
out/16	Crítica (22)	Duvidosa (43)	Aceitável (66)	Aceitável (70)	Muito Crítica (12)	Duvidosa (38)	Duvidosa (49)

Tabela 8 – Classificação da qualidade da água da Bacia Hidrográfica dos Rios Tijuípe e Tijuipinho de acordo com o índice ASPT. A pontuação final do índice se encontra entre parênteses.

	ASPT						
	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 6	Ponto 7
ago/15	PPS (3,5)	QD (6)	AL (6,3)	QD (5,8)	AL (6,2)	AL (6,1)	AL (7,25)
out/15	AL (6,6)	AL (6,2)	QD (5)	AL (6,25)	QD (5,4)	AL (6,2)	AL (6,1)
dez/15	QD (5,8)	QD (5,5)	QD (6)	QD (5,5)	PPM (4,2)	PPS (3,3)	PPM (4,4)
abr/16	AL (7)	QD (5,1)	AL (6,2)	QD (5,3)	PPM (4,5)	QD (5,3)	QD (5,2)
jun/16	QD (5,4)	QD (5,6)	AL (6,2)	AL (6,8)	QD (5)	PPM (4)	PPS (3,6)
ago/16	QD (5,25)	QD (5,1)	AL (6,6)	AL (6,3)	PPM (4,9)	QD (5,8)	QD (5,7)
out/16	QD (5,5)	PPM (4,7)	QD (6)	AL (6,4)	PPM (4)	PPM (4,75)	QD (5,4)

PPS – Provável Poluída Severa, PPM – Provável Poluída Moderada, QD – Qualidade Duvidosa, AL – Água Limpa.

Tabela 9 – Classificação da qualidade da água da Bacia Hidrográfica dos Rios Tijuípe e Tijuipinho de acordo com o índice EPT. A pontuação final do índice se encontra entre parênteses.

	EPT						
	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 6	Ponto 7
ago/15	Ruim (0)	Muito boa (77,3%)	Muito boa (83,8%)	Ruim (21,2%)	Boa (66,7%)	Boa (66,7%)	Muito boa (94%)
out/15	Muito boa (97%)	Boa (54,3%)	Ruim (18,2%)	Ruim (3,46%)	Regular (38,6%)	Regular (43,6%)	Muito boa (87,2%)
dez/15	Boa (64,2%)	Regular (49,3%)	Muito boa (85%)	Boa (61,5%)	Regular (40,7%)	Regular (33,3%)	Boa (63,1%)
abr/16	Muito boa (100%)	Muito boa (82,3%)	Boa (61,4%)	Regular (45,9%)	Regular (36,8%)	Ruim (14,6%)	Muito boa (86,4%)
jun/16	Boa (73,9%)	Boa (54,5%)	Regular (26,6%)	Boa (58,6%)	Boa (51,6%)	Boa (68,2%)	Boa (69,7%)
ago/16	Boa (72,2%)	Ruim (14,9%)	Boa (55%)	Regular (41,8%)	Ruim (1,29%)	Ruim (16,5%)	Regular (47,2%)
out/16	Muito boa (96,5%)	Muito boa (78,1%)	Boa (73,2%)	Boa (53,5%)	Muito boa (83,8%)	Ruim (21,25%)	Muito boa (85,2%)

A análise de agrupamento (Cluster) permitiu reconhecer quais índices eram mais semelhantes (homogêneos) em cada um dos setes pontos estudados. O dendrograma da Figura 3 mostrou que os índices BMWP' e ASPT apresentaram na maioria dos pontos (P2, P4, P6, P7) maior grau de similaridade. Apenas no P3 os índices BMWP' e EPT foram mais próximos. Nos pontos 1 e 5 todos os índices comparados apresentaram dissimilaridade entre eles. O coeficiente de correlação cofenética apontou que o Cluster representou 74% da matriz de dados, revelando que o método de agrupamento tem uma similaridade com a matriz de dissimilaridade gerada a partir dos resultados dos índices.

Na análise de agrupamento (NMDS), usada para testar a congruência de resposta entre os índices, foi revelado maior afinidade entre os índices BMWP' e ASPT na maioria dos pontos amostrais, como podemos ver a partir das distâncias entre os diferentes índices para o mesmo ponto (Figura 4).

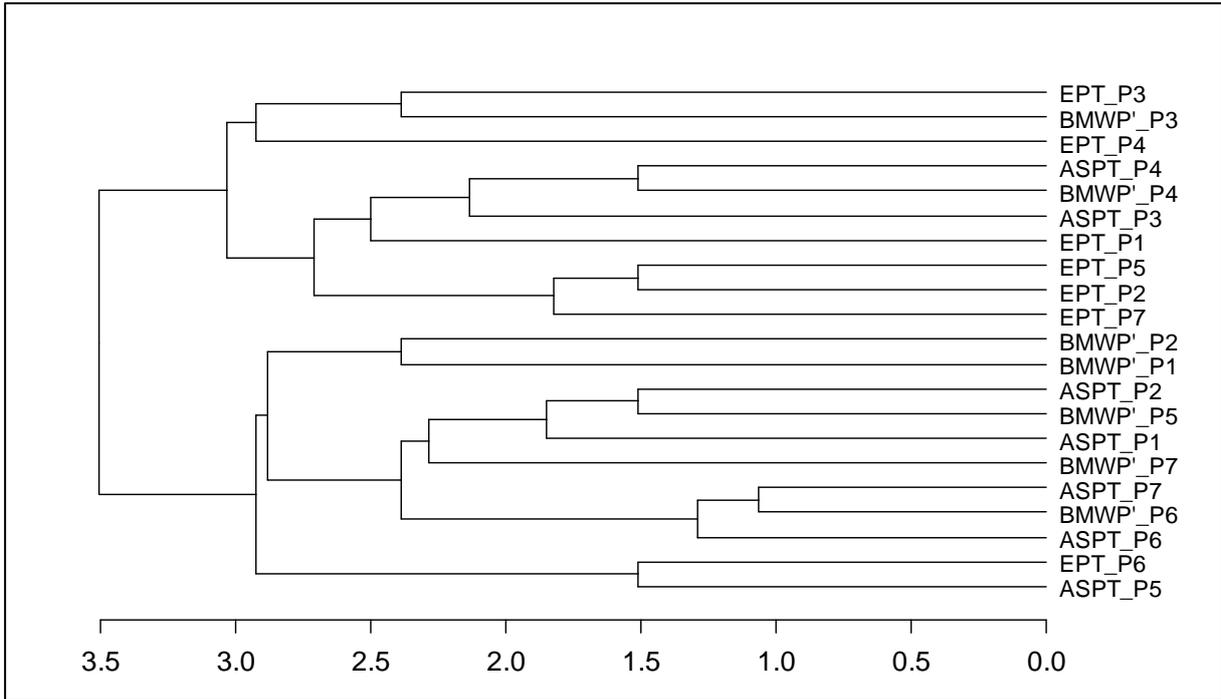


Figura 3 – Dendrograma da análise de agrupamento (segundo o limite de 2,5) entre as respostas dos índices bióticos nos pontos de coleta amostrados na Bacia Hidrográfica dos Rios Tijuípe e Tijuipinho, no período entre Ago/2015 a Out/2016.

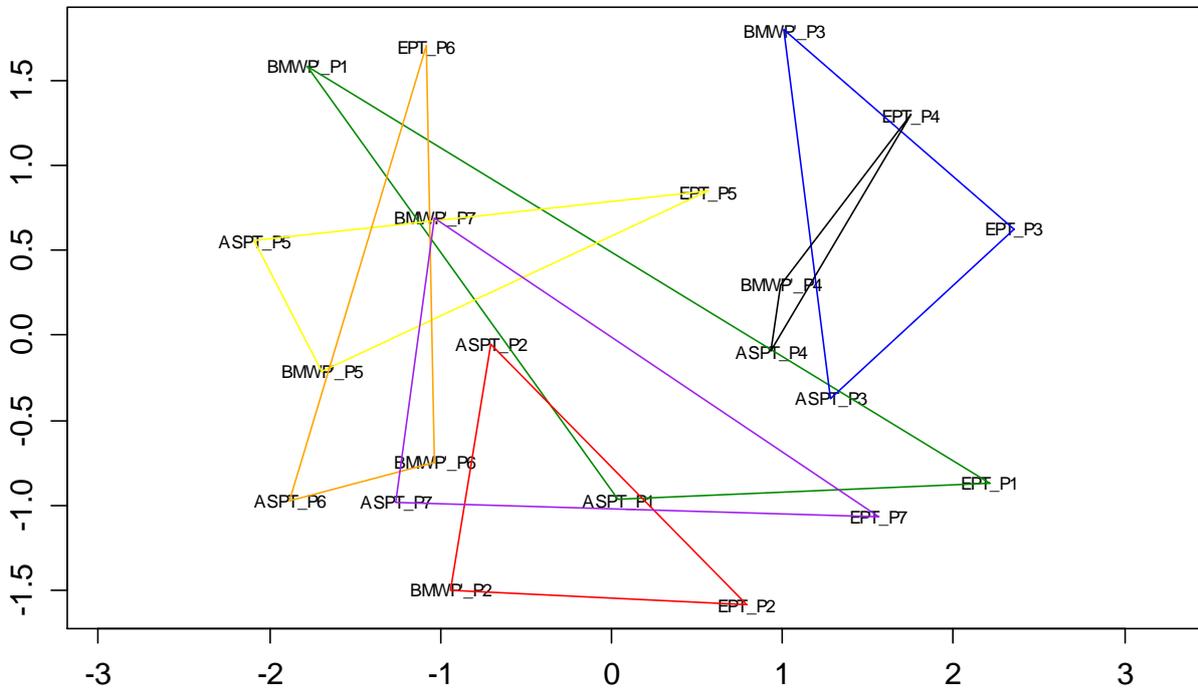


Figura 4 – Análise de ordenação NMDS dos índices bióticos nos ambientes estudados na Bacia Hidrográfica dos Rios Tijuípe e Tijuipinho, no período entre Ago/2015 a Out/2016.

Os resultados obtidos por meio da análise de correlação de Pearson (r), adotando significância de 5%, mostraram que existe correlação significativa entre os

índices BMWP' e ASPT, com $p = 0,0002$, assim como entre EPT e ASPT ($p = 0,04$). Apesar do valor de p ser significativo, os valores de r revelaram uma relação positiva moderada entre os índices BMWP' e ASPT, com $r = 51\%$ e baixa entre EPT e ASPT, com $r = 29\%$. No entanto, não foram reveladas correlações significativas entre os índices BMWP' e EPT, com $p = 0,9$ (Figura 5). Ou seja, as respostas similares entre os diferentes índices foram baixas.

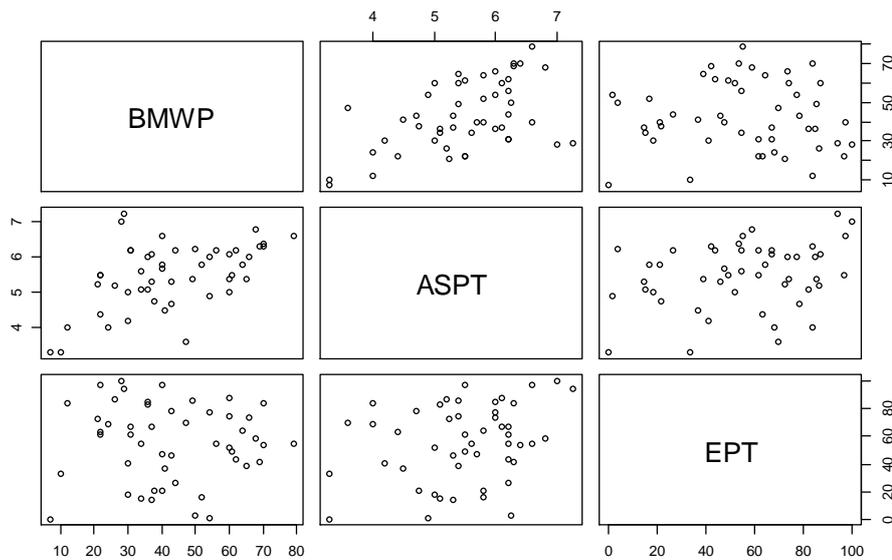


Figura 5 – Análise de correlação de Pearson (r) dos índices bióticos nos ambientes estudados na Bacia Hidrográfica dos Rios Tijuípe e Tijuipinho, no período entre Ago/2015 a Out/2016.

Por meio do Diagrama de VENN foram avaliadas as relações entre os índices bióticos nos sete pontos amostrais nas sete campanhas (Figura 6). Ao todo, em 8 observações o resultado da qualidade de água foi comum entre os três índices. Foi observado que os índices BMWP' e ASPT apresentam os resultados de qualidade da água mais semelhantes entre si do que com as demais comparações, compartilhando 16 observações. Os índices BMWP' e EPT apresentaram os resultados menos semelhantes entre si (6).

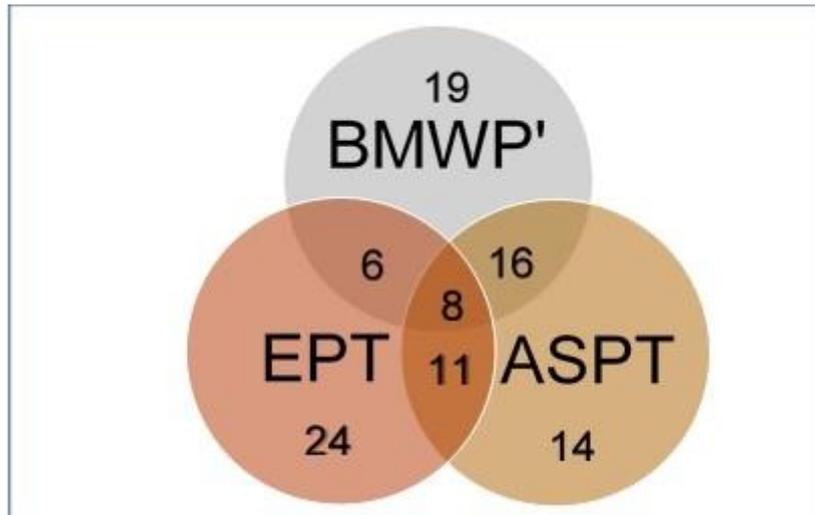


Figura 6 – Representação esquemática do Diagrama de VENN ilustrando o número de observações exclusivas e comuns entre os índices bióticos.

Os valores de precipitação pluviométrica variaram de 12,71 mm a 82,25 mm nas sete campanhas amostrais. Com relação às respostas dos índices, o teste de correlação de Spearman revelou que o BMW P' não foi influenciado pela precipitação em nenhum dos pontos amostrais ($p = 0,9$), uma vez que a qualidade da água não apontou relação com o aumento ou decréscimo da pluviosidade de uma campanha para a outra (Figura 7). O índice ASPT também não foi influenciado pelo regime pluviométrico ($p = 0,6$), indicando a qualidade de água “duvidosa” para grande parte das campanhas em todos os pontos amostrais (Figura 8). Assim como os demais índices, o EPT também não sofreu influência da precipitação ($p = 0,4$), mostrando quase os mesmos resultados em todas as campanhas nos sete pontos. Este índice mostrou-se mais homogêneo, acertando a maioria das amostras como qualidade “boa” ou “regular” (Figura 9).

Diante disso, nota-se que ao correlacionar os índices bióticos com a precipitação pluviométrica nenhum deles sofre influência das oscilações de pluviosidade.

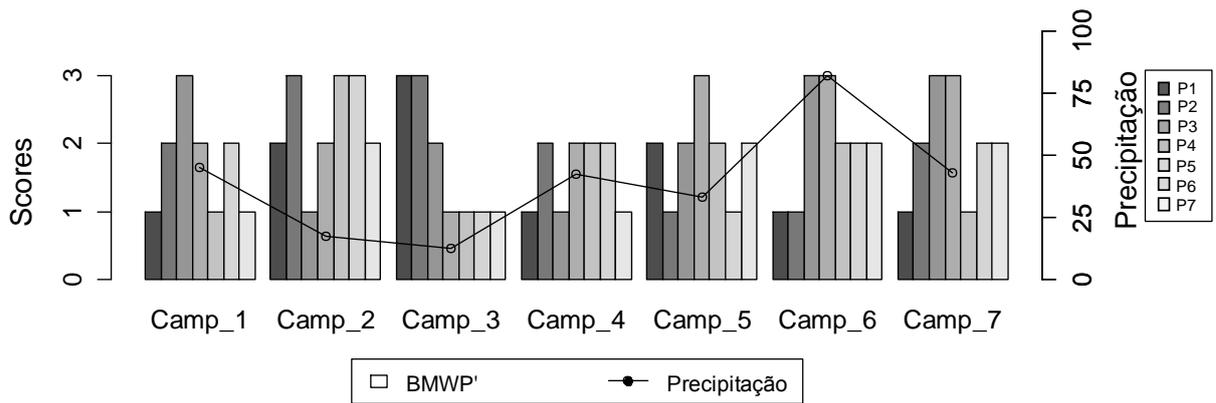


Figura 7 – Precipitação acumulada bimestral (mm) nos sete pontos amostrais durante o período Ago/2015 a Out/2016, relacionada ao índice BMWP'. Eixo Y esquerda: Pontuação do índice (Scores), Eixo Y direita: Precipitação pluviométrica.

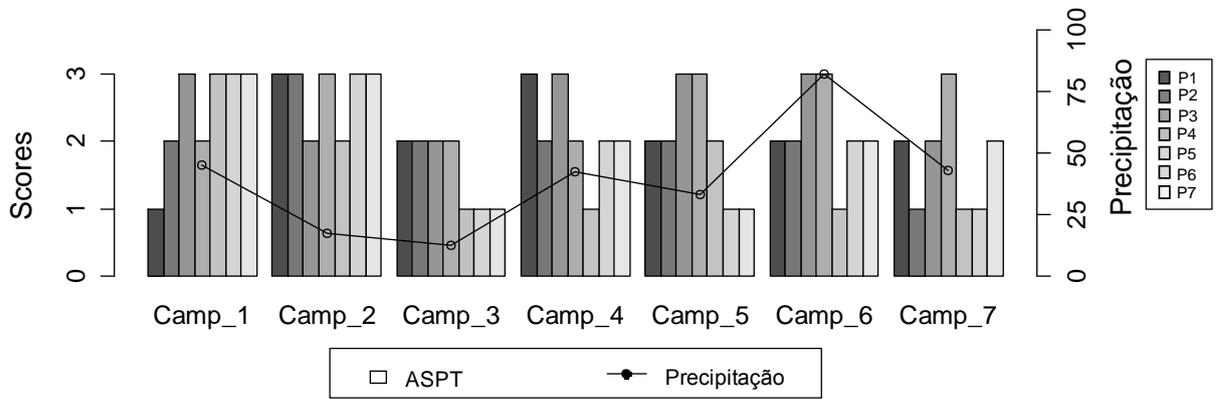


Figura 8 – Precipitação acumulada bimestral (mm) nos sete pontos amostrais durante o período Ago/2015 a Out/2016, relacionada ao índice ASPT. Eixo Y esquerda: Pontuação do índice (Scores), Eixo Y direita: Precipitação pluviométrica.

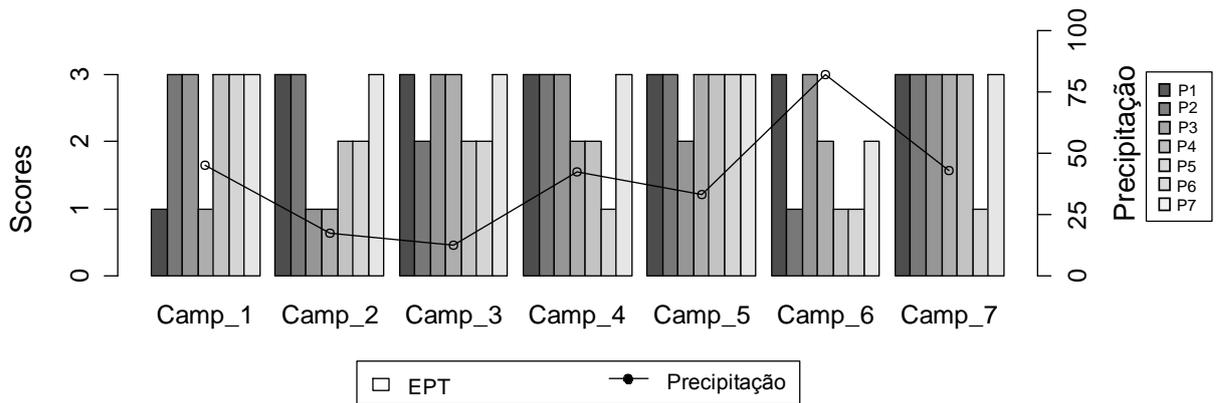


Figura 9 – Precipitação acumulada bimestral (mm) nos sete pontos amostrais durante o período Ago/2015 a Out/2016, relacionada ao índice EPT. Eixo Y esquerda: Pontuação do índice (Scores), Eixo Y direita: Precipitação pluviométrica.

Os resultados dos índices bióticos para cada campanha amostral podem estar mascarando a resposta dos índices para cada ponto. Em vista disso, foi simulado a agregação das campanhas em cada ponto amostral, na tentativa de observar quantas campanhas seriam necessárias para que as respostas dos índices se mantivessem constantes. Para o índice BMWP' foi observado que o P1 estabilizou com apenas três campanhas amostrais, porém o P3 e P4 só tenderam a estabilização na sétima campanha. A média de estabilização deste índice nos sete pontos amostrais foi de aproximadamente seis campanhas amostrais (Figura 10). Para o índice ASPT a média de estabilização foi de duas campanhas para a maioria dos pontos amostrais, porém no P7 o índice precisou de três campanhas para se estabilizar (Figura 11). O índice EPT mostrou uma média de estabilização de aproximadamente quatro a cinco campanhas na maioria dos pontos (Figura 12).

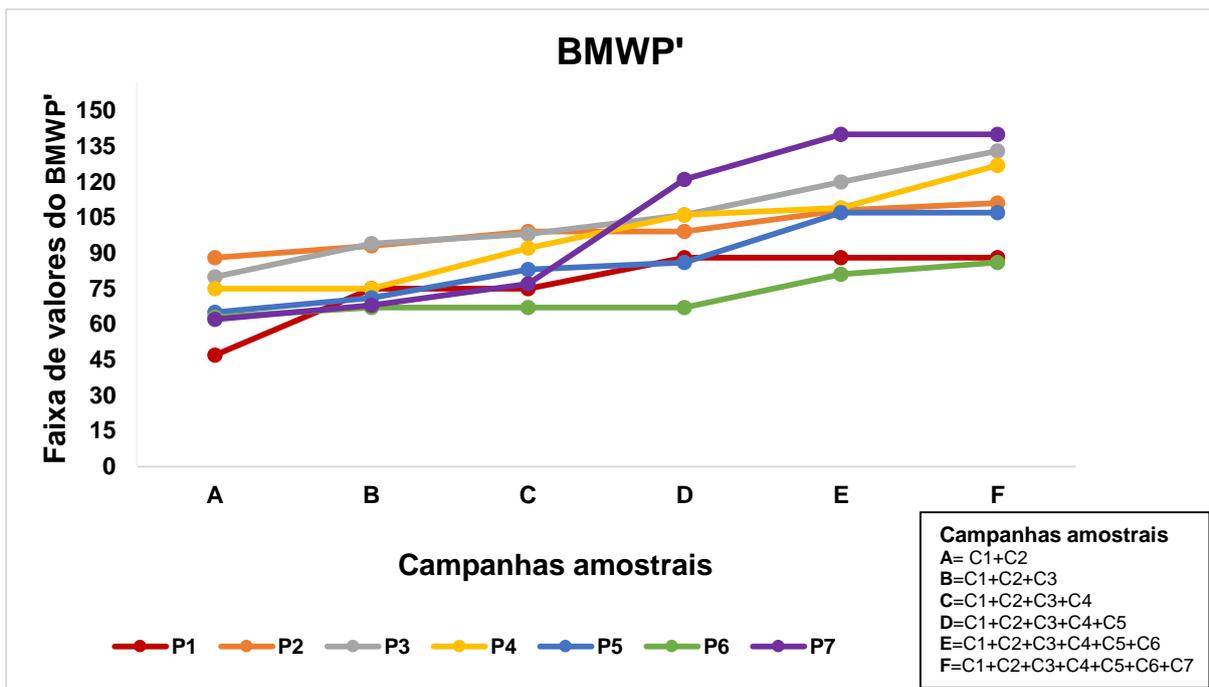


Figura 10 – Representação esquemática da estabilização do índice BMWP' nos pontos de coleta, de acordo com a agregação das campanhas amostrais.

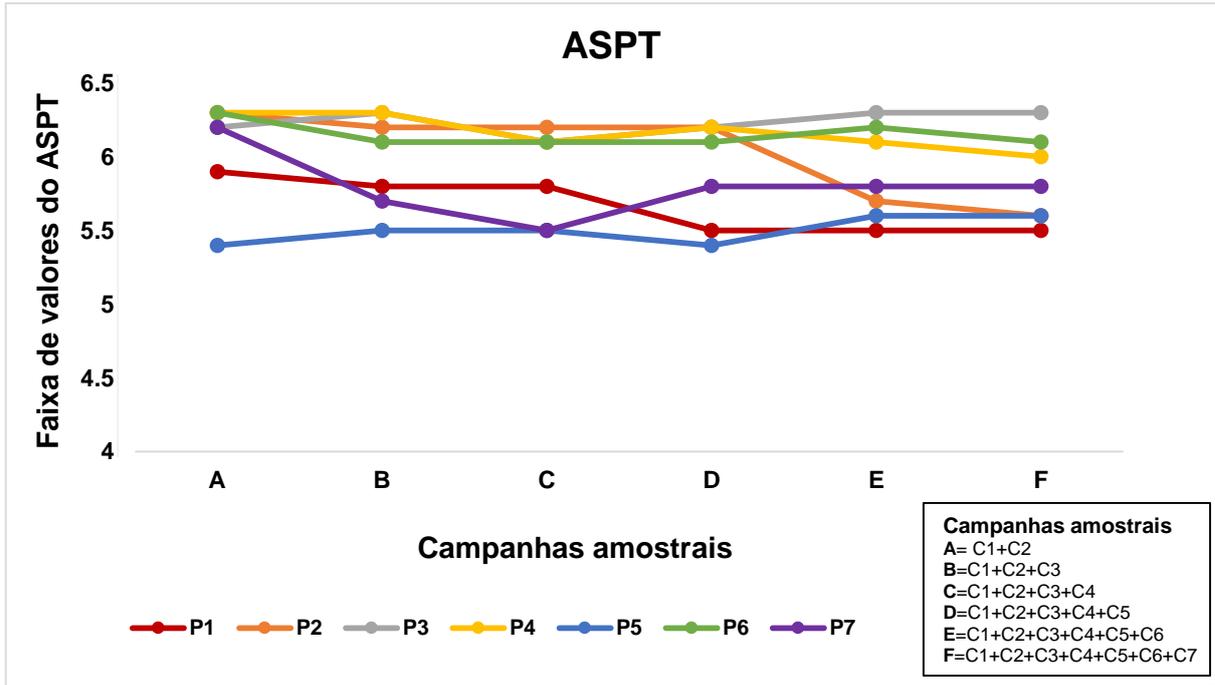


Figura 11 – Representação esquemática da estabilização do índice ASPT nos pontos de coleta, de acordo com a agregação das campanhas amostrais.

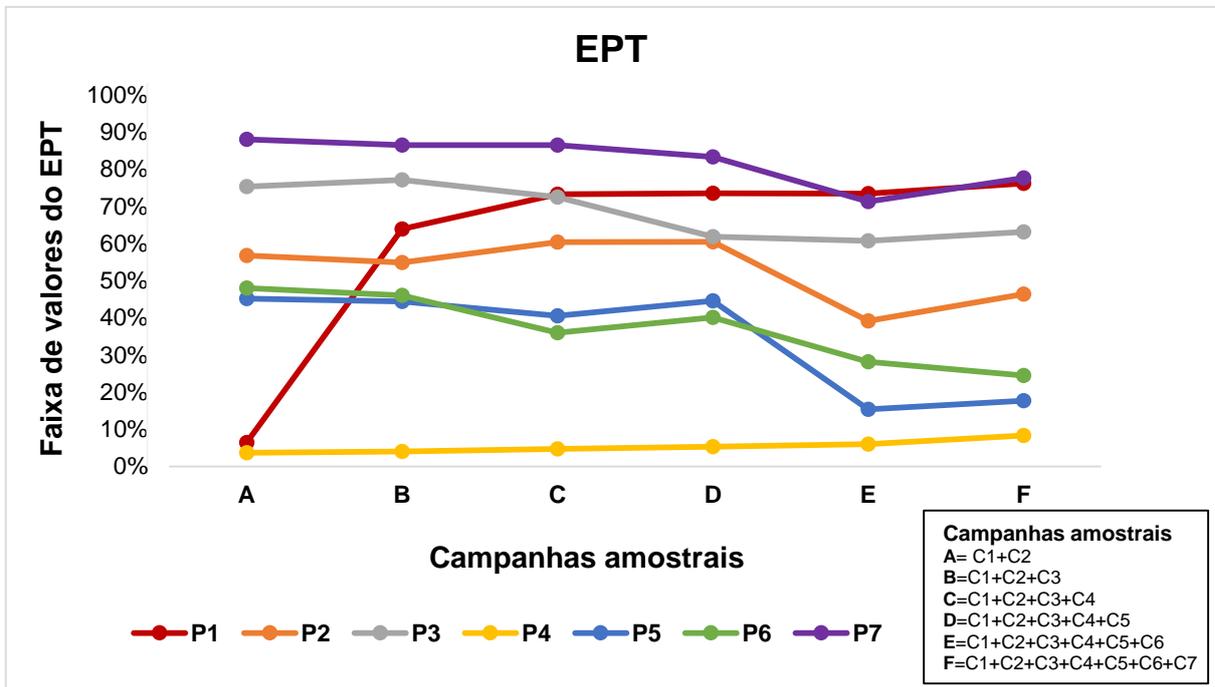


Figura 12 – Representação esquemática da estabilização do índice EPT nos pontos de coleta, de acordo com a agregação das campanhas amostrais.

6 DISCUSSÃO

Em nosso estudo, a maior similaridade de respostas dos índices foi encontrada entre BMWP' e ASPT. Essa congruência pode ser devido a duas questões: (a) o cálculo do ASPT é derivado do escore final do BMWP', mas ressaltamos que o fator mais preponderante na resposta do índice ASPT é o número de famílias que são encontradas na amostra; (b) nenhum dos índices leva em consideração a abundância de indivíduos. Alguns trabalhos também já constataram que estes dois índices são altamente correlacionados (ARANGO et al., 2008; BUSTAMANTE-TORO et al., 2011; RAMÍREZ et al., 2013; ZAMORA-MUÑOZ et al., 1995). Mas também existem registros diferentes, Murillo e Mosquera (2017) na Colômbia e García-Montoya et al. (2012) na Antioquia, revelaram pequenas diferenças entre esses dois índices, atribuindo ao fato de que o último é mais sensível à intervenção antrópica, pois inclui a riqueza de famílias em seu cálculo.

É importante ressaltar que os índices testados não foram desenvolvidos para avaliar a qualidade da água da região neotropical, portanto, os mesmos são adaptados para serem utilizados aqui. O fato deles considerarem grupos e tipos de medidas diferentes para avaliar os ambientes aquáticos também é um fator que pode interferir na congruência de resposta dos mesmos. A necessidade de formular novas adaptações regionais para as famílias não deve ser descartada. Além do mais, mesmo não sendo um fator intrínseco, nenhum dos índices foi utilizado com uma resolução taxonômica mais refinada, usando gênero ou espécie, o que pode reduzir a sensibilidade dos índices utilizados (ZEYBEK, 2016). Portanto, a variação nos escores pode ser devido as diferenças estruturais entre os índices.

Dentre os índices utilizados para avaliar a qualidade de água ao longo do rio, o EPT foi o que apresentou os melhores resultados para as condições reais do sistema. A maioria das campanhas amostrais nos diferentes pontos, quando avaliadas separadamente, apresentou água de boa qualidade, o que condiz com a realidade da área de estudo, pois as mesmas estão situadas dentro e ao redor de uma unidade de conservação e nenhum dos pontos sofre visivelmente algum impacto de poluição orgânica severa. Como foi observado nas coletas, a família Perlidae foi registrada em todos os pontos amostrais, mesmo em baixas densidades. Esse grupo é considerado um excelente indicador de boa qualidade do ambiente pois necessitam de altos teores de oxigênio para colonizar o meio hídrico e são muito sensíveis à poluição orgânica (CZERNIAWSKA-KUSZA, 2005; BISPO et al., 2006; MOORE e PALMER, 2005).

Os índices bióticos também foram analisados utilizando o método de agregação das campanhas para determinar quantas delas seriam necessárias para que a resposta de um determinado índice se mantivesse constante. Foi observado que as respostas do índice ASPT, para as campanhas agregadas, apresentaram maior homogeneidade. Isso mostra que este índice pode ser considerado bastante efetivo, mesmo com poucas amostragens, apresentando estabilização rápida nos pontos amostrais. A efetividade dos índices em cada ponto amostral vai depender: das exigências de cada um deles, do desenho amostral, da eficácia no momento da coleta de dados e da situação em que o ambiente estudado se encontra.

Por essa razão, é sugestivo que se tenha cautela ao fazer essa análise, ou que as campanhas amostrais também sejam avaliadas em conjunto para não existir a possibilidade de um diagnóstico errôneo da qualidade do ambiente. Armitage et al. (1983) estudando rios da Grã-Bretanha fez uma comparação entre os resultados que avaliavam as campanhas amostrais juntas e os resultados que analisaram separadas, concluíram que os resultados que descrevia dos dados de todas campanhas juntas era mais adequado à situação real do ambiente.

Ao correlacionar os três índices bióticos (BMWP', ASPT e EPT) com o regime pluviométrico, não houve influência direta da precipitação sobre eles. A precipitação promove o aumento do volume de água, alavancando os níveis de oxigênio na água, favorecendo a colonização de organismos que dependem intrinsecamente deste recurso para se estabelecerem no meio. Por outro lado, o aumento dos níveis de água promove o carreamento de muitos organismos, como também dos recursos alimentares disponíveis (RIBEIRO e UIEDA, 2005), refletindo na riqueza e abundância dos indivíduos e conseqüentemente nas respostas dos índices.

Vale ressaltar, que para se utilizar os índices de forma mais efetiva é importante determinar o desenho amostral e área a ser estudada, para assim realizar com eficácia a escolha do índice biótico ideal para avaliar a saúde do ambiente. Além do mais, deve-se fazer uma boa amostragem do local de estudo, capturando as variações sazonais e temporais do ambiente.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados dos índices bióticos mostraram que os índices com respostas mais semelhantes foram BMWP' e ASPT. Apesar da maioria das respostas dos índices mostrarem inconsistências na comparação dos valores de qualidade da água obtidos

em cada ponto e período de amostragem, o índice EPT foi o que mais se aproximou das condições ecológicas dos ambientes estudados. Além do mais, a fauna do grupo EPT foi bem representada na maior parte dos pontos, com Baetidae, Leptophlebiidae e Hydropsychidae com as maiores abundâncias. No entanto, quando os índices foram analisados a medida que campanhas amostrais eram agregadas, foi observado que as respostas do ASPT, para o dos diferentes pontos, logo se estabilizaram, ou seja, não foram necessárias muitas campanhas para o índice apresentar uma resposta efetiva. Diante disso, a utilização de ambos índices pode ser eficaz na avaliação da qualidade de água dos corpos d'água.

Não foi observada efeito da pluviosidade nos índices bióticos. Apesar dos índices terem apresentando baixa eficiência é importante ressaltar que isso pode ser um problema da falta de adequação correta para a fauna e condições naturais da região. Diante disso, este estudo pode servir como base para demais estudos que visam utilizar índices bióticos para avaliar a saúde de ecossistemas lóticos de água doce.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABILIO, F. J. P et al. Macroinvertebrados bentônicos como bioindicadores de qualidade ambiental de corpos aquáticos da caatinga. **Oecologia Brasiliensis**, v. 11, n. 3, p. 397- 409, 2007.
- ALBA-TERCEDOR, J.; SÁNCHEZ-ORTEGA, A. Un método rápido y simple para evaluar La calidade biológica de lãs águas corrientes basado em El Hellawell (1978). **Limnética**, v. 4, p. 51-56, 1988.
- ANDRADE, J. de.; SANQUETTA, C. R.; UGAYA, C. Identificação de áreas prioritárias para recuperação da mata ciliar na UHE Salto Caxias. **Espaço Energia**, n. 3, p. 6-13, out. 2005. Disponível em: <http://www.espacoenergia.com.br/edicoes/3/ee03_web.pdf>. Acesso em: outubro de 2017.
- ARANGO, M. C.; ÁLVAREZ, L. F.; ARANGO, G. A.; TORRES, O. E.; DE J. MONSALVE, A. Calidad del agua de las quebradas La Cristalina y La Risaralda, San Luis, Antioquia. **Revista EIA**, v. 9, p.121-141, 2008.
- ARMITAGE, P.D.; MOSS, D.; WRIGHT, J.F.; FURSE, M.T. The performance of a new biological water quality score based on macroinvertebrates over a wide range of unpolluted running-water sites. **Water Research**, v. 17, p. 333-347, 1983.
- BACELLAR, L. A. P. O papel das florestas no regime hidrológico de bacias hidrográficas. **Geo.br**, v.1, p.1-43, 2005. Disponível em: <<http://www.degeo.ufop.br/geobr>>. Acesso em: outubro de 2017.
- BAPTISTA, D. F. Uso de macroinvertebrados em procedimentos de biomonitoramento em ecossistemas aquáticos. **Oecologia Brasiliensis**, v.12, n. 3, p. 425-441, 2008.
- BEST, E. P. H. Models on metabolism of aquatic weeds and their application potential. In: A. H. Pieterse; K. J. Murphy. (Ed.). **Aquatic Weeds. The Ecology and**

- Management of Nuisance Aquatic Vegetation.** Oxford: Oxford University Press, 1990. p. 254-273.
- BISPO, P. C.; OLIVEIRA, L. G.; BINI, L. M. E SOUSA, K. G. Ephemeroptera, Plecoptera and Trichoptera assemblages from riffles in mountain streams of Central Brazil: environmental factors influencing the distribution and abundance. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 66, p. 611-622, 2006.
- BRASIL, Ministério do Meio Ambiente. **Mata Atlântica.** 2017. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/biomas/mata-atlantica>>. Acesso em 15 de setembro de 2017.
- BUFFAGNI, A.; ERBA, S.; CAZZOLA, M.; KEMP, J. L. The AQEM multimetric system for the southern Italian Apennines: assessing the impact of water quality and habitat degradation on pool macroinvertebrates in Mediterranean rivers. **Hydrobiologia**, v. 516, n. 1, p. 313-329, 2004.
- BUSTAMANTE-TORO, C.A.; MARÍN-VILLEGAS, N.C.; CORREDOR-COY, N.V. Estudio de calidad ambiental en la quebrada La Florida, unidad de manejo de cuenca del río Quindío. Armenia – Quindío, Colombia. **Revista de la Asociación Colombiana de Ciências Biológicas** (Colômbia), v. 23, p. 65-76, 2011.
- BUSS, D. F.; BAPTISTA, D. F.; NESSIMIAN, J. L. Bases conceituais para a aplicação de biomonitoramento em programas de avaliação da qualidade da água de rios. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 19, n. 2, p. 465-473, mar./abr. 2003.
- CALLISTO, M.; MORETTI, M.; GOULART, M. D. C. Macroinvertebrados bentônicos como ferramenta para avaliar a saúde de riachos. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 6, n.1, 71-82, 2001.
- CARRERA, C.; FIERRO, K. 2001. Manual de Monitoreo: los Macroinvertebrados Acuáticos como Indicadores de la Calidad Del Agua. EcoCiência, Quito.
- CARVALHO, E. M.; UIEDA, V. S. Colonização por macroinvertebrados bentônicos em substrato artificial e natural em um riacho da serra da Itaitinga, São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 21, n. 2, p. 287-293, 2004.
- COSTA, A. R. **Biodiversidade macrozoobentônica na análise da qualidade da água do Rio Imbassai (Mata de São João - BA).** 2014. 101f. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente, Águas e Saneamento), 2014.
- COSTA, C.; IDE, S.; SIMONKA, C. E. Insetos Imaturos. Metamorfose e Identificação. Ribeirão Preto: **Editora Holos**, 2006. p. 249.
- COSTA, J. M.; SOUZA, L. O. I.; OLDRINI, B. B. Chave para identificação das famílias e gêneros das larvas conhecidas de Odonata do Brasil: comentários e registros bibliográficos (Insecta, Odonata). **Publicações Avulsas do Museu Nacional**, Rio de Janeiro, n. 99, p.1-44, jan. 2004.
- CZERNIAWSKA-KUSZA, I. Comparing modified biological monitoring working party score system and several biological indices based on macroinvertebrates for water-quality, assessment, **Limnologia**, v.35, p. 169-176, 2005.
- DOMINGUEZ, E. et al. **Ephemeroptera of South America, Aquatic Biodiversity of Latin America (ABLA Series).** Sofia–Moscow, p. 646, 2006.
- DOMINGUEZ, E.; FERNANDÉZ, H. R. **Macroinvertebrados bentônicos sudamericanos: sistemática y biología.** 1 ed, Tucumán: Fundação Miguel Lillo, 2009. p. 656.
- DUFRENE, M.; LEGENDRE, P. 1997. Species assemblages and indicator species: The need for a flexible asymmetrical approach. **Ecological monographs**, v. 67, n. 3, p. 345-366.

- GARCÍA-MONTOYA, J.; CARMONA-BEDOYA, J.C.; MONTOYA-MORENO, Y. 2012. Caracterización de la calidad del agua de la parte alta de la microcuenca de la quebrada La Cimarronas, El Carmen de Viboral (Antioquia), utilizando macroinvertebrados acuáticos. *Investigación, Biodiversidad y Desarrollo*, 31(1):5-18.
- GONÇALVES, F. B. **Análise comparativa de índices bióticos de avaliação de qualidade de água utilizando macroinvertebrados, em um rio litorâneo do estado do Paraná**. 2007. 53f. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.
- GONÇALVES, F. B.; MENEZES, M. S. A comparative analysis of biotic indices that use macroinvertebrates to assess water quality in a coastal river of Paraná state, southern Brazil. *Biota Neotropica*, v. 11, n. 4, p. 24-36, 2011.
- GOULART, M.; CALLISTO, M. Bioindicadores de qualidade de água como ferramenta em estudos de impacto ambiental. *Revista da FAPAM*, v. 2, n. 1, p. 153-164, 2003.
- HAMADA, N.; NESSIMIAN, J. L.; QUERINO, R. B. **Insetos aquáticos na Amazônia brasileira: taxonomia, biologia e ecologia**. Manaus: Editora do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), 2014, p. 724.
- HASLAM, S. M. A proposed method for monitoring river pollution using macrophytes. *Environmental Technology Letters*, v. 3, p. 19-34, 1982.
- HASSELL, M.P.; SOUTHWOOD, T.R.E. 1978. Foraging strategies of insects. *Annual Review of Ecology and Systematics*, v. 9, p. 75-98.
- HAWKES, H. A. Origin and development of the Biological Monitoring Working Party score system. Technical note. *Water Research*, v. 32, p. 964-968, 1997.
- INSTITUTO DE ESTUDOS SOCIO AMBIENTAIS DO SUL DA BAHIA (IESB). **Plano de Manejo do Parque Estadual da Serra do Conduru (PESC)**. Disponível em <<http://www.parquedoconduru.org/index.php/o-parque/plano-de-manejo>>. Acesso em oito de maio de 2017.
- JUNQUEIRA, V. M.; CAMPOS, S.C.M. Adaptation of the "BMWP" method for water quality evaluation to Rio das Velhas watershed (Minas Gerais, Brasil). *Acta Limnológica Brasileira*, v. 10, n. 2, p. 125, 1998.
- JUNQUEIRA, V. M. et al. Biomonitoramento da qualidade das águas da Bacia do alto do rio das Velhas (MG/Brasil) através de macroinvertebrados. *Acta Limnológica. Brasiliensia*, v. 12, p. 73-87, 2000.
- KLUMP, A. Utilização de bioindicadores de poluição em condições temperadas e tropicais. In: MAIA, N. B.; MARTOS.; BARRELA, H. L. (Eds.). **Indicadores Ambientais: conceitos aplicações**. São Paulo: Educ/INEP/COMPED, 2001. p.77-94.
- KOLKWITZ, R.; MARSSON, M. Oekologie der tierischen Saprobien. *Internationale Revue der Gesamten Hydrobiologie und Hydrographie*, v. 2, p. 126-152, 1909.
- LOYOLA, R. G. N. (2000), Atual estágio do IAP no uso de índices biológicos de qualidade. In: *Anais do V Simpósio de Ecossistemas Brasileiros: Conservação*. ACIESP, São Paulo, pp. 46-52.
- MARMONTEL, C. V. F.; RODRIGUES, V. A. Parâmetros Indicativos para Qualidade da Água em Nascentes com Diferentes Coberturas de Terra e Conservação da Vegetação Ciliar. FLORAM - *Revista Floresta e Ambiente*, v. 22, p. 171-181, 2015.
- MESA, L. M. Effect of spates and land use on macroinvertebrate community in Neotropical Andes streams. *Hydrobiologia*, v. 641, p. 85-95, 2010.

- MITTERMEIER R. A.; GIL P. R.; HOFFMANN M.; PILGRIM J.; BROOKS T.; MITTERMEIER C.G.; LAMOREUX J.; DA FONSECA G. A. B. Hotspots revisited. Mexico City, Mexico: CEMEX S.A. Press, 2004. 390p.
- MONTEIRO, T. R.; OLIVEIRA, L. G.; GODOY, B. S. Biomonitoramento da qualidade de água utilizando macroinvertebrados bentônicos: adaptação do índice biótico BMWP à Bacia do Rio Meia Ponte-GO. **Oecologia Brasiliensis**, v. 12, n. 3, p. 553-563, 2008.
- MOORE, A. ARAON.; PALMER, MARGARET. A. Invertebrate biodiversity in agricultural and urban headwater streams: implications for conservation and management. **Ecological Applications** v. 15, n.4, p. 1169-1177, Aug. 2005.
- MURILLO, Z. M; MOSQUERA MOSQUERA, M. M. M. DIVERSIDAD DE LA Entomofauna Acuática Y Calidad De Agua En Quebradas Del Río San Juan, Chocó-Colombia. **Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica**, v. 20, n. 1, p. 149-161, 2017.
- NÓBREGA, M. A. dos S. et al. Impactos Ambientais Perceptíveis em Ecossistemas Urbanos e os Índices de Qualidade da Água. Ensaio e Ciência: **Ciências Biológicas, Agrárias e da Saúde**, v. 18, n. 4, p. 195-203, 2014.
- PESC - PARQUE ESTADUAL DA SERRA DO CONDURU. Disponível em: <<http://www.parquedoconduru.org/>>. Acesso em 08 dez. 2016.
- PEIRÓ, D. F.; ALVES, R.G. Levantamento preliminar da entomofauna associada a macrófitas aquáticas da região litoral de ambientes lênticos. **Revista Uniara**, v. 15, p. 177-188, 2004.
- PRAT, N.; RIOS, B.; COSTA, R.; RIERADEVALL, M. Los macroinvertebrados como indicadores de calidad de las aguas. In: DOMINGUES, E; FERNANDEZ, H. R. (Eds.). **Macroinvertebrados bentônicos sudamericanos: Sistemática y Biología**. Tucunán Argentina: Fundacion Miguel Lillo, 2009.
- QUEIROZ, J. F.; SILVEIRA, M. P.; TRIVINHO-STRIXINO, S. **Organismos Bentônicos: Biomonitoramento da Qualidade da Água**. 1. ed. Jaguariúna, SP: Embrapa Meio Ambiente, v.1, 91p. 2008.
- QUEIROZ, J. F.; TRIVINHO-STRIXINO, S.; NASCIMENTO, V. M. C. Organismos bentônicos bioindicadores da qualidade das águas da Bacia do Médio São Francisco. **Série Comunicado Técnico Embrapa Meio Ambiente**, Jaguariúna, São Paulo, v. 3, p.1- 4, 2000.
- RAMÍREZ, D.F.; TALERO, G.M.; LÓPEZ, R.H. Macroinvertebrados bentônicos y calidad del agua em un tramo del río Bogotá. **Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica**, v. 16, n.1, p. 205-214, 2013.
- RESH, V. H.; JACKSON, J. K. Rapid assessment approaches to biomonitoring nad benthic macroinvertebrates. *Freshwater Biomonitoring and Benthic Macroinvertebrates*. In: Rosemberg, D. M., Resh, V. H. (Eds), p.195-233. **Chapman and Hall**, New York, 1993.
- RIBEIRO, L. O.; UIEDA, V. S. Estrutura da comunidade de macroinvertebrados bentônicos de um riacho de serra em Itatinga, São Paulo, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia* 22: 613-618, 2005.
- RIBEIRO, M. C. et al. The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. **Biological Conservation**, v. 142, p. 1141-1153, fev./mar. 2009.
- ROQUE, F.O.; TRIVINHO-STRIXINO, S. Avaliação preliminar da qualidade da água dos córregos do Município de Luiz Antônio (SP) utilizando macroinvertebrados bentônicos como bioindicadores: subsídios para o monitoramento ambiental. **Ciências Biológicas e do Ambiente**, v. 2: 21-34, 2000.

- ROSENBERG, D. M.; RESH, V. H. Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates. **Chapman & Hall**, New York, 1993.
- RUARO, R.; AUGUSTINI, M. A. B.; ORSSATTO, F. Avaliação da qualidade da água do Rio Clarito no município de Cascavel (PR), através do Índice BMWP Adaptado. **Revista de Saúde e Biologia**. Campo Mourão, v. 5, n. 1, p. 5-12, 2010.
- SÁ, D. F DE. et al. Fatores edafoclimáticos seletivos ao zoneamento da cacauicultura no sudeste da Bahia. **Revista Theobroma**, v. 12, n. 3, p. 169-187, 1982.
- SEGURA, M. O.; VALENTE-NETO, F.; FONSECA-GESSNER, A. A. Elmidae (Coleoptera, Byrrhoidea) larvae in the state of São Paulo, Brazil: Identification key, new records and distribution. **ZooKeys**, v. 151, p. 53–74, dez. 2011.
- SILVA, F. H. da. et al. Índices bióticos para avaliação da qualidade ambiental em trechos do rio Correntoso, Pantanal do Negro, Estado do Mato Grosso do Sul, Brasil. **Acta Scientiarum. Biological Sciences Maringá**, v. 33, n. 3, p. 289-299, 2011.
- SILVEIRA, M. P.; BUSS, D. F.; NESSIMIAN, J. L.; D. F. BAPTISTA. Spatial and temporal distribution of benthic macroinvertebrates in a Southeastern Brazilian river. *Brazilian Journal Biology* 66: 623-632, 2006.
- SMITH, G.R.; VAALA, D. A.; DINGFELDER, H. A. Distribution and abundance of macroinvertebrates within two temporary ponds. **Hydrobiologia**, v. 497, 161-167, 2003.
- SNYDER, C.D.; YOUNG, J. A.; VILLELLA, R.; LEMARIE, D. P. Influences of upland and riparian land use patterns on stream biotic integrity. **Landscape Ecology**, v. n.18: 647–664, 2003.
- SOUZA, F. N. **Utilização de Insetos Aquáticos como indicadores da qualidade das águas da Bacia hidrográfica do Rio Almada – Bahia**. 2013. 80f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente), 2013.
- SOUZA, P. A. P. Importância do uso de bioindicadores de qualidade: o caso específico das águas. In: FELICIDADE, N. et al. (Eds.). **Uso e gestão dos recursos hídricos no Brasil**. São Carlos: Rima, 2001. p. 55-66.
- SPANGHERO, P. E. S. F.; MELIANI, P. F.; MENDES, J. S. Mapeamento Hidrográfico de Detalhe e Análise Morfométrica Comparativa das Bacias dos Rios Tijuípe e Tijuipinho, Litoral Sul da Bahia. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 16, n. 53, p. 101–117, Mar/2015.
- TUNDISI, J. G. Novas perspectivas para a gestão de recursos hídricos. **Revista Universidade de São Paulo**, São Paulo, n.70, p. 24-35, jun./agos. 2006.
- TRIVINHO-STRIXINO, S. Larvas de Chironomidae: Guia de identificação. São Carlos: gráfica UFScar, 2011. v. 1,2,3. 371p.
- TRIVINHO-STRIXINO, S.; STRIXINO, G. Estrutura da comunidade de insetos aquáticos associados à *Pontederia lanceolata* Nuttall. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 53 p. 103-111, 1993.
- VANNOTE, R.L.; MINSHALL, G.W.; CUMMINIS, K.W.; SEDELL, J.R. E CUSHING, C.E. 1980. The River Continuum Concept. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 37, p. 130 -137.
- VIDAL-ABARCA, M. R. et al. Intra-annual variation in benthic organic matter in a saline, semi-arid stream of southeast Spain (Chicamo stream). **Hydrobiologia**, v. 523, p. 199-215, 2004.
- VILAS BOAS, A. H.; CAMARGO, F. V. Avaliação rápida da qualidade da água utilizando invertebrados bentônicos, através dos índices bióticos BMWP' e ASPT no Ribeirão São Bernardo, Piranguçu, Sul de Minas Gerais. **CES Revista**, Juiz de Fora, v. 31, n. 1, p. 7-25, jun. 2017. ISSN 1983-1625. Disponível em:

- <<http://seer.cesjf.br/index.php/cesRevista/article/view/1136>>. Acesso em: 9 jun. 2017.
- GHANI, W. M. H. W. A.; RAWI, C. S. M.; HAMID, S. A.; A L-SHAMI, S. A. 2016. Efficiency of Different Sampling Tools for Aquatic Macroinvertebrate Collections in Malaysian Streams. **Tropical Life Sciences Research**, v. 27, n. 1, p. 115–133.
- ZAMORA-MUÑOZ, C., C. E. SÁINZ-CANTERO, A. SÁNCHEZ-ORTEGA & J. ALBATERCEDOR. 1995. Are biological indices BMWP' and ASPT' and their significance regarding water quality seasonally dependent? Factors explaining their variations. **Water Research**, 29: 285-290.
- ZEYBEK, M. et al. The Use of BMWP and ASPT Indices for Evaluation of Water Quality According To acroinvertebrates in Değirmendere Stream (Isparta, Turkey). **Turkish Journal of Zoology**, v. 38, p. 603-613, 2014.

ANEXO

Anexo 1

Tabela 1 – Pontuação atribuída as famílias de insetos aquáticos para obtenção do índice BMWP', seguindo Gonçalves e Menezes (2011).

Táxons	Pontuação do BMWP'
Coleoptera	
Dytiscidae	3
Elmidae	5
Psephenidae	7
Diptera	
Ceratopogonidae	3
Chironomidae	2
Empididae	4
Simuliidae	5
Culicidae	3
Tipulidae	5
Ephemeroptera	
Baetidae	4
Caenidae	4
Leptohyphidae	8
Leptophlebiidae	10
Hemiptera	
Belostomatidae	5
Corixidae	3
Gerridae	3
Mesovellidae	3
Notonectidae	3
Veliidae	7
Lepidoptera	
Crambidae	8
Pyralidae	8
Megaloptera	
Sialidae	4
Odonata	
Aeshnidae	8
Coenagrionidae	6
Calopterygidae	8
Coenagrionidae	6
Gomphidae	8
Libellulidae	7
Megapodagrionidae	10
Plecoptera	
Perlidae	10
Trichoptera	
Calamoceratidae	10
Hydroptilidae	6
Hydropsychidae	6
Philopotamidae	8
Polycentropodidae	7
Odontoceridae	10